

59 - Habitações térreas de interesse social: o uso de vedações em concreto com diferentes massas específicas e as condições de conforto térmico no estado de São Paulo

Low-Cost One-Storey Housing: Use of Concrete Walls with Varied Densities and Condition of Thermal Comfort in the State of São Paulo

SACHT, Helenice Maria (1); ROSSIGNOLO, João Adriano (2); REZENDE NETO, José Irail de (3).

(1) Mestranda, Departamento de Arquitetura e Urbanismo EESC-USP, hmsacht@sc.usp.br

(2) Professor Doutor, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, EESC-USP, jarossig@sc.usp.br

(3) Aluno de Iniciação Científica, Departamento de Arquitetura e Urbanismo EESC-USP, irail@uol.com.br

Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, LCC- Laboratório de Construção Civil. Av. Trabalhador Sancarlense, nº. 400, CEP 13566-090 São Carlos-SP, Brasil.

Resumo

Apresenta-se uma proposta de avaliação do desempenho térmico de uma tipologia habitacional térrea (TI24A) executada pela CDHU, utilizando o sistema construtivo de painéis monolíticos de concreto moldados in loco, com painéis de 10 cm de espessura e massas específicas variando entre 1600 e 2400 Kg/m³. Neste trabalho foi analisada especificamente a influência dos tipos de vedação no desempenho térmico de habitações sem laje. Foram determinados os critérios iniciais de estudo; executadas simulações computacionais (inverno e verão), para quatro cidades do Estado de São Paulo, empregando o software Arqutrop 3.0. Observou-se que para inverno e verão, as tipologias térreas analisadas, apresentaram desempenho térmico semelhante, o uso de massas específicas diferenciadas pouco influenciou nos resultados. Somente para o inverno foi atendido o nível mínimo de desempenho para a cidade de São Carlos. Para o verão nenhum dos níveis de desempenho foi atendido.

Palavras-Chave: Desempenho Térmico; Habitação Térrea de Interesse Social; Painéis de Concreto Moldados in loco.

Abstract

This paper presents a proposal of evaluation of the thermal performance of a one-storey housing typology (TI24A) executed by CDHU, considering the use of cast-in-place, monolithic panels of concrete, with panels of 10 cm. thickness and density between 1600 and 2400 Kg/m³. This is a study whose specific purpose is to discuss the influence of the kind of concrete walls on the thermal performance of housing without slabs. The initial parameters of study were determined; computater simulation (winter and summer) was carried out for four cities of the State of Sao Paulo, using the Arqutrop 3.0 software in one-storey housing. It was observed that in winter and summer the typologies analyzed presented a similar thermal performance, while different densities had a little influence on the results. In winter only the minimum level of performance (M) was met for São Carlos. In summer in none of the studied typologies the minimum level of performance was satisfied.

Keywords: Thermal Performance; Low-cost One-storey Housing; Cast-in-place Monolithic Panels of Concrete.

Introdução

Os sistemas construtivos utilizados na produção das vedações na maioria das obras brasileiras apresentam um elevado desperdício de mão-de-obra, componentes e materiais, devido ao emprego de técnicas não racionalizadas. Além da função de dividir o ambiente em compartimentos, as vedações de um sistema construtivo devem também protegê-lo, servir de suporte e proteção às instalações do edifício, aos equipamentos de utilização do edifício, criar condições de habitabilidade e suprir a função estrutural ou parte da mesma (LORDSLEEM JÚNIOR, 1998 a). Nos anos 80 com a extinção do BNH e redirecionamento da política habitacional houve uma nova postura no mercado de edificações. Ocorreu a importação de novas tecnologias e o interesse crescente de construtoras e fabricantes de materiais pelos processos construtivos não convencionais. As empresas iniciaram então uma busca pela racionalização da produção de edifícios, por meio da otimização das atividades da obra, diminuição de prazos, minimização de custos, sem implicar na ruptura da base produtiva que caracteriza esse subsetor (LORDSLEEM JUNIOR, et al., 1998 b).

O objeto de estudo em questão é o sistema construtivo racionalizado de painéis monolíticos de concreto moldado *in loco* (**Figuras 1 e 2**), que é utilizado no Brasil desde os anos 80 e que apresenta inovações na execução da vedação, dos sistemas prediais e no assentamento das esquadrias. Nesse sistema construtivo as vedações de concreto armado, que possuem também função estrutural, são moldadas *in loco* utilizando fôrma dupla e podem incorporar, durante o processo de produção, parte das instalações dos sistemas prediais e esquadrias.



Figura 1. Visão geral das fôrmas das vedações montadas. Analândia-SP.

Fonte: ROSSIGNOLO, 2005.



Figura 2. Em primeiro plano, fundação em radier; atrás habitações com os painéis concluídos. Analândia-SP.

Fonte: ROSSIGNOLO, 2005.

Apesar desse sistema construtivo apresentar maior produtividade e menor desperdício, para a consolidação da utilização do mesmo ainda são necessários alguns estudos sobre as suas propriedades, como a massa específica do concreto a ser utilizado de acordo com o local a ser empregado. Essas características estão ligadas diretamente às questões de desempenho térmico. Diante desse cenário mostra-se urgente em nosso país além de um maior número de iniciativas por parte do governo, o aperfeiçoamento dos sistemas construtivos disponíveis para habitação de interesse social, com a finalidade de contribuir para a produção de habitações com baixo custo e que atendam plenamente às exigências dos usuários (ABNT, 2005).

Objetivos

Apresenta-se neste artigo a avaliação do desempenho térmico de uma tipologia habitacional térrea (TI24A) sem laje, em fase de projeto, executada pela Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo (CDHU), considerando a utilização de painéis de concreto com 10 cm de espessura e variadas massas específicas.

Desenvolvimento Experimental

Esta avaliação de desempenho térmico foi realizada com base nas recomendações do projeto de norma de desempenho de edifícios habitacionais de até 5 pavimentos (ABNT, 2007) para os dias críticos de projeto, sendo para inverno (22 de junho) e para verão (22 de dezembro), em 4 cidades representativas das Zonas Bioclimáticas Brasileiras do Estado de São Paulo. Para tal avaliação foi empregada simulação computacional com o software Arqitrop 3.0, para uma tipologia utilizada pela CDHU (Companhia do Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo) (TI24A) com cobertura de telha cerâmica sem laje.

Critérios Iniciais de Estudo

A definição dos critérios iniciais de estudo compreendeu os dados utilizados nas simulações computacionais de desempenho térmico das habitações, entre eles: a definição da tipologia habitacional térrea a ser analisada, tendo como referência as empregadas atualmente CDHU; o levantamento de dados comportamentais dos usuários; e por último a determinação das cidades, representativas das 4 regiões bioclimáticas presentes no Estado de São Paulo de acordo com a NBR 15220 (ABNT, 2005).

Determinação da Tipologia Térrea

Optou-se por utilizar a tipologia de habitação térrea TI24A para o estudo em questão, por ser uma das mais executadas pela CDHU (**Figuras 3 e 4**).

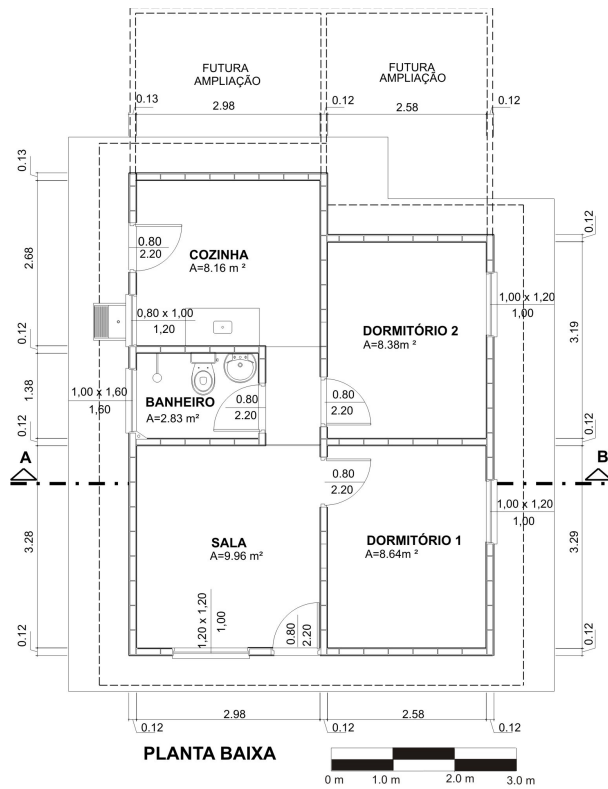
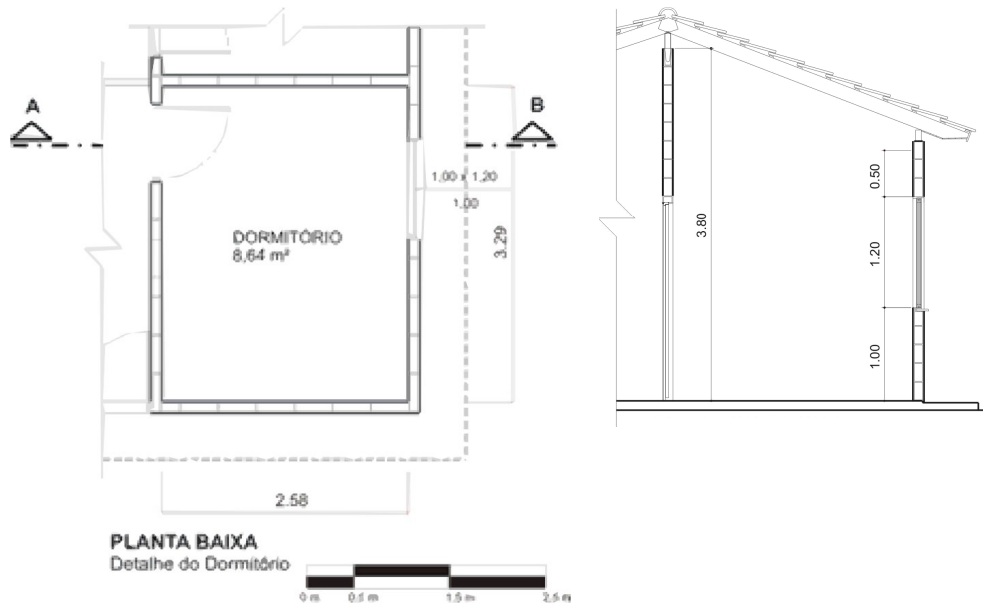


Figura 3. Projeto CDHU – Padrão Habitacional TI24A

Fonte: CDHU, 2007.



(a)

(b)

Figura 4. Detalhe do dormitório - Projeto CDHU – Padrão Habitacional TI24A (a) e elevação da tipologia TI24A-CDHU com cobertura de telha cerâmica sem laje (b)

Fonte: CDHU, 2007.

Características dos Painéis de Concreto

Foram utilizados nas simulações, painéis de concreto com massas específicas entre 1600 e 2400 kg/m³, sendo eles: 1600, 1800, 2000, 2200 e 2400 Kg/m³; espessura de 10 cm, consumo de cimento em torno de 300 Kg/m³; trabalhabilidade adequada para moldagem (Slump de 160 ± 10 mm) e relação a/c em torno de 0,6. Os materiais utilizados para produção dos concretos foram: cimento Portland composto com escória de alto forno (CPII E32), fabricado pela empresa CIMINAS S.A. (grupo Holdercim), com massa específica de 2,96 g/cm³ e área específica Blaine de 4.023 cm²/g; aditivo mineral Metacaulim, cuja massa específica é de 2,65 g/cm³, área específica em torno de 327.000 cm²/g e teor de SiO₂ de 51,6 %; areia natural quartzosa, brita basáltica 01 e dois tipos de argila expandida, Cinexpan 0500 (Dmax= 5,0mm) e Cinexpan 1506 (Dmax=12,5mm) e o superplastificante do tipo Glenium 51 (policarboxilato) com massa específica entre 1,067 a 1,107 g/cm³ e teor de sólidos entre 28,5 a 31,5%.

Levantamento de Dados Comportamentais dos Usuários

Foram adotadas precisamente algumas variáveis solicitadas pelo software ARQUITROP 3.0, relacionadas à condição de ocupação e à ventilação das habitações, isso com a intenção de obter informações mais exatas sobre o comportamento dos moradores. Esses dados foram obtidos por meio de entrevistas a um total de 70 domicílios, sendo 43 delas no Conjunto Valdomiro Lobbe Neto e 27 no Conjunto Romeo Santini, ambos no município de São Carlos-SP.

Determinação das Cidades para as Simulações Computacionais

Neste artigo serão apresentados os dados referentes às simulações de habitações térreas para 4 cidades (**Quadro 1**) do Estado de São Paulo. A escolha por 4 cidades justifica-se pelo fato de incluir quatro cidades do Estado de São Paulo (São Paulo, São Carlos, Santos e Presidente Prudente) com a intenção de avaliar as quatro regiões bioclimáticas presentes nesse Estado.

Quadro 1. Cidades adotadas para simulação do desempenho térmico das habitações.

Cidade	Zona Bioclimática
São Paulo – SP	3
São Carlos – SP	4
Santos – SP	5
Presidente Prudente – SP	6

Avaliação do Desempenho Térmico das Edificações por meio de Simulação Computacional

Para avaliar o desempenho térmico de edificações foi utilizada a análise da edificação na fase de projeto. As simulações foram realizadas tendo como parâmetro as diretrizes e recomendações do Projeto de Norma 02: 136.01.001 (ABNT, 2007), bem como da NBR 15220 (ABNT, 2005). Segundo o mesmo projeto de norma, para edificações na fase de projeto, a avaliação de desempenho térmico deve ser feita nos dias

considerados críticos de projeto para verão (22 de dezembro) e inverno (22 de junho), utilizando os dados climáticos da cidade, que nesse caso já estavam inseridos no banco de dados do software. Na simulação computacional foi utilizado o software ARQUITROP, versão 3.0 (RORIZ e BASSO, 1989). Para cada uma destas cidades foi analisada a tipologia CDHU TI24A, para inverno e verão, considerando o uso de cobertura de telha cerâmica sem laje e nas vedações painéis de concreto com espessura 10 cm e variadas massas específicas, sendo elas: 1600, 1800, 2000, 2200 e 2400 Kg/m³. Neste estudo adotou-se o quarto como ambiente padrão para análise, por ser o ambiente de maior permanência dos usuários. As orientações das unidades habitacionais foram tais que no o verão a janela do quarto estava voltada para oeste e a outra parede exposta voltada para norte; e no inverno a janela estava voltada para sul e a outra parede exposta voltada para leste.

Níveis de Desempenho

Os níveis de desempenho foram adotados de acordo com projeto de norma ABNT 02:136.01.001 (ABNT, 2007), e avaliados para cada localidade. Tanto para as condições de inverno quanto para as condições de verão, na análise dos dados os níveis de desempenho devem ser entendidos (**Quadro 2 e 3**) da seguinte maneira: Nível de desempenho M: atende às exigências mínimas do usuário. Deve ser obrigatoriamente atendido; Nível de desempenho I: representa as exigências ideais do usuário, além das exigências mínimas, e não é obrigatório; Nível de desempenho S: excede o nível mínimo I, atende além das exigências mínimas do usuário, não é obrigatório.

As análises dos resultados das simulações consideram tanto para inverno quanto para verão os critérios apresentados nos quadros 2 e 3 abaixo.

Quadro 2. Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de inverno.

Nível de Desempenho	Critério	
	Zonas Bioclimáticas 1 a 5 ¹	Zonas Bioclimáticas 6,7 e 8
M	$T_{i, \min} \geq (T_{e, \min} + 3^{\circ} \text{C})$	Nestas zonas, este critério não precisa ser verificado.
I	$T_{i, \min} \geq (T_{e, \min} + 5^{\circ} \text{C})$	
S	$T_{i, \min} \geq (T_{e, \min} + 7^{\circ} \text{C})$	

$T_{i, \min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus centígrados;

$T_{e, \min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus centígrados.

NOTA: Zonas Bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.

Fonte: ABNT, 2007.

Quadro 3. Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão.

Nível de Desempenho	Critério	
	Zonas Bioclimáticas 1 a 7 ¹	Zona Bioclimática 8
M	$T_{i, \max} \leq T_{e, \max}$	$T_{i, \max} \leq T_{e, \max}$
I	$T_{i, \max} \leq (T_{e, \max} - 2^{\circ} \text{C})$	$T_{i, \max} \leq (T_{e, \max} - 1^{\circ} \text{C})$
S	$T_{i, \max} \leq (T_{e, \max} - 4^{\circ} \text{C})$	$T_{i, \max} \leq (T_{e, \max} - 2^{\circ} \text{C})$ e $T_{i, \min} \leq (T_{e, \min} + 1^{\circ} \text{C})$

$T_{i, \max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus centígrados;

$T_{e, \max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus centígrados;

$T_{i, \min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus centígrados;

$T_{e, \min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus centígrados.

NOTA: Zonas Bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.

Fonte: ABNT, 2007.

Análise dos Resultados

Levantamento de Dados Comportamentais dos Usuários

A partir das entrevistas, foi determinado que o número médio de ocupantes por domicílio é 2 pessoas, o horário de início da ocupação foi 21h00 e a duração da ocupação foi 9h00. Em relação à ventilação o horário de abertura da janela foi 9h00 e a permanência de abertura foi 13h30.

Resultados das Simulações Computacionais para o Inverno

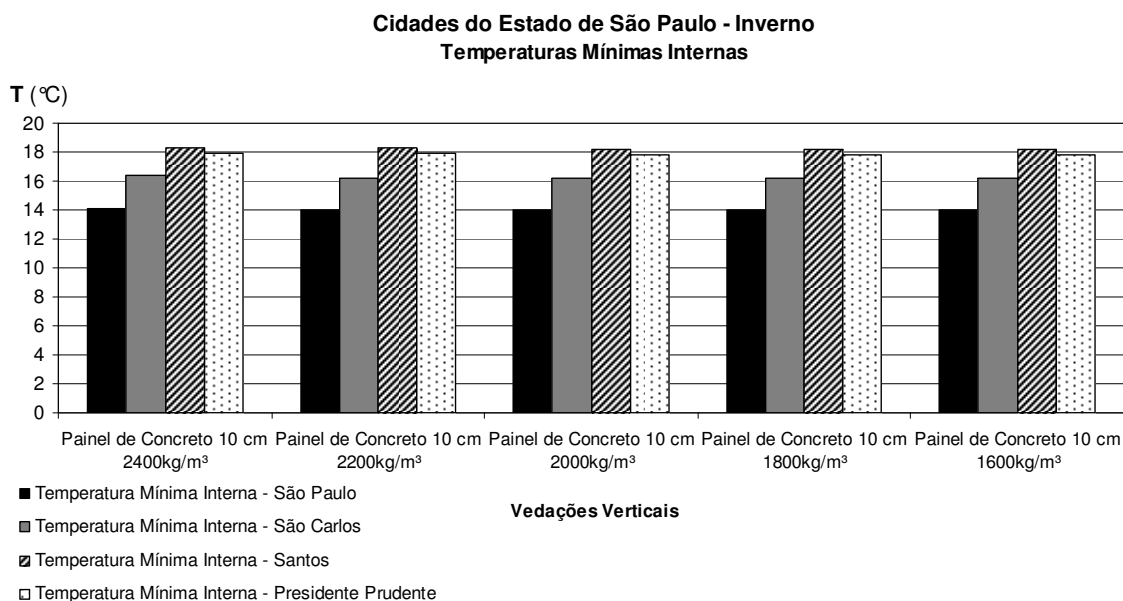
Todas as simulações computacionais foram executadas e os respectivos resultados analisados. Os resultados das simulações encontram-se na forma de gráficos (**Figuras 5 e 6**), acompanhados pelos níveis de desempenho por cidade de acordo com a estação (**Tabelas 1 e 2**) ambos são mostrados a seguir.

Tabela 1. Níveis de desempenho térmico para condições de inverno.

Nível de Desempenho por Cidade - Inverno			
Cidade	M	I	S
São Paulo	$T_{i, \min} \geq 14,2^{\circ} \text{C}$	$T_{i, \min} \geq 16,2^{\circ} \text{C}$	$T_{i, \min} \geq 18,2^{\circ} \text{C}$
São Carlos	$T_{i, \min} \geq 16,3^{\circ} \text{C}$	$T_{i, \min} \geq 18,3^{\circ} \text{C}$	$T_{i, \min} \geq 20,3^{\circ} \text{C}$
Santos	$T_{i, \min} \geq 19,0^{\circ} \text{C}$	$T_{i, \min} \geq 21,0^{\circ} \text{C}$	$T_{i, \min} \geq 23,0^{\circ} \text{C}$
Presidente Prudente	$T_{i, \min} \geq 17,8^{\circ} \text{C}$	$T_{i, \min} \geq 19,8^{\circ} \text{C}$	$T_{i, \min} \geq 21,8^{\circ} \text{C}$

* $T_{i, \min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação no inverno, em graus centígrados.

Figura 5. Resultados das Simulações Computacionais para o Inverno.



Analisando a tabela de resultados (**Figura 5**), observou-se que para o inverno pelo menos o nível mínimo de desempenho foi atendido para uma das localidades. Para São Paulo e Santos nenhum dos níveis de desempenho foi atendido para o inverno. Já para São Carlos o painel de concreto com massa específica de 2400 Kg/m³ atendeu ao nível mínimo de desempenho ($T_{\text{mínima interna}} \geq T_{\text{mínima externa}} + 3^{\circ} \text{C}$). Para Presidente Prudente, apesar de dispensada a verificação para o inverno, também é atendido o nível mínimo de desempenho para todas as tipologias analisadas.

Resultados das Simulações Computacionais para o Verão

Na **Figura 6** são mostrados os resultados das simulações computacionais para o verão.

Tabela 2. Níveis de desempenho térmico para condições de verão.

Nível de Desempenho por Cidade - Verão			
Cidade	M	I	S
São Paulo	$T_{i \text{ max}} \leq 25,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$T_{i \text{ max}} \leq 23,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$T_{i \text{ max}} \leq 21,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$
São Carlos	$T_{i \text{ max}} \leq 26,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$T_{i \text{ max}} \leq 24,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$T_{i \text{ max}} \leq 22,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Santos	$T_{i \text{ max}} \leq 27,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$T_{i \text{ max}} \leq 25,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$T_{i \text{ max}} \leq 23,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Presidente Prudente	$T_{i \text{ max}} \leq 30,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$T_{i \text{ max}} \leq 28,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$T_{i \text{ max}} \leq 26,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$T_{i \text{ max}}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação no verão, em graus centígrados.

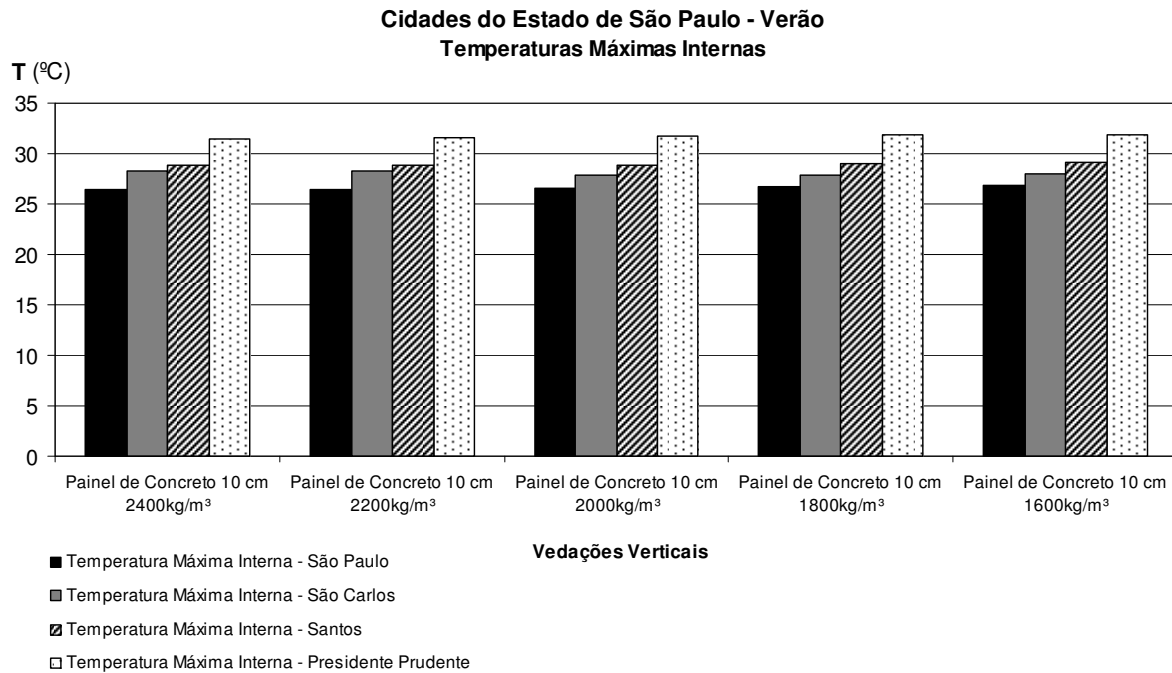


Figura 6 - Resultados das Simulações Computacionais para o Verão.

De acordo com a tabela de resultados (**Figura 6**), observou-se que para o verão, nem mesmo o nível mínimo de desempenho foi atendido para as localidades analisadas. Isso mostra que para essa estação, ambos os tipos de painéis empregados nas habitações térreas sem laje não estão adequados em relação ao desempenho térmico.

Considerações Finais

Observou-se que para inverno e verão, as tipologias térreas analisadas, apresentaram desempenho térmico semelhante, o uso de massas específicas diferenciadas pouco influenciou nos resultados. No inverno destacou-se somente a tipologia com painel de concreto com massa específica de 2400 Kg/m³ para São Carlos, com temperaturas pouco mais elevadas. O não atendimento aos requisitos de desempenho térmico no verão de acordo com a norma, principalmente para o verão pode ser explicado por um acréscimo na temperatura interna, devido à cobertura não possuir laje. A telha cerâmica quando aliada a alguma vedação horizontal forma um ático, e o ar existente entre telha e laje é um ótimo isolante térmico, pois seu coeficiente de condutividade térmica (λ) é muito baixo, isso mostra que a utilização de laje diminuiria as temperaturas internas das habitações no verão. Salienta-se que o fato de determinada tipologia não atender aos requisitos de desempenho estabelecidos por norma não implica exatamente em inadequação para aplicação em determinados locais de acordo com a Zona Bioclimática. Para resolver tais problemas podem ser aplicadas, quando possível, soluções passivas de adequação climática, por tratar-se de habitação de interesse social, na qual soluções complexas implicam em gastos adicionais.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15220 Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes para Habitações Unifamiliares de Interesse Social**. Rio de Janeiro, 2005.

_____. (ABNT). **Projeto de Norma 02:136.01. Desempenho de edifícios habitacionais de até 5 pavimentos**. Rio de Janeiro, 2007.

BONDUKI, N. **Origens da habitação social no Brasil: arquitetura moderna, lei do inquilinato e difusão da casa própria**. São Paulo: Estação Liberdade/Fapesp, 1998.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO HABITACIONAL E URBANO DO ESTADO DE SÃO PAULO (CDHU). **Padrão Habitacional TI24A - Arquivo de Auto CAD**. São Paulo, 2007.

_____. (CDHU). **Manual Técnico de Projetos**. São Paulo, 1998.

_____. (CDHU). **Memorial Descritivo/ Especificações Técnicas - Unidades Habitacionais Térreas TI24A/ TG23A/ TI24C/ TI23C/ TI23D/ TG22B-01**. São Paulo, 2005.

FROTA, A. B; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico**. São Paulo: Nobel, 1995. 228 p.

GIVONI, B. **Man, climate and architecture**. Londres: Elsevier, 1976.

LORDSLEEM JUNIOR, A. C. et al. **Estágio atual do uso de paredes maciças moldadas no local em São Paulo**. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS - SOLUÇÕES PARA O TERCEIRO MILÊNIO, 1998, São Paulo. Anais... São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Civil – PCC. nov, 1998 a.

LORDSLEEM JÚNIOR, A. C. **O processo de produção das paredes maciças**. In: SEMINÁRIO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS VEDAÇÕES VERTICIAS – TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 1998, São Paulo. Anais... São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil – PCC, jul. 1998 b.

RORIZ, M. (Programação); BASSO, A. (Dados). **ARQUITROP Versão 3.0: Conforto térmico e economia de energia nas edificações**. Sistema integrado de rotinas e bancos de dados para apoio às atividades de projeto em Arquitetura e Engenharia Civil. São Paulo: UFSCAR, 1989.

_____. **Zona de conforto térmico: um estudo comparativo de diferentes abordagens**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Departamento de Arquitetura e Planejamento, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1987.

ROSSIGNOLO, J. A. **Concreto leve de alto desempenho modificado com sb para pré-fabricados esbeltos – dosagem, produção, propriedades e microestrutura.** Tese de Doutorado. Interunidades Ciência e Engenharia de Materiais. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2003.

ROSSIGNOLO, J. A. e AGNESINI, M.V.C. Concreto estrutural leve. In: ISAIA, G. C. (Org.). **Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações.** Vol. 2, p. 1331-1362, 2005.

Agradecimentos

Os autores agradecem a FAPESP – Fundação do Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo e ao Laboratório de Construção Civil, LCC da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC – USP).