



## AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO DE PROTÓTIPO DE UNIDADE HABITACIONAL PRÉ-MOLDADA DE PLACAS LISAS CIMENTÍCEAS EM ZONA BIOCLIMÁTICA 2 (VERÃO)

**Antonio César Silveira Baptista da Silva (1); Margarete R. de Freitas Gonçalves (2);**

(1) Departamento de Tecnologia da Construção – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo –  
Universidade de Federal de Pelotas, Brasil – e-mail: acsbs@ufpel.edu.br

(2) Departamento de Tecnologia da Construção – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo –  
Universidade de Federal de Pelotas, Brasil – e-mail: magon.sul@terra.com.br

### RESUMO

**Proposta:** No que se refere à habitação de interesse social, onde o baixo custo é fator determinante para a viabilidade de um empreendimento, algumas vezes, numa tentativa de baratear a construção, são utilizadas tecnologias construtivas e materiais inadequados no que se refere à resistência, manutenção e propriedades térmicas. Diante de absurdos que surgiram no passado, os órgãos de financiamento de habitações de interesse social passaram a exigir um maior controle do desempenho das novas tecnologias construtivas. **Método de pesquisa/Abordagens:** A avaliação de desempenho térmico deste protótipo no período de verão foi obtida através de medições *in loco* com registro horário de temperatura e umidade externa e interna. As propriedades térmicas do envelope da edificação foram analisadas segundo a norma NBR 15.220 – Desempenho Térmico de Edificações - e as condições de conforto analisadas segundo a carta bioclimática de Givoni. **Resultados:** A análise de desempenho para o período de verão demonstrou resultados bastante positivos, nos quais se pôde observar conforto interno em 80% do período analisado, contra os 32,5% de conforto no ambiente externo. **Contribuições/Originalidade:** Monitoramento e avaliação de um protótipo habitacional de interesse social, com geração de banco de dados.

Palavras-chave: habitação de interesse social, desempenho térmico, conforto térmico.

### ABSTRACT

**Propose:** In social interest habitations, low cost is a determinative factor for enterprise viability. Because of that, sometimes, inadequate materials and constructive technologies are used aiming to attend to resistance, maintenance and thermal performance of building components to reduce the construction costs. Regard mistakes happened in the past, financial agencies started to control new constructive technologies. **Methodologies:** The evaluation of thermal performance of this prototype was carried out through hourly measurements of outdoor and indoor temperatures and relative humidity, recorded in data loggers, during summer period. The thermal properties of the building envelope were analyzed according to the standard NBR 15,220 - Thermal Performance of Buildings - and the comfort conditions were based in the Givoni's bioclimatic chart. **Findings:** Results showed that the building performance is sufficiently positive for summer period, in which could be observed indoor comfort of 80% of the time analyzed, against 32.5% of outdoor comfort, for the same period. **Originality/value:** Measurements and thermal performance evaluation of a prototype of a social interest habitation, with generation of database.

Keywords: social interest habitation, thermal performance, thermal comfort

## **1 INTRODUÇÃO**

No que se refere à habitação de interesse social, onde o baixo custo é fator determinante para a viabilidade de um empreendimento, algumas vezes, numa tentativa de baratear a construção, são utilizadas tecnologias construtivas e materiais inadequados no que se refere à resistência, manutenção e propriedades térmicas. Diante de absurdos que surgiram no passado, os órgãos de financiamento de habitações de interesse social passaram a exigir um maior controle do desempenho das novas tecnologias construtivas.

Diversas diretrizes foram publicadas ao longo das últimas décadas. No entanto, poucos são os trabalhos que envolvem monitoramento contínuo de edificações, por períodos representativos das variações climáticas ao longo do ano (MORELLO, 2005).

Assim, o desempenho térmico real das habitações de cunho social geralmente é desconhecido e, de um modo geral, pouco considerado na concepção do projeto. Esta lacuna, entre o objeto concebido e a avaliação de desempenho deste objeto, impede que o projeto seja aperfeiçoado e atenda integralmente às necessidades do ser humano.

Este protótipo está sendo continuamente monitorado. Nesta oportunidade são apresentados os resultados do período de verão com os dados coletados através de medições *in loco* durante o período de 30 de novembro de 2006 a 19 de março de 2007 com registro de dados de hora em hora de temperatura e umidade externa e interna, em cada um dos compartimentos.

As propriedades térmicas da envoltória, calculadas segundo a norma **NBR 15.220 – Desempenho Térmico de Edificações**, foram comparadas com os limites sugeridos pela mesma norma e com os dados obtidos *in loco*, que também foram comparados aos critérios do projeto de norma CB-02 - 02: 136.01.001 – **Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos**, que tramita aguardando aprovação.

## **2 OBJETO DE ESTUDO**

O objeto de estudo é um protótipo de Unidade Habitacional Pré-Moldada de Placas Lisas Cimentícneas construído às margens BR 392, no distrito denominado Povo Novo, no município de Rio Grande, Rio Grande do Sul, a cerca de 25 km do centro de Pelotas (Figura 1).

A edificação é estruturada em montantes de madeira de eucalipto, com densidade de massa entre 800 e 1000 kg/m<sup>3</sup>. O fechamento externo é feito com chapas lisas cimentícneas de 1,20x3,00 com 10mm de espessura e densidade de 1700kg/m<sup>3</sup>, fixadas com parafusos diretamente nos montantes, enquanto que o fechamento interno, tanto paredes como forros, é feito com madeira de lambris de pinus de 10cm de largura, 5mm de espessura e densidade entre 450 e 600 kg/m<sup>3</sup>.

O fechamento das empenas é feito com telhas de fibro-cimento de 6mm de espessura posicionadas verticalmente e pintadas na cor da casa, que neste caso é amarela. A cobertura é feita com um telhado em 2 águas com a cumeeira em níveis diferentes. Possui uma inclinação de 20° ou 36,4% e um beiral de 30cm. As telhas são de fibro-cimento de 6mm, com densidade de 1600 kg/m<sup>3</sup>, aparafusadas em terças de eucalipto com seção de 8x8cm. Sob o telhado é colocado um forro de lambri de pinus de 10cm de largura e 5mm de espessura, pregado nas linhas da tesoura, acompanhando a inclinação do telhado, com câmara de ar de 17cm, não ventilada.

As janelas são de madeira de eucalipto do tipo guilhotina com venezianas de duas folhas de abrir, 1,20x1,0/1,10 e janela do banheiro de madeira, estilo maxi-ar, 60x60/1,50.

## **3 CÁLCULO DAS PROPRIEDADES TÉRMICAS E AVALIAÇÃO SEGUNDO CRITÉRIOS DA NBR 15.220**

Segundo a **NBR 15.220 – Desempenho Térmico de Edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**, a região onde

está implantado o protótipo corresponde a Zona Bioclimática 2, que predomina no Rio Grande do Sul e Região Sul do Brasil, cujas recomendações são apresentadas na Figura 2.



**Figura 1** - Vista do acesso principal (sul)

Recomendações para a Zona Bioclimática		
Propriedades	Paredes	Coberturas
U [W/m <sup>2</sup> .K]	< 3,0	< 2,0
Atraso [horas]	< 4,3	< 3,3
Fator Solar [%]	< 5,0	< 6,5
Área de aberturas (% do piso)	15 a 25	
<b>Interior</b>		
Aquecimento solar da edificação	<input checked="" type="checkbox"/>	
Paredes internas pesadas	<input checked="" type="checkbox"/>	
Aquecimento artificial necessário	<input checked="" type="checkbox"/>	
Permitir a insolação dos ambientes	<input checked="" type="checkbox"/>	
<b>Ventilação</b>		
Refrigeração evaporativa	<input type="checkbox"/>	
Inércia térmica para resfriamento	<input type="checkbox"/>	
Ventilação cruzada	<input checked="" type="checkbox"/>	
Ventilação seletiva (alguns horários)	<input type="checkbox"/>	
Ventilação cruzada permanente	<input type="checkbox"/>	
Refrigeração artificial necessária	<input type="checkbox"/>	
Sombrear aberturas (proteção solar)	<input type="checkbox"/>	

**Figura 2** - Recomendações para a Zona Bioclimática 2

As Tabelas 1 e 2 apresentam as propriedades térmicas das paredes externas e da cobertura, calculados segundo a norma **NBR 15.220 – Desempenho Térmico de Edificações – Parte 2**.

**Tabela 1**- Propriedades térmicas da parede externa em comparação com a NBR 15.220.

	Transmitância térmica (U) [W/(m <sup>2</sup> .K)]	Atraso térmico (φ) [horas]	Fator Solar (FS) [%]
<b>NBR 15220</b>	<3,0	<4,3	<5,0
<b>PROTÓTIPO</b>	2,37	1,04	3,79
<b>AVALIAÇÃO</b>	<b>adequado</b>	<b>adequado</b>	<b>adequado</b>

**Tabela 2**- Propriedades térmicas da cobertura em comparação com a NBR 15.220.

	Transmitância térmica (U) [W/(m <sup>2</sup> .K)]	Atraso térmico (φ) [horas]	Fator Solar (FS) [%]
<b>NBR 15220</b>	<2,0	<3,3	<6,5
<b>PROTÓTIPO</b>	2,13	0,67	2,54
<b>AVALIAÇÃO</b>	<b>inadequado</b>	<b>adequado</b>	<b>adequado</b>

A Tabela 3 demonstra a relação de piso e abertura dos ambientes de permanência prolongada.

**Tabela 3**- Área das aberturas em comparação com a NBR 15.220.

Ambiente	Área de janela	Abertura efetiva	Área do piso	Percentual
Sala de estar	1,20 m <sup>2</sup>	0,60 m <sup>2</sup>	9,36 m <sup>2</sup>	6,41%
Dormitório 1	1,20 m <sup>2</sup>	0,60 m <sup>2</sup>	8,71 m <sup>2</sup>	6,89%
Dormitório 2	1,20 m <sup>2</sup>	0,60 m <sup>2</sup>	8,71 m <sup>2</sup>	6,89%
Cozinha	1,20 m <sup>2</sup>	0,60 m <sup>2</sup>	5,57 m <sup>2</sup>	10,77%

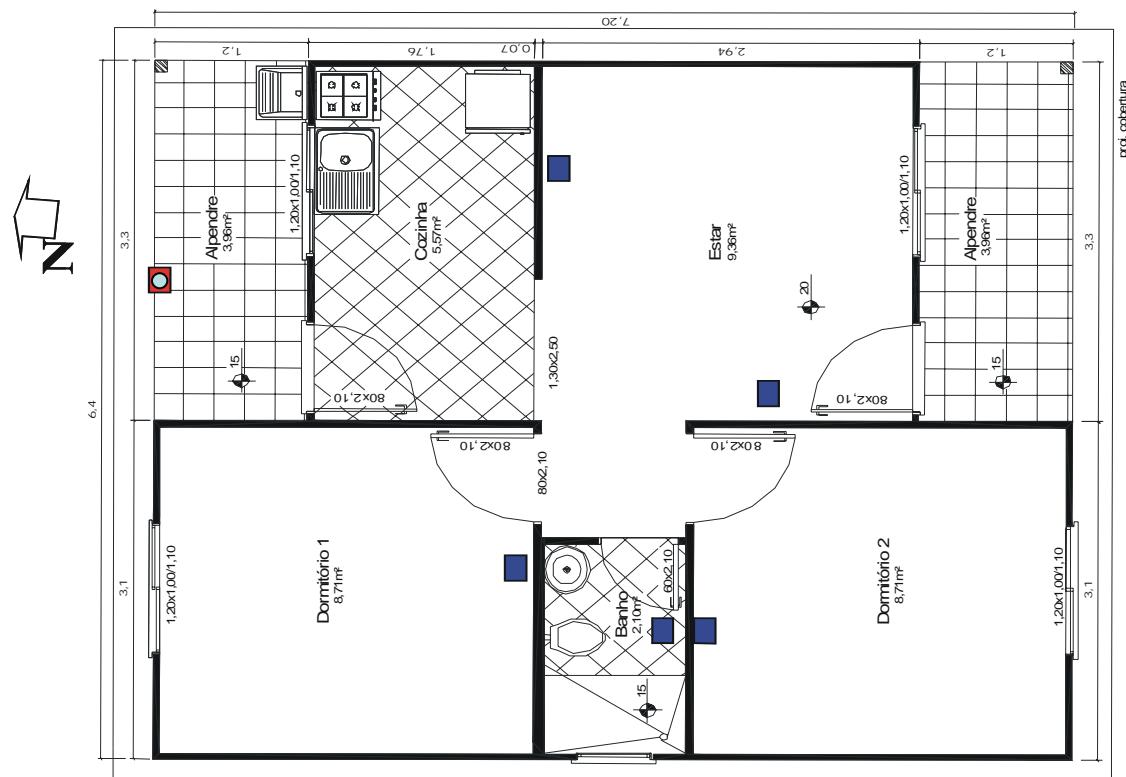
Pode-se verificar através da Tabela 3 que nenhuma das aberturas atendeu à NBR 15.220 – Parte 3 -no que diz respeito á área efetiva para ventilação. No entanto, esta parte da Norma apenas apresenta recomendações quanto ao desempenho térmico de habitações unifamiliares de interesse social aplicáveis na fase de projeto e não trata dos procedimentos para avaliação do desempenho térmico de edificações, os quais podem ser elaborados através de cálculos, de medições *in loco* ou de simulações computacionais (ABNT, 2005c – pág. 2).

## 4 MEDIÇÕES IN LOCO

As medições *in loco*, apresentadas neste trabalho, foram realizadas no interior da residência durante o período compreendido entre o dia 30 de novembro de 2006 e 19 de março de 2007, de hora em hora, totalizando 2615 horas de medição.

Os dados externos de temperatura e umidade relativa do ar foram obtidos através da instalação de um sensor externo na própria residência, no alpendre que dá acesso à cozinha, a uma altura de 2,45m, protegido da radiação solar. Todos os ambientes foram medidos com portas, janelas e venezianas fechadas, permitindo-se a infiltração de ar pelas frestas existentes nas portas e janelas.

Os dados internos foram coletados em 5 pontos da edificação, instalados a uma altura de 1,10m em relação ao piso e localizados conforme Figura 3. A divisória entre a sala e a cozinha compõe-se de uma bancada de apenas 1,35m. Não há equipamentos instalados.



**Figura 3** - Localização dos sensores de temperatura e umidade.

Legenda:

Sensor interno

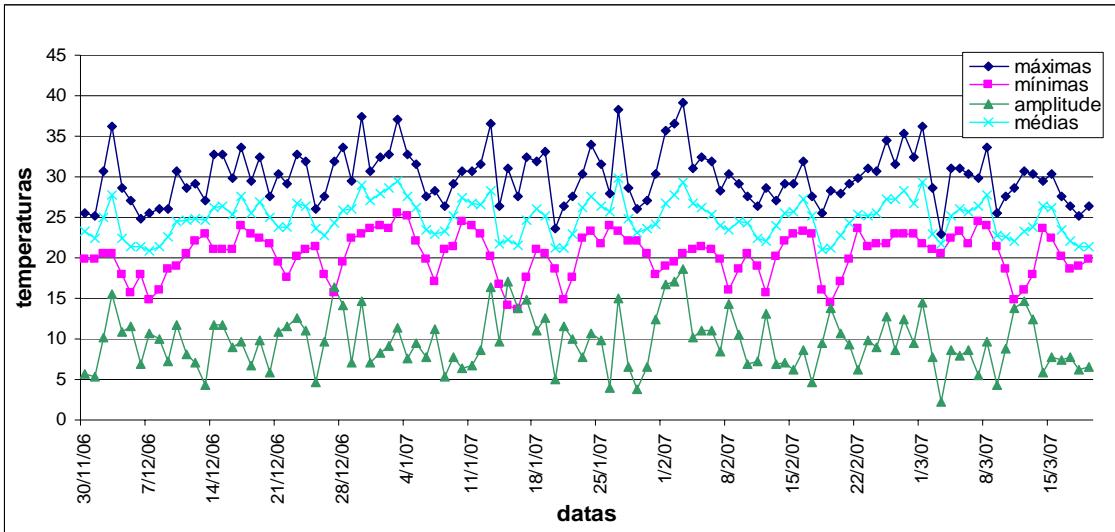
Sensor externo

### 4.1 Equipamentos

Os dados foram coletados através da instalação de cinco sensores do tipo registrador microprocessado (modelo Hobo H08-003-02) para aquisição de dados de temperatura e umidade relativa do ar para ambientes internos (de -20 a +70°C e 25% a 95% para umidade relativa) e de um sensor do tipo registrador microprocessado (modelo Hobo H08-032-08) para aquisição de dados de temperatura e umidade relativa do ar para ambientes externos (de -30 a +50°C e 00% a 100% para umidade relativa).

### 4.2 Apresentação geral dos dados coletados

Devido ao extenso número de dados coletados, é apresentado um resumo dos dados gerais obtidos no período de medição. A Figura 4 apresenta um gráfico de temperatura externas máximas, médias, mínimas e amplitude para cada um dos dias medidos no período, no qual se pode verificar que o período se caracterizou por temperaturas elevadas com médias acima dos 20°C e máximas atingindo valores acima dos 39°C. Apesar disso, alguns dias apresentaram temperaturas abaixo dos 15°C, fazendo com que o período apresentasse amplitudes térmicas superiores a 15°C.



**Figura 4** – Resumo das condições externas diárias durante o período de medição

Na Tabela 4 são apresentados os valores máximos, médios, mínimos e a amplitude externa de temperatura e umidade e em cada um dos compartimentos.

**Tabela 4** – Resumo das condições externas e internas de temperatura e umidade no período medido

VALOR	SENSOR EXTERNO		COZINHA		DORMITÓRIO 1		DORMITÓRIO 2		BANHEIRO		SALA	
	T (°C)	RH (%)	T (°C)	RH (%)	T (°C)	RH (%)	T (°C)	RH (%)	T (°C)	RH (%)	T (°C)	RH (%)
Máximo	39,2	95,5	34,4	77,0	33,6	77,0	33,6	81,9	34,4	76,0	34,0	77,0
Médio	24,9	73,3	25,4	61,5	25,4	61,9	25,2	63,2	25,7	60,9	25,4	62,4
Mínimo	13,7	23,8	17,5	36,7	17,5	36,2	17,1	32,3	17,9	32,9	17,5	33,9
Amplitude	25,5	71,7	16,9	40,3	16,1	40,8	16,5	49,6	16,5	43,1	16,5	43,1

A Tabela 4 demonstra que a temperatura máxima absoluta interna foi menor do que a externa em todos os compartimentos. O mesmo ocorreu com a umidade relativa máxima absoluta. Pode-se observar também que a temperatura mínima absoluta interna foi maior do que a externa em todos os compartimentos. O mesmo ocorreu com a umidade relativa mínima absoluta. Isso resultou em uma menor variação (amplitude) das condições climáticas no interior da edificação.

#### 4.3 Análise de desempenho térmico

Impossível se torna demonstrar todos os gráficos analisados no período de hora em hora. Assim, foram escolhidos alguns dias relevantes na exemplificação do comportamento térmico da edificação. Salientam-se os seguintes dias:

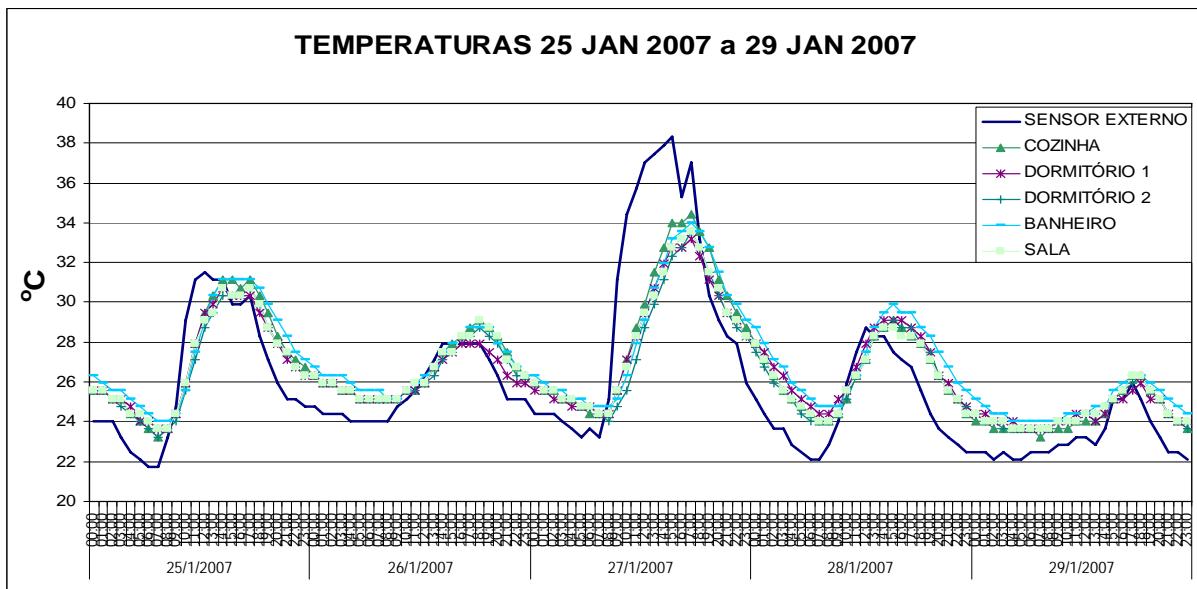
- a) dia de maior temperatura média
- b) dia de maior temperatura mínima
- c) dia de maior temperatura máxima
- d) dia de maior amplitude térmica

Todos estes dias são analisados tomando-se um período de cinco dias, sendo dois dias antes e dois dias depois. O dia que apresenta a maior temperatura máxima, apresentou também a maior amplitude térmica. Assim serão apresentados três gráficos para análise do período de verão.

A Figura 5 demonstra o dia de maior temperatura média (27/01/2007), seguido por dois dias antes e dois dias depois. Neste período a máxima temperatura externa ocorreu às 15:00h do dia 27/01/2007, atingindo 38,32°C. Internamente a máxima temperatura foi percebida às 17:00h tendo atingido 34,43°C na cozinha, demonstrando um atraso térmico de 2 horas e um amortecimento de cerca de 3,9°C. Nos demais ambientes obteve-se o mesmo atraso térmico, no entanto, com maiores amortecimentos da temperatura, como, por exemplo, o dormitório 1 que apresentou máxima temperatura de 33,17°C e um amortecimento de 5,05°C.

Os dias deste período são predominantemente quentes e na seqüência do dia 25 para o dia 26 a temperatura interna esteve sempre superior à externa. O mesmo ocorreu com o dia 28 e 29/01. Isso se deve também devido aos ambientes permanecerem fechados durante a medição, impossibilitando a ventilação natural com ar externo em condições favoráveis de conforto.

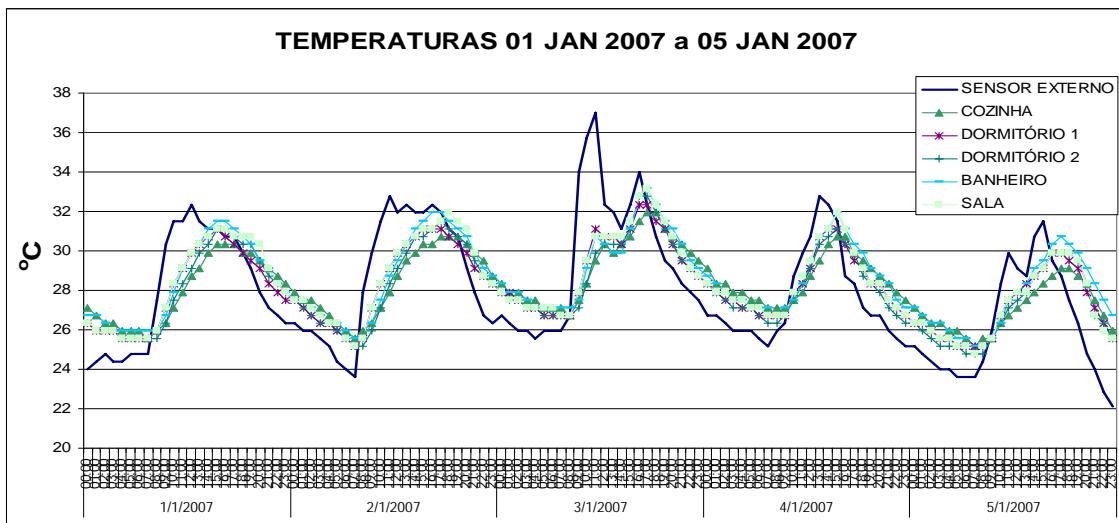
Salienta-se, no entanto que em nenhum momento, em que a temperatura interna esteve superior à externa, a temperatura interna dos compartimentos ultrapassou os limites de conforto ( $29^{\circ}\text{C}$ ) nos dormitórios, salas e cozinha.



**Figura 5** – Período de cinco dias que contém o dia (27/01/2007) com *maior temperatura média* ( $29,79^{\circ}\text{C}$ )

A mínima externa ocorreu às 06:00h do dia 25/01/2007, atingindo  $21,3^{\circ}\text{C}$ . Internamente a mínima temperatura foi percebida às 07:00h tendo atingido  $23,2^{\circ}\text{C}$  no dormitório 2, demonstrando um atraso térmico de 1 hora e um amortecimento de  $2^{\circ}\text{C}$ . Desta forma a edificação reduziu a amplitude térmica interna em  $7,05^{\circ}\text{C}$ , nos ambientes mais desfavoráveis em relação às condições externas.

A Figura 6 demonstra o dia de maior temperatura mínima (03/01/2007), seguido por dois dias antes e dois dias depois. Este dia caracteriza-se por uma noite quente, o que, nestas condições, dificulta o resfriamento da edificação no período noturno. Esta sequência caracteriza por dias quentes onde todos os dias, com exceção do dia 05/01, a máxima temperatura esteve acima dos  $32^{\circ}\text{C}$  e a mínima acima dos  $25^{\circ}\text{C}$  em dois dias consecutivos. Consequentemente a temperatura mínima interna manteve-se acima dos  $26^{\circ}\text{C}$ .



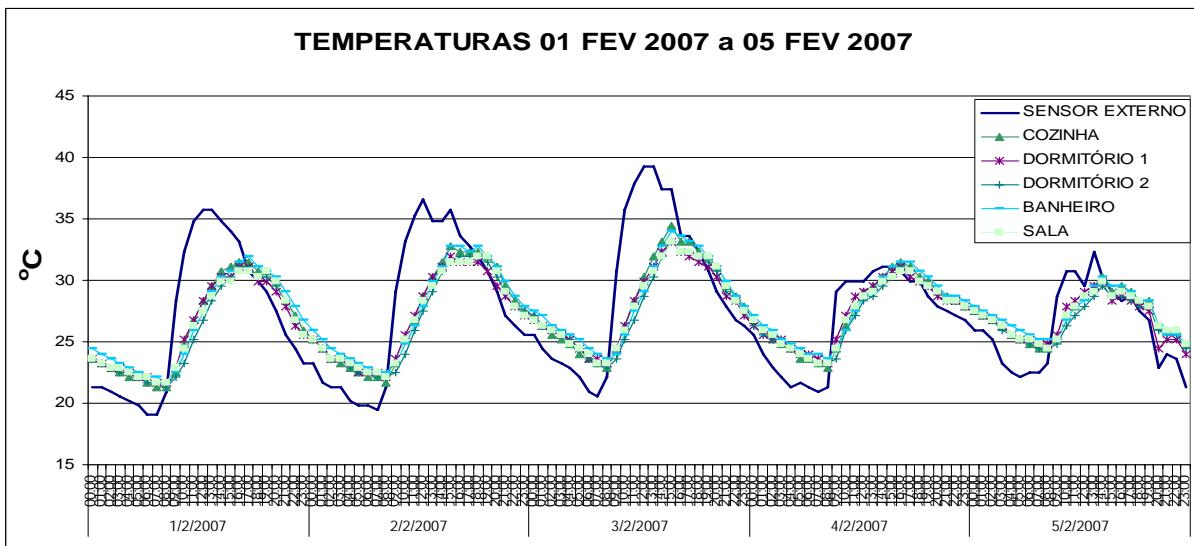
**Figura 6** – Período de cinco dias que contém o dia (03/01/2007) com *maior temperatura mínima* ( $25,56^{\circ}\text{C}$ )

Neste período a máxima temperatura externa ocorreu às 11:00h do dia 03/01/2007, atingindo  $37^{\circ}\text{C}$ . Internamente a máxima temperatura foi percebida às 17:00h tendo atingido  $33,17^{\circ}\text{C}$  na sala,

demonstrando um atraso térmico de 6 horas e um amortecimento de cerca de 3,8°C. Um atraso térmico igualmente grande ocorreu também na sala no dia anterior.

Durante todo o período de monitoramento o atraso térmico oscilou entre 1 e 3 horas, sendo predominante o atraso de 2 horas, que é superior ao atraso calculado e apresentado nas tabelas 1 e 2 para os elementos isolados. Este atraso térmico, mais elevado e atípico identificado nos dias 02 e 03/01, ocorreu porque em ambos a temperatura máxima foi atingida antes do meio dia, o que normalmente ocorreria entre as 13 e 15 horas. Isso caracteriza uma interrupção da elevação da temperatura devido ou ao céu encoberto ou devido à chuva. No dia 02 a temperatura máxima foi atingida às 11h foi mantida praticamente constante até às 17h, o que caracteriza uma ausência de pico. Já no dia 03/01 fica bastante claro a incidência de chuva às 11h com redução da temperatura e elevação da umidade relativa. Nos dados de umidade relativa consta 47,8% às 11h, 63,3% às 12h e 70,4% às 14h. Das 11 às 14h a temperatura externa diminuiu cerca de 6°C, enquanto internamente, devido à edificação estar fechada, a redução de temperatura foi menor do que 1°C.

Após as 14h, que deve corresponder ao término da chuva e céu mais limpo, a temperatura voltou a subir até às 16h, quando atingiu 34°C, levando a temperatura interna ao pico máximo entre as 17h.



**Figura 7** – Período de cinco dias que contém o dia (03/02/2007) com **maior temperatura máxima** (25,56°C) e **maior amplitude térmica** (18,65°C)

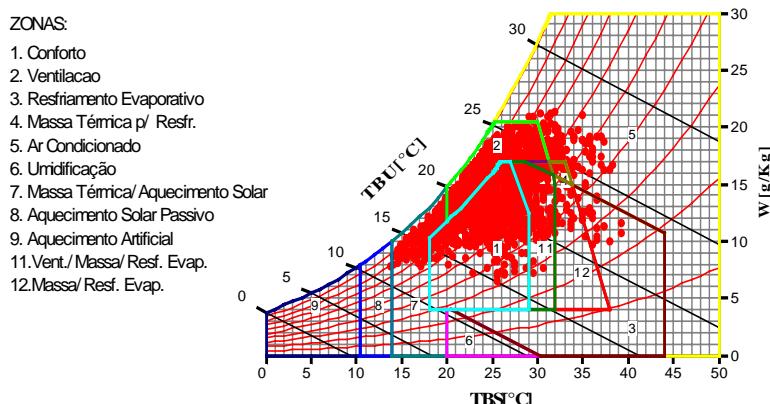
A Figura 7 demonstra o dia que simultaneamente apresentou maior amplitude térmica e maior temperatura máxima (03/02/2007) seguido por dois dia antes e dois dias depois. Este dia caracteriza-se por uma temperatura extremamente elevada atingindo 39,9°C ao meio-dia. O atraso térmico observado corresponde às 3h, quando às 15h a temperatura interna atingiu 34,43°C na cozinha e 33,17°C na sala e dormitórios. Isso equivale a um amortecimento de 6,73°C na temperatura máxima interna em relação à externa. Salienta-se, no entanto que em nenhum momento a temperatura interna esteve superior à externa.

A mínima temperatura externa ocorreu às 7h com valor de 20,57°C, enquanto a mínima interna atingiu 22,86°C às 8h, amortecendo 2,59°C com atraso térmico de 1h. Assim, no dia mais quente e com maior amplitude térmica a edificação amorteceu cerca de 9°C da variação de temperatura externa que foi 18,65°C.

As situações demonstradas nas figuras 5, 6 e 7 exigem bastante da edificação, no entanto não representam a normalidade de todo o período monitorado. Assim é apresentado uma análise geral da edificação de hora em hora, tomando em conta os valores observados e parâmetros de conforto. A Carta Bioclimática de Givoni, utilizada como parâmetro para a classificação

bioclimática da NBR 15.220 – Parte 3, estabelece uma zona de conforto entre as temperaturas de 18°C e 29°C para o Brasil.

A Figura 8 apresenta, na Carta Bioclimática de GIVONI (1992), os dados coletados de temperatura externa, onde se pode verificar que o período se caracterizou por grandes amplitudes térmicas com temperaturas acima dos 39°C e abaixo dos 15°C.



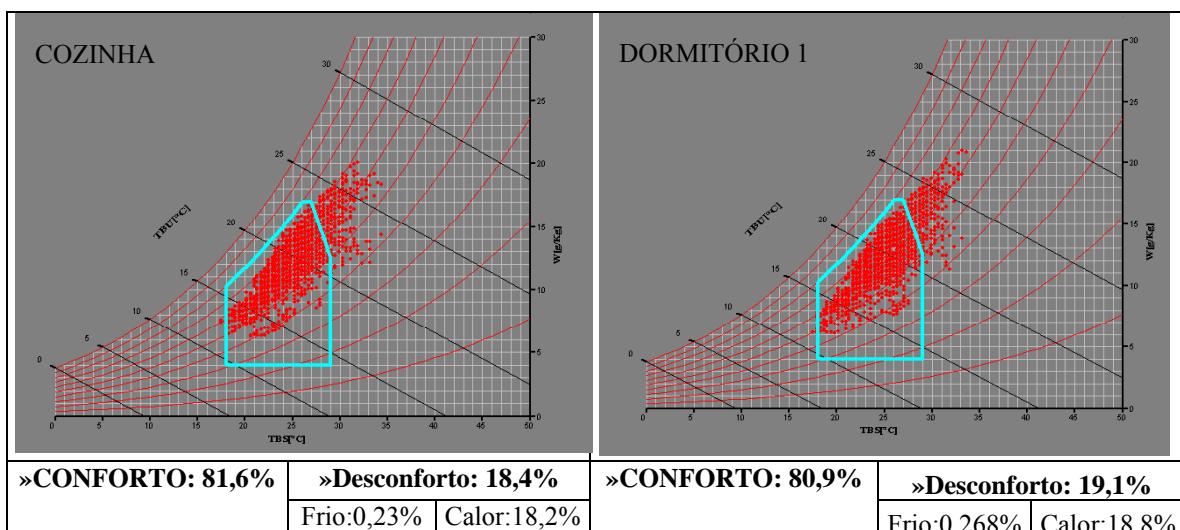
**Figura 8** – Condições externas diárias durante o período de medição

O resultado da análise bioclimática, obtida através do programa AnalysisBio, desenvolvido pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE/USC) é apresentado na Tabela 5.

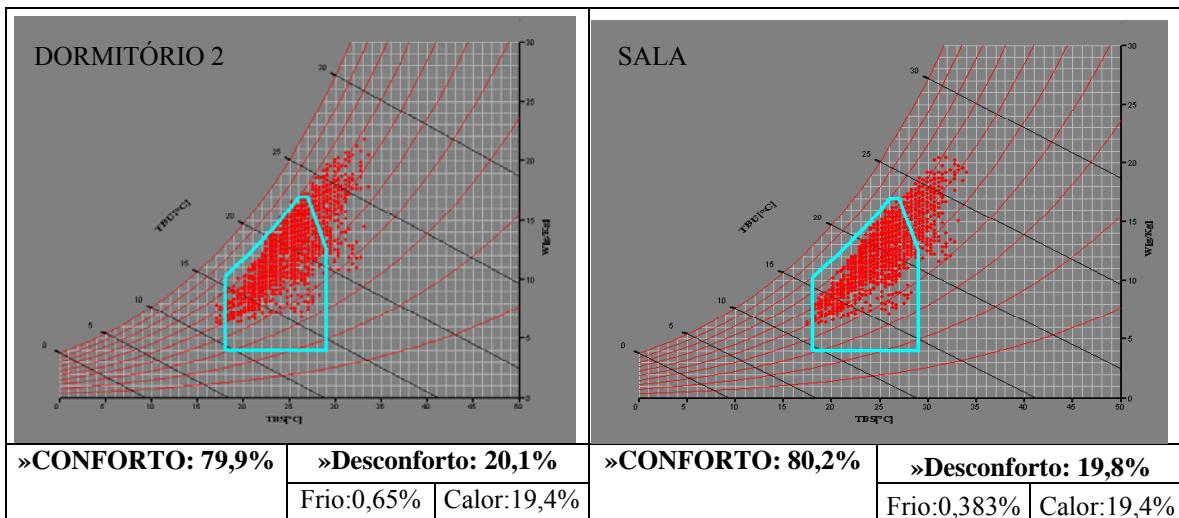
**Tabela 5** - Percentual de conforto e desconforto frente às condições externas

GERAL	Calor	Frio
»Conforto: 32,5% »Desconforto: 67,5% - Frio: 8,49% - Calor: 59%	»Ventilação: 51,8% »Massa p/ Resfr.: 11,4% »Resfr. Evap.: 10,5% »Ar Condicionado: 5,16%	»Massa Térmica/Aquecimento Solar: 8,45% »Aquecimento Solar Passivo: 0,0383% »Aquecimento Artificial: 0% »Umidificação: 0%

As figuras 9 e 10 demonstram as condições internas no período de medição dos principais ambientes do protótipo. Pode-se verificar que houve significativa melhora das condições de conforto em relação ao ambiente externo, alcançando percentual de conforto em torno de 80% em todos os cômodos, apesar de o protótipo não ser ventilado no período de medição. No caso do ambiente ser ventilado, o percentual de conforto seria certamente superior ao constatado durante as medições, visto que a ventilação é a estratégia de conforto mais adequada para o período analisado, conforme Tabela 5.



**Figura 9** – Percentual de conforto da cozinha e dormitório 1 durante o período de medição



**Figura 10** – Percentual de conforto do dormitório 2 e sala durante o período de medição

Por sua vez o projeto de norma 02: 136.01.001 (CB-02, 2004) em tramitação, estabelece na Tabela 6 os critérios para avaliação do desempenho térmico no período do verão, por meio da realização de medições em edificações ou protótipos construídos

**Tabela 6 - Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão**

Nível de desempenho	Limites de temperatura do ar no verão
MÍNIMO	- Valor máximo diário da temperatura do ar interior $\leq$ valor máximo diário da temperatura do ar exterior (zonas 1 a 8)
INTERMEDIÁRIO	- Valor máximo diário da temperatura do ar interior $\leq 29^{\circ}\text{C}$ (zonas 1 a 7) - Valor máximo diário da temperatura do ar interior $\leq 28^{\circ}\text{C}$ (zona 8)
SUPERIOR	- Valor máximo diário da temperatura do ar interior $\leq 27^{\circ}\text{C}$ (zonas 1 a 7) - Valor máximo diário da temperatura do ar interior $\leq 26^{\circ}\text{C}$ (zona 8)

Zonas bioclimáticas de acordo com NBR 15220– Parte 3

**Fonte:** CB-02 (2004a)

Adotando-se os limites correspondentes a Zona Bioclimática 2 e fazendo-se uma análise horária dos dados coletados, obtém-se a Tabela 7 que demonstra o percentual de horas em cada nível de desempenho estabelecido pela Tabela 6.

**Tabela 7- Desempenho da edificação em percentual de horas**

DESEMPENHOS APROVADO			DESEMPENHOS REPROVADO
SUPERIOR	INTERMEDIÁRIO	MÍNIMO	
67,04%	18,43%	7,38%	7,15%
92,85%			7,15%
100,00%			

Através da Tabela 7 pode-se observar que, do tempo total medido (2615 horas), em 92,85% (2428 horas) a edificação tem desempenho aprovado, sendo 67,04% (1753 horas) classificado como nível superior, 18,43% (482 horas) em nível intermediário e 7,38% (193 horas) em nível mínimo. Em apenas 7,15% (187 horas) a edificação apresenta comportamento inadequado. Quanto a este último aspecto cabe ressaltar que:

- a média de ultrapassagem dos  $29^{\circ}\text{C}$  limites é  $1,38^{\circ}\text{C}$ ;
- esta temperatura interna poderia ser reduzida, se as janelas estivessem abertas para permitir a ventilação diurna nos períodos em que a temperatura externa estivesse inferior à interna, o que geralmente ocorreu, simultaneamente em todos os ambientes, a partir das 18 horas;
- as venezianas permitiriam a ventilação noturna, colaborando com o resfriamento da edificação, reduzindo a temperatura média interna;
- a orientação de implantação da edificação colocou os dormitórios na pior situação de exposição solar (oeste);

- e) o banheiro, devido ao pequeno volume de ar, foi o único responsável por 1,56% do tempo (41 horas) do tempo de comportamento inadequado. Ou seja, os ambientes de permanência prolongada estiveram aquém do desempenho mínimo em apenas 5,58%, sendo aprovado em 94,42% das horas.

## 5 CONCLUSÕES

A comparação com a NBR15220 - **Desempenho térmico de edificações** - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social, justificou o uso dos materiais de construção atendendo às diretrizes desta norma. O forro da cobertura poderia ser melhorado para que a transmitância não ultrapasse os valor de 2,0 W(m<sup>2</sup>.K).

As áreas de abertura em relação à área de piso não atenderam às especificações da NBR 15220 – Parte 3. No entanto, durante o monitoramento das condições internas, o pequeno percentual de tempo em que a temperatura interna esteve aquém do desempenho do mínimo (5,58%) e o pequeno valor de desvio médio (1,38°C) da temperatura limite (29°C) fazem supor que as aberturas existentes dariam conta de restabelecer as condições de conforto, quando a temperatura externa assim permitir.

O uso de venezianas na edificação garante privacidade, segurança e oferecem a possibilidade de ventilação noturna, quando a temperatura externa está agradável, predominantemente abaixo dos 25°C, como verificado na Figura 7.

Os resultados obtidos pelas medições *in loco* demonstram um desempenho bastante positivo na grande maioria do tempo monitorado, apesar das limitações impostas pelo método de avaliação que não permitiu a ventilação quando esta poderia ser útil e da orientação pouco favorável dos dormitórios. Quanto a este aspecto sugere-se que a implantação seja alterada, de forma que ambos os dormitórios fiquem em sua maior dimensão voltada para norte e que suas aberturas sejam voltadas para esta orientação, embora, no caso desta implantação e com as áreas internas em questão, os resultados tenham demonstrado pouca diferença de desempenho térmico entre os ambientes durante o período de verão.

## 6 REFERÊNCIAS

- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR15220 - Desempenho térmico de edificações**, Rio de Janeiro, 2005.
- CB-02 – Comitê Brasileiro de Construção Civil. Projeto **02: 136.01.001 – Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos**
- GIVONI, B. *Comfort, climate analysis and building design guidelines*. Energy and Buildings, Lansanne, v.18, p11-23, 1992.
- GONÇALVES, M. R. F. e SILVA, A.C. S. B. Sistema Construtivo Habitacional com Materiais Cimentícios e Madeira de Reflorestamento Usado em Habitações de Interesse Social na Região Sul do RS. In: **IV Encontro Nacional e II Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis**, Ed. ANTAC , pp. 788-797, Campo Grande, 2007
- MORELLO, A. Avaliação do Comportamento térmico do Protótipo Habitacional Alvorada. Dissertação de Mestrado submetida ao PPGEE – UFRGS. Porto Alegre, 2005.

## 7 AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao PROCEL/EDIFICA que possibilitou a aquisição dos equipamentos e aos técnicos do LABCEE (Laboratório de Conforto e Eficiência Energética), Liader da S. Oliveira e Antônio C. de Freitas Cleff, pela coleta de dados.