



ENTAC2006

A CONSTRUÇÃO DO FUTURO XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído | 23 a 25 de agosto | Florianópolis/SC

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO E ESTIMATIVA DAS CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO DE UM SISTEMA CONSTRUTIVO ALTERNATIVO PARA HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL

Isabela C. da S. Passos (1); Gianna Melo Barbirato (2);

(1) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Grupo de Estudos em Conforto Ambiental, GECA – Universidade Federal de Alagoas, Brasil – e-mail: isabela@ctec.ufal.br

(2) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Grupo de Estudos em Conforto Ambiental, GECA – Universidade Federal de Alagoas, Brasil – e-mail: gmb@ctec.ufal.br

RESUMO

Proposta: Hoje, muitos sistemas construtivos estão sendo apresentados como alternativas para a população de baixa renda. No entanto, faz-se necessária uma avaliação do comportamento térmico desses sistemas a fim de conhecer as condições de conforto no interior dos ambientes. Com base nisso, o presente artigo avaliou o comportamento higrotérmico de um protótipo de habitação popular, construído com blocos de concreto obtido da reciclagem de resíduos de construção e demolição, submetido às condições de exposição de Maceió – AL. **Método de pesquisa/Abordagens:** monitoramento higrotérmico dos ambientes, através de medições horárias com registradores portáteis durante uma semana em outubro/ 2005, em todos os cômodos do protótipo. Medições no exterior imediato, durante o mesmo período. Medição das temperaturas superficiais através de termômetro infravermelhos. Cálculo da inércia térmica da construção e estimativa das condições de conforto frente aos resultados observados. **Resultados:** Observaram-se temperaturas médias internas entre 29,5°C e 27,0°C, acima de níveis usuais recomendados de conforto para a região, mais frequentemente nos horários entre 11h e 16h. As temperaturas superficiais comprovaram a baixa inércia térmica do sistema de paredes. Foram elaboradas recomendações, quanto à orientação e mudança de área de abertura, de modo a obter condições favoráveis internas de conforto. **Contribuições/Originalidade:** O estudo poderá contribuir para a adoção de alternativas em sistemas construtivos de baixo custo de modo a torná-los termicamente adequados, garantindo-se níveis de conforto para os seus usuários. Além disso, evidencia-se a necessidade de se promover pesquisas que mostrem o desempenho térmico de sistemas construtivos alternativos e as condições de conforto em programas habitacionais destinados à população de baixa renda.

Palavras-chave: habitação popular; desempenho térmico; conforto térmico, Maceió-AL.

ABSTRACT

Propose: Nowadays, many constructive systems are being presented as alternatives for the low income population. However, it is necessary a thermal performance evaluation of those systems in order to promote indoor thermal comfort conditions. This paper aims to evaluate the higrothermal performance of a low cost house prototype, built up with concrete blocks which were produced with recycled construction and demolition aggregates, submitted to the climatic conditions of Maceió - AL. **Methods:** Outdoor and indoor monitoring were carried out with portable registrars during one week in October / 2005, in all the rooms of the prototype, and superficial temperatures measurements through infrared thermometers. **Findings:** Observed internal air temperatures values (29,5°C to 27,0°C), showed thermal uncomfortable levels for the region, more frequently between 11:00 and 16:00. The superficial air temperatures proved the low thermal inertia of the wall system adopted.

Recommendations were elaborated, with relationship to the solar and wind orientation and increment of opening area, in way to obtain indoor favorable thermal comfort conditions. **Originality/value:** This study may incentive the adoption of thermal appropriate alternatives in constructive in low cost systems, guaranteeing thermal comfort for its users. Besides, is evidenced the need of researches that show the thermal performance of alternative constructive systems and the comfort conditions in low cost housing programs.

Key word: low cost housing, thermal comfort, thermal performance; Maceió-AL.

1 INTRODUÇÃO

A adoção de projetos padrão em habitações destinadas à população de baixa renda resulta, muitas vezes, em gastos desnecessários com energia elétrica além de condições precárias de conforto e salubridade de seus usuários. Este fato ocorre devido à baixa qualidade construtiva dos sistemas adotados, e ao não atendimento das necessidades de seus usuários, especialmente quanto às condições de conforto térmico (ABIKO e ORNSTEIN, 2002).

A preocupação com a utilização do condicionamento térmico natural de ambientes com vistas ao conforto térmico e a racionalização do consumo de energia vem sendo bastante discutida atualmente. Isto confirma que o clima é uma questão fundamental na elaboração e avaliação de projetos.

Este trabalho tem por objetivo avaliar o desempenho térmico de um protótipo de habitação de baixo custo, executado com blocos de concreto obtido da reciclagem de resíduos, submetidos às condições de exposição de Maceió-AL, de modo a evidenciar a importância da adoção de materiais alternativos e de baixo custo em programas habitacionais de interesse social, e ao mesmo tempo garantindo-se níveis satisfatórios de conforto térmico aos seus usuários.

2 METODOLOGIA

Foi realizado o monitoramento higrotérmico das variáveis ambientais temperatura do ar e umidade relativa do ar, em todos os ambientes do protótipo, durante uma semana do mês de outubro de 2005, através de medições horárias com o auxílio de sensores eletrônicos portáteis (Dataloggers Hobo Onset, faixa de -40°C a 120°C e de 0 a 95% de umidade relativa; incerteza de medição de aproximadamente 0,7°C, para a faixa de operação entre -5°C e +35°C), a uma altura de 1,5m do chão, no centro do ambiente, protegidos da radiação solar direta, que registraram automaticamente e simultaneamente os dados de temperatura do ar e umidade relativa no interior e no exterior imediato ao protótipo.

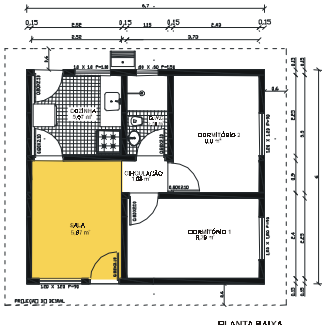
A partir dos dados obtidos pela observação “in loco” foram feitas análises e comparações, buscando verificar os efeitos do uso do bloco de concreto reciclado em habitações populares bem como, suas vantagens e desvantagens do ponto de vista do conforto térmico. Foram feitas ainda medições das temperaturas superficiais através de termômetro infravermelhos das superfícies das paredes do protótipo interna e externamente, durante quatro dias consecutivos durante a mesma semana de medição. As medições de temperatura superficial foram realizadas com o auxílio de termômetros Minipa modelo MT-350, que operam na faixa de 0°C a 50°C e umidade relativa do ar menor que 70%.

3 ANÁLISE DE RESULTADOS

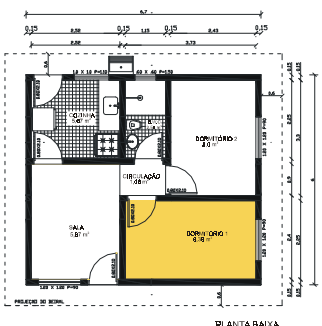
3.1 Perfil Climático da Área de Estudo

Maceió está localizada no estado de Alagoas no Nordeste do Brasil e possui latitude de 9°39' Sul e longitude 35°44'. Seu clima é caracterizado como quente e úmido. Recebe incidência de radiação solar intensa, apresentando pequenas variações térmicas diárias, sazonais e anuais de temperatura. Possui temperatura média anual de 24,8°C e variação anual de 2,8°C entre os valores médios mensais de temperaturas médias (26,3°C em fevereiro e 23,5°C em agosto, maior e menor média,

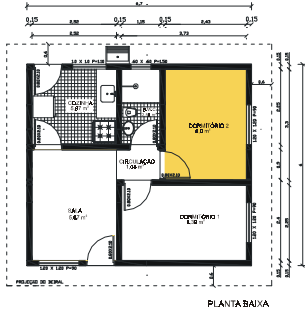
Quadro 1: características da sala do protótipo.

Ambiente	Abertura	Paredes externas	Cobertura
Nome: Sala	Área Total: 2,84 m ²	Área Total: 17,3 m ²	Área Total: 10,7 m ²
Área: 5,67 m ²	Área de ventilação: 0,565 m ²	Orientações: SO e NO	Orientação: NO
 PLANTA BAIXA	Área ventilação/ área do piso: 10% Material: Madeira pintada de branco e vidro simples.	Detalhe Construtivo: 	Detalhe Construtivo: 

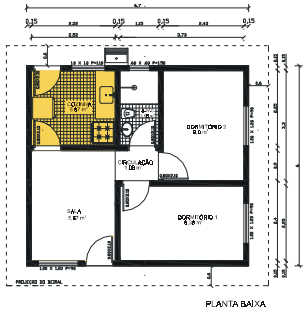
Quadro 2: características do dormitório 1 do protótipo.

Ambiente	Abertura	Paredes externas	Cobertura
Nome: Dormitório 1	Área Total: 2,98 m ²	Área Total: 18 m ²	Área Total: 9,2 m ²
Área: 8,39 m ²	Área de ventilação: 0,65 m ²	Orientações: SO e SE	Orientação: SE
 PLANTA BAIXA	Área ventilação/ área do piso: 7,7% Material: Madeira pintada de branco e vidro simples. Abertura Área Total: 2,98 m² Área de ventilação: 0,65 Área ventilação/ área do piso: 7,7%* Material: Madeira pintada de branco e vidro simples.	Detalhe Construtivo: 	Detalhe Construtivo: 

Quadro 3: características do dormitório 2 do protótipo.

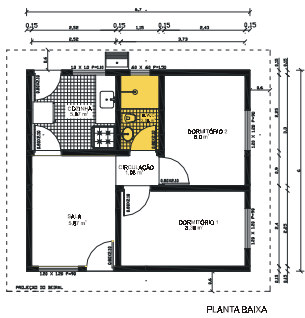
Ambiente	Abertura	Paredes externas	Cobertura
Nome: Dormitório 2	Área Total: 2,98 m ²	Área Total: 16,37 m ²	Área Total: 8,25 m ²
Área: 8,0 m ²	Área de ventilação: 0,65	Orientações: SE e NE	Orientação: SE
 PLANTA BAIXA	Área ventilação/ área do piso: 7,7%*	Detalhe Construtivo:	Detalhe Construtivo:
	Material: Madeira pintada de branco e vidro simples.		

Quadro 4: características da cozinha do protótipo.

Ambiente	Abertura	Paredes externas	Cobertura
Nome: Cozinha	Área Total: 2,56 m ²	Área Total: 14,05 m ²	Área Total: 5,85 m ²
Área: 5,67 m ²	Área de ventilação: 0,44	Orientações: NE e NO	Orientação: NO
 PLANTA BAIXA	Área ventilação/ área do piso: 7,7%*	Detalhe Construtivo:	Detalhe Construtivo:
	Material: Madeira pintada de branco e vidro simples.		

Quadro 5: características do banheiro do protótipo.

Ambiente	Abertura	Parede externa	Cobertura
Nome: Banheiro	Área Total: 0,3 m ²	Área Total: 4,04 m ²	Área Total: 2,65 m ²
Área: 2,58 m ²	Área de ventilação: 0,0013 (cobogós)	Orientação: NE	Orientação: NO

 PLANTA BAIXA	Área ventilação/ área do piso: 0,04% Material: Concreto pintado de branco	Detalhe Construtivo: 	Detalhe Construtivo: 
---	---	--	---

3.3 Avaliação do desempenho Térmico do Protótipo

A partir dos dados obtidos pelo monitoramento “in loco”, foram feitas análises e comparações, buscando verificar o desempenho térmico do protótipo e as condições de conforto térmico. Em geral, verificaram-se temperaturas do ar internas, durante o período monitorado, entre 22,1°C e 29,5°C. As temperaturas externas, por outro lado, variaram entre 21,0°C e 30,7°C.(Figura 5)

Entre 06:00h e 15:00h, em média, a temperatura externa foi maior que a temperatura interna, enquanto que nos horários entre 00:00h-06:00h e 16:00-23:00h a temperatura interna é maior que a temperatura externa. As temperaturas começam a se elevar às 06:00h e a decrescer também às 15:00h, ou seja, nos horários mais quentes, a temperatura é amortecida pela construção fazendo com que no interior do protótipo esse valor seja mais baixo.

A figura 3 apresenta os valores médios de temperaturas do ar internas da sala e a classificação de conforto térmico sugeridos em RIVERO(1985), ou seja, quando as temperaturas do meio estão compreendidas entre 23°C e 25°C. Entre 25°C e 28°C o meio é considerado levemente quente e será quente entre 28°C e 31°C quando dá início o desconforto (figura 4). Os resultados apontam que o dormitório 2 se comporta de maneira semelhante com períodos confortáveis, outros levemente quentes e outros ainda quentes. Nenhuma temperatura registrada pôde ser considerada muito quente (entre 31°C e 35°C) segundo a classificação adotada.

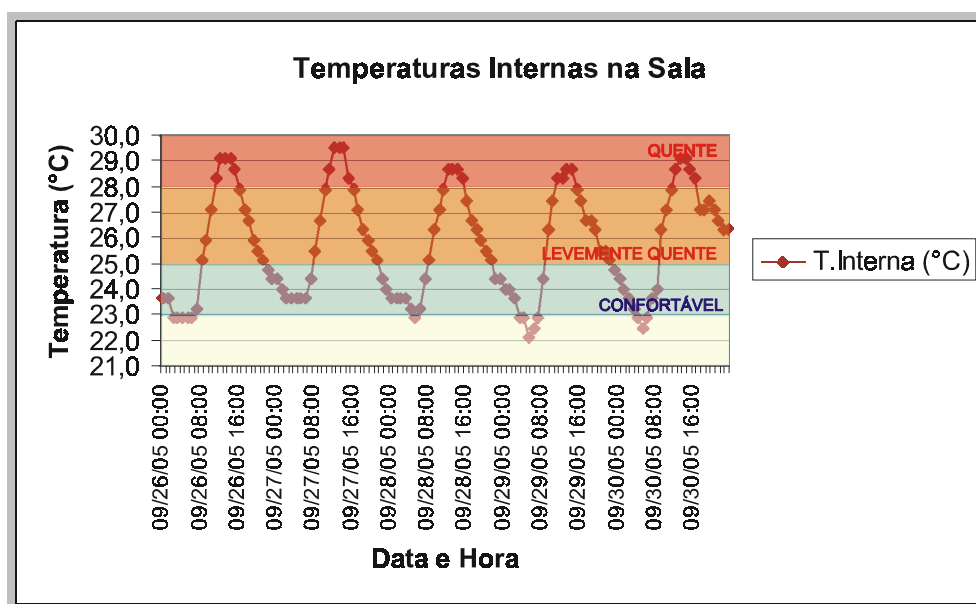


Figura 3: Gráfico das temperaturas médias internas à sala do protótipo durante o monitoramento e qualificação de conforto segundo RIVERO(1985).

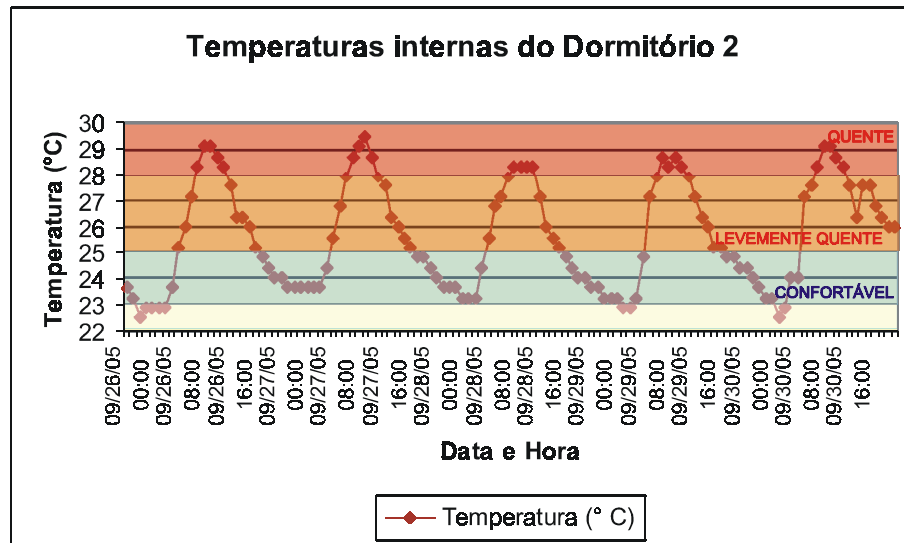


Figura 4: Gráfico das temperaturas médias internas ao dormitório 2 do protótipo durante o monitoramento qualificação de conforto segundo RIVERO(1985).

O gráfico da figura 5 mostra os resultados médios de temperatura do ar no exterior imediato ao protótipo. Observou-se um maior amortecimento térmico entre as máximas registradas interna e externamente de 2°C às 12:00h quando a temperatura externa registrada foi de 30,3°C e a temperatura interna simultânea tinha valor igual a 28,3°C.

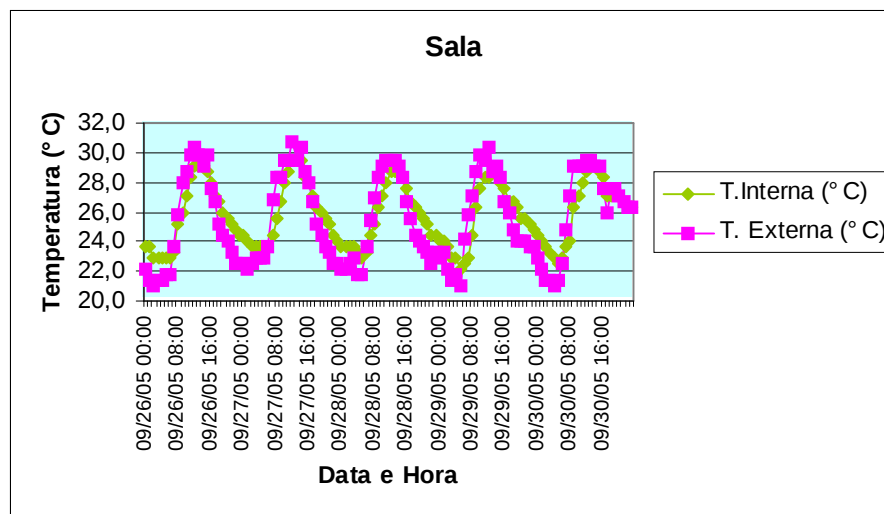


Figura 5: Gráfico das temperaturas interna e externa à sala durante o período de medição.

A seguir apresenta-se a análise do comportamento higrotérmico do protótipo, ambiente a ambiente.

Sala: a mínima temperatura interna foi de 22,1°C e ocorreu às 05:00h do dia 29. A máxima temperatura interna foi de 28,5°C e ocorreu no dia 27 de Setembro às 12:00h permanecendo estável até às 14:00h. O maior atraso térmico observado foi de 1 hora ocorrido nos dias 28, 29 e 30. Nos dias 26 e 27 não houve atraso térmico. O menor amortecimento térmico foi de 0,8°C e o maior foi de 2°C.

O maior valor de umidade relativa foi 81,9 % às 07:00h do dia 30 enquanto que o menor valor foi de 53,6% e ocorreu no dia 28 às 14:00h. Observou-se ainda que as temperaturas externas sempre se elevam progressivamente a partir das 08:00h. E começam a decrescer a partir das 17:00h.

Quanto à área útil de ventilação do ambiente (10% em relação à área do piso), esta encontra-se abaixo do recomendado para ambientes de longa permanência na Zona Bioclimática 8, correspondente a pelo menos 40% (ABNT, 2005).

Dormitório 1: a máxima temperatura interna obtida neste ambiente foi de 29,5°C às 12:00h do dia 26 e às 12:00h dos dias 27 e 30 quando permaneceu estável até às 13:00h. As máximas temperaturas ocorriam sempre entre 09:00 e 18:00 h. A mínima temperatura interna foi de 22,9°C e ocorreu às 05:00 h dos dias 26 e 29 e a umidade relativa do ar variou entre 83,5 % e 52,5%. A relação entre área de útil de ventilação e área do piso está ainda mais abaixo do recomendado: 7,7%.

Dormitório 2: a máxima temperatura interna obtida neste ambiente foi de 29,5°C às 13:00h do dia 27. A mínima temperatura interna foi de 22,5°C e ocorreu às 05:00 h do dia 30. A umidade relativa do ar variou entre 99,8 % e 69,9 % nos momentos de maior temperatura do ar.

Cozinha: a máxima temperatura interna obtida neste ambiente foi de 29,5°C às 13:00h do dia 30. A mínima temperatura interna foi de 22,5°C e ocorreu às 05:00 h dos dias 29 e 30. O máximo valor de umidade relativa do ar encontrado foi de 79,2% às 07:00h no dia 30 e o menor valor foi de 53,3 % às 14:00h no dia 28.

Banheiro: a máxima temperatura interna obtida neste ambiente foi de 28,3°C às 13:00h do dia 26, às 12:00h do dia 27, quando permaneceu até 14:00 e no dia 30 às 13:00h. A mínima temperatura interna foi de 22,5°C e ocorreu às 05:00 h do dia 30. O máximo valor de umidade relativa foi de 81,9 % às 06:00h no dia 30 e o menor valor foi de 54,7% às 14:00h no dia 28.

Quanto às temperaturas superficiais médias internas do protótipo, o mais alto valor registrado foi de 28,8°C enquanto que externamente este valor foi de 33,1°C para a parede orientada a Noroeste, que recebe grande parte da radiação solar emitida no período da tarde. A tabela 1 mostra os resultados das temperaturas superficiais de todas as paredes externas e internas, onde foram marcadas em cor laranja escuro, as mais altas temperaturas encontradas.

Tabela 1: média dos dados de temperatura superficial para as paredes externas e internas ao protótipo.

		Temperatura Superficial			
		Parede1	Parede2	Parede3	Parede4
08:00	interna	23,7	23,9	23,4	23,4
	externa	25,9	26,9	24,8	24,3
09:00	interna	24,8	25,3	24,9	24,4
	externa	27,1	27,4	26,4	26
10:00	interna	25,6	25,9	25,1	25,1
	externa	28	28,4	27,5	27,3
11:00	interna	27	27	26,8	26,6
	externa	28,6	29,5	29,5	28,4
12:00	interna	27,1	27,3	27,1	27
	externa	29	29,3	30,5	29,6
13:00	interna	27,6	27,8	27,9	27,6
	externa	28,9	29,8	31,9	30,8
14:00	interna	27,4	27,4	27,8	27,4
	externa	28	28,9	32	33,1
15:00	interna	27,4	27,5	28,3	28,8
	externa	27,8	28,9	31,4	31,8
16:00	interna	27	27	28	28,8
	externa	26,9	26,8	28,8	31
17:00	interna	26,8	26,9	27,6	27,6
	externa	25	25,1	26,4	27,5

O gráfico da figura 6 mostra que as temperaturas externas foram mais elevadas que as internas, atingindo valores próximos a 34°C. Obteve-se, para as paredes do protótipo, atraso térmico máximo de 1h. Esses valores estão de acordo com os valores recomendados em ABNT(2005), para a Zona Bioclimática 8, na qual insere-se a cidade de Maceió, ($\leq 4,3h$).

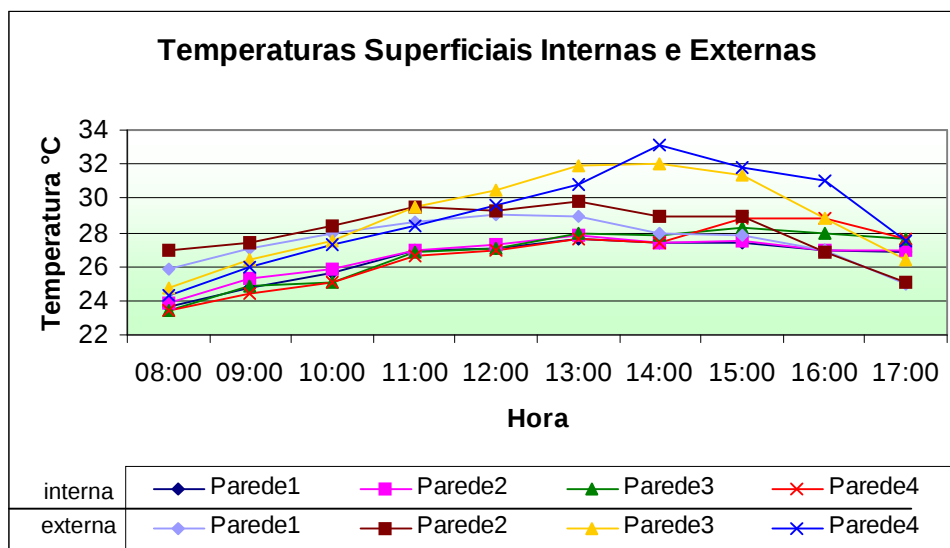


Figura 6: Gráfico das temperaturas superficiais internas e externas.

4 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos confirmam a necessidade da aplicação das estratégias bioclimáticas principalmente nas moradias de baixo custo, onde o emprego de climatização artificial é economicamente inviável.

Como o valor da condutividade térmica do bloco de concreto estudado resultante da reciclagem de resíduos de construção e demolição, é ainda desconhecido, foram necessários alguns ajustes na determinação de algumas propriedades térmicas como a sua transmitância térmica.

O monitoramento térmico, por outro lado, revelou que o desempenho térmico do protótipo foi satisfatório. Em relação ao atraso térmico, as paredes corresponderam às exigências normativas e as temperaturas internas do ar registradas foram consideradas, em sua maioria, confortáveis e levemente quentes, segundo a escala de conforto adotada.

Recomenda-se, para as exigências mínimas adotadas para habitações destinadas à população de baixa renda, uma orientação adequada, o cuidado com a proteção das aberturas (beiral), o acréscimo de forro para melhoria das condições de conforto internas e o aumento das áreas de ventilação em ambientes que não recebem demasiada radiação solar direta.

Essa pesquisa mostrou, enfim, a possibilidade de uso de sistemas alternativos de construção, com vistas ao conforto térmico e a racionalização do uso de energia, na implementação de habitações destinadas à população de baixa renda, com a adoção de sistemas construtivos de baixo custo e termicamente adequados, garantindo-se níveis de conforto para os seus usuários através da adequação dessas habitações à realidade climática local.

5 REFERÊNCIAS

- ABIKO, A.K. & ORNSTEIN, S.W. (Editores). **Inserção Urbana e Avaliação Pós-Ocupação (APO) da Habitação de Interesse Social**. São Paulo: FAUUSP, 2002 (Coletânea Habitare/FINEP, 1).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS . **NBR 15220:2005**: Desempenho Térmico de Edificações. Parte 1: Definições, Símbolos e Unidades. Rio de Janeiro, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220:2005**: Desempenho Térmico de Edificações. Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator de calor solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220:2005**: Desempenho Térmico de Edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático Brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS . **NBR: 02:136.01.001:2002**. Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos. Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2002.
- RIVERO, Roberto. **Arquitetura e clima: acondicionamento térmico natural**. Porto Alegre: D.C. Luzzato Editores : Ed. Da Universidade, UFRGS, 1985.