

## **AValiação DO DESEMPENHO TéRMICO DE HABITaÇÃO DE INTERESSE SOCIAL ESTRUTURADA EM AÇO**

**Henor Artur Souza (1); Túlio César Pessotto Alves Siqueira (2); Mariana Martins de Carvalho Hermsdorff (3)**

- (1) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – área de Construção Metálica - Escola de Minas – Universidade Federal de Ouro Preto, UFOP. e-mail: henor@ufop.br  
(2) Engenharia de Controle e Automação-UFOP- e-mail: tuliopessotto@yahoo.com.br.  
(3) Faculdades Santo Agostinho, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Avenida Osmane Barbosa, 937, JK Montes Claros/MG, Cep: 39.400-006. e-mail: marianahermsdorff@yahoo.com.br

### **RESUMO**

Quando se pensa em habitação de interesse social hoje, no Brasil, vem em mente um cenário de extrema carência de habitações, o que torna urgente e imprescindível o estabelecimento de técnicas e processos construtivos racionalizados, que visem maior economia, aplicabilidade, rapidez e qualidade, de forma a dinamizar a produção de habitações. A construção em aço tem demonstrado ser uma boa opção com soluções técnicas de rápida execução. Entretanto, a introdução e a crescente demanda destes processos construtivos necessitam ainda de avaliações, para que não se inicie uma nova etapa no processo com as mesmas marcas de desperdício e frustração que caracterizaram a anterior, permitindo operação e manutenção compatíveis com o usuário e, conseqüentemente, a otimização da vida útil do patrimônio adquirido. Faz-se uma avaliação do desempenho térmico, por meio de medições in loco, de habitações para a população de baixa renda, estruturadas em aço. O estudo é feito, em duas unidades, que representam as configurações de fechamento utilizadas em todo um conjunto habitacional avaliado. Do ponto de vista térmico, o desempenho dos sistemas de fechamento externos empregados, bloco de concreto e bloco cerâmico, é bem similar. Observa-se, com os resultados obtidos, que a temperatura e a umidade internas estão dentro da faixa de conforto estabelecida pelas normas, ou seja, a edificação responde de forma adequada às condições de conforto do usuário.

### **ABSTRACT**

When thinking about social housing in Brazil today, the scenario that comes to mind is the extreme lack of housing units, making it urgent and indispensable the generation of techniques and rationalized constructive processes seeking greater economy, applicability, rapidity and quality, in order to accelerate housing production. It is necessary, therefore, technical solutions of fast execution, in which the metallic construction has proven to be a good option. However, the establishment and growing demand of these constructive processes still need evaluations, so that a new stage of the process does not initiate with the same characteristics of waste and frustration of the previous one, allowing operation and maintenance compatible with the user, and consequently the optimization of life expectancy of a purchased house. This work evaluates the thermal performance of steel-framed, low-income houses. The study is carried out by in loco measurements of two units, which represent the closing system used in an entire housing project. From the thermal point of view, the performance of the used external closing systems, concrete blocks and bricks, is very similar. The results showed that the temperature and the internal humidity fall within the boundaries of the comfort zone established by the norms and that the constructions respond adequately to comfort conditions for users.

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 A estrutura metálica na habitação de interesse social

No cenário nacional, a introdução e a crescente demanda por processos construtivos industrializados ainda é recente, visto imperar no país a construção em concreto, apesar de a partir da década de 80 do século passado, como afirma Castro (2000), ter havido uma maior demanda por edificações comerciais e residenciais em aço, deixando este de ser utilizado apenas em galpões e indústrias, sendo explorada suas amplas possibilidades e potencialidades. O concreto armado é, ainda hoje, o principal modelo estrutural adotado na maioria das construções brasileiras, entretanto, Salles et al. (2001) afirmam que o aço está sendo redescoberto pelos projetistas e empreendedores da construção, pois é um sistema que apresenta grandes potencialidades para construções industrializadas, com a possibilidade da redução de prazos, de desperdício e de mão-de-obra, além da racionalização e exatidão do processo.

O *déficit* habitacional brasileiro se reflete na baixíssima qualidade de vida de uma grande parcela da população e na degradação do ambiente natural e urbano. De um modo geral as habitações de interesse social apresentam sérios problemas de habitabilidade, em especial quanto às condições de conforto ambiental (KUCHENBECKER et al., 1999). É necessário ressaltar ainda que a perspectiva de aquisição de imóvel residencial para uma grande parcela da população brasileira é, quase sempre, uma oportunidade única ao longo da vida. Assim, faz-se imprescindível a necessidade de soluções técnicas de qualidade satisfatória, que permitam operação e manutenção compatíveis com o usuário e conseqüentemente a otimização da vida útil do patrimônio adquirido. Além disso, deve-se salientar que o imóvel residencial deva oferecer um ambiente satisfatório, em que se possa descansar para um novo dia de trabalho, requerendo um enfoque diferenciado frente à oferta e ao acesso à moradia.

Assim, Condor (2000) considera que a utilização do sistema estrutural em aço em habitações populares significaria uma nova alternativa de solução para o problema do *déficit* habitacional urbano. Isto por que a industrialização baseia-se na mecanização, na modulação e na produção em série. Além disso, a estrutura de aço é adequada a solos e terrenos irregulares, possibilitando não só a implantação de elementos habitacionais, como também se adequando ao suprimento das necessidades de equipamentos e serviços urbanos. É, sem dúvidas, uma alternativa para a implantação de um processo construtivo que se molde e se adapte ao programa de necessidades da comunidade a ser atendida. Entretanto, ainda hoje, a utilização de estruturas de aço em prédios habitacionais esbarra em alguns fatores inibidores tais como: a resistência cultural e o desconhecimento do material pelo empreendedor, o projetista, o comprador e o usuário.

## 1.2 Características do Conjunto Habitacional analisado

O conjunto habitacional do bairro Oswaldo Barbosa Pena II, situado no município de Nova Lima – MG, foi ocupado a partir de 1999, tendo sido executado pela Companhia Habitacional do Estado de Minas Gerais (COHAB). São 8 edifícios iguais de quatro pavimentos e oito apartamentos cada, modelo “h”, somando dezesseis unidades habitacionais por prédio, com 47,0 m<sup>2</sup> de área construída por apartamento, em estrutura metálica com fechamento em alvenaria (convencional e/ou bloco de concreto).

O terreno onde foram implantados os edifícios apresenta grande declividade (em torno de 30%), e a implantação perpendicular ao desnível impôs uma considerável movimentação de terra, com o estabelecimento de platôs nos quais estão as edificações, resultando em taludes acentuados. Assim, para se ter acesso aos edifícios tem-se que subir rampas ou escadas, bem como para o estacionamento, que fica na lateral do edifício e possui vagas para oito carros (um quarto dos apartamentos), sendo que, ficam uns na frente dos outros, o que impede o trânsito livre (Figura 1).

Para o partido das edificações optou-se por duas lâminas articuladas por uma caixa de escada de um lance, privilegiando dois pátios internos para uma melhor iluminação e ventilação (Figura 2). Cada

lâmina é constituída por dois apartamentos, compondo quatro unidades por pavimento, sendo que as aberturas estão localizadas em faces paralelas, para dentro da área comum entre os dois blocos e para as fachadas da rua e dos fundos do terreno. Os acessos principais, a circulação horizontal e a vertical das unidades estão localizados nesta área comum. Sobre a caixa de escada está localizado o reservatório de água.

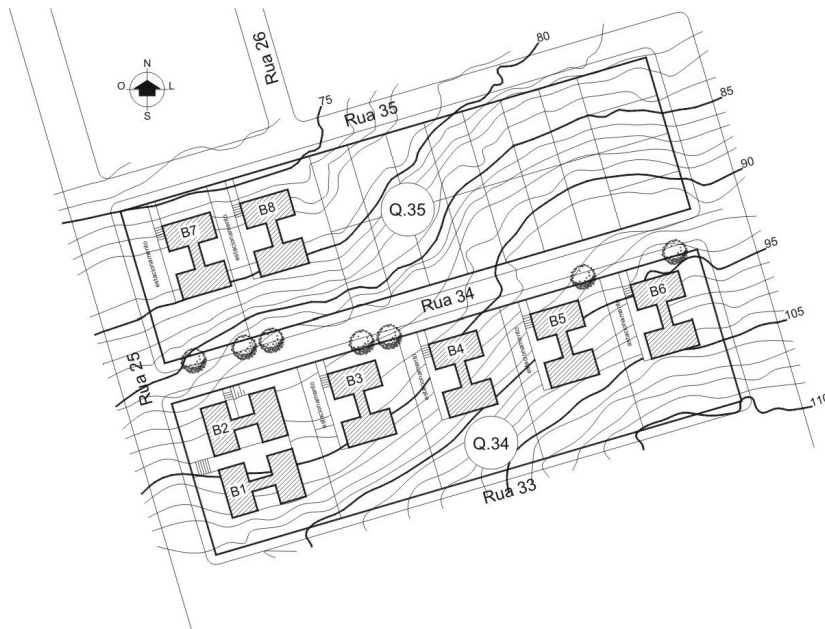


Figura 1 – Planta de implantação. Fonte: HERMSDORFF e SOUZA, 2006.

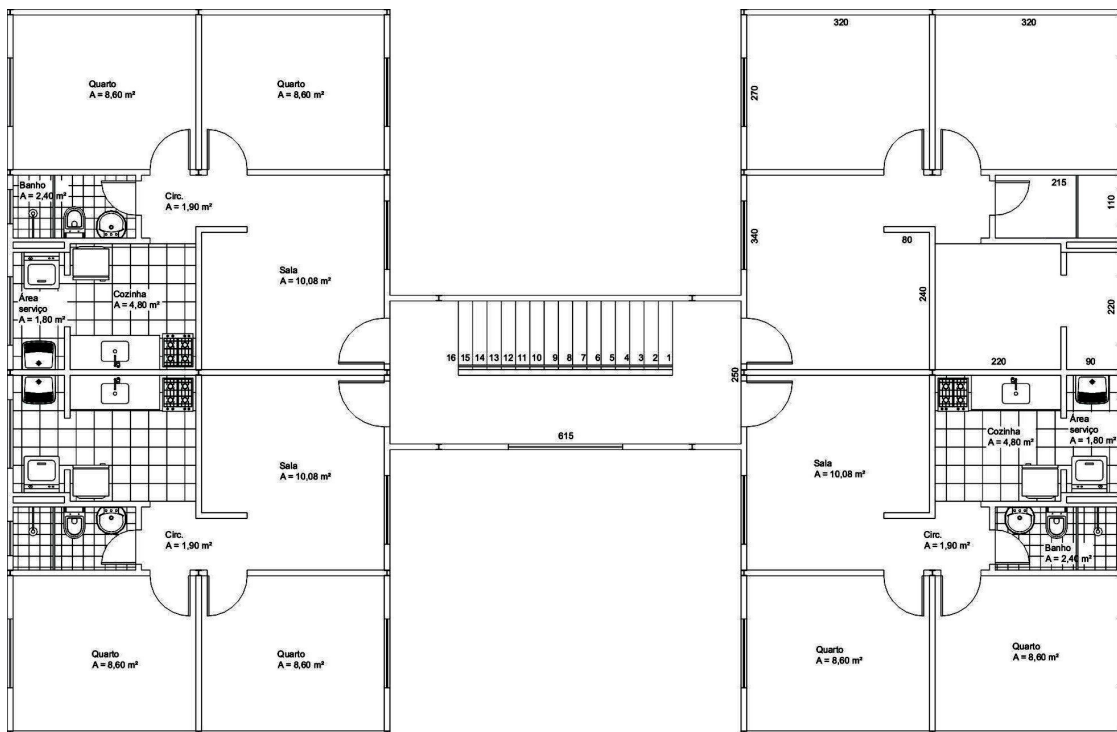


Figura 2 – Planta baixa – pavimento tipo. Fonte: HERMSDORFF e SOUZA, 2006.

Os apartamentos obedecem à mesma organização para todos os edifícios do conjunto, contemplando dois dormitórios, sala e cozinha, área de serviço e banheiro.

### **1.3 Objetivos**

Avaliar o desempenho térmico de habitações para a população de baixa renda, estruturadas em aço. Utiliza-se como estudo de caso o conjunto habitacional do bairro Oswaldo Barbosa Pena II, situado no município de Nova Lima – MG.

## **2. O DESEMPENHO TÉRMICO DA EDIFICAÇÃO**

### **2.1 Metodologia adotada**

A análise considera edificações ventiladas naturalmente e o desempenho térmico é avaliado em função dos perfis internos de temperatura e umidade do ar. Nesse caso a eficiência da edificação consiste em verificar se as condições de temperatura e umidade do ar do ambiente interno, ventilado naturalmente, podem proporcionar sensação de conforto térmico aos habitantes. O estudo leva em conta a resposta global da edificação em relação às interações térmicas entre o ambiente natural externo e o ambiente construído. Duas abordagens são utilizadas: medições *in loco* e simulação numérica.

### **2.2 A habitação analisada**

Para esta avaliação, escolheu-se uma amostra de apenas 2 unidades habitacionais dentro do conjunto habitacional Oswaldo Barbosa Pena II situado no município de Nova Lima - MG, levando em conta os requisitos de conforto de um dos ambientes da habitação (frente e fundos) sob o ponto de vista das seguintes subáreas do conforto ambiental: conforto higrotérmico e ventilação. Foram eleitos dois apartamentos, um com fechamento em bloco de concreto e outro em tijolo cerâmico, com o objetivo de se comparar os dois tipos de fechamento utilizados na construção e mais difundidos hoje na construção civil.

### **2.3 As medições *in loco***

São realizadas medições internas da temperatura e umidade relativa do ar. As medições *in loco* foram realizadas, em dois apartamentos, em períodos com características climáticas semelhantes. Observou-se ainda, neste período de medição, que as variações climáticas não fossem acentuadas, ou seja, uma temperatura do ar exterior com um comportamento o mais homogêneo possível.

Nessas medições *in loco* utiliza-se um sistema de aquisição de dados com *data logger* e sensores para temperatura e umidade (AHLBORN, 2003). Os sensores são fixados em um suporte, em posições determinadas, seguindo recomendação das normas ASHRAE 55:1992 e ISO 7726:1985 e que correspondem às alturas da cabeça, do abdome e do calcanhar.

Os apartamentos avaliados estão localizados no terceiro piso, na parte dos fundos dos edifícios e representam as configurações de fechamento utilizadas em todo um conjunto habitacional avaliado. As medições foram realizadas num período correspondente a meses de verão. No primeiro apartamento analisado cujo fechamento é em bloco de concreto, os dados foram coletados entre os dias 11/02/2005 e 14/02/2005. No segundo apartamento, com fechamento em bloco cerâmico, os dados foram coletados entre os dias 18/02/2005 e 21/02/2005. Em ambos, foram coletados dados de temperatura e umidade.

### **2.4 Simulação numérica**

A abordagem numérica é mais ampla e permite que se determinem as condições térmicas internas no ambiente construído, tanto na etapa de projeto, quanto na fase de ocupação. A análise numérica é

realizada empregando-se o *software* de simulação *ESP-r* (*Energy Simulation Program – research*), que utiliza modelos matemáticos de elementos finitos e de diferenças finitas para promover a simulação do comportamento térmico dos ambientes, avaliando os gradientes de temperatura e a distribuição de fluxos de ar com bom grau de refinamento (CLARKE *et al.*, 1993).

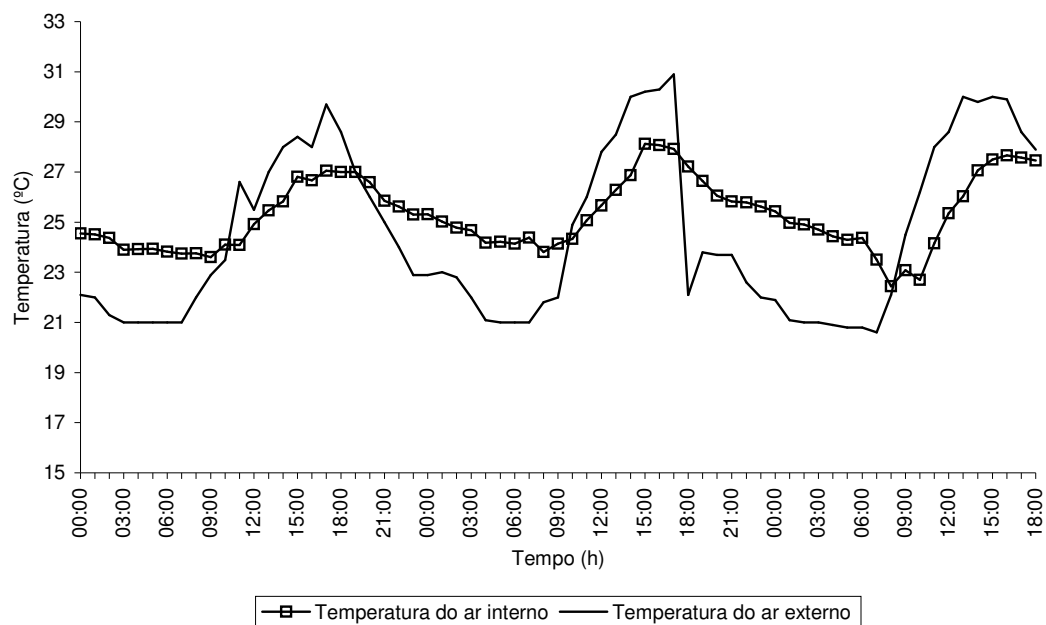
A avaliação é feita considerando somente condições de dias típicos de verão. Esses dados climáticos do ambiente externo à edificação são representados pela temperatura de bulbo seco, velocidade do ar, direção do vento, irradiância solar difusa na horizontal, intensidade solar na direção normal e umidade relativa do ar. Estes dados, juntamente com a latitude e longitude da região estudada são os dados de entrada, além da configuração da edificação preestabelecida (FRANZOSO *et al.*, 2005).

Para a simulação das interações térmicas entre o ambiente externo e o ambiente interno, as janelas dos apartamentos foram consideradas abertas em uma área igual à metade da área iluminante. As portas externas foram mantidas fechadas, as internas completamente abertas e não há nenhuma obstrução externa à entrada do vento. A taxa de ventilação é indicada por meio do índice de renovação de ar por hora (ren/h), com um valor 3 ren/h (COSTA, 2005).

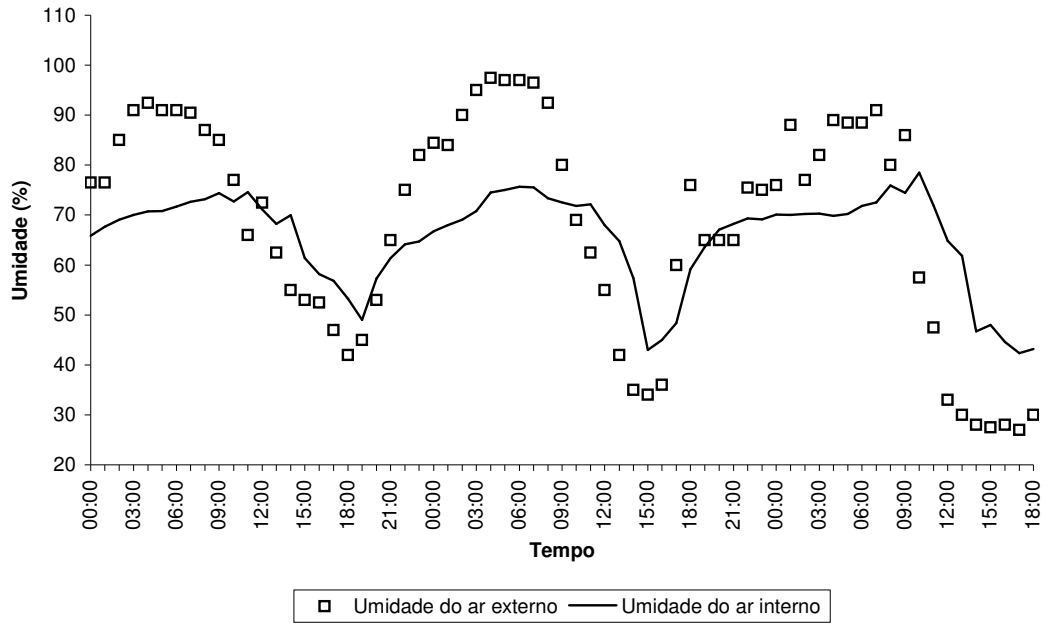
Como estão sendo avaliados dois apartamentos pequenos, no perfil de ocupação considera-se uma família com somente 3 pessoas. O ganho de calor é originado também por lâmpadas acesas, quando necessário e por equipamentos como fogão, chuveiro, televisão e som, conforme horário de uso. A resistência térmica da vestimenta dos ocupantes foi considerada 0,5 CLO, valor este considerado para uma roupa formal de trabalho em tecido leve. O nível de atividade dos ocupantes foi escolhido como sendo moderado, com uma taxa de produção de energia de 1 MET (58,2 W/m<sup>2</sup>) (FRANZOSO *et al.*, 2005).

## 2.5 Resultados obtidos

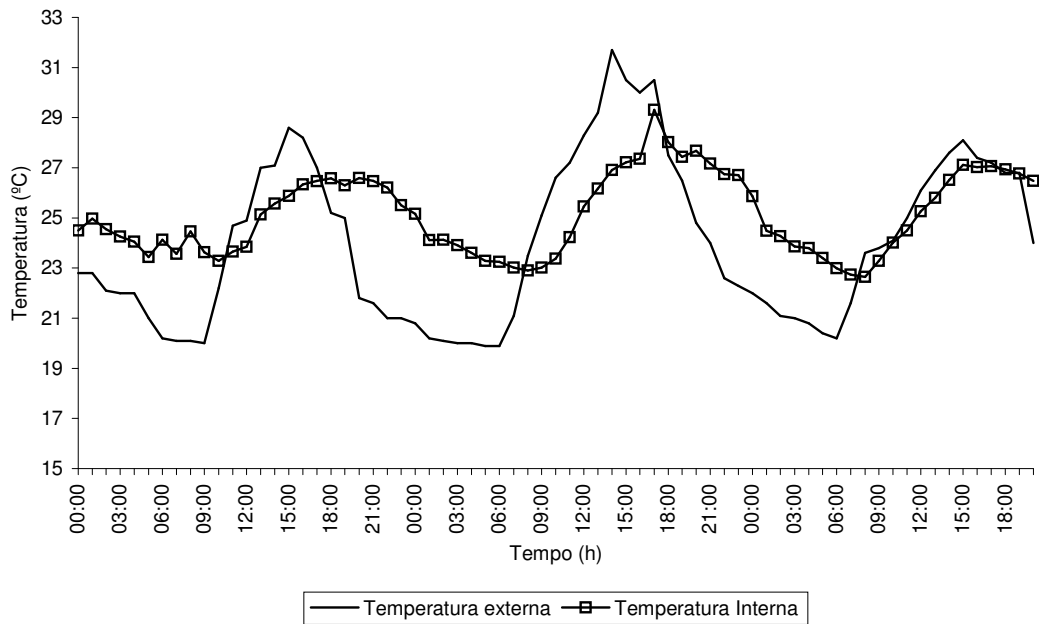
Os resultados apresentados nas Figuras 3 a 6 referem-se aos resultados obtidos de medições contínuas da temperatura e umidade do ar interno, dentro de um cômodo, dos dois apartamentos. Para os dois apartamentos utilizados, para a medição *in loco*, utilizam-se os cômodos com as mesmas características de ocupação. Os valores apresentados representam a média dos valores medidos, em relação às três posições, fornecidas pelos sensores.



**Figura 3 – Comparação da evolução temporal da temperatura média interna com a externa para o apartamento com fechamento em bloco em concreto, de 11 a 14/02/2005.**

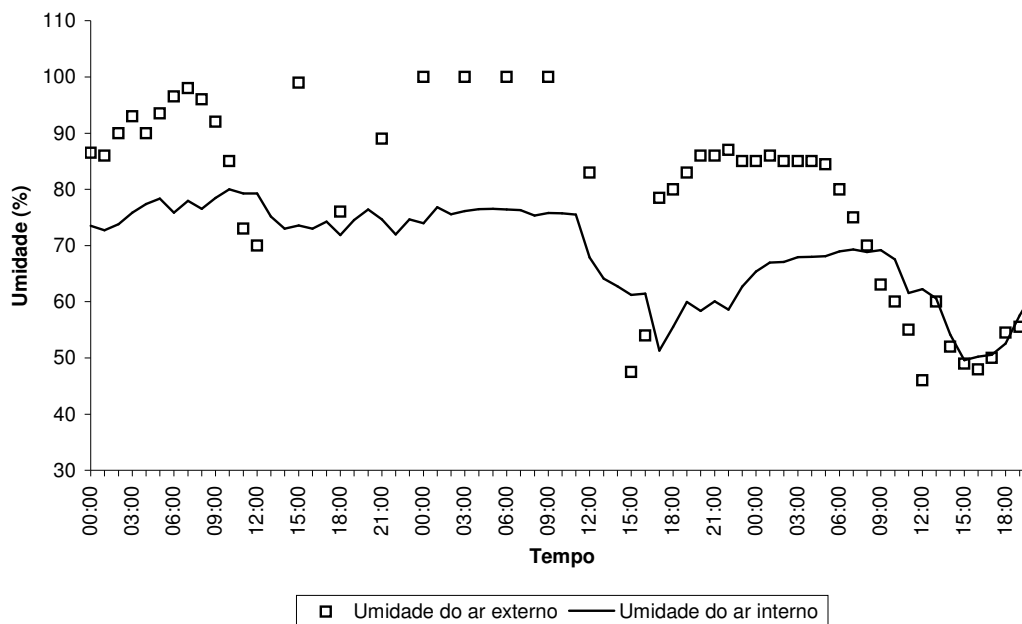


**Figura 4 – Comparação da evolução da umidade relativa média interna com a externa para o apartamento com fechamento em bloco em concreto, de 11 a 14/02/2005.**



**Figura 5 – Comparação da evolução temporal da temperatura média interna com a externa para o apartamento com fechamento em bloco cerâmico, de 18 a 21/02/2005.**

Observa-se, pela evolução temporal da temperatura medida nas unidades, uma diferença máxima de temperatura de 3 °C, no horário de pico da temperatura externa. Para a unidade com fechamento em bloco de concreto a temperatura interna máxima atingida no período é de 28 °C, enquanto a temperatura externa máxima correspondente é 31 °C. A temperatura interna média fica em 25,3 °C. No caso da unidade com fechamento em bloco cerâmico a temperatura interna máxima atingida no período é de 29 °C, enquanto a temperatura externa máxima correspondente é 32 °C. Nessa unidade a temperatura interna média fica em 25,1 °C.



**Figura 6 – Comparação da evolução temporal da umidade relativa média interna com a externa para o apartamento com fechamento em bloco cerâmico, de 18 a 21/02/2205.**

Verifica-se da análise dos resultados apresentados nas Figuras 3 e 5 que, do ponto de vista térmico, o desempenho dos sistemas de fechamento está bem similar. No período considerado a amplitude térmica máxima, nas unidades avaliadas, fica em torno de 5 °C para uma amplitude térmica externa máxima de 10 °C. Observam-se ainda temperaturas internas menores durante o período de 0:00 às 12:00 h, como resultado do efeito da massa térmica do fechamento que dificulta as trocas de calor no sentido inverso, do interior para o exterior neste período.

A temperatura limite de conforto para condições de verão, no caso de edificações residenciais ventiladas naturalmente, para a região climática analisada e para o perfil de ocupação da edificação considerado é limitada em torno de 29 °C, segundo a norma NBR 15220:2005. Desse modo observa-se que para o período de medição as edificações respondem de forma adequada às condições de conforto do usuário.

Em relação à umidade relativa do ar interno, Figura 4, é observado que no período de medição avaliado, a umidade relativa externa alcançou picos de 98 %, enquanto a umidade relativa interna chegou no máximo a 78,5 %. De uma forma geral pode-se verificar que, neste período, o sistema de fechamento apresentou também um desempenho adequado em relação ao processo de transferência de umidade.

No período de avaliação da unidade, com fechamento em bloco cerâmico, Figura 6, observa-se que a umidade relativa externa alcançou picos de 100 %, enquanto a umidade relativa interna chegou no máximo a 80 %. De forma semelhante à edificação, com fechamento em bloco em concreto, pode-se verificar que o sistema de fechamento apresentou, no período avaliado, também um desempenho adequado em relação ao processo de transferência de umidade.

Ao se analisar os dois tipos de fechamento utilizados na construção dos edifícios estudados, o bloco de concreto e o tijolo cerâmico, em iguais condições climáticas, verifica-se que ambos possuem desempenho similar em relação a temperatura dos ambientes das unidades, pois, segundo os resultados das medições, nas duas situações, a diferença entre a temperatura do ar externo e interno foi de 3°C.

Entretanto, para os moradores dos edifícios objetos deste estudo, ao se questionar sobre a sensação térmica (calor ou frio) sentida no ambiente, 57 % dos entrevistados consideram-se satisfeitos, não sendo, portanto, um dado muito superior aos insatisfeitos. Ressalta-se que, os moradores satisfeitos são aqueles que possuem apartamentos no segundo e terceiro andares, posicionados nas fachadas frontais e os apartamentos de fundos, do segundo, terceiro e quarto andares. No primeiro grupo, apesar de se encontrarem em uma fachada de grande insolação, há também uma grande ventilação, o que faz com que as trocas térmicas sejam mais rápidas e eficientes. Já no segundo grupo, a radiação solar é menos incidente, bem como a ventilação, o que faz com que a temperatura fique mais equilibrada. A parcela insatisfeita com relação ao conforto térmico de verão são aqueles residentes nos apartamentos do 1° e 4° andar localizados na fachada frontal, bem como os apartamentos de fundos localizados no 1° andar. Isto ocorre porque os apartamentos do primeiro grupo estão orientados a noroeste, além de serem de cobertura. Assim, estas superfícies são menos eficientes do ponto de vista térmico pela maior incidência de radiação solar no período crítico para o conforto, que é exatamente o verão. Entretanto, também são os mais ventilados, o que compensa em parte a ineficiência dos fechamentos. Portanto, os mais prejudicados são os do primeiro andar, que recebem muita radiação e pouca ventilação. Já os apartamentos de fundos, por estarem muito próximos ao talude, são muito úmidos, o que gera muito bolor, ficando estes mais prejudicados ainda no inverno.

Entretanto, no inverno, os apartamentos do primeiro, segundo e terceiro andares, posicionados nas fachadas frontais estão em uma região de grande insolação, sendo assim, confortáveis em relação à questão térmica. Já o apartamento do quarto andar além de receber uma grande insolação, recebe também uma grande ventilação, o que faz com que seja desconfortável, pois as trocas térmicas são muito rápidas. Já os apartamentos localizados ao fundo do bloco, são pouco ventilados e recebem pouco sol, tornando-se frios no inverno.

Na Figura 7 apresenta-se uma comparação dos perfis de temperatura obtidos via medição *in loco* e via simulação numérica considerando o fechamento em bloco de concreto.

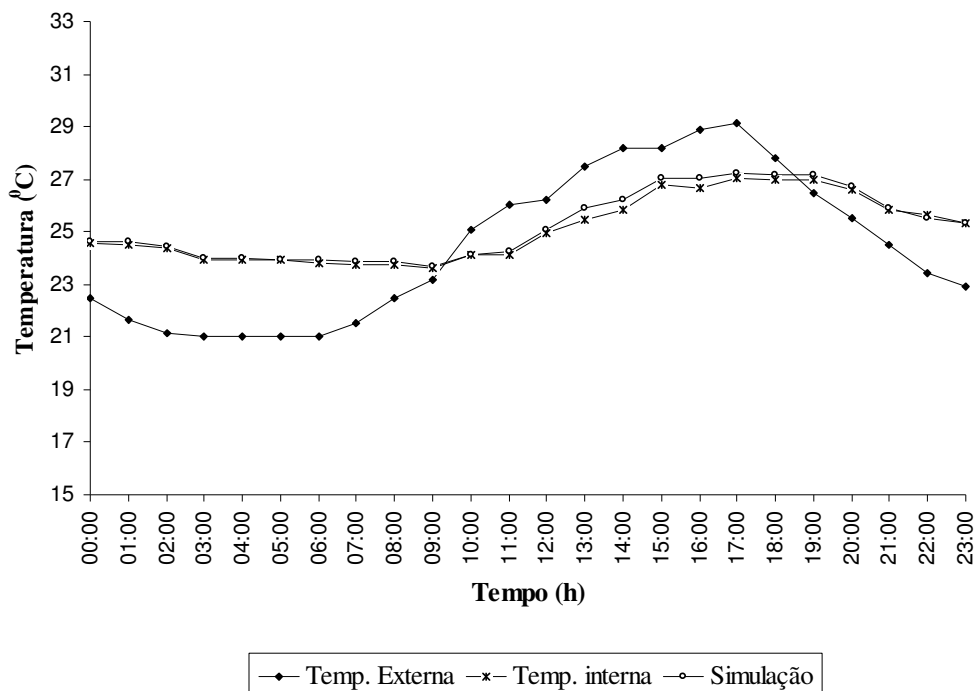


Figura 7 – Comparação dos perfis de temperatura do ambiente analisado.



Observa-se pelos resultados obtidos que ocorre uma diferença muito pequena entre os resultados simulados e os valores medidos, apenas no período vespertino (13:00 h às 19:00 h), com uma diferença em torno de 0,5 °C. Essa pequena diferença ocorre em função do perfil de ocupação e das parcelas de calor interno consideradas no período, que foram definidos em função de valores médios e dessa forma diferem um pouco dos valores reais.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para o ambiente analisado observa-se que os sistemas de fechamento empregados apresentam bom desempenho térmico no período avaliado, pois as temperaturas internas encontradas não apresentaram valores acima dos valores considerados para faixa de conforto estabelecido pelas normas o que é confirmado também na avaliação dos usuários.

Observa-se que abordagem numérica é uma ferramenta em potencial, pois permite que se avalie o perfil interno de temperatura de um dado ambiente construído mesmo na etapa do pré-projeto e dessa forma permite uma melhor avaliação na escolha do sistema de fechamento empregado e também na proposta de projeto (forma e volume). Tendo-se a possibilidade de uma avaliação prévia em relação ao desempenho térmico do projeto, via simulação numérica, pode-se dessa forma contemplar outros aspectos tais como peso, preço, facilidade construtiva e estética dos fechamentos além da concepção do projeto da edificação.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à USIMINAS-Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais S/A pelo apoio neste trabalho.

### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHLBORN (2003) “Almemo manual, for all almemo measuring instruments”. V. 5. Ahlborn Meß- und Regelungstechnik GmbH, 4ª ed. Holzkirchen: Germany.
- AMERICAN SOCIETY FOR HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERING (1992). *Thermal environmental conditions for human occupancy*. ANSY/ASHRAE 55. New York: ASHRAE, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2005) *Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social: NBR 15220:2005*. Rio de Janeiro: ABNT. 30p.
- CASTRO, E. M. C. de (2000). “Patologias dos Edifícios em Estrutura Metálica”. Ouro Preto, 2000. 190p. Dissertação (Mestrado em Construções Metálicas) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto.
- CLARKE, J.A. *et al.* (1993) “ESP-r: A program for building energy simulation”. Version 9 Series, ESRU Manual U93/1. Glasgow, Scotland.
- CONDOR, Elaine Sanandrez. (2000) O uso do aço na produção de habitação de interesse social: viabilidade técnica, econômica e social. 2000. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- COSTA, E.C. (2005) *Ventilação*. São Paulo: Edgard Blücher. 256p.
- FRANSOZO, H.L.; FREITAS, M.S.R., SOUZA, H. A. (2005). “Eficiência térmica de habitação de baixo custo estruturada em aço”. REM: Revista Escola de Minas 58(2): 127-132. Ouro Preto, 2005.
- HERMSDORFF, M. M. C.; SOUZA, H. A. (2006) “A Habitação de Interesse Social e sua Associação com a Estrutura Metálica: um Estudo de Caso”. in: Encontro Nacional de Tecnologia do

Ambiente Construído - A construção do Futuro, Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, ENTAC-2006, Florianópolis, p.3185-3194.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (1985). "Thermal environments instruments and methods for measuring physical quantities". ISO 7726:1985. Genebre: International Organization for Standardization, 1984.

KUCHENBECKER, L. C.; SZÜCS, C. P.; PEREIRA, F. O. R. (1999). Habitabilidade e conforto ambiental no projeto da habitação de interesse social. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Fortaleza, 1999, p. 1-8.

SALES, U. C; SOUZA, H. A. e NEVES, F. A. (2001) "Interfaces entre Sistemas de Vedação e Estruturas Metálicas, Problemas Reais". Técnica, São Paulo, v. ago, n. 53, p.98-102, 2001.