

## ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES CONSIDERANDO A PRESENÇA DA VEGETAÇÃO

**Joseane Pivetta (1); Miriam J. Barbosa (2); Humberto Yamaki (3); Luana T. Carbonari (4)**

(1) Arquiteta, Mestranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento,  
e-mail: pivetta@forti.com.br

(2) Dra., Professora do Departamento de Engenharia Civil, mjb@uel.br

(3) Dr., Professor do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, e-mail: yamaki@uel.br

(4) Iniciação Científica, discente do Curso de Arquitetura e Urbanismo  
Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Engenharia Civil, e-mail:  
luluzinhacarbo@hotmail.com, rodovia Celso Garcia Cid, PR 445 Km 380, Cx. Postal 6001, Londrina –  
PR, CEP 86055-900, Tel.: (43) 3371-4727

### RESUMO

A relação vegetação-edifício pode exercer alterações climáticas proporcionando condições de desempenho térmico no interior do ambiente construído. O impacto que o processo de urbanização tem realizado sobre as áreas urbanas alterou significativamente o clima das mesmas. A impermeabilização do solo, a redução da vegetação no entorno das edificações e o emprego muitas vezes errado dos materiais de vedação, têm contribuído para a elevação da temperatura interna nos ambientes que por sua vez tendem a aumentar o consumo energético para refrigeração dos mesmos. Assim, este artigo tem como objetivo analisar as temperaturas coletadas no interior de quatro edificações, considerando os diferentes materiais de vedação utilizados e a presença de vegetação arbórea no entorno de uma delas. Foi possível então, analisar o desempenho térmico de cada edificação. Neste procedimento foi realizado medições de temperatura do ar interna e externa no período de verão para conhecer as condições térmicas das edificações. Os resultados demonstraram que a utilização da vegetação arbórea para sombreamento de edificações como estratégia bioclimática melhoraram o desempenho térmico.

Palavras-chave: desempenho térmico, vegetação, edificação.

### ABSTRACT

The relation building – vegetation can exercise climatic alterations providing conditions of thermal performance on the interior of the environment built. The impact that the urbanization process has been carrying out on the urban areas altered significantly the climate of them. The ground impermeabilization, the vegetation reduction around the constructions, and the misuse of blocking materials have been contributing to the internal temperature elevation in the environments and also have a tendency to increase the energy consumption for refrigeration. So, this article aims to analyse the collected temperatures in the interior of four edifications, considering the different blocking materials used and the presence of arboreal vegetation as a shadowing around one of them. It was then possible, to analyse the thermal performance of each edification. In this proceeding it was carried out measurements of internal and external air temperatures in the summer period to know the thermal conditions of the dwellings. The results demonstrated that the use of arboreal vegetation for shadowing of edifications as a bioclimatic strategy improved the thermal performance.

key words: thermal performance, vegetation, construction.

## **1. INTRODUÇÃO**

O clima das cidades vem se modificando constantemente devido ao processo de urbanização e este fato vem surtindo efeito sobre os seres humanos que estão sentindo as conseqüências deste impacto. Este crescimento desordenado, caracterizado pela desconsideração às condições naturais do meio onde as edificações estão inseridas, podem causar ao ser humano alterações físicas, psicológicas, doenças ligadas ao aparelho respiratório, aos olhos e ainda contribuir para o alto grau de desconforto térmico tanto nesta aglomeração urbana como no interior das edificações.

Fatores como a ausência da vegetação - que reduz a energia utilizada nos processos de evapotranspiração realizados por elas, o emprego muitas vezes sem planejamento prévio de materiais de vedação - que absorvem grande quantidade de radiação solar, a impermeabilização do solo, a redução da velocidade do vento pelas edificações, podem ser considerados como contribuintes para a alteração climática e à formação das ilhas de calor urbana. Devido a este fenômeno, o consumo de energia para resfriamento de interiores vem aumentando consideravelmente nos últimos anos (RIGITANO, 2003).

A presença da vegetação, no entorno das edificações, produz efeitos satisfatórios na alteração do clima em escala local. Segundo Olgyay (1973), em locais arborizados, a vegetação pode interceptar entre 60% e 90% da radiação solar, causando uma redução substancial da temperatura da superfície do solo. Isto acontece porque o vegetal absorve parte da radiação solar para seu metabolismo, explica Lamberts (1997). Pela evapotranspiração, os indivíduos arbóreos contribuem para a elevação dos índices de umidade, retirando água do solo e liberando-a na atmosfera. Com esse mecanismo, ocorre uma redução nos valores das temperaturas próximas à vegetação, conseqüentemente quanto maior e mais densa a “cobertura verde” de uma determinada área, mais equilibradas estão suas temperaturas ambiente (SATTLER, 1992).

A norma de desempenho térmico de edificações, ou seja, a NBR 15220 (ABNT; 2005), sugere o sombreamento nas aberturas para todas as zonas bioclimáticas, portanto, os parâmetros de avaliação descritos por esta norma devem evoluir, segundo Weiller (2008), para além de parâmetros prescritivos aprofundando a análise de desempenho térmico de HIS de forma a considerar as variáveis de entorno e do micro clima local resultante.

Levando em conta os fatores descritos, este estudo é importante para projetistas e planejadores ambientais, devido ao conhecimento de parâmetros que quantifiquem os benefícios trazidos pela vegetação, a fim de estabelecer um equilíbrio climático no interior dos ambientes através da atenuação da radiação solar que incide diretamente sobre as construções.

## **2. OBJETIVO**

O Objetivo deste artigo é analisar as temperaturas coletadas no interior de quatro edificações, considerando os diferentes materiais de vedação utilizados e a presença da vegetação arbórea no entorno de uma delas. Assim, pode-se avaliar a influencia destas características no desempenho térmico de cada edificação.

## **3. MÉTODO E MATERIAL DE PESQUISA**

### **3.1. Estudo de caso**

Das quatro edificações analisadas, três são protótipos habitacionais de interesse social existentes no campus da Universidade Estadual de Londrina - UEL e uma é edificação residencial de madeira localizada no centro da cidade de Londrina. Os protótipos são construídos com materiais diferentes nas suas vedações e são identificados pelo tipo de material adotado nas paredes. Os protótipos de bloco de concreto e de concreto celular são construídos segundo a tecnologia da Casa 1.0 da ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland em alvenaria estrutural, e o protótipo de bloco cerâmico foi construído para atender as sugestões da NBR 15220 (ABNT; 2005) referente à Zona Bioclimática 3 onde se insere a região de Londrina – PR. Os protótipos são construídos próximos, um do lado do outro, conforme mostra a Figura 1.

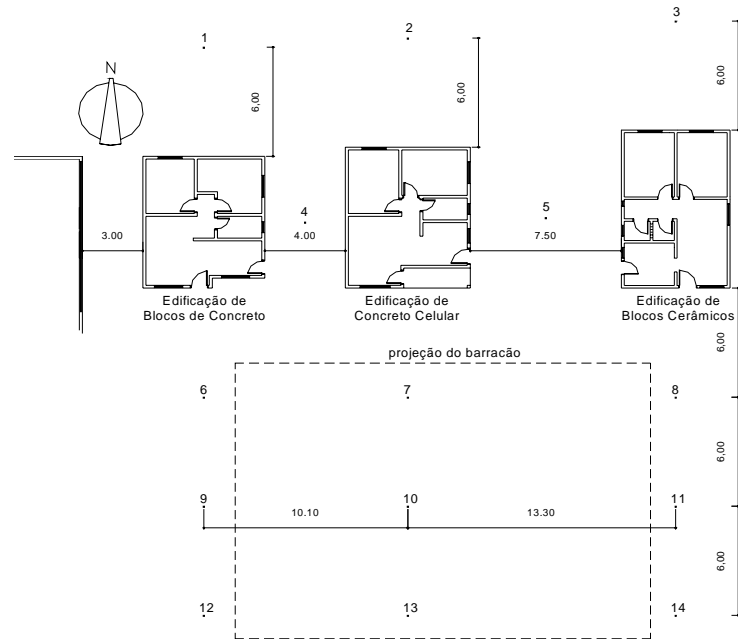


Figura 1 – Implantação dos três protótipos  
Fonte: Carbonari (2007)

A edificação de madeira, construída na década de 30, sofre as influências do entorno onde está inserida. A malha urbana compromete o fluxo da ventilação natural devido à aglomeração de edificações e aumenta a carga térmica devido à presença do asfalto. Estes são alguns dos fatores que alteram a temperatura no interior das edificações. Nesta edificação a presença da vegetação arbórea é significativa. As espécies encontradas na face oeste (O) são árvores de porte médio e copa média /densa, causa sombreamento na casa tanto nas vedações laterais quanto na cobertura (Figura 2).



Figura 2: Edificação de madeira vista aérea da implantação urbana  
Fonte: Yamaki (2008)

### 3.1.1. Características construtivas dos protótipos e da edificação de madeira

#### Protótipo de Bloco de concreto

O protótipo de bloco de concreto (Figuras 3 e 4), conta com área total de 42,30 m<sup>2</sup> e conta com dois quartos, banheiro social, cozinha, sala, varanda e área de serviço externo.



Figura 3 – Fachada protótipo de bloco de concreto  
Fonte: Carbonari (2007)

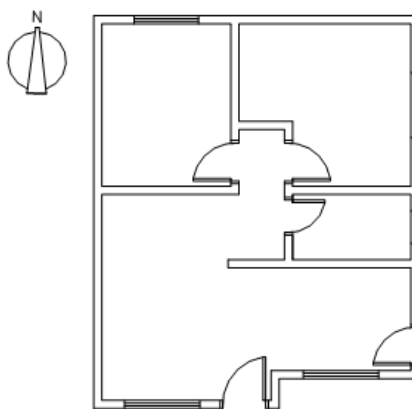


Figura 4 – Planta protótipo de bloco de concreto  
Fonte: Carbonari (2007)

#### *Protótipo de Bloco de concreto celular*

O protótipo de bloco concreto celular (Figuras 5 e 6), conta com área total de 45,60 m<sup>2</sup> e possui dois quartos, banheiro social, sala, cozinha, varanda e área de serviço externo.



Figura 5 – Fachada protótipo de concreto celular  
Fonte: Carbonari (2007)

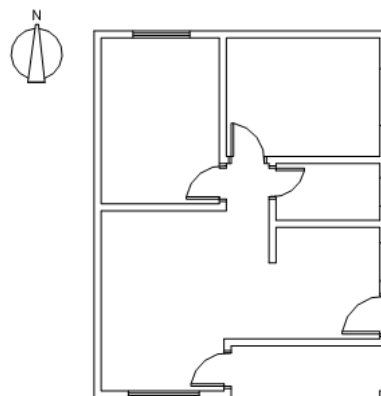


Figura 6 – Planta protótipo de concreto celular  
Fonte: Carbonari (2007)

#### *Protótipo de Bloco cerâmico*

O protótipo de bloco cerâmico (Figuras 7 e 8), conta com área total de 46,84 m<sup>2</sup>, com dois quartos, banheiro social, sala, cozinha e área de serviço externo.



Figura 7 - Fachada protótipo de bloco cerâmico  
Fonte: Carbonari (2007)

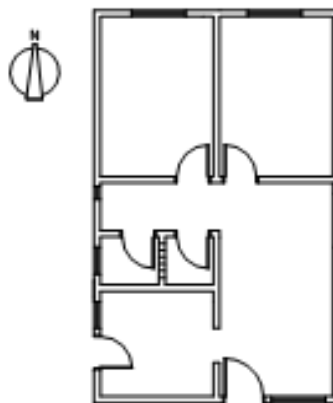


Figura 8 – Planta protótipo de bloco cerâmico  
Fonte: Carbonari (2007)

## Edificação de Madeira

A edificação de madeira (Figuras 9 e 10), conta com área total de 115,05 m<sup>2</sup>, com sete quartos, dois banheiros, sala, cozinha, duas varandas: uma na fachada sul (S) que serve de abrigo para a área de serviço e outra na face norte (N) que serve de hall de entrada.

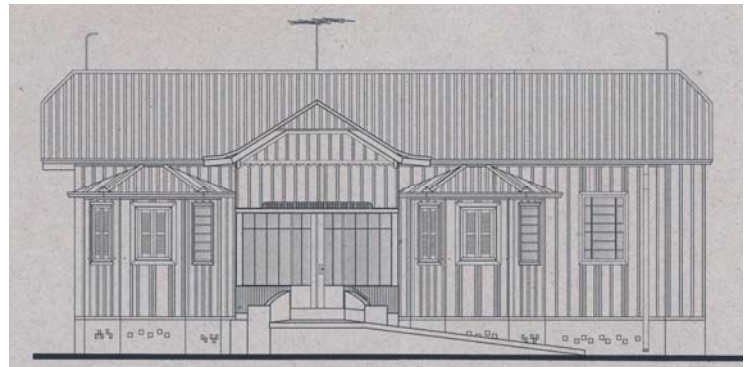
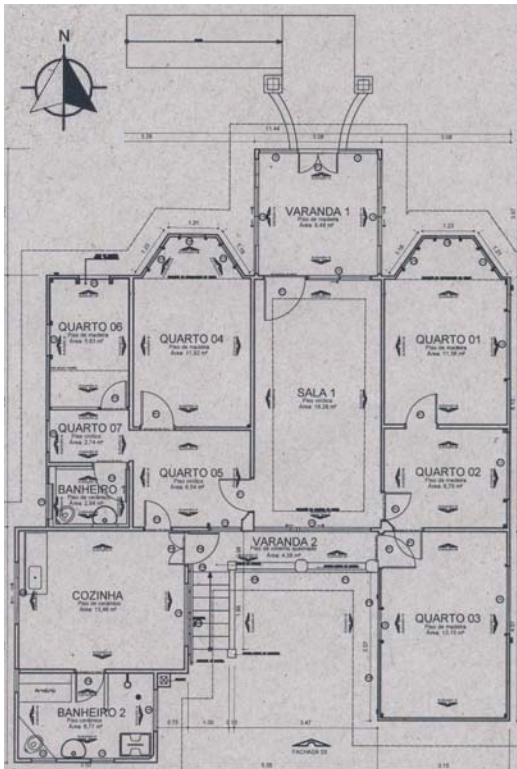


Figura 9: Fachada Norte da edificação de madeira  
Fonte: Yamaki (2008)

Figura 10: Planta da edificação de madeira  
Fonte: Yamaki (2008)

As características construtivas dos protótipos e da edificação de madeira, estão apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Características construtivas das edificações estudadas

<b>Parede</b>	
Prot. Bloco de Concreto	Alvenaria estrutural de blocos de concreto vazados da família B39(14x19x39 cm) assentada com argamassa de cimento e areia. Revestimento interno: argamassa de areia e cimento com 2 cm de espessura. Revestimento externo: bloco de concreto aparente. Pintura interna e externa na cor bege.
Prot. Bloco de Concreto celular	Concreto celular espumoso monolítico com uso do conjunto de fôrmas que desenha a configuração das paredes conforme o projeto. Pintura interna: tinta a base de cimento na cor bege. Pintura externa: texturizada na cor amarelo claro.
Prot. Bloco Cerâmico	Alvenaria estrutural de blocos cerâmico aparente com dimensão de 29 x 14 x 6 cm e espessura de 2 cm, assentadas com argamassa de cimento e areia.
Edificação de Madeira	Dupla de madeira (forrada) com espessura de 2 cm e acabamento com mata juntas. Pintura interna e externa a óleo, cor gelo.
<b>Laje</b>	
Prot. Bloco de Concreto	Pré-moldada em vigas chatas de concreto e=4cm e capa de concreto de 3cm, sem revestimento (em concreto aparente).
Prot. Bloco de Concreto celular	Pré-moldada revestida com argamassa e pintura na cor branca
Prot. Bloco Cerâmico	Pré-moldada em concreto aparente.
Edificação de Madeira	Forro de madeira.
<b>Cobertura</b>	
Prot. Bloco de Concreto	Estrutura de madeira e telhas de concreto na cor vermelha clara.
Prot. Bloco de Concreto celular	Estrutura de madeira e telhas de concreto na cor bege marfim
Prot. Bloco Cerâmico	Estrutura de madeira e telha cerâmica marrom.
Edificação de Madeira	Estrutura de madeira e telha cerâmica tipo francesa.
<b>Piso</b>	
Prot. Bloco de Concreto	Cerâmica 30x30 cm.

Prot. Bloco de Concreto celular	Cerâmica 30x30 cm.
Prot. Bloco Cerâmico	Cerâmica 30x30 cm.
Edificação de Madeira	Assoalho de madeira.
<b>Esquadrias</b>	
Prot. Bloco de Concreto	Alumínio com duas folhas de correr com vidro liso 3mm e sem veneziana.
Prot. Bloco de Concreto celular	Metálicas de ferro em folhas de correr com vidro liso 3 mm, e esquadrias dos quartos com veneziana.
Prot. Bloco Cerâmico	Madeira de abrir com vidro liso 3 mm e fechamento externo de proteção em madeira.
Edificação de Madeira	Madeira com vidro e grade interna de ferro.

Fonte: Carbonari (2007)

### 3.1.2. Tabelas de propriedades térmicas dos materiais dos protótipos

Os materiais aplicados nos protótipos e na edificação de madeira possuem as características térmicas apresentadas nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 – Propriedades térmicas dos materiais (densidade, condutividade e calor específico)

MATERIAL	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (W/(m.K))	c (kJ/kg.K)
Concreto normal	2200-2400	1.75	1.00
Concreto celular espumoso	1300-1800	1.05	1.00
Telha de concreto	2200-2400	1.75	1.00
Tijolos e telhas de barro	1300-1600	0.90	0.92
Madeira (carvalho, freijó, pinus, cedro, pinho)	450-600	0.15	1,34
Telha de fibro-cimento	1400-1800	0.65	0.84

Fonte: Tabela B.3 do anexo da Norma NBR 15220 (ABNT; 2005)

Tabela 2 – Absortância

COR	$\alpha$
Pintura amarela	0.30
Telha Tégula de concreto cor vermelha clara	0.74
Pintura texturizada na cor amarelo claro	0.30
Telha Tégula de concreto cor bege marfim	0.30
Tijolo aparente	0.74
Telha de barro	0.75
Pintura em esmalte cor cinza claro	0.40
Telha de Fibro-cimento cor cinza claro	0.40

Fonte: Tabela B.2 do anexo da Norma NBR 15220 (ABNT; 2005)

### 3.2. Coleta de dados

O método de pesquisa foi conduzido por medição in-loco das temperaturas internas e externa dos três protótipos e da edificação de madeira. Conforme a Norma NBR 15220 (ABNT; 2005), a avaliação de desempenho térmico de edificações pode ser feita tanto na fase de projeto, quanto após a construção. A avaliação foi feita através de medições in-loco de variáveis representativas do desempenho, sem o processo de simulação computacional.

As medições internas nos protótipos resumem-se na coleta de temperatura de bulbo seco do ar. Para esta finalidade foi utilizado o equipamento eletrônico de aquisição de sinais, HOB0® RH/Temp Data Logger da Onset Computer Corporation, equipamento eletrônico de aquisição de sinais para armazenar a temperatura e a umidade. Os sensores da Data Loggers HOB0® operam na faixa de temperaturas de - 40° C a +120° C, e armazenam valores de - 40° C a - 75° C. Opera numa faixa de umidade relativa de 0 a 95%, desde que não haja condensação e foram instalados na parte interna dos protótipos no centro dos recintos a 1,20 m do piso. As temperaturas internas foram monitorados de hora em hora no período de um mês.

O abrigo externo (Figura 11), esta implantado à aproximadamente sessenta metros dos protótipos, dentro do qual está instalado o sensor Data-Logger da HOB0. Este abrigo externo é construído com suas adequações para proteger os registradores de dados evitando a interferência do sol e da chuva. Construído com madeira, este possui vedação tipo veneziana nas quatro faces para entrada de luz indireta e ventilação, e cobertura de duas águas. São pintadas internamente e externamente com esmalte sintético branco para permitir a reflexão à radiação solar, reduzindo os ganhos de calor pelos fechamentos de venezianas. O abrigo

está apoiado sobre uma estrutura de perfil metálico metalon quadrado com pintura esmalte sintético branco, a uma altura de 1,20 m da superfície do solo recoberto com gramado exposto ao sol que consome uma parte do calor recebido para realizar a fotossíntese e a outra parte é absorvida para evaporar a água (evapotranspiração). Uma superfície gramada possui albedo 0,2, em que 20% da radiação solar incidente é refletida.



Figura 11 – Abrigo externo  
Fonte: Carbonari (2007)

## 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

### 4.1. Dados climáticos obtidos por medição *in loco*

As medições foram realizadas *in loco* no período de verão (03/11/2007 a 25/01/2008) que corresponde ao solstício de verão. A Tabela 3 apresenta os resultados das temperaturas do ar (°C) máxima, média e mínima das salas de cada um dos protótipos e da edificação de madeira.

Tabela 3 – Resumo dos dados de temperatura do ar (°C) coletadas nas salas das edificações

Dados Medidos		Externo Abrigo	Edificação de Madeira	Protótipo de Bloco de concreto	Protótipo de Bloco cerâmico	Protótipo de Concreto celular
Temperatura do Ar (°C)	máxima	34,85	33,90	33,59	32,00	34,01
	média	19,42	24,00	27,12	27,91	30,71
	mínima	13,70	19,00	21,71	22,50	24,01

As salas dos ambientes informados na Tabela 3, estão posicionados em diferentes orientações solares sendo: a orientação da sala da edificação de madeira a norte (N) e está antecedido por um hall totalmente envidraçado, a sala do Protótipo de Bloco de concreto a oeste (O), a sala do protótipo de bloco de concreto celular a oeste (O) e a sala do protótipo de bloco cerâmico a leste (L).

A radiação incidente total diária prevista nas superfícies externas das edificações está apresentada na Tabela 4, segundo o software Luz do Dia.

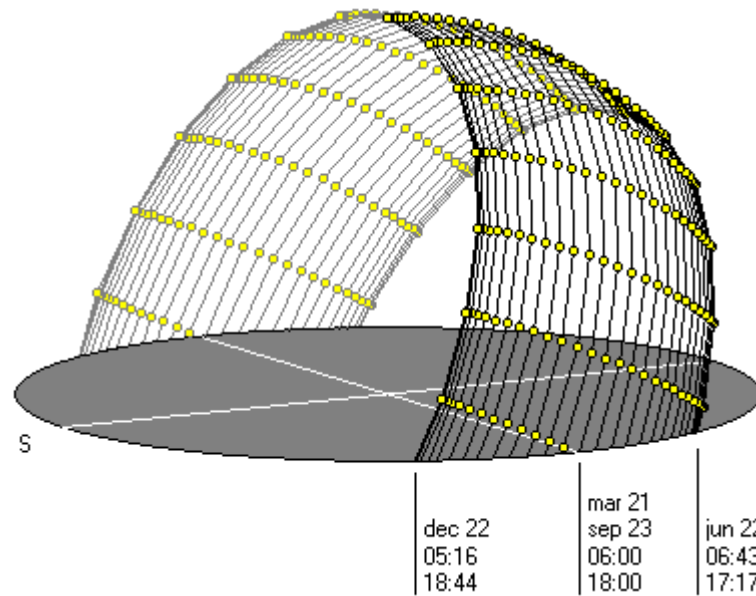
Tabela 4 – Radiação incidente total diária prevista nas superfícies externas das edificações

	Norte	Leste	Sul	Oeste	Cobertura
<b>Total</b>	813 wh/m <sup>2</sup>	4705 wh/m <sup>2</sup>	2387 wh/m <sup>2</sup>	4705 wh/m <sup>2</sup>	11846 wh/m <sup>2</sup>

Fonte: Software luz do sol 1.1 Radiação solar e Iluminação natural

Para obter as informações da Tabela 4, foi considerado os dados referentes ao dia típico, que corresponde ao dia 14/12/07 para a latitude 23° 50' S, cuja trajetória solar para esta posição geográfica encontra-se representada na Figura 12.

Figura 12 – Trajetória solar para a latitude 23° 50' S



Fonte: Software SunPath 1.0

O gráfico da Figura 13 permite visualizar que a temperatura do dormitório da edificação de madeira voltado para a face noroeste (O), aumenta de madrugada e das 06:00 h até 20:17 h a temperatura está em constante queda. Já no dormitório do protótipo de bloco cerâmico voltado para a face noroeste (NO), acontece o inverso da edificação de madeira. Nota-se que o sombreamento, proporcionado pela vegetação arbórea, se faz presente somente sobre a edificação de madeira. Por outro lado esta diferença pode ser analisada pelo valor das propriedades térmicas de cada material, a madeira por exemplo, possui condutividade térmica muito menor que bloco cerâmico (ver Tabela 1) isto significa que quanto maior for o valor da condutividade maior será a quantidade de calor transferida entre as superfícies. Outro fato é que a massa térmica da madeira é menor que o bloco cerâmico, e segundo Lamberts (1997), quanto maior a massa térmica, maior o calor retido, e este pode ser devolvido ao interior quando a temperatura do ar for menor que a temperatura da superfície.

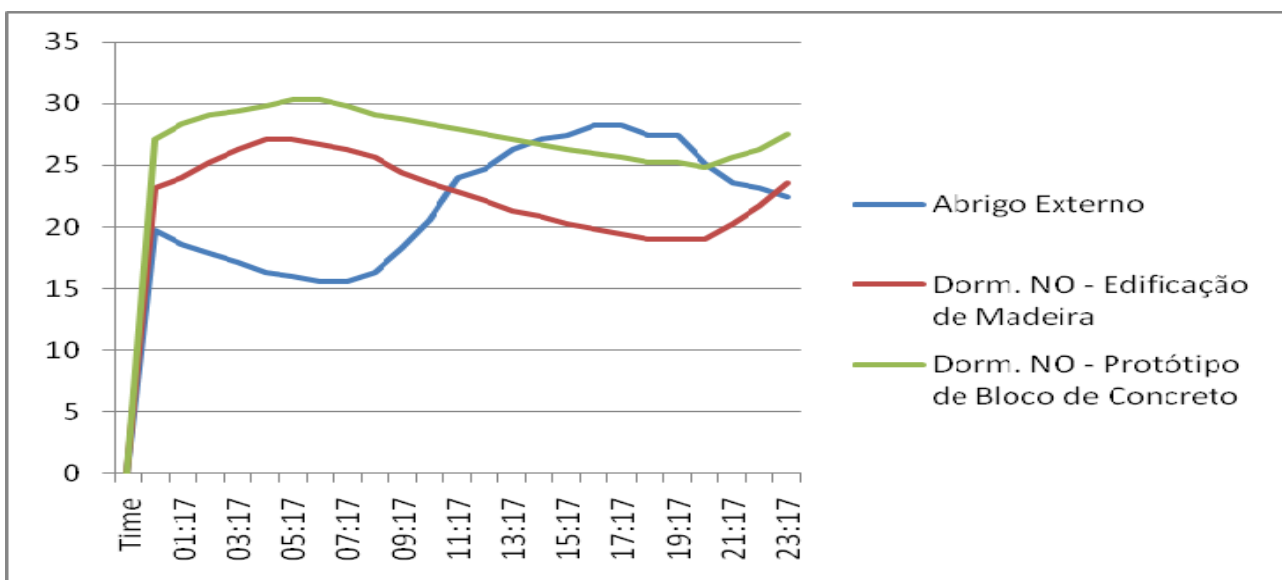


Figura 13: Gráfico de temperaturas coletadas no dia 14/12/2007 no abrigo externo, no interior do dormitório da edificação de madeira e do protótipo de bloco cerâmico, ambos voltados para face noroeste (NO).

A Figura 14 mostra que a amplitude térmica analisada nesta face, nordeste (NE), é maior na edificação de madeira no período matutino quando o sol da manhã atinge as paredes sem proteção de obstáculos artificiais ou naturais. Mas no período vespertino a amplitude térmica tem queda até as 20:00 h com uma temperatura de 22 °C. Já a amplitude térmica no protótipo de bloco cerâmico a situação se inverte.



Os protótipos de bloco de concreto e concreto celular não possuem alterações climáticas significativas em entre eles.

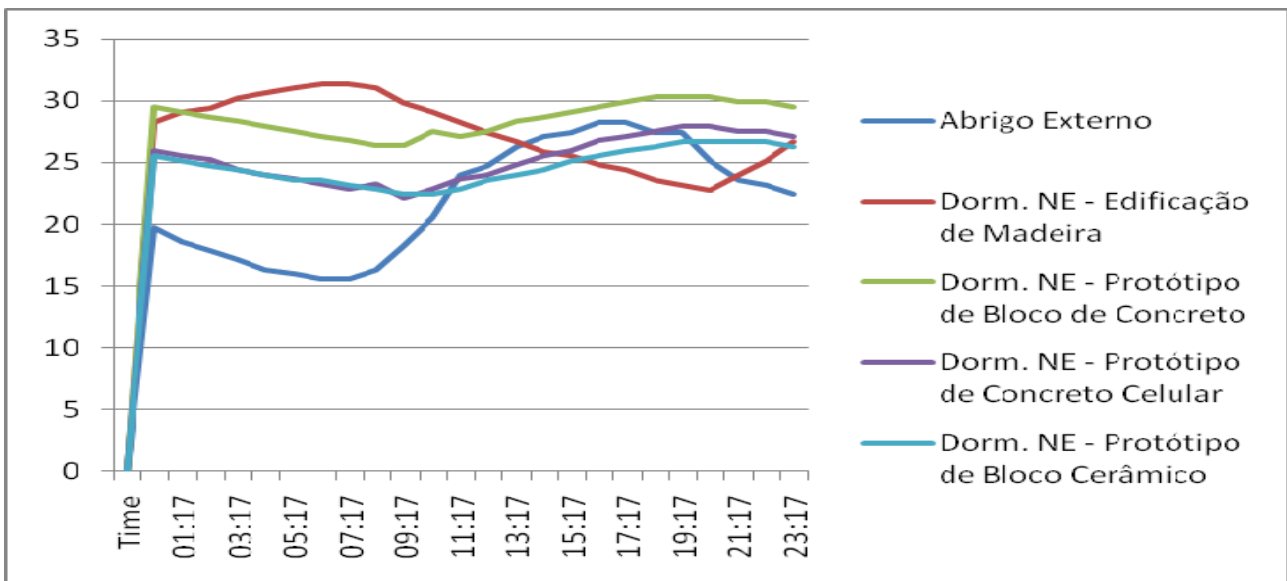


Figura 14 - Gráfico de temperaturas coletadas no dia 14/12/2007 no abrigo externo e no interior dos dormitórios voltados na posição nordeste (NE) dos protótipos e da edificação de madeira.

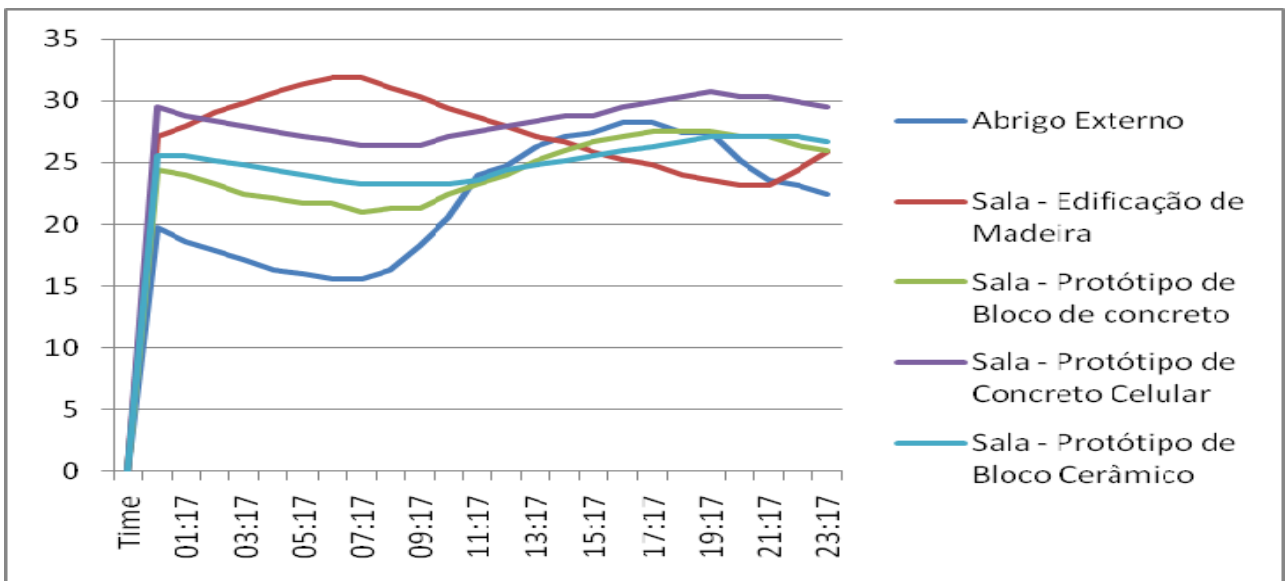


Figura 15 - Gráfico de temperaturas coletadas no interior das salas da edificação de madeira e dos protótipos.

De acordo com os resultados do gráfico da Figura 15, pode-se concluir que a edificação de madeira apresenta uma amplitude térmica maior no período da noite e durante o dia a amplitude diminui constantemente proporcionando uma temperatura agradável. Assim, esta edificação proporciona um conforto térmico agradável chegando a 25°C num dos períodos mais críticos que é as 16:00 h. Os dados de temperatura coletados apresentados neste gráfico são dos ambientes das salas, nos protótipos e estão voltadas para a face sudeste (SE) (Figura 1) e não conta com a presença vegetação arbórea nas proximidades. Já na edificação de madeira a sala está voltada para a face norte (N) recuada por um hall todo envidraçado e a presença de vegetação arbórea nesta face não é significativa.

Analisando mais profundamente o gráfico da Figura 15 pode-se concluir que, a curva correspondente do protótipo de bloco cerâmico é a que tem menor amplitude térmica e as variações de temperatura no período de estudo chegam a um mínimo de 22,5°C e uma máxima de aproximadamente 32°C (22,5-32).

## 5. CONCLUSÃO

Através da medição in loco pode-se perceber, que as temperaturas internas dos protótipos de bloco de concreto e bloco cerâmico possuem menor amplitude térmica comparadas com os protótipos de bloco de concreto celular e da edificação de madeira, sendo que o primeiro caracteriza-se por maior amplitude térmica nos períodos mais críticos durante o dia e a segunda, apresenta amplitude térmica maior no período menos crítico, ou seja, durante o dia a temperatura é mais baixa e a noite é mais aquecida, quando a temperatura externa tende a cair. A presença de vegetação arbórea de médio porte na face oeste (O) da edificação de madeira também colabora com sombreamento para atenuar a incidência solar nesta edificação resultando em baixas temperaturas nos períodos considerados críticos.

Este estudo reforça o papel da vegetação como elemento fundamental para atenuação da radiação solar e conseqüentemente dos impactos das alterações climáticas sobre o ambiente construído. Fica evidente, porém que são necessários estudos mais aprofundados, com monitoramento por um período mais longo que permita analisar a estação de inverno e caracterizar as espécies arbóreas para se obter um resultado mais preciso.

## 6. REFERÊNCIAS

- RIGITANO, Roberta Zakia. **A influência da vegetação no conforto térmico do ambiente construído**. Campinas: Faculdade de Engenharia Civil da Unicamp (2003) (Dissertação de Mestrado).
- SATTLER, Miguel Aloysio. **Arborização urbana e conforto ambiental**. In: Congresso de Arborização de cidades, 1, Vitória. Anais... Vitória: 1992. P.15-28.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220: **Desempenho térmico de edificações**. Rio de Janeiro, 2005.
- LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW, 1997.
- OLGYAY, V. **Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism**. New Jersey: Princeton University Press, 1973. 332 p.
- Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP). **Manual técnico para implementação – Habitação 1.0**. São Paulo, 2002. 88 p.
- Software SunPath 1.0
- Software Luz do Sol 1.1 – **Radiação Solar e Iluminação Natural**.
- WEILLER, Giovana Cristina Buso. **A influência de variáveis de entorno no desempenho térmico de habitações de interesse social**. Londrina: Faculdade de Engenharia Civil da UEL (2008) (Dissertação de Mestrado).