



# DESEMPENHO TÉRMICO DE PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO PARA VEDAÇÕES VERTICais EM SEIS ZONAS BIOCLIMÁTICAS BRASILEIRAS

**Adriana C. de Brito (1); Fulvio Vittorino (2)**

(1) Laboratório de Componentes e Sistemas Construtivos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, Brasil – e-mail: [adrianab@ipt.br](mailto:adrianab@ipt.br)

(2) Laboratório de Conforto Ambiental e Sustentabilidade do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, Brasil – e-mail: [fulviov@ipt.br](mailto:fulviov@ipt.br)

## RESUMO

Atualmente, a utilização de componentes construtivos industrializados nas obras brasileiras tem crescido fortemente frente às suas vantagens quanto à racionalidade de execução sem, contudo, garantir um desempenho térmico adequado ao edifício. Para tanto, é necessário analisar aspectos como o clima, a geometria do edifício, entre outros. Neste contexto, o objetivo deste artigo é apresentar recomendações gerais de projeto arquitetônico visando adequação do desempenho térmico potencial de edifício com vedação em painéis monolíticos de concreto aos climas brasileiros. Como referências, foram utilizadas as seguintes normas: Desempenho Térmico de Edificações, NBR 15220-3 (ABNT, 2003) e Projeto de Norma de Avaliação de Desempenho para Edifícios Habitacionais até Cinco Pavimentos, (ABNT, 2004), esta última, foi empregada através dos Métodos Simplificado e Detalhado. Os resultados obtidos indicam o nível de desempenho térmico obtido em cada zona bioclimática e o impacto relativo às variáveis de projeto empregadas. Foram desenvolvidos quadros sinóticos, para os dias típicos de verão e inverno, relacionando as soluções de projeto arquitetônico, as zonas bioclimáticas e o nível de desempenho térmico alcançado. Espera-se que tais tabelas sirvam como recomendações gerais para projetos de edifícios semelhantes com o emprego dos painéis estudados de modo a orientar o projetista ainda em fase preliminar de projeto.

Palavras chave: desempenho térmico; conforto térmico; painéis pré-fabricados de concreto

## ABSTRACT

Industrialized components utilization has presently increased significantly on Brazilian building construction, because their advantages related to rationalization matters. However suitable thermal building performance is not complied. To acquire this performance it is necessary to assess, among other aspects, climate and building geometry. This paper aims to provide general recommendations for architectural project seeking to adjust adequate building thermal comfort to prefabricated concrete panels use in buildings, accordingly Brazilian climate zones, without adopting air conditioning installations. Analysis carried out over Brazilian Standard NBR 15220-3 and Standard for evaluation of Performance of Residential Buildings up to Five Floors (ABNT, 2004) procedure, led to recommendations for six Brazilian bioclimatic zones. Simplified and detailed methods of mentioned Brazilian Draft were applied in the analysis. Achieved results indicate the level of thermal performance in each bioclimatic zone and the relative impact of variables adopted in the design. Synoptic tables have been developed, for typical summer and winter days, correlating architectural solutions, bioclimatic zones and level of thermal performance accomplished. It is expected that these tables serve as general recommendation for the project of similar buildings using the prefabricated panels studied, providing designers to choose this type of wall, even in the preliminary project stage.

Keywords: thermal performance, thermal comfort; pre-fabricated panels of concrete

## 1 INTRODUÇÃO

Diante da crescente industrialização de componentes utilizados na construção civil, decorrente das suas vantagens quanto à rapidez de execução e redução de custos, há a necessidade de se considerar também, de forma mais aprofundada, questões relativas ao desempenho térmico.

As características da envoltória da edificação influenciam diretamente sua resposta térmica, que por sua vez, relaciona-se com o conforto térmico do usuário e com o consumo de energia da edificação em uso. Sempre que as características do edifício não forem capazes de propiciar conforto ao usuário, haverá a necessidade de utilização de mecanismos ativos para atingir condições mais próximas das ideais, porém estes consomem energia que pode ser economizada se o projeto do edifício já for concebido visando se obter um desempenho térmico mais adequado ao clima e às peculiaridades locais.

Tratando-se especificamente das vedações verticais, seu desempenho térmico passa a ter caráter fundamental na resposta térmica global de edifícios com muitos pavimentos, devido à maior área de exposição da fachada em relação à da cobertura. Além disso, embora a cobertura do edifício receba maior incidência de energia solar, esta praticamente não interfere na totalidade dos andares.

Este trabalho, baseado em dissertação de mestrado da autora (BRITO, 2007), teve como objeto painéis monolíticos de concreto para vedação vertical, que foram analisados sob o aspecto de seu desempenho térmico, quando utilizados em edifícios com vários pavimentos e expostos às distintas condições climáticas brasileiras e de projeto arquitetônico.

## 2 OS PAINÉIS ESTUDADOS

Diante da disponibilidade de vários tipos de vedações pré-fabricadas, optou-se pelo uso de painéis monolíticos de concreto, material largamente utilizado na construção civil brasileira. Além disso, tais painéis possuem grande variabilidade dimensional e de acabamento estético, características que favorecem sua incorporação no projeto arquitetônico.

Os painéis são moldados em fôrmas especificadas para cada obra, com dimensões variáveis, limitadas apenas pelo sistema de transporte, podendo chegar até 3,5m de altura e 12m de comprimento, conforme cada fabricante. O acabamento da superfície normalmente é efetuado na fábrica conforme especificação de projeto, podendo ser concreto aparente, textura, granilha, cerâmica ou granito.

Quando chegam à obra os painéis são içados, posicionados e fixados à estrutura do edifício através de peças metálicas previamente instaladas, proporcionando rapidez na montagem do fechamento do edifício. As juntas entre painéis são tratadas de acordo com seu formato, e caso necessário, são vedadas com mastique elástico ou elementos semelhantes, de acordo com as recomendações do fabricante.

Os painéis pré-fabricados de concreto objeto deste trabalho possuem tipologia maciça, cujas características e dimensões encontram-se na **Tabela 1**.

**Tabela 1 – Dimensões e características do painel monolítico de concreto utilizado**

Rugosidade	Espessura (m)	Condutividade (W/(m°C))	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	Calor específico (kJ/(kg°C))	Absortância Térmica (%)	Absortância Solar (%)
média	0,15	1,5	2200	1	95	70, 50, 30

## 3 METODOLOGIA

Com base na Norma de Desempenho Térmico de Edificações (ABNT, 2003) e no Projeto de Norma para Edifícios Habitacionais até Cinco Pavimentos (ABNT, 2004), foram efetuadas análises do desempenho térmico dos painéis monolíticos de concreto. Inicialmente foi empregado o Método Simplificado do referido projeto de norma, cujos critérios para vedações externas estão presentes nas **Tabelas 2 e 3**. Em seguida, foram consideradas as exigências do Método Detalhado, descritas na **Tabela 4**, empregando-se simulação computacional para a avaliação do desempenho térmico de

edifício com o fechamento objeto deste trabalho. Tal edificação foi simulada em sua condição padrão e com variações arquitetônicas definidas, ambas expostas às condições climáticas brasileiras (zonas bioclimáticas).

A síntese dos resultados foi apresentada em tabelas que correlacionam as variáveis arquitetônicas consideradas e o nível de desempenho térmico obtido em cada zona bioclimática nos dias típicos de verão e inverno.

Complementarmente, serão apresentados comentários sobre os resultados considerando os critérios definidos na versão final do texto da Norma de Desempenho de Edifícios Habitacionais até Cinco Pavimentos - NBR 15575-1 (ABNT, 2008).

**Tabela 2** – Valores normalizados para a Transmitância Térmica (K) em fachadas (ABNT, 2004)

Nível de desempenho		K (W/(m <sup>2</sup> .°C))		
Mínimo	Zonas 1 e 2		Zonas 3 a 8	
	$K \leq 2,5$		Cores das superfícies	
			Claras ( $\alpha < 0,6$ )	Escuras ( $\alpha > 0,6$ )
			$K \leq 3,7$	$K \leq 2,5$

**Tabela 3** - Valores normalizados para a Capacidade Térmica (CT) em fachadas (ABNT, 2004)

Nível de desempenho		CT (kJ/(m <sup>2</sup> .°C))	
Mínimo	Zona 8	Zonas 1 a 7	
	$CT \geq 45$	$CT \geq 130$	

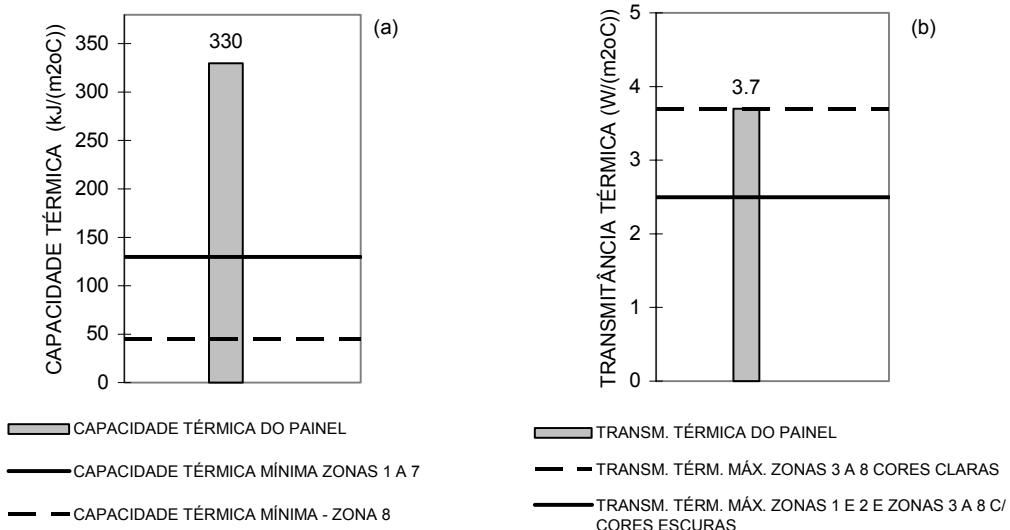
**Tabela 4** – Critérios exigidos para os níveis de desempenho do projeto de norma de desempenho para edifícios habitacionais até cinco pavimentos (ABNT, 2004)

Nível de Desempenho	Dia Típico de Verão	Dia Típico de Inverno
Nível de Desempenho	Limites Máximos de Temperatura do ar	Limites Mínimos de Temperatura do ar
Mínimo	Valor máximo diário da temperatura do ar interior é menor ou igual ao valor máximo diário da temperatura do ar (zonas 1 a 8)	Valor máximo diário da temperatura do ar interior é maior ou igual 12 °C, zonas 1 a 5, nas zonas 6, 7 e 8 não é exigido.
Intermediário	Valor máximo diário da temperatura do ar igual 29 °C, nas zonas 1 a 7, e igual a 28 °C na zona 8	Valor máximo diário da temperatura do ar interior é maior ou igual 15 °C, zonas 1 a 5, nas zonas 6, 7 e 8 não é exigido.
Superior	Valor máximo diário da temperatura do ar igual 27 °C, nas zonas 1 a 7, e igual a 26 °C na zona 8	Valor máximo diário da temperatura do ar interior é maior ou igual 17 °C, zonas 1 a 5, nas zonas 6, 7 e 8 não é exigido.

#### 4 RESULTADOS DA ANÁLISE PELO MÉTODO SIMPLIFICADO

Foram comparados os valores da transmitância e capacidade térmicas dos painéis monolíticos de concreto com os valores normalizados (**Tabelas 2 e 3**), conforme ilustrado na **Figura 1** (a) e (b). A capacidade térmica dos referidos painéis corresponde a 330 kJ/(m<sup>2</sup>.°C), estando este valor acima dos mínimos exigidos para todas as zonas bioclimáticas brasileiras, ou seja, 50 kJ/(m<sup>2</sup>.°C), para a zona 8 e 130 kJ/(m<sup>2</sup>.°C), para as zonas 1 a 7. Porém, a transmitância térmica dos painéis, correspondente a 3,7 W/(m<sup>2</sup>.°C), mostrou-se inadequada para as zonas 1 e 2 e para as zonas 3 a 8 com o uso de acabamento

externo em cores escuras (onde o valor máximo normalizado é 2,5 W/(m<sup>2</sup>.°C)), sendo adequada a estas últimas apenas quando utilizadas cores claras nas superfícies externas dos painéis (onde o valor máximo normalizado é 3,7 W/(m<sup>2</sup>.°C), idêntico ao apresentado pelo painel).



**Figura 1** – Capacidade Térmica (a) e Transmitância Térmica (b) dos painéis em relação aos valores limites normalizados.

Os resultados mostraram que embora a capacidade térmica do painel seja adequada aos valores normalizados para todas as zonas bioclimáticas, o mesmo não ocorreu a respeito da sua transmitância térmica. Dessa forma, passou-se para uma análise mais aprofundada através do método detalhado onde foram realizadas simulações computacionais para a verificação do desempenho térmico potencial dos painéis quando aplicados a um edifício habitacional.

## 5 ANÁLISE PELO MÉTODO DETALHADO

A análise do desempenho térmico potencial de um edifício com a aplicação do Método Detalhado foi feita considerando o conceito de dia típico de projeto para os períodos de verão e inverno, conforme AKUTSU (1998). Além disso, foram definidos (as):

- O projeto arquitetônico padrão;
- O programa de simulação a ser utilizado, cujo algoritmo é capaz de modelar de forma adequada as trocas térmicas que ocorrem na edificação;
- Os dados das zonas bioclimáticas, considerando seu macro-clima;
- As propriedades térmicas de materiais e componentes dos elementos de vedação opacos e translúcidos;
- As condições de avaliação: características de ocupação, regime de sombreamento de aberturas e ventilação dos ambientes;

### 5.1.1 Projeto padrão

Para a definição do projeto padrão, realizou-se um estudo comparativo entre plantas de apartamentos voltados à classe média na cidade de São Paulo. A escolhida como modelo para as simulações está apresentada na **Figura 2**.

O projeto padrão (apartamento) está inserido em pavimento tipo de edifício residencial com cinco andares. Os apartamentos são dispostos dois a dois segundo tipologia 'H', com circulação vertical no centro. Sua estrutura é composta por lajes, pilares e vigas em concreto armado com fechamento externo em painéis monolíticos pré-fabricados de concreto e elementos internos de separação em painéis de gesso acartonado.

A planta do apartamento foi simulada em pavimento intermediário, sem influências térmicas advindas da cobertura do edifício, evidenciando assim o desempenho térmico dos painéis objeto deste trabalho. Também foram consideradas as piores condições de exposição dos dias típicos de verão e inverno, ou seja, com aberturas dos dormitórios orientadas a oeste no verão e a sul no inverno.

Destaca-se que o apartamento foi simulado como um todo, considerando suas interfaces com outros apartamentos e áreas comuns de circulação, porém, foram avaliados apenas os dados térmicos referentes aos dormitórios por serem ambientes de longa permanência. Apesar da sala também ser considerada local de longa permanência, em virtude de sua geometria (ver **Figura 2**), a área da fachada com fechamento externo empregando-se o painel estudado é desprezível, desse modo, os dados obtidos com base neste recinto, não foram estudados.



**Figura 2** - Planta decorada do apartamento padrão utilizada nas simulações pelo Método Detalhado e esquema da planta tipo - s/ escala. Fonte: Autor: Arq. Alberto Merheje Jr.

### 5.1.2 Programa de simulação: EnergyPlus

Quanto ao programa de simulação, utilizou-se o *EnergyPlus*, desenvolvido pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos, cujo algoritmo foi avaliado conforme expresso na Norma ASHRAE 140 (ASHRAE, 2004b) e, posteriormente, testado para tipologias construtivas e condições climáticas brasileiras, tendo sua eficiência comprovada por pesquisadores do IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

### 5.1.3 Dados de entrada

As simulações foram realizadas no dia típico de verão, em seis zonas bioclimáticas com dados disponíveis, pois, embora a norma de referência cite oito zonas bioclimáticas (ABNT, 2004), há dados de apenas seis delas (zonas 1, 3, 4, 6, 7 e 8). No dia típico de inverno, conforme ABNT (2004), não há necessidade de efetuar simulações nas zonas 6, 7 e 8, assim, foram contempladas apenas as zonas 1, 3 e 4.

Foram consideradas também alterações no projeto padrão, ou seja, variáveis de projeto arquitetônico referentes à proteção das janelas, tamanho das aberturas, taxa de ventilação e cores dos acabamentos externos dos painéis. Na **Tabela 5** tem-se um exemplo da estrutura usada para analisar os resultados obtidos em cada zona bioclimática.

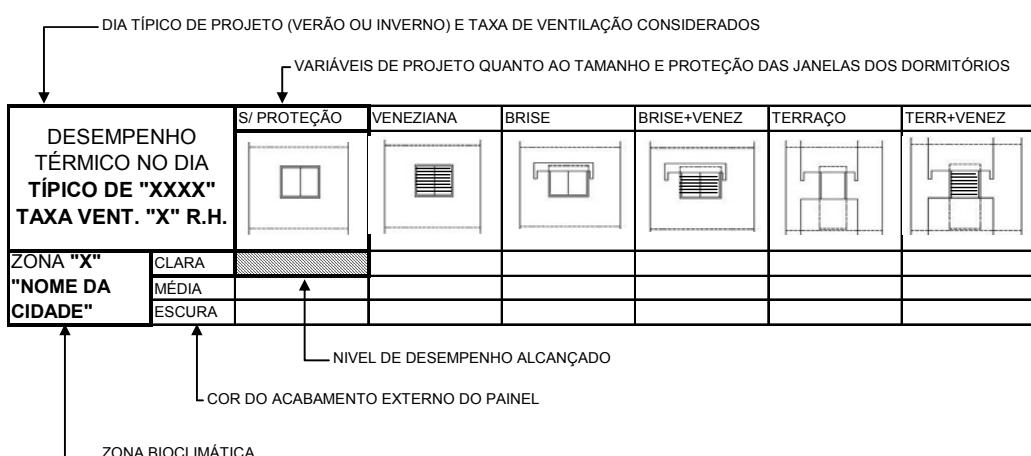
As características arquitetônicas simuladas no projeto padrão e suas variações são:

- Aberturas: janelas sem proteção (condição padrão); protegidas por brises; por venezianas e substituição das janelas por portas de vidro voltadas a terraços;
- Tamanho das janelas: referindo-se à relação da área da janela com a área do piso existente no dormitório do projeto simulado, 12% correspondem à condição do projeto padrão. Além disso, há os valores normalizados (ABNT, 2004) estabelecidos para aberturas destinadas à ventilação em cada zona bioclimática, sendo: 8% da área do piso do dormitório referentes ao tamanho

normalizado para aberturas nas zonas bioclimáticas de 1 a 6, 5% para a zona 7 e 15% para a zona 8;

- Cores: os painéis foram simulados com acabamento externo nas cores clara, média e escura, com absorções, respectivamente de 0.3, 0.5 e 0.7 (ABNT, 2004);
- Fontes internas de calor: nas zonas 1 e 3, Curitiba e São Paulo, respectivamente, no dia típico de inverno, foram aplicadas fontes internas de geração de calor de 1000W. Embora esta exigência fosse restrita à zona 1 de acordo com a normalização (ABNT, 2004), durante o andamento das simulações, se descobriu que na zona 3 não seria possível alcançar nem mesmo o critério mínimo sem fonte interna de calor, indicando assim a necessidade de utilizar o mesmo critério para esta zona.

**Tabela 5** – Esquema de apresentação dos resultados das simulações de acordo com variáveis de projeto simuladas.



## 6 RESULTADOS DA ANÁLISE PELO MÉTODO DETALHADO

Os itens 6.1 e 6.2 descrevem os resultados obtidos e os níveis de desempenho térmico correspondentes, na aplicação do Método Detalhado (ABNT, 2004), através de simulações computacionais com o programa *Energyplus* realizadas para os dias típicos de verão e inverno.

### 6.1 Dia Típico de Verão

Sobre o **desempenho térmico** dos painéis no dia típico de verão, (**Tabelas 6 e 7**) com o uso de cores claras e médias atingiu-se, pelo menos, o nível de desempenho mínimo, de acordo com a referência normativa utilizada em todas as zonas bioclimáticas, exceto na zona 8, Salvador. Os resultados são melhores com proteção das janelas e aumento da taxa de ventilação de uma para cinco renovações por hora. Na zona bioclimática 4, Brasília, obtiveram-se os melhores resultados.

### 6.2 Dia Típico de Inverno

Sobre o **desempenho térmico** dos painéis no dia típico de inverno (**Tabela 8**), todas as simulações realizadas para a zona 1, Curitiba, enquadram-se no critério mínimo quando simuladas com fonte interna de calor de 1000W. Na zona 3, São Paulo, todas as simulações indicaram o atendimento do critério superior com o uso de fonte interna de calor de 1000W. Na zona 4, Brasília, todas as simulações enquadram-se no nível mínimo.

**Tabela 6 – Resultados: Desempenho Térmico – Verão – Taxa de Ventilação 1 R.H.**

DESEMPENHO TÉRMICO NO DIA TÍPICO DE VERÃO TAXA VENT. 1 R.H.		S/ PROTEÇÃO	VENEZIANA	BRISE	BRISE+VENEZ	TERRAÇO	TERR+VENEZ
ZONA 1 CURITIBA	CLARA						
ZONA 3 SÃO PAULO	MÉDIA						
	ESCURA	X	X	X	X	X	X
	CLARA						
ZONA 4 BRASÍLIA	MÉDIA						
	ESCURA	X	X	X	X	X	X
	CLARA						
ZONA 6 CAMPO GRANDE	CLARA						
ZONA 7 CUIABÁ	MÉDIA						
	ESCURA	X	X	X	X	X	X
	CLARA						
ZONA 8 SALVADOR	MÉDIA	X	X	X	X	X	X
	ESCURA	X	X	X	X	X	X

**LEGENDA**

- CRITÉRIO SUPERIOR
- CRITÉRIO INTERM.
- CRITÉRIO MÍNIMO
- X NÃO ATENDE

**Tabela 7 - Resultados: Desempenho Térmico – Verão – Taxa de Ventilação 5 R.H.**

DESEMPENHO TÉRMICO NO DIA TÍPICO DE VERÃO TAXA VENT. 5 R.H.		S/ PROTEÇÃO	VENEZIANA	BRISE	BRISE+VENEZ	TERRAÇO	TERR+VENEZ
ZONA 1 CURITIBA	CLARA						
MÉDIA							
ESCURA	X	X	X	X	X	X	
ZONA 3 SÃO PAULO	CLARA						
	MÉDIA						
	ESCURA						
ZONA 4 BRASÍLIA	CLARA						
	MÉDIA						
	ESCURA						
ZONA 6 CAMPO GRANDE	CLARA						
ZONA 7 CUIABÁ	MÉDIA						
	ESCURA						
ZONA 8 SALVADOR	CLARA						
	MÉDIA	X	X	X	X	X	X
	ESCURA	X	X	X	X	X	X

**LEGENDA**

- CRITÉRIO SUPERIOR
- CRITÉRIO INTERM.
- CRITÉRIO MÍNIMO
- X NÃO ATENDE

**Tabela 8 - Resultados: Desempenho Térmico – Inverno – Taxa de Ventilação 1 R.H.**

DESEMPENHO TÉRMICO NO DIA TÍPICO DE INVERNO TAXA VENT. 1 R.H.		(ABNT, 2004) - C/ fonte int. 1000W Z1 e Z3		(ABNT, 2008) - S/ fonte int. 1000W Z1 e Z3			
		S/ PROTEÇÃO	BRISE	TERRAÇO	S/ PROTEÇÃO	BRISE	TERRAÇO
ZONA 1 CURITIBA	CLARA						
	MÉDIA						
	ESCURA						
ZONA 3 SÃO PAULO	CLARA			X			
	MÉDIA			X			
	ESCURA			X			
ZONA 4 BRASÍLIA	CLARA						
	MÉDIA						
	ESCURA						

**LEGENDA**

- CRITÉRIO SUPERIOR
- CRITÉRIO INTERM.
- CRITÉRIO MÍNIMO
- X NÃO ATENDE

## 7 CONCLUSÕES

Constatou-se que o desempenho térmico dos painéis em questão não atende às exigências de desempenho térmico mínimo tanto quando avaliado pelo método simplificado, como quando avaliado pelo método detalhado, para algumas condições simuladas, caracterizadas, principalmente, pelas situações em que não há maiores cuidados de projeto arquitetônico com elementos que contribuam para a melhoria do desempenho térmico. Esse comportamento é evidenciado nas regiões de maior rigor climático, tanto de frio como de calor.

As análises realizadas pelo Método Simplificado apontaram alta transmitância e alta capacidade térmica do painel, indicando que este provavelmente teria melhor desempenho em regiões com maior amplitude térmica diária devido à sua massa. Os resultados obtidos através do Método Detalhado confirmaram que a inércia térmica do painel, proporcionou melhores resultados em locais onde há maior amplitude térmica.

O uso de soluções de projeto que proporcionam a redução do ganho térmico solar nos ambientes, representado pela combinação de cores claras com o sombreamento das áreas envidraçadas, seja por meio de elementos simples, como venezianas, ou pela adoção de sistemas mais complexos como terraços. Tais soluções contribuem para melhorar, significativamente o desempenho térmico obtido **no dia típico de verão**, propiciando atingir o nível mínimo em todas as regiões climáticas. Nessa condição, chega a se obter desempenho térmico nível “intermediário” nas zonas climáticas 1 e 3 e nível “superior” na zona 4 (**ver tabelas 6 e 7**). Esses resultados são válidos considerando os critérios apresentados tanto no projeto de norma de 2004 (ABNT, 2004), como na versão definitiva do texto de 2008 (ABNT, 2008).

Considerando os critérios apresentados na versão de 2004 do projeto de norma (ABNT, 2004), verifica-se que **no dia típico de inverno**, os resultados das simulações indicaram que os painéis são adequados sob o aspecto de desempenho térmico sem o uso de fontes de calor internas apenas para a zona 4, Brasília. Na zona 3, São Paulo, e zona 1, Curitiba, os painéis são inadequados, exceto se houver utilização de fonte interna de aquecimento com potência de 1000W. É interessante ressaltar que as variáveis de projeto não tiveram impacto considerável nos resultados com a mesma ênfase que ocorreu no dia típico de verão (**ver Tabela 8**). Analisando-se os dados a partir da versão definitiva do texto de 2008 (ABNT, 2008), há alteração no nível de desempenho alcançado. Nesta versão da norma, o nível mínimo de desempenho térmico exige que a temperatura interior em recintos de longa permanência seja maior ou igual à temperatura mínima exterior acrescida de 3º C. Com base nesta determinação, nas três zonas bioclimáticas consideradas (1, 3 e 4), é atingido o nível de desempenho mínimo, sem a utilização de fontes internas de calor nos ambientes (**ver Tabela 8**).

Constatou-se que a última versão da norma enfoca mais o desempenho térmico da edificação que a versão de 2004, onde, de maneira implícita era abordado também o conforto do usuário através dos valores de referência de temperatura do ar para os níveis de desempenho “intermediário” e “superior”, no dia típico de verão e nos três níveis de desempenho do dia típico de inverno. A versão de 2008 volta-se exclusivamente ao desempenho térmico do edifício, através da determinação de níveis de desempenho com base na relação entre os valores da temperatura do ar no interior e no exterior.

Destaca-se que a aprovação de um componente construtivo nos critérios mínimos normalizados de desempenho térmico não assegura, necessariamente, o conforto do usuário. Eles, apenas, garantem que não sejam construídos edifícios com desempenho tal que possa causar uma forte sensação de desconforto térmico. Eles permitem, ainda, realizar análises comparativas e identificar a solução mais adequada para um determinado local. Assim, para se avaliar adequadamente as condições de conforto do usuário, é necessário utilizar métodos e procedimentos mais detalhados como os apresentados nas normas ASHRAE 55 (ASHRAE, 2004a) e ISO 7730 (ISO, 2005).

## 8 REFERÊNCIAS

AKUTSU, Maria. Método **para avaliação do desempenho térmico de edificações no Brasil**. 1998. 156f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

**ASHRAE - AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. Thermal environmental conditions for humam occupancy.** (ASHRAE 55-04) Atlanta, 2004a.

**ASHRAE Standard - Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs.** (ASHRAE 104-04) Atlanta, 2004b.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. Desempenho de Edifícios Habitacionais até Cinco pavimentos.**

Parte 1: Requisitos gerais NBR Proj. 02.136.01.001. Julho, 2004. 53p.

Parte 4: Fachadas e paredes internas NBR Proj. 02.136.01.004. Julho, 2004. 38p.

Parte 5: Coberturas NBR Proj. 02.136.01.007. Julho, 2004. 48p.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. Desempenho de Edifícios Habitacionais até Cinco pavimentos – Desempenho.**

**Parte 1: Requisitos Gerais.** 52p. (ABNT NBR-15575-1). Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2008.

**Parte 4: Sistemas de vedações verticais externas e internas.** 51p. (ABNT NBR-15575-4). Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2008.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.** 39p. (ABNT NBR-15220-3). Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005.

**BRITO, Adriana Camargo de. Recomendações para projetos habitacionais com pré-fabricados leves de concreto visando otimização do desempenho térmico.** São Paulo, 2007. 246p. Dissertação (Mestrado em Habitação: Planejamento e Tecnologia) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Área de concentração: Tecnologia em Construção de Edifícios.

**ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD indices and Specification of the conditions for thermal comfort.** (ISO 7730 - 2005). 2005.