

## AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL A PARTIR DE DADOS DE CAMPO

**Leandra Beggiano Porto (1); Miriam Jerônimo Barbosa (1).**

(1) Deptº. Construção Civil – Universidade Estadual de Londrina – e-mail: [lb\\_porto@yahoo.com.br](mailto:lb_porto@yahoo.com.br)

### RESUMO

Proposta: O desempenho térmico de edificações é considerado um fator importante, especialmente em habitações de interesse social, sendo influenciada pelo clima da região na qual está inserida e pelos materiais que as compõem. A avaliação do desempenho térmico ocorre através da análise do desempenho da edificação frente às trocas térmicas entre o ambiente externo e o interior da edificação. Diversas metodologias permitem analisar o desempenho térmico de edificações segundo diferentes parâmetros. Referências de valores de transmitância térmica, atraso térmico, temperaturas máximas e mínimas em dias típicos de projeto são algumas das metodologias existentes. O presente artigo tem como objetivo analisar as condições térmicas de três habitações de interesse social implantadas na cidade de Londrina, que foram construídas com materiais diferentes e submetidas a medições de temperatura durante todo o ano de 2001. Método de pesquisa/Abordagens: Pretende-se analisar os dados obtidos para caracterizar o desempenho térmico de cada uma das edificações aplicando diferentes metodologias de avaliação de desempenho térmico. Dentre as metodologias existentes, definiu-se: método simplificado de cálculo da NBR 15220, método simplificado de cálculo da PNBR 136, método por medição da PNBR 136 (dias típicos de verão e de inverno) e horas de desconforto de Givoni. Resultados: Os resultados demonstram uma irregularidade e falta de calibração entre as metodologias, indicando uma falha nas metodologias que levam a uma incerteza nos dados determinados por estas. Contribuições/Originalidade: Verifica-se a necessidade de estudos futuros voltados para uma revisão dos parâmetros e aumento da especificidade das referências.

Palavras-chave: Dados climáticos, desempenho térmico de edificações, medição de temperatura, habitações de interesse social.

### ABSTRACT

Proposal: The thermal performance of constructions is considered an important factor, especially in low cost housings, being influenced by the climate of the region in which it is inserted and by the materials that compose them. The evaluation of the thermal performance occurs through the analysis of the performance of the construction through the thermal exchanges between the external environment and the interior of the construction. Many methodologies allow us to analyze the thermal performance of constructions according to different parameters. References of values of thermal transmittance, thermal delay, maximum and minimum temperatures in typical days of project are some of the existing methodologies. The present article has the objective of analyze the thermal conditions of three implanted low cost housing in the city of Londrina that had been constructed with different materials and submitted the measurements of temperature during the year of 2001. Methods: It is intended to analyze the data to characterize the thermal performance of each one of the constructions applying different methodologies of evaluation of thermal performance. Amongst the existing methodologies, it was defined: simplified method of calculation of NBR 15220, simplified method of calculation of PNBR 136, method for measurement of the PNBR 136 (typical days of summer and winter) and hours of discomfort by Givoni. Findings: The results demonstrate an irregularity and lack of calibration between the methodologies, indicating a flaw within the methodologies that lead to an uncertainty in their data. Originality/value: It is verified the necessity of future studies directed toward a revision of the parameters and an increase of the specificity of the references.

Keywords: Climate data, thermal performance of constructions, measurement of temperature, low cost housing.

## 1. INTRODUÇÃO

A avaliação do desempenho térmico de uma edificação pode ser realizada na fase de projeto ou após a sua execução. Na fase de projeto esta avaliação pode ocorrer através de simulações computacionais ou com a verificação das recomendações de diretrizes construtivas baseadas em parâmetros. Após a execução da obra, esta avaliação pode ser feita através de medições in-loco de variáveis representativas de desempenho, como temperatura e umidade.

### 1.1 NBR 15220

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) propõe uma normalização para Desempenho Térmico de Edificações. Na NBR 15220 apresentam-se as definições, símbolos e unidades (Parte I) e os métodos de cálculo da transmitância térmica, capacidade térmica, atraso térmico e fator solar de elementos e componentes da edificação (Parte II). Tem-se, na Parte III, o Zoneamento Bioclimático do Brasil, baseado em estudo proposto por Givoni, e as diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Uma vez que as edificações foram construídas na cidade Londrina, estas pertencem a **Zona Bioclimática 3** e deverão apresentar um desempenho térmico aceitável quando atenderem às recomendações da norma.

### 1.2 PNBR 136

O Projeto de Norma 02:136.01/2004 (PNBR 136) visa o conforto térmico dos usuários de edificações habitacionais, considerando a região de implantação da obra e as respectivas características bioclimáticas definidas na norma NBR 15220 – “Desempenho térmico de edificações - Parte III: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social”. A norma permite avaliar o desempenho térmico do edifício por qualquer um dos três procedimentos: método simplificado de cálculo, simulação e medição. Neste trabalho serão considerados os seguintes itens:

- Procedimento 1 – Simplificado: verificação do atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos para fachadas e coberturas, nos documentos:
  - Desempenho de Edifícios Habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 4: Fachadas e paredes internas;
  - Desempenho de Edifícios Habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 5: Coberturas.
- Procedimento 3 – Medições: verificação do atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos neste documento, por meio da realização de medições em edificações ou protótipos construídos.

Considerando-se que o desempenho térmico do edifício depende do comportamento interativo da fachada, cobertura e piso, uma edificação que não atender aos requisitos desta norma quando avaliada pelo procedimento 1, pode ser avaliada por um dos outros procedimentos (PNBR 136, 2004).

#### 1.2.1 Método Simplificado

No método simplificado, é feita a verificação do atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos para fachadas e coberturas, através dos critérios:

- Transmitância Térmica Cobertura (U);
- Absortância da Cobertura ( $\alpha$ );
- Transmitância Térmica da Parede (U);
- Capacidade Térmica (Ct);
- Aberturas para Ventilação (A).

#### 1.2.2 Método por Medições

Nesta análise, são verificadas as temperaturas dentro de ambientes de permanência prolongada, para cada dia típico de projeto em comparação com as temperaturas externas. Conforme Akutsu (1998), um dia típico de projeto é caracterizado pela sua freqüência de ocorrência e representa as condições mais significativas ao longo do período de verão e de inverno e permite quantificar os níveis de exigência na avaliação de desempenho térmico a ser efetuada na edificação. De acordo com Barbosa (1999), os dias típicos para a cidade de Londrina referente ao período de 1986 a 1996, de inverno são: 21 de junho de 1993, 12 de julho de 1989 e 11 de julho de 1989; e os dias típicos de verão são: 05 de

dezembro de 1991, 17 de dezembro de 1988 e 19 de dezembro de 1988. Para análise de dias típicos aplicados a PNBR 136, estas mesmas datas foram adotadas.

### **1.3 Análise das horas anuais de desconforto proporcionadas pelo frio e pelo calor:**

Esta análise corresponde a um estudo da quantidade de horas ao longo do ano em que as temperaturas estão fora da zona de conforto, conforme proposto por Givoni. Com os dados de temperaturas medidas a cada hora durante um ano é feita a análise dos valores a fim de se obter a quantidade de horas em que a temperatura interna do ambiente se encontra fora da faixa de conforto. Conforme Barbosa (1997), a situação de conforto é aquela em que as temperaturas se variam entre os valores de 18° C e 29 ° C. Desta maneira, o ambiente estará desconfortável sempre que sua temperatura horária for inferior a 18° C (desconforto para frio) ou superior a 29 ° C (desconforto para calor).

## **2. OBJETIVO**

O objetivo deste estudo é aplicar diferentes metodologias de avaliação de desempenho térmico em edificações de interesse social a partir do estudo de dados de temperaturas medidas em três edificações com características construtivas diferentes e avaliar a relação entre os valores obtidos nas diferentes metodologias.

## **3. METODOLOGIA**

Para realização deste estudo, foram medidas temperaturas internas de três habitações ocupadas, construídas no Conjunto Hilda Mandarino, na cidade de Londrina, pertencendo consequentemente a Zona Bioclimática 3, conforme NBR 15220. As tomadas de temperaturas ocorreram no período de 01 de janeiro de 2001 a 31 de dezembro de 2001. Para tanto, foram utilizados equipamentos eletrônicos de aquisição de sinais, HOBO® que permitiu registrar e armazenar dados de temperatura de bulbo seco de dentro das residências a cada hora do ano. Os equipamentos foram instalados nas salas das habitações, colocados em uma parede interna, a uma altura de 2m acima do piso, bem como em um abrigo externo das edificações, localizado no campus da Universidade Estadual Londrina, a uma distância de média de 10 a 15km das edificações.

### **3.1 Habitação em Alvenaria Tradicional:**

Implantada no Conjunto Habitacional Hilda Mandarino, esta habitação de 22,74m<sup>2</sup> foi construída em alvenaria de tijolos cerâmicos vazados revestidos com argamassa em ambos os lados, resultando em paredes de 14cm de espessura. A cobertura em duas águas é composta por telhas em fibrocimento amianto de 5mm de espessura e espaço de ar com altura média de 70cm. A laje é formada por vigotas de concreto e elementos cerâmicos e possui espessura de 8cm.



**Figura 1:** Fotografia da habitação em Cimento Amianto (Fonte: Labeee)

### **3.2 Habitação em Cimento Amianto:**

Habitação de 36,41m<sup>2</sup> construída no Conjunto Habitacional Hilda Mandarino, com fechamentos laterais em chapa corrugada de cimento amianto com camadas de argamassa dos dois lados, com

espessura total de 10cm. A cobertura em duas águas é composta por telhas cerâmicas tipo francesa, espaço de ar com altura média de 70 cm e forro de madeira com 1cm de espessura.



Figura 2: Fotografia da habitação em Cimento Amianto (Fonte: Labeee)

### 3.3 Habitação em Concreto Monolítico

Trata-se de uma habitação no Conjunto Habitacional Hilda Mandarino, com 23,32m<sup>2</sup> que possui fechamentos em paredes monolíticas de concreto de 10cm de espessura. A cobertura em duas águas é composta por telhas de fibrocimento amianto de 5mm, espaço de ar com altura média de 70cm e laje em concreto maciço de 10cm de espessura.



Figura 3: Fotografia da habitação em Concreto Monolítico (Fonte: Labeee)

## 4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 5.1 Análise pela NBR 15220 – Método Simplificado

Na avaliação das características térmicas das edificações pelo Método Simplificado proposto pela NBR 15220 foram analisados os seguintes parâmetros: Transmitância Térmica, Atraso Térmico, Fator de Calor Solar e Aberturas para Ventilação. Os resultados obtidos encontram-se dispostos na Tabela 1.

Tabela 1: Análise por Cálculo de Características Físicas pelo Método Simplificado da NBR 15200.

Análise por Cálculo de Características Físicas - Parte 1								
		Transmitância Térmica (W/m <sup>2</sup> .K)		Atraso térmico (horas)		Fator de calor solar		
		Calculado	NBR 15220	Calculado	NBR 15220	Calculado	NBR 15220	
Habitação em Alvenaria Tradicional	Parede		<b>2,34</b>	$\leq 3,60$	4,70	$\leq 4,3$	<b>3,30</b>	$\leq 4,0$
	Cobertura	Verão	<b>1,77</b>	$\leq 2,00$	4,80	$\leq 3,3$	<b>3,20</b>	$\leq 6,5$
		Inverno	2,44	-	-	-	-	-
Habitação em Cimento Amianto	Parede		3,78	$\leq 3,60$	<b>2,60</b>	$\leq 4,3$	4,50	$\leq 4,0$
	Cobertura	Verão	2,01	$\leq 2,00$	<b>1,00</b>	$\leq 3,3$	<b>6,00</b>	$\leq 6,5$
		Inverno	2,80	-	-	-	-	-
Habitação em concreto Monolítico	Parede		4,26	$\leq 3,60$	<b>2,90</b>	$\leq 4,3$	5,10	$\leq 4,0$
	Cobertura	Verão	2,16	$\leq 2,00$	3,80	$\leq 3,3$	<b>3,90</b>	$\leq 6,5$
		Inverno	3,11	-	-	-	-	-

De maneira geral, nenhuma habitação é aprovada totalmente pela norma. Quanto à transmitância térmica, a habitação em alvenaria tradicional apresenta bons resultados tanto para parede quanto cobertura no período de verão, porém não demonstra bom desempenho térmico para inverno. As demais habitações reprovaram integralmente neste quesito. Quanto ao atraso térmico, a habitação em cimento amianto é aprovada para parede e cobertura enquanto a habitação em concreto monolítico atende a norma somente para parede. A habitação em alvenaria tradicional é totalmente reprovada. E com relação ao fator de calor solar, a habitação em alvenaria tradicional é a que apresenta melhor desempenho térmico, atendendo aos valores de norma tanto para parede quanto para cobertura. As demais são aprovadas para valores de cobertura, porém reprovam quanto aos valores de parede.

**Tabela 2:** Análise por Cálculo de Características Físicas pelo Método Simplificado da NBR 15200 – Parte 2.

Análise das Aberturas para Ventilação - NBR 15220 - Parte II			Abertura / Ventilação (em % da área)	
			Calculado	PNBR 136 (2006)
				Aberturas médias (mínimo)
Habitação em Alvenaria Tradicional	Parede		11,71	15 < A < 25
	Cobertura	Verão		
		Inverno		
Habitação em Cimento Amianto	Parede		12,4	15 < A < 25
	Cobertura	Verão		
		Inverno		
Habitação em Concreto Monolítico	Parede		9,21	15 < A < 25
	Cobertura	Verão		
		Inverno		

Nenhuma habitação é aprovada por esta parte da norma. Todas apresentam valores de áreas inferiores ao mínimo exigido.

## 5.2 Análise pela PNBR 136 – Método Simplificado

Na avaliação das características térmicas das edificações pelo Método Simplificado proposto pela PNBR 136 foram analisados os seguintes parâmetros: Transmitância Térmica e Absortância, Capacidade Térmica e Abertura / Ventilação. Os resultados obtidos encontram-se dispostos nas Tabelas 3 e 4.

**Tabela 3:** Análise por Cálculo de Características Físicas pelo Método Simplificado da PNBR 136 – Parte 1.

Análise por Cálculo de Características Físicas - Parte 1 (Método Simplificado conforme PNBR 136 - 2004)								
			Transmitância Térmica (W/m <sup>2</sup> .K)			Absortância		
			Calculado	PNBR 136 (2004)		Calculado	PNBR 136 (2004)	
				Nível de Desempenho			Nível de Desempenho	
				M	I	S	M	I
Habitação em Alvenaria Tradicional	Parede		2,34	≤3,7	-	-	0,35	-
	Cobertura	Verão	1,77	≤2,3	≤1,5	≤1,0	0,70	s/ exigência
		Inverno	2,44					0,26 < α ≤ 0,40
Habitação em Cimento Amianto	Parede		3,78	≤3,7	-	-	0,30	-
	Cobertura	Verão	2,01	≤2,3	≤1,5	≤1,0	0,80	s/ exigência
		Inverno	2,80					0,26 < α ≤ 0,40
Habitação em Concreto Monolítico	Parede		4,26	≤3,7	-	-	0,30	-
	Cobertura	Verão	2,16	≤2,3	≤1,5	≤1,0	0,70	s/ exigência
		Inverno	3,11					0,26 < α ≤ 0,40

Novamente nenhuma habitação atendeu completamente às exigências na avaliação pelo Método Simplificado da PNBR 136. Com relação à transmitância de parede, somente a habitação em alvenaria tradicional obteve o valor exigido. Para a transmitância de cobertura, todas atenderam na situação de verão, porém nenhuma atendeu para inverno. Com relação à absorção, todas as edificações atenderam a determinações mínimas da norma para a cobertura, uma vez que não existe exigência de valores.

**Tabela 4:** Análise por Cálculo de Caract. Físicas pelo Método Simplificado da PNBR 136 – Parte 2.

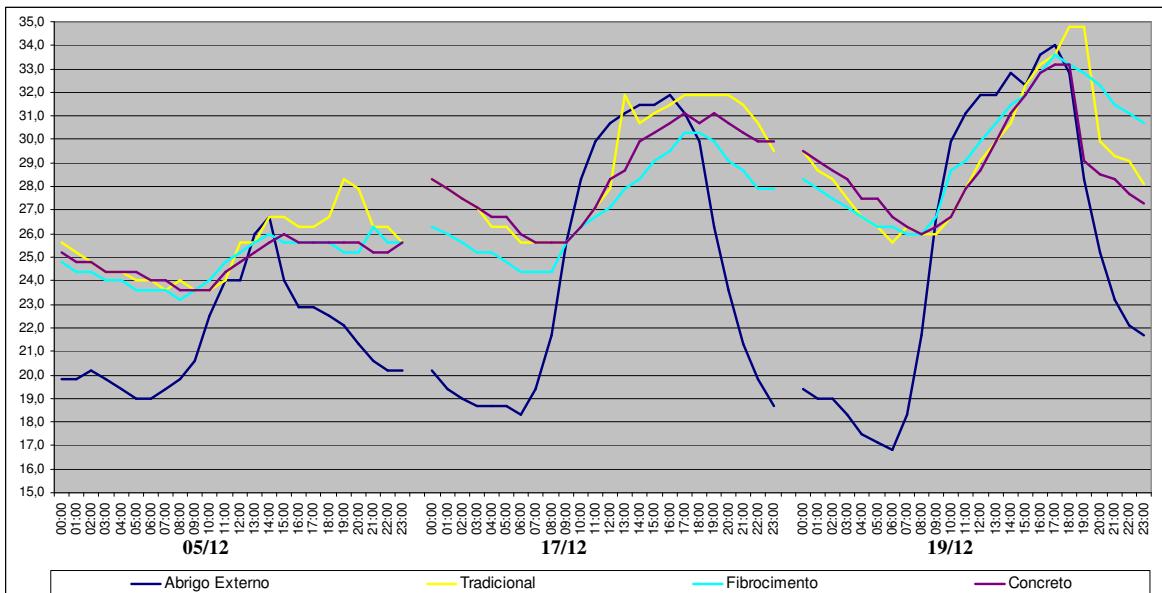
			Capacidade Térmica		Abertura / Ventilação (em % da A do piso)	
			Calculado	PNBR 136 (2004)	Calculado	PNBR 136 (2004)
						Aberturas médias (mínimo)
Habitação em Alvenaria Tradicional	Parede		175	≥130	11,71	$A \geq 8$
	Cobertura	Verão	-	-		
		Inverno				
Habitação em Cemento Amianto	Parede		187	≥130	12,40	$A \geq 8$
	Cobertura	Verão	-	-		
		Inverno				
Habitação em Concreto Monolítico	Parede		249	≥130	9,21	$A \geq 8$
	Cobertura	Verão	-	-		
		Inverno				

Na análise do desempenho térmico pela Capacidade Térmica, todas as edificações alcançaram valores superiores ao mínimo exigido pela norma. Em oposição aos valores obtidos para a NBR 15220, todas as edificações atendem aos valores mínimos exigidos para Aberturas para a Ventilação da PNBR 136. Esta norma apresenta valores mais baixos de referência. Enquanto o valor mínimo da NBR é 15m<sup>2</sup>, para a PNBR este valor é de 8m<sup>2</sup>.

### 5.3 Análise pela PNBR 136 – Método de Medição

#### 5.3.1 Análise de Verão

Os dias típicos de verão adotados para análise foram: 05 de dezembro, 17 de dezembro e 19 de dezembro. As temperaturas medidas nos interiores das três edificações e do abrigo externo podem ser vistas no gráfico da Figura 4:



**Figura 4:** Gráfico das temperaturas nos dias típicos de verão.

Através do gráfico da Figura 4 é possível visualizar a amplitude térmica externa ocorrida nos dias típicos de verão. A temperatura chega a oscilar de 17°C a 34°C. Algumas habitações demonstram um desempenho térmico satisfatório quando comparadas com o ambiente externo. É possível notar grande diferença de temperaturas entre os dias analisados. As temperaturas máximas internas são menores que as temperaturas máximas externas, com exceção da habitação em alvenaria tradicional, que nos três dias apresenta temperaturas internas mais elevadas que a temperatura externa.

**Tabela 5:** Desempenho Térmico para dia típico de verão.

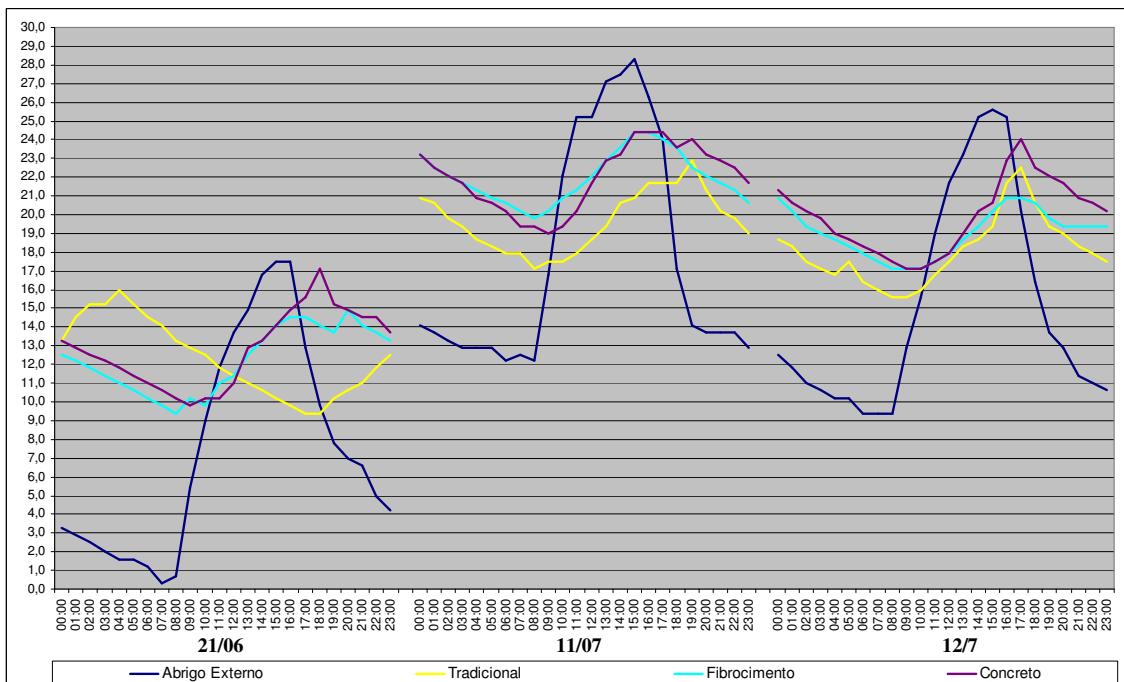
Diagnóstico para dias típicos de Verão	Nível de Desempenho - Verão		
	5/12	17/12	19/12
<b>Habitação em Alvenaria Tradicional</b>	reprovado	M	reprovado
<b>Habitação em Cimento Amianto</b>	M	M	M
<b>Habitação em Concreto Monolítico</b>	M	M	M

Considerando-se que:  
M referente ao desempenho Mínimo, onde:  $T_{i,max} \leq T_{e,max}$ ;  
I referente ao desempenho Intermediário, onde:  $T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2^\circ C)$   
S referente ao desempenho Superior, onde:  $T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 4^\circ C)$

As habitações em cimento amianto e em concreto monolítico atendem ao nível mínimo de desempenho nos três dias típicos de verão. A habitação em alvenaria, porém reprova em dois dias típicos.

### 5.3.2 Análise de Inverno

Os dias típicos de inverno adotados para análise foram: 21 de junho, 11 de julho e 12 de julho. As temperaturas medidas nos interiores das quatro edificações e do abrigo externo podem ser vistas no gráfico da Figura 5:



**Figura 5:** Gráfico das temperaturas nos dias típicos de inverno.

Para os dias típicos de inverno, o desempenho térmico das habitações foi mais satisfatório do que para verão. No caso dos dias típicos de inverno, assim como os dias típicos de verão é possível verificar uma grande diferença nas temperaturas ao longo do dia. A diferença entre as temperaturas mínimas ou máximas de um dia em comparação com os outros dias demonstram dias de comportamentos térmicos bem diferentes. A Tabela 6 apresenta uma análise resumida da avaliação.

**Tabela 6:** Desempenho Térmico dia típico de inverno.

Diagnóstico para dias típicos de Inverno	Nível de Desempenho - Inverno		
	21/6	11/7	12/7
<b>Habitação em Alvenaria Tradicional</b>	<b>S</b>	<b>M</b>	<b>I</b>
<b>Habitação em Cimento Amianto</b>	<b>S</b>	<b>S</b>	<b>S</b>
<b>Habitação em Concreto Monolítico</b>	<b>S</b>	<b>I</b>	<b>M</b>

Considerando-se que:  
M referente ao desempenho Mínimo, onde:  $T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 3^\circ C)$   
I referente ao desempenho Intermediário, onde:  $T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 5^\circ C)$   
S referente ao desempenho Superior, onde:  $T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 7^\circ C)$

A habitação em cimento amianto consegue alcançar níveis superiores de desempenho térmico nos três dias analisados. A residência em concreto monolítico também consegue níveis superiores, porém alcança nível intermediário em um dos dias. Já a residência em alvenaria tradicional apresenta comportamento diferente nos três dias, obtendo níveis mínimo, intermediário e superior. Pode-se afirmar que o desempenho térmico das edificações é, de modo geral, satisfatório.

#### **5.4 Análise das Horas Anuais de Desconforto**

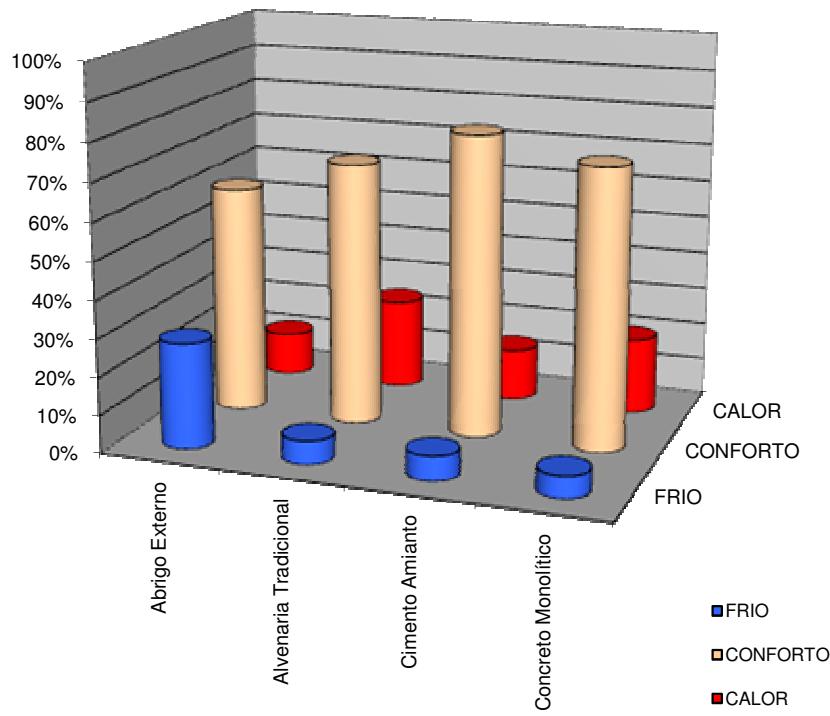
A quantidade de horas anuais de conforto e desconforto foi obtida a partir da coleta da temperatura de bulbo seco realizada nas três habitações e no abrigo externo (temperatura externa), baseado no estudo proposto por Givoni. Os dados obtidos foram trabalhados de maneira a separar as horas de conforto, de desconforto para frio (temperaturas menores que  $18^\circ C$ ) e desconforto para calor (temperaturas maiores que  $29^\circ C$ ). Os resultados obtidos encontram-se dispostos na tabela 7.

**Tabela 7:** Tabela das horas anuais de Conforto e Desconforto.

	Desconforto para Frio		Conforto		Desconforto para Calor	
	Horas	%	Horas	%	Horas	%
<b>Abrigo Externo</b>	<b>2454</b>	<b>28,0%</b>	5300	60,5%	1006	11,5%
<b>Habitação em Alvenaria Tradicional</b>	<b>547</b>	<b>6,2%</b>	6095	69,6%	2118	24,2%
<b>Habitação em Cimento Amianto</b>	<b>569</b>	<b>6,5%</b>	6983	79,7%	1208	13,8%
<b>Habitação em Concreto Monolítico</b>	<b>510</b>	<b>5,8%</b>	6482	74,0%	1768	20,2%

A partir dos valores dispostos na tabela 7, é possível afirmar que o desempenho térmico efetivo das habitações foi satisfatório. Em todas as habitações, o número de horas de conforto foi superior às horas de conforto no abrigo externo. A habitação em alvenaria tradicional foi a que apresentou o pior desempenho térmico.

A porcentagem de horas de conforto ao longo do ano foi somente 9% superior a do meio externo. Suas horas de desconforto para frio foram de 6% em oposição às horas de desconforto para calor que superou 24%. As habitações em cimento amianto e em concreto monolítico apresentaram comportamentos similares, com porcentagem de horas de conforto próximas de 75%, desconforto para frio de 6% e para calor de 19%.



**Figura 6:** Gráfico Comparativo do desempenho térmico, pelas porcentagens de horas anuais de conforto e desconforto.

Esta análise de horas de conforto permite verificar que as habitações cumpriram seu papel primordial de proteção de intempéries proporcionando um grau de conforto térmico satisfatório. Algumas com melhores condições que outras, porém as três edificações garantiram uma situação favorável no seu interior em comparação com o meio externo.

## 5. CONCLUSÃO

Depois de aplicadas as diversas metodologias de análise de desempenho térmico nas três edificações foi possível verificar que:

A Habitação em Alvenaria Tradicional foi reprovada pelo método simplificado, tanto da NBR 15220 quanto da PNBR 136, para transmitância térmica da cobertura para inverno. Dos três dias típicos de verão foi reprovada em dois e no dias típicos de inverno atingiu, em média, o desempenho intermediário. Quanto as horas de conforto, ela atingiu quase 70% das horas com conforto e cerca de 24% de horas de desconforto para calor.

A Residência em Cimento Amianto bem como a Residência em Concreto Monolítico não apresentaram desempenho térmico extraordinário. Elas foram reprovadas pela NBR 15220 e pela PNBR 136 para transmitância térmica. Seu desempenho térmico para verão foi mínimo, porém para inverno foi superior. Apresentou aproximadamente 75% de horas de conforto ao longo do ano e de 13 a 20% de horas de desconforto para calor. Estas duas edificações obtiveram desempenho térmico mais satisfatório do que a Residência em Alvenaria Tradicional.

Quando comparados os valores das diferentes metodologias, nota-se uma incoerência entre as mesmas. A Tabela 8 demonstra um resumo dos parâmetros analisados pelas quatro metodologias. As duas primeiras partes do quadro mostram o desempenho térmico das edificações pelos métodos de cálculo. As três habitações são aprovadas e reprovadas em parâmetros diferentes. As duas últimas partes apresentam o desempenho térmico das edificações a partir da análise dos valores obtidos das temperaturas medidas in loco. Neste caso, as três edificações são praticamente aprovadas integralmente. No caso das Horas de Conforto, o desempenho das habitações fica em torno dos 70%, o

que representa bons valores. Em outras palavras, o real desempenho térmico medido é superior ao desempenho calculado.

**Tabela 8:** Quadro Comparativo do desempenho térmico.

		Alvenaria Tradicional	Cimento Amianto	Concreto Monolítico
NBR 15220	U parede	aprovado	reprovado	reprovado
	U cobet. V	aprovado	reprovado	reprovado
	U cobet. I	reprovado	reprovado	reprovado
	At parede	aprovado	aprovado	aprovado
	At cobert. V	reprovado	aprovado	reprovado
	FS parede	reprovado	reprovado	reprovado
	FS cobert.	aprovado	aprovado	aprovado
	Abertura Vent	reprovado	reprovado	reprovado
PNBR 136 Simplificado	U parede	aprovado	reprovado	reprovado
	U cobet. V	aprovado	aprovado	aprovado
	U cobet. I	reprovado	reprovado	reprovado
	Ab cobrt.	aprovado	aprovado	aprovado
	Ct parede	aprovado	aprovado	aprovado
	Abertura Vent	aprovado	aprovado	aprovado
PNBR 136 Medição	5/dez	reprovado	aprovado	reprovado
	17/dez	aprovado	aprovado	aprovado
	19/dez	aprovado	aprovado	aprovado
	21/jun	aprovado	aprovado	aprovado
	11/jul	aprovado	aprovado	aprovado
	12/abr	aprovado	aprovado	aprovado
Horas de Conforto	Ano de 2001	69,6%	79,7%	74,0%

Através dos dados da tabela 8 é possível visualizar que existem certas incoerências entre as metodologias de cálculo e de medição. São necessários outros estudos para elaboração de uma revisão dos parâmetros adotados para os métodos simplificados, para que estes fiquem mais próximos dos valores obtidos com as medições in loco.

## 6. REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **PNBR 02:136.01-001: Desempenho de Edifícios Habitacionais de até 5 Pavimentos.** Rio de Janeiro. 2004.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15220: Desempenho De Edifícios.** Rio de Janeiro. 2005.

AKUTSU, M. *Métodos para Avaliação do Desempenho Térmico de Edificações no Brasil.* São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 1998. (Tese de Doutorado).

BARBOSA, M. J.; PICANÇO, F. V.; PEDROSO, N. F.; VIER, S. B. *Arquivos Climáticos de Interesse para a Edificação nas Regiões de Londrina e Cascavel (PR).* Londrina: EDUEL, 1999.

BARBOSA, M. J. *Uma metodologia para especificar e avaliar o desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares.* UFSC. Florianópolis, 1997. (Tese de Doutorado).

[http://www.labeee.ufsc.br/monitoramento\\_termico](http://www.labeee.ufsc.br/monitoramento_termico)