



DESEMPENHO TÉRMICO DE HABITAÇÕES UNIFAMILIARES ESTRUTURADAS EM AÇO

**Hélder Luís Fransozo (1); Marcílio Sousa da Rocha Freitas (2);
Henor Artur de Souza (3)**

- (1) Universidade Federal de Ouro Preto, DECAT/EM; Campus Universitário, Ouro Preto, MG,
tel.: (31) 35591490, fax : (31) 35591533
e-mail: fransozo@ouropreto.com.br
- (2) Universidade Federal de Ouro Preto, DECIV/EM; Campus Universitário, Ouro Preto, MG,
tel.: (31) 35591564, fax : (31) 35591548
e-mail: marcilio@em.ufop.br
- (3) Universidade Federal de Ouro Preto, DECAT/EM; Campus Universitário, Ouro Preto, MG,
tel.: (31) 355911482, fax : (31) 35591533
e-mail: henor@em.ufop.br

RESUMO

A estrutura de aço é parte integrante de sistemas construtivos modernos e está se tornando muito importante na indústria da construção civil brasileira. Esta importância é justificada pelas vantagens que este tipo de estrutura apresenta. Além disto, a estrutura de aço permite a integração, de maneira eficaz, de vários tipos de sistemas de fechamento. As edificações unifamiliares que empregam estruturas de aço são economicamente viáveis e em geral mais eficientes. Para que a escolha do melhor sistema de fechamento represente uma decisão correta, é necessário que se leve em conta tanto os detalhes construtivos como o desempenho térmico. Apresenta-se uma avaliação do desempenho térmico de casas de baixo custo do Programa Usiteto, localizado nas cidades de Brasília/DF e Belo Horizonte/MG. A eficiência térmica desta edificação é estudada por meio de uma análise global numérica. Nesta análise, são levados em consideração os princípios da arquitetura climática das cidades consideradas, as propriedades dos materiais utilizados no fechamento, bem como as fontes internas e externas de calor. Pôde-se determinar qual a configuração de fechamento é mais adequada para este tipo de edificação e que propicie conforto térmico para os seus ocupantes.

ABSTRACT

The steel structure is part of modern constructive systems and is becoming very important to the Brazilian building industry. This is due to the advantages it presents. Besides, this type of structure allows the effective integration of several types of closing systems. The small buildings that use steel structure are economically viable and often more cost effective. The choice of the best closing system is considered correct only when the decision takes into consideration both the constructive details and the thermal performance. This work presents an evaluation of the thermal performance of low cost houses. This type of houses is part of the Usiteto Program, located in the cities of Brasília/DF and Belo Horizonte/MG. The thermal efficiency of this construction is studied through a numeric global analysis. This analysis takes into consideration the climatic architecture principles of the geographic, the properties of the closing systems materials, as well as the internal and external heat sources. It was

possible to determine the most adequate type of closing system for that type of house, considering the ideal thermal comfort for the users of such houses.

1. INTRODUÇÃO

1.1 - Habitações Unifamiliares

No Brasil, só a partir da década de 80 houve uma maior demanda por edificações comerciais e residenciais estruturadas em aço. O desenvolvimento de tecnologias para essa tipologia construtiva, assim como sua divulgação, ficou em segundo plano, em função da ampla utilização do concreto no país. O concreto armado é, ainda hoje, o material de construção (estrutural) adotado na maioria das construções brasileiras, entretanto, o aço está sendo redescoberto pelos projetistas e empreendedores da construção, pois é um sistema estrutural que apresenta grande potencial para o desenvolvimento das construções industrializadas, com a possibilidade da redução de prazos, de desperdícios e de mão de obra, além da racionalização e exatidão do processo (SALES et. al., 2001).

Dentre os sistemas complementares em uma edificação estruturada em aço, um dos mais importantes é o sistema de fechamento, para o qual o mercado brasileiro já apresenta diversos tipos de painéis industrializados. Entretanto, há uma carência de conhecimento tecnológico a respeito das técnicas de execução e das características de desempenho térmico dos sistemas de fechamento, tanto por parte das empresas construtoras, como dos próprios fabricantes e projetistas. Percebeu-se que sua racionalização pode resultar em redução de custos e desperdícios nos demais subsistemas, como esquadrias, instalações e revestimentos. E, como se deseja chegar a um processo eficiente na construção metálica, é preciso desenvolver sistemas complementares que funcionem e sejam aceitos pelos usuários e pela comunidade técnica. Para que a escolha dos sistemas de fechamento represente uma solução eficiente é necessário, que se levem em conta tanto os detalhes construtivos, como o bom desempenho no que diz respeito ao conforto térmico (von KRUGER et. al., 2001; SALES et. al., 2002; SOUZA et. al., 2003)

Paralelamente à introdução dessas novas tecnologias construtivas deve haver uma preocupação também com relação ao conforto térmico do ambiente construído. Desse modo é imperativo a necessidade da adequação climática das edificações, lançando mão de soluções de projeto e materiais que resultem numa edificação confortável na região onde estará inserida. Para a efetiva implantação de habitações unifamiliares estruturadas em aço, o projeto deve passar por uma série de estudos visando-se o desenvolvimento de seus sistemas estrutural e construtivo, de estudo econômico, e do desempenho térmico das habitações, inclusive àquelas habitações de baixo custo, dando assim uma condição melhor de conforto para o futuro usuário desta edificação. Para que uma edificação projetada de forma adequada térmicamente torne-se realmente confortável, além de economizar energia, ela deverá ser executada com materiais adequados as condições climáticas de sua localização.

O "déficit habitacional" e o "déficit de habitabilidade" no Brasil, segundo dados do governo, crescem anualmente em cerca de 5%. Do total de habitações no País, 1(um) milhão estão localizadas em favelas, normalmente habitadas pela população mais pobre, onde há famílias morando em residências não servidas por saneamento básico e água tratada. Há também nestes locais carência de serviços, como coleta de lixo, iluminação pública, postos de saúde, escolas, transporte coletivo e segurança. Muitas moradias são construídas de forma improvisada, sem a insolação e ventilação mínimas necessárias para dar ao morador da habitação um certo conforto (IPEA, 2002; FRANSOZO, 2003).

O presente trabalho tem como objetivo fazer a avaliação do conforto térmico de um tipo específico de habitação unifamiliar de baixo custo, estruturada em aço. A avaliação considera uma casa do Programa USITETO da Usiminas, (Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais S/A), supostamente localizada nas cidades de Brasília/DF/Brasil e em Belo Horizonte/MG/Brasil, cidades escolhidas por serem cidades pólo e pertencerem a região de maior abrangência deste projeto.

1.2 - O Programa Usiteto

O programa Usiteto iniciou-se em 1997, como resultado de uma parceria entre a Usiminas e a Cohab-MG (Companhia de Habitação de Minas Gerais), quando foi desenvolvida a solução dos prédios populares. Esta iniciativa tem como proposta contribuir para a redução do déficit habitacional do País, e é destinada à população de baixa renda. O projeto da casa utilizado neste trabalho, também faz parte do mesmo programa destinado para construção de habitações populares em estrutura metálica e que utiliza uma tecnologia desenvolvida pela própria empresa, e com o objetivo de proporcionar à construção civil novas perspectivas para habitação popular (USIMINAS, 2002).

A casa Usiteto é composta por colunas metálicas, que servem de guias para o alinhamento do sistema de fechamento, e por engradamento metálico, que permite uma melhoria significativa na qualidade da edificação. Toda estrutura da casa e as esquadrias são feitas de perfis de aço resistentes à corrosão atmosférica, tornando a construção mais simples, rápida e, conseqüentemente mais barata, Figura 1.

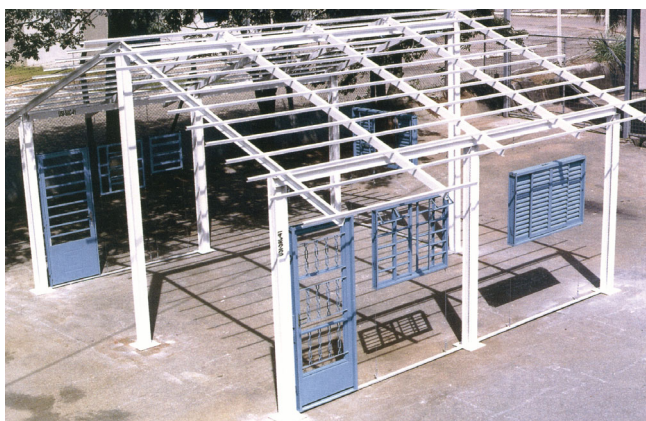


Figura 1 – Estrutura Metálica da casa Usiteto
(Fonte: USIMINAS, 2001)

A casa Usiteto é uma alternativa construtiva mais econômica, simples e rápida, quando comparada com o sistema convencional de construção de casas populares. Esse programa possibilita ainda ao futuro morador construir a sua própria casa (auto-construção) após ser instruído de como utilizar um dos processos construtivos: um semi-industrializado (fechamento em tijolo cerâmico) e outro industrializado (fechamento com painéis). Processos estes, que diferenciam estas edificações, Figura 2.



Figura 2 – Casa do programa Usiteto
(Fonte: USIMINAS, 2001)

A grande vantagem deste sistema é que a casa pode ser construída em etapas. A casa tem o núcleo inicial formado por um quarto, uma cozinha e um banheiro, após a construção deste módulo inicial, se houver necessidade por parte do morador de uma ampliação, tem-se como opção, duas outras expansões previstas. A primeira expansão acrescenta uma sala, e a segunda expansão acrescenta um quarto. Após as expansões, a casa terá um total de 36 m² de área construída. Para uma melhor visualização de como a casa pode ficar após as referidas expansões, e com a distribuição dos móveis pelos vários ambientes, apresenta-se a planta baixa da edificação na Figura 3.

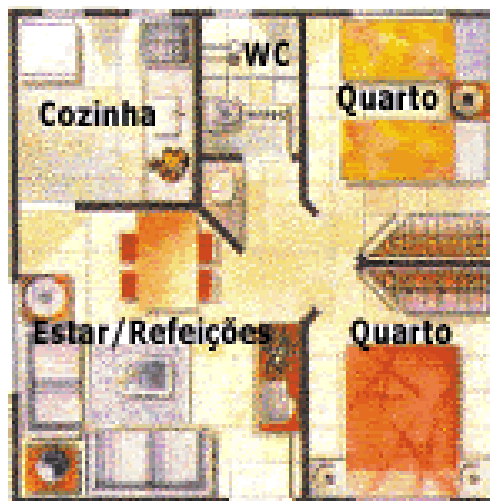


Figura 3 – Planta baixa da casa Usiteto
(Fonte: USIMINAS, 2001)

2. METODOLOGIA ADOTADA

Neste trabalho, a avaliação do desempenho térmico da edificação consiste em verificar se as condições de temperatura do ar interior do ambiente interno ventilado naturalmente podem proporcionar sensação de conforto térmico aos habitantes. Esta análise é feita considerando a resposta global da edificação em relação às interações entre o ambiente natural externo e o ambiente construído e não somente o comportamento térmico de elementos de fechamento isoladamente.

As etapas relevantes do processo de avaliação do desempenho térmico de uma edificação abrangem principalmente a caracterização das exigências humanas de conforto térmico, a caracterização das condições típicas de exposição ao clima, a caracterização da edificação e seu perfil de ocupação e também a caracterização do sistema de fechamento vertical, horizontal e cobertura.

A avaliação é feita considerando-se as condições de um dia típico de verão uma vez que as condições climáticas de verão são as predominantes no país (AKUTSU, 1998). Neste estudo emprega-se a simulação computacional detalhada a partir da resposta térmica da edificação, através do programa computacional ESP-r (CLARKE, 1993).

3. ESTUDO DE CASO

Com o objetivo de avaliar a aplicabilidade e funcionalidade da casa Usiteto como um tipo de edificação industrializada, que possa ser utilizada para suprir as necessidades de uma família, fez-se um estudo do desempenho térmico deste projeto para duas cidades brasileiras: Belo Horizonte e Brasília, que representam diferentes regiões bioclimáticas do país e são as regiões de maior abrangência do projeto.

Antes de dar início ao processo de simulação, visando a avaliação de desempenho térmico dos elementos construtivos que compõem este tipo de habitação estudada e a determinação do grau de

conforto dos ambientes internos desta edificação, localizada nas referidas cidades, é necessário primeiramente a obtenção dos dados climáticos para um dia típico de verão. Mostra-se na Tabela 1 a evolução horária dos valores das temperaturas do ambiente externo de um dia típico de verão destas cidades consideradas neste trabalho.

Tabela 1 – Evolução horária da temperatura (°C) do dia típico de verão

| Tempo (h) | Belo Horizonte | Brasília |
|--------------|----------------|-------------|
| 01 | 23,0 | 20,8 |
| 02 | 22,8 | 20,1 |
| 03 | 22,3 | 19,6 |
| 04 | 22,0 | 19,1 |
| 05 | 21,8 | 18,9 |
| 06 | 21,8 | 19,0 |
| 07 | 22,2 | 19,4 |
| 08 | 22,9 | 20,3 |
| 09 | 24,1 | 21,6 |
| 10 | 25,5 | 23,4 |
| 11 | 27,1 | 25,4 |
| 12 | 28,8 | 27,4 |
| 13 | 30,3 | 29,2 |
| 14 | 31,3 | 30,4 |
| 15 | 31,9 | 31,1 |
| 16 | 31,9 | 31,1 |
| 17 | 31,4 | 30,5 |
| 18 | 30,4 | 29,4 |
| 19 | 29,2 | 27,9 |
| 20 | 27,9 | 26,3 |
| 21 | 26,6 | 24,8 |
| 22 | 25,5 | 23,5 |
| 23 | 24,6 | 22,3 |
| 24 | 23,6 | 21,5 |
| Média | 26,2 | 24,3 |

Por este trabalho envolver o estudo do conforto térmico para habitações unifamiliares estruturadas em aço, voltada principalmente para a população de baixa renda, o condicionamento a ser considerado neste tipo de edificação irá resumir-se ao condicionamento natural, ou seja, considerar-se-á somente uma edificação ventilada naturalmente, observando-se a disposição das janelas nos ambientes, a posição da edificação em relação ao Norte. As janelas foram consideradas abertas numa proporção de 50% da área iluminante, as portas externas foram mantidas fechadas e as portas internas abertas e nenhuma obstrução externa à incidência do vento na edificação foi considerada. Admite-se que é desprezível a resistência oferecida à circulação do ar no interior e que as perdas de cargas só ocorrem nas passagens do ar pelas frestas das portas e janelas.

A partir das condições de direção e velocidade do vento da região em estudo pode-se fazer uma estimativa da ventilação natural dentro dos ambientes em termos do número de renovações por hora (ren/h), adotando-se as taxas de renovação de ar de 3,0 ren/h (boa circulação). Considera-se também o valor médio da umidade relativa do ar (UR) em porcentagem (%), o valor global da radiação solar (RS) incidente em plano horizontal em watts/metro quadrado (W/m²), e o valor global da radiação solar (RS) incidente na direção normal em watts/metro quadrado (W/m²), para este dia típico, Tabela 2.

Em relação aos sistemas de fechamento considera-se o fechamento vertical em alvenaria de tijolos cerâmicos furados revestidos de argamassa; o fechamento horizontal com piso de madeira na sala e nos quartos, com piso cerâmico na cozinha, no banho e na circulação, forros de madeira na sala, na cozinha e nos quartos, laje pré-fabricada de concreto celular autoclavado no banho e na circulação e a cobertura com telhas cerâmicas. As janelas são em vidros comuns com 4 mm de espessura, perfazendo 12 % da área total de piso. As portas internas são de madeira tipo prancheta, e as externas são portas compostas de chapas de aço com 40 % de sua área com venezianas.

Tabela 2 – Dados utilizados na avaliação da habitação

| Cidade | Vento | | TBS (°C) | UR (%) | RS (W/m ²) | RS Total (W/m ²) |
|----------|---------|-----------------------|---------------|-------------|----------------------------|----------------------------------|
| | Direção | Velocidade (m/s) | | | | |
| B. Hte. | 112,5° | Leste/Sudeste | 26,2 | 72,2 | 111,50 | 2677,00 |
| Brasília | 315° | Noroeste | 24,3 | 43,4 | 204,72 | 4913,16 |

Como caracterização do perfil de ocupação da edificação admite-se tratar de uma edificação pequena sendo a mesma ocupada por uma família de quatro pessoas, sendo dois adultos e duas crianças, desenvolvendo atividades moderadas. As atividades típicas dos ocupantes se resumem no período diurno a trabalhos domésticos, como cozinhar e arrumar a casa, estudar e outros afazeres, já no período noturno, as atividades se concentram em assistir TV e dormir. As taxas de liberação de energia térmica e de vapor d'água de equipamentos, tais como fogão, forno elétrico, geladeira, TV, conjunto de som, rádio e chuveiro elétrico, e processos no interior do recinto, são apresentados considerados levando-se em conta os dados da norma NBR 6401:1980 (FRANSOZO, 2003).

A caracterização das exigências humanas de conforto térmico está associada à preferência térmica do indivíduo em relação a um dado ambiente construído e depende das condições físicas e psicológicas do mesmo. Considerando-se que os ocupantes desta edificação estão em atividades moderadas (habitação unifamiliar) e em constante movimentação, a faixa de temperatura de conforto pode ser mais ampla que aquela especificada pela Norma. De acordo com a Norma NBR 6401: 1980, o intervalo de conforto térmico, considerado como recomendável para uma edificação residencial nas regiões consideradas, está na faixa de 18 °C a 30 °C aproximadamente. Para habitações ventiladas naturalmente seus usuários aceitam melhor a grande variação das temperaturas e da velocidade do vento como uma situação normal, demonstrando uma melhor aclimação.

3.1 - Resultados para as condições climáticas de Belo Horizonte

Para a avaliação do desempenho térmico da habitação na cidade de Belo Horizonte, considera-se o valor horário da temperatura para o dia típico de verão, Tabela 1, e também os valores médios da temperatura de bulbo seco, da umidade relativa do ar e da radiação solar incidente em plano horizontal, neste dia típico, e do valor global da radiação solar incidente na direção normal, e a velocidade média do vento com predominância na direção Leste/Sudeste, Tabela 2.

Os resultados obtidos, considerando-se a configuração do sistema de fechamento vertical (alvenaria) e as características do perfil de ocupação adotado nesta habitação, ventilada naturalmente, estão sintetizados na Figura 4 e na Tabela 3, apresentam-se as temperaturas máximas, médias e mínimas obtidas nos vários cômodos da edificação.

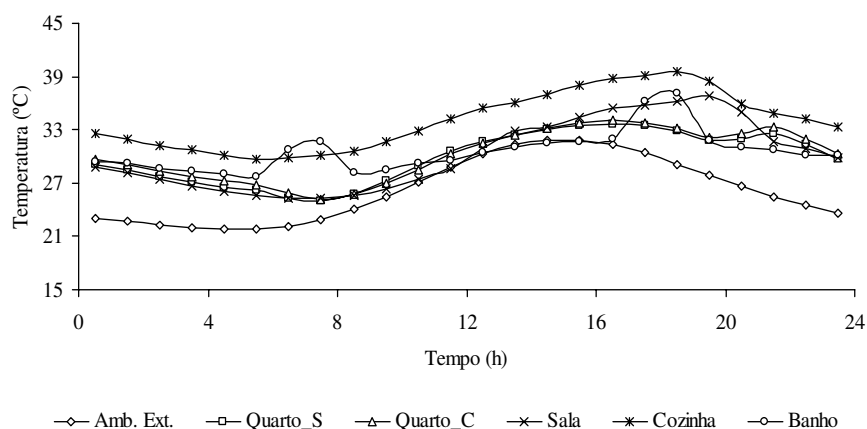


Figura 4 - Evolução da Temperatura interna com fechamento interno e externo em Alvenaria

Tabela 3 – Temperaturas máximas, médias e mínimas dos ambientes internos.

| Zona | Taxa (ren/h) | Temperatura (°C) | Ar Ext. (°C) | Alvenaria (°C) | Zona | Taxa (ren/h) | Temperatura (°C) | Ar Ext. (°C) | Alvenaria (°C) |
|--------|--------------|------------------|--------------|----------------|---------|--------------|------------------|--------------|----------------|
| Quarto | 3,0 | Máxima | 31,9 | 33,6 | Cozinha | 3,0 | Máxima | 31,9 | 39,5 |
| | | Média | 26,2 | 29,9 | | | Média | 26,2 | 34,0 |
| | | Mínima | 21,8 | 25,0 | | | Mínima | 21,8 | 29,7 |

| Zona | Taxa (ren/h) | Temperatura (°C) | Ar Ext. (°C) | Alvenaria (°C) | Zona | Taxa (ren/h) | Temperatura (°C) | Ar Ext. (°C) | Alvenaria (°C) |
|--------------|--------------|------------------|--------------|----------------|-------|--------------|------------------|--------------|----------------|
| Quarto Casal | 3,0 | Máxima | 31,9 | 34,0 | Banho | 3,0 | Máxima | 31,9 | 37,1 |
| | | Média | 26,2 | 30,2 | | | Média | 26,2 | 30,5 |
| | | Mínima | 21,8 | 25,2 | | | Mínima | 21,8 | 27,7 |

| Zona | Taxa (ren/h) | Temperatura (°C) | Ar Ext. (°C) | Alvenaria (°C) |
|------|--------------|------------------|--------------|----------------|
| Sala | 3,0 | Máxima | 31,9 | 36,8 |
| | | Média | 26,2 | 30,2 |
| | | Mínima | 21,8 | 25,2 |

Observando-se os resultados apresentados na Tabela 3, e na Figura 4, e considerando-se as características do perfil de ocupação adotado, a cozinha é o ambiente que apresenta características térmicas mais desfavoráveis ao conforto térmico. Estas características são decorrentes da influência

dos equipamentos (geladeira e fogão) considerados que promovem também um aumento considerável no fluxo interno de calor aos demais cômodos da habitação. Quando da comparação com os demais ambientes analisados, a cozinha é o cômodo que promove nos usuários da mesma um nível de insatisfação com relação ao conforto térmico. Este ambiente apresenta as maiores temperaturas máximas, de 39,5°C com o sistema de fechamento em alvenaria.

Analisando-se também os resultados que se referem às temperaturas dos dois quartos, nota-se que estes apresentam comportamentos muito próximos entre si, com as menores temperaturas máximas, e com as menores amplitudes térmicas em relação à temperatura do ambiente externo, Tabela 3. Para os demais ambientes as temperaturas resultantes têm valores intermediários em relação as temperaturas apresentadas na cozinha e nos quartos.

Observa-se, Figura 4, que o perfil de temperatura do banho apresenta dois picos de temperaturas acentuados, nos horários de 7:30 hs e 18:30 hs, como resultado do calor liberado durante o banho, e também o histórico da temperatura da sala apresenta um só pico, no horário de 20:30 hs, como resultado do calor gerado pela ocupação deste ambiente no horário do jantar.

3.2 - Resultados para as condições climáticas de Brasília

Para a avaliação do desempenho térmico da habitação em Brasília, considera-se o valor horário da temperatura para o dia típico de verão, Tabela 1, e também os valores médios da temperatura de bulbo seco, da umidade relativa do ar e da radiação solar incidente em plano horizontal, neste dia típico, e do valor global da radiação solar incidente na direção normal, e a velocidade média do vento com predominância na direção Noroeste, Tabela 2.

Os resultados obtidos, considerando-se a configuração do sistema de fechamento vertical (alvenaria) e as características do perfil de ocupação adotado nesta habitação, ventilada naturalmente, estão sintetizados na Figura 5 e na Tabela 4, apresentam-se as temperaturas máximas, médias e mínimas obtidas nos vários cômodos da edificação.

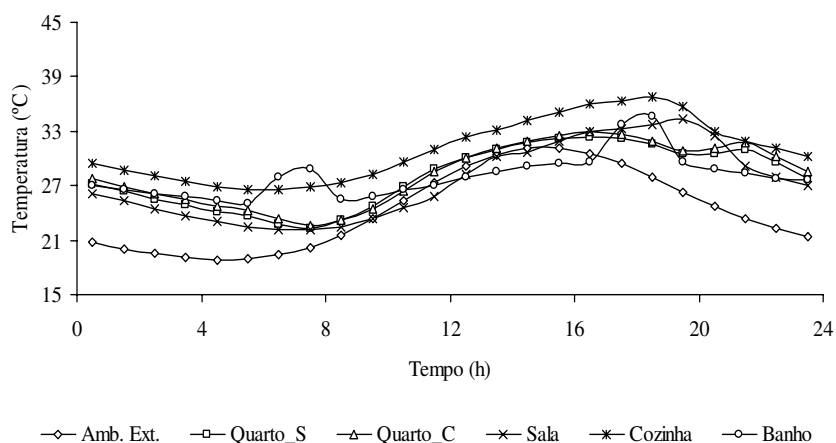


Figura 5 - Evolução da Temperatura interna com fechamento interno e externo em Alvenaria

Observando-se os resultados apresentados na Tabela 4, e na Figura 5, e considerando-se as características do perfil de ocupação adotado, a cozinha é o ambiente que apresenta temperaturas de pico maiores. Isto decorre da influência dos equipamentos (geladeira e fogão) considerados que promovem um aumento considerável no fluxo interno de calor para os demais cômodos da habitação. Observa-se pelos resultados apresentados que não há uma diferença acentuada no comportamento do perfil de temperatura, com o clima de Brasília, em relação aos valores obtidos para o clima de Belo Horizonte.

Tabela 4 – Temperaturas máximas, médias e mínimas dos ambientes internos

| Zona | Taxa (ren/h) | Temperatura (°C) | Ar Ext. (°C) | Alvenaria (°C) | Zona | Taxa (ren/h) | Temperatura (°C) | Ar Ext. (°C) | Alvenaria (°C) |
|--------|--------------|------------------|--------------|----------------|---------|--------------|------------------|--------------|----------------|
| Quarto | 3,0 | Máxima | 31,1 | 32,4 | Cozinha | 3,0 | Máxima | 31,1 | 36,8 |
| | | Média | 24,0 | 27,8 | | | Média | 24,0 | 30,7 |
| | | Mínima | 18,9 | 22,3 | | | Mínima | 18,9 | 26,5 |

| Zona | Taxa (ren/h) | Temperatura (°C) | Ar Ext. (°C) | Alvenaria (°C) | Zona | Taxa (ren/h) | Temperatura (°C) | Ar Ext. (°C) | Alvenaria (°C) |
|--------------|--------------|------------------|--------------|----------------|-------|--------------|------------------|--------------|----------------|
| Quarto Casal | 3,0 | Máxima | 31,1 | 32,9 | Banho | 3,0 | Máxima | 31,1 | 34,6 |
| | | Média | 24,0 | 28,1 | | | Média | 24,0 | 27,8 |
| | | Mínima | 18,9 | 22,6 | | | Mínima | 18,9 | 25,0 |

| Zona | Taxa (ren/h) | Temperatura (°C) | Ar Ext. (°C) | Alvenaria (°C) |
|------|--------------|------------------|--------------|----------------|
| Sala | 3,0 | Máxima | 31,1 | 34,3 |
| | | Média | 24,0 | 27,1 |
| | | Mínima | 18,9 | 22,1 |

Com relação aos cômodos da edificação, nos casos analisados, as temperaturas do ar interior da cozinha são sempre maiores do que as do ambiente externo, em função do perfil de ocupação/equipamentos/iluminação da habitação estudada. Em relação aos demais ambientes não há uma diferença acentuada no comportamento do perfil de temperatura do ar interior.

Em relação aos valores máximos da temperatura do ambiente externo e do ambiente interno, ocorre um atraso em função da inércia térmica da edificação, associada ao processo de transferência de calor por condução no elemento de fechamento externo da edificação e também pelas características do perfil de ocupação adotado.

4. CONCLUSÕES

Para as regiões climáticas analisadas as temperaturas internas resultaram mais elevadas do que a temperatura estabelecida para conforto neste tipo de ambiente construído. Uma vez que a temperatura interna, em função das condições climáticas consideradas, resultaram um pouco acima do limite da temperatura de conforto no horário de pico da temperatura do ambiente externo, na maioria dos cômodos, haverá então necessidade, neste período de pico da temperatura externa, de uma ventilação mecânica ou um condicionamento. Por se tratar de um projeto para famílias de baixa renda podem ser utilizadas algumas estratégias arquitetônicas com o objetivo de aliviar estas condições internas. O uso da inércia térmica (massa térmica) da edificação pode diminuir a amplitude da temperatura interior em relação à temperatura exterior. A ventilação, atuando-se no tamanho das aberturas, também se mostra como uma estratégia eficiente. Observou-se que a ventilação do ambiente apresenta grandes

efeitos na redução da temperatura do ar interior. Este efeito é mais significativo quando ocorrem, altas taxas de renovação de ar que nem sempre são garantidas em algumas regiões. O ar condicionado neste caso deve ser colocado como a última opção para obtenção das condições de conforto, já que este trabalho visa um tipo de edificação voltada para a população de baixa renda.

Com os resultados obtidos pode-se afirmar que os detalhes de projeto, relativos ao controle de ventilação dos ambientes, conforme a necessidade do verão e do inverno são muito importantes, além da escolha de tipos de elementos de fechamento interno e externo, para se alcançar condições internas mais adequadas para seus usuários.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Usiminas - Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais S/A pela liberação das fotos do programa Usiteto.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKUTSU, M. (1998) “Método para avaliação do desempenho térmico de edificações no Brasil”. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, USP- SP, 1998. (Tese de Doutorado).
- ABNT (1980) “Instalações centrais de ar condicionado para conforto - parâmetros básicos de projeto: NBR 6401”. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 1980.
- CLARKE, J. A. et al. (1993) “ESP-r a program for building energy simulation”. Version 9 Series, ESRU Manual U93/1, Glasgow. Scotland: 1993.
- FRANSOZO, H. L. (2003) “Avaliação de desempenho térmico de habitações de baixo custo estruturadas em aço”. 244f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Construção Metálica) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2003.
- SOUZA, H. A. et al. (2003) “Avaliação do desempenho térmico dos sistemas de fechamento pré-fabricados utilizados na construção estruturada em aço”. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 7, Conferência Latino-Americana sobre Conforto e Desempenho Energético de Edificações. 3, 2003, Curitiba. Anais... Curitiba: ENCAC-COTEDI, 2003. P. 1236-1244.
- IPEA (2002). “O Problema Habitacional no Brasil: Déficit, Financiamento e Perspectivas”. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Texto elaborado por: José Romeu de Vasconcelos e José Oswaldo Cândido Júnior. Brasília, 1996. Disponível no site < http://www.ipea.gov.br/pub/td/td_410.pdf >. Acesso em: mar. 2002.
- SALES, U. C. et al. (2001) “Interfaces entre Sistemas de Vedação e Estruturas Metálicas, Problemas Reais”. *Téchne*, São Paulo, v. ago., n. 53, p. 98 102, 2001.
- SALES, U. C. et al. (2002) “Construção Industrializada em aço: Estrutura metálica associada a fechamentos pré-fabricados”. *Revista Engenharia Ciência Tecnologia*, Vitória-ES, v. 05, n. 01, p. 11-17, 2002.
- USIMINAS (2002) Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais S/A. Disponível no site < www.usiminas.com.br >. Acesso em fev. 2002.
- USIMINAS (2001) “USITETO - Solução Usiminas para habitação popular: detalhamento técnico”. Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais S/A. Belo Horizonte: USIMINAS. Gerência de Desenvolvimento da Aplicação do Aço - DGA. 2001.
- von KRÜGER, P. G. et al. (2001) “Painéis Pré-Moldados de Concreto em Estruturas Metálicas”. In: Iv Seminário Internacional - O Uso de Estruturas Metálicas na Construção Civil e I Congresso Internacional Da Construção Metálica - I CICOM, 2001, São Paulo. Anais do I CICOM. 2001. v.1, p. 1-16.