



**RORIZ ENGENHARIA BIOCLIMÁTICA**  
Consultoria em Conforto Ambiental e Eficiência Energética de Edificações

---

## NÍVEIS DE DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS COM PAREDES EM CONCRETO.

ESTUDO ELABORADO PARA A ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND



Responsáveis pelo estudo:

Maurício Roriz

Arquiteto, Mestre e Doutor em Arquitetura pela Universidade de São Paulo  
Currículo Plataforma Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6355579765506588>

Victor Figueiredo Roriz

Engenheiro Mecânico pela Universidade Federal de Uberlândia  
Mestre em Construção Civil pela Universidade Federal de São Carlos  
Doutorando em Construção Civil pela Universidade Estadual de Campinas  
Currículo Plataforma Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8060461016711300>

---

São Carlos, Março de 2010

**SUMÁRIO**

<b>Conteúdo</b>	<b>Pg.</b>
1. INTRODUÇÃO	1
2. ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO DO BRASIL E CLIMAS TÍPICOS	2
3. OS PROJETOS DAS EDIFICAÇÕES	7
3.1 Casa térrea unifamiliar	7
3.2 Edifício de até 5 pavimentos	8
4. PROCEDIMENTOS E CRITÉRIOS ADOTADOS NAS AVALIAÇÕES	9
5. RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES	13
5.1 Casa térrea unifamiliar	13
5.2 Edifício de até 5 pavimentos	21
6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	29
7. APLICAÇÃO EM EDIFÍCIOS COM MAIS DE 5 PAVIMENTOS	32
8. PARECER CONCLUSIVO	33
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

## 1. INTRODUÇÃO

Este documento, elaborado por iniciativa da ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland, apresenta os níveis de desempenho térmico, calculados por simulação computacional, dos ambientes de duas tipologias de edificações habitacionais. O presente relatório técnico substitui o emitido sobre estas mesmas tipologias em outubro de 2009.

Nos últimos anos, o setor da construção civil no Brasil vem apresentando notáveis avanços na busca de índices superiores de eficiência e qualidade, tanto nos processos quanto nos produtos. Nesse marco, particularmente no sub-setor de edificações, inúmeras empresas procuram modernizar seu repertório tecnológico, de modo a melhor responder à histórica demanda brasileira por habitações, agora conjugada à crescente competitividade do mercado e aos progressivos níveis de exigências do consumidor. Entre estas novas tecnologias, destacam-se alguns sistemas construtivos com paredes em concreto, principalmente por sua alta produtividade, capaz de reduzir significativamente os prazos e, por consequência, os custos tradicionalmente observados no país, além de se beneficiarem da aplicação de procedimentos já consagrados e consolidados de controle da qualidade desse material.

No entanto, como ocorre em qualquer setor da produção, é desejável que a introdução de inovações tecnológicas seja sempre acompanhada por avaliações que indiquem a sua adequação às condições específicas do lugar. Nesse contexto se insere o estudo aqui apresentado, elaborado sobre bases estritamente científicas e cujo objetivo principal é identificar requisitos construtivos que assegurem níveis satisfatórios de conforto térmico em habitações com paredes em concreto.

## 2. ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO DO BRASIL E CLIMAS TÍPICOS

A NBR 15220 (ABNT 2005) dividiu o território brasileiro em oito Zonas Bioclimáticas, que agrupam os municípios que apresentam climas com características semelhantes, conforme a Figura 1.

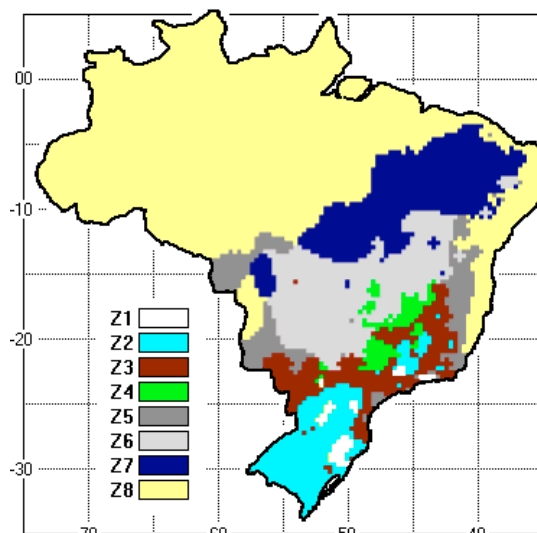


Figura 1: Zoneamento Bioclimático Brasileiro (NBR 15220-3, ABNT 2005)

A Tabela 1 relaciona as cidades adotadas para representar os climas típicos de cada uma das zonas. As características destes climas são indicadas nas Figuras 2 a 9, cujas temperaturas e umidades do ar foram retiradas das Normais Climatológicas do Brasil para o período 1961-1990 (BRASIL, 1992), sendo os valores horários dessas variáveis calculados conforme o método apresentado por Roriz (2008). As irradiâncias solares foram obtidas de diferentes fontes, principalmente da base SunData (CRESESB, 1999) e da base produzida pela University of East Anglia (New et al, 2002).

Tabela 1: Cidades que apresentam os climas típicos de cada zona

Zona	Climas típicos	UF	Latitude	Longitude	Altitude (m)
1	Curitiba	PR	-25.52	-49.18	934
2	Urussanga	SC	-28.52	-49.32	130
3	Uberaba	MG	-19.75	-47.92	743
4	Brasília	DF	-15.87	-47.92	1171
5	Araçatuba	SP	-21.2	-50.43	400
6	Campo Grande	MS	-20.47	-54.67	532
7	Petrolina	PE	-9.35	-40.55	376
8	Belém	PA	-1.38	-48.48	10

Nas Cartas Psicrométricas das figuras 2 a 9, a mancha em cor cinza corresponde aos climas de diversas cidades de cada zona, enquanto as linhas em azul indicam temperaturas e umidades típicas de cada mês na cidade específica adotada para representar a zona.

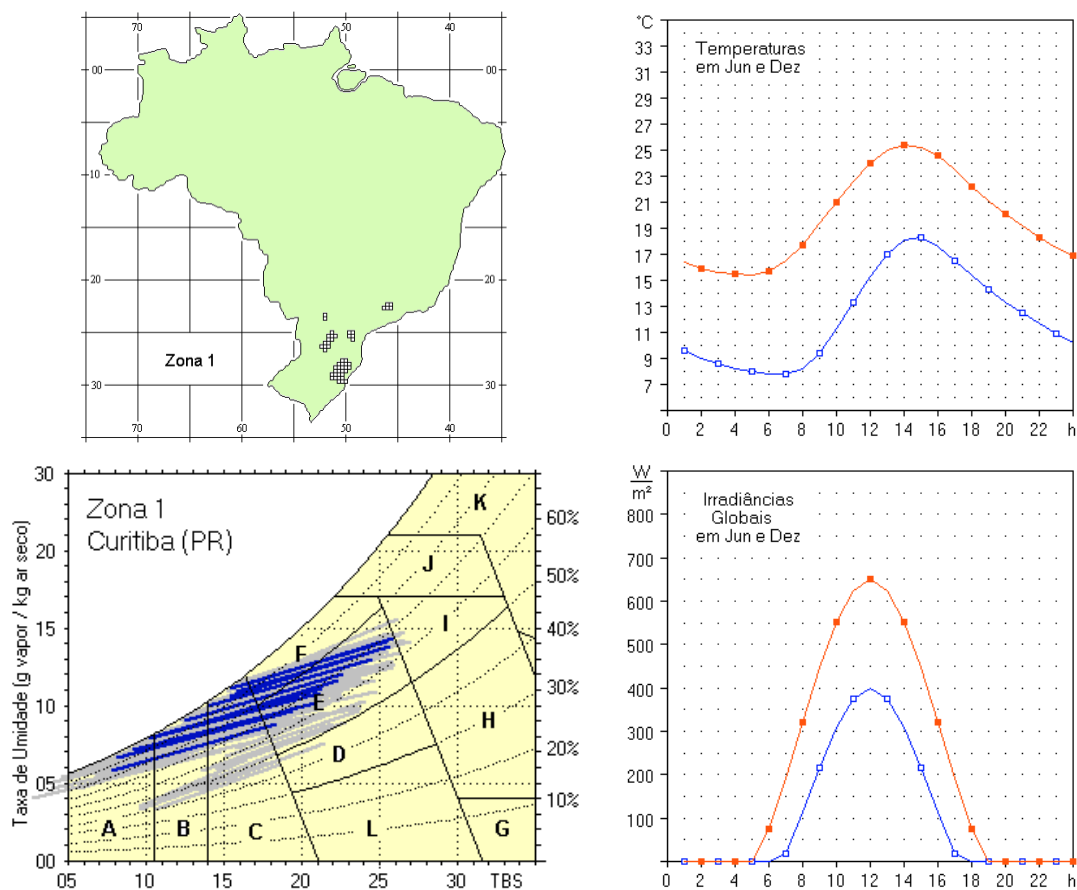


Figura 2: Clima típico de Curitiba (PR) - Zona Bioclimática 1

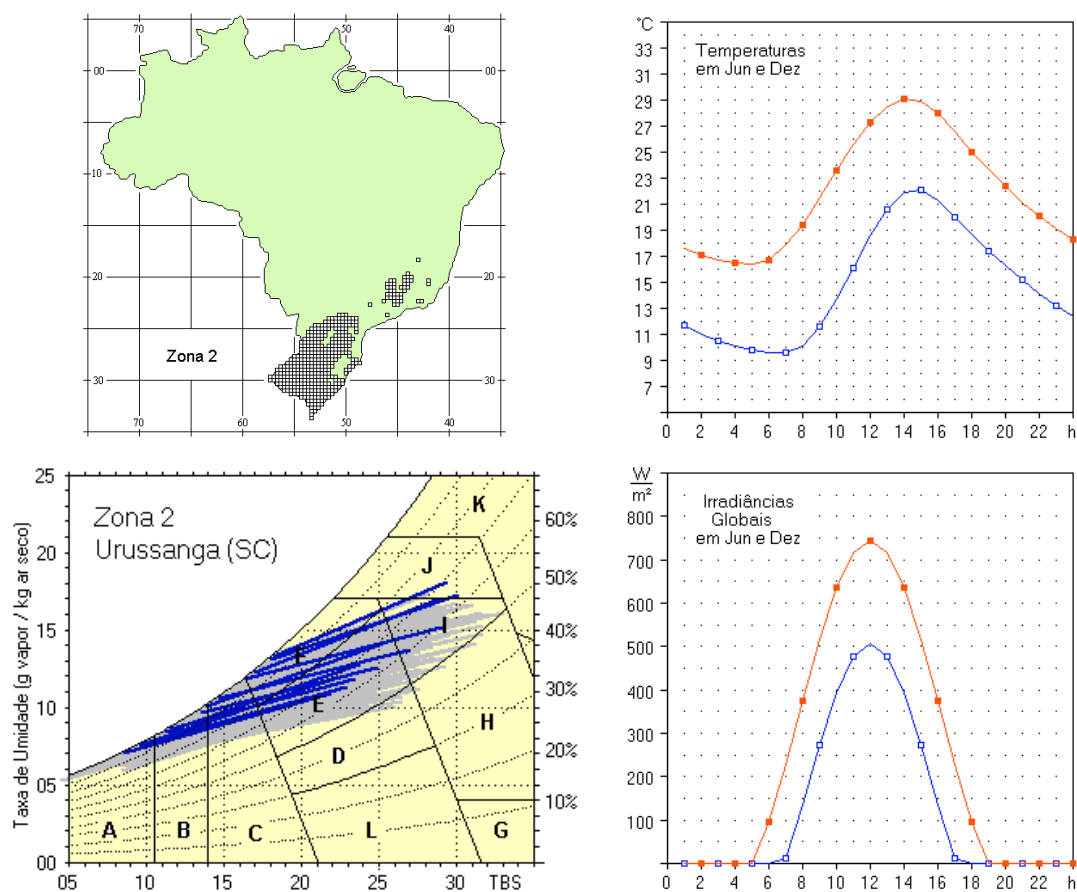


Figura 3: Clima típico de Urussanga (SC) - Zona Bioclimática 2

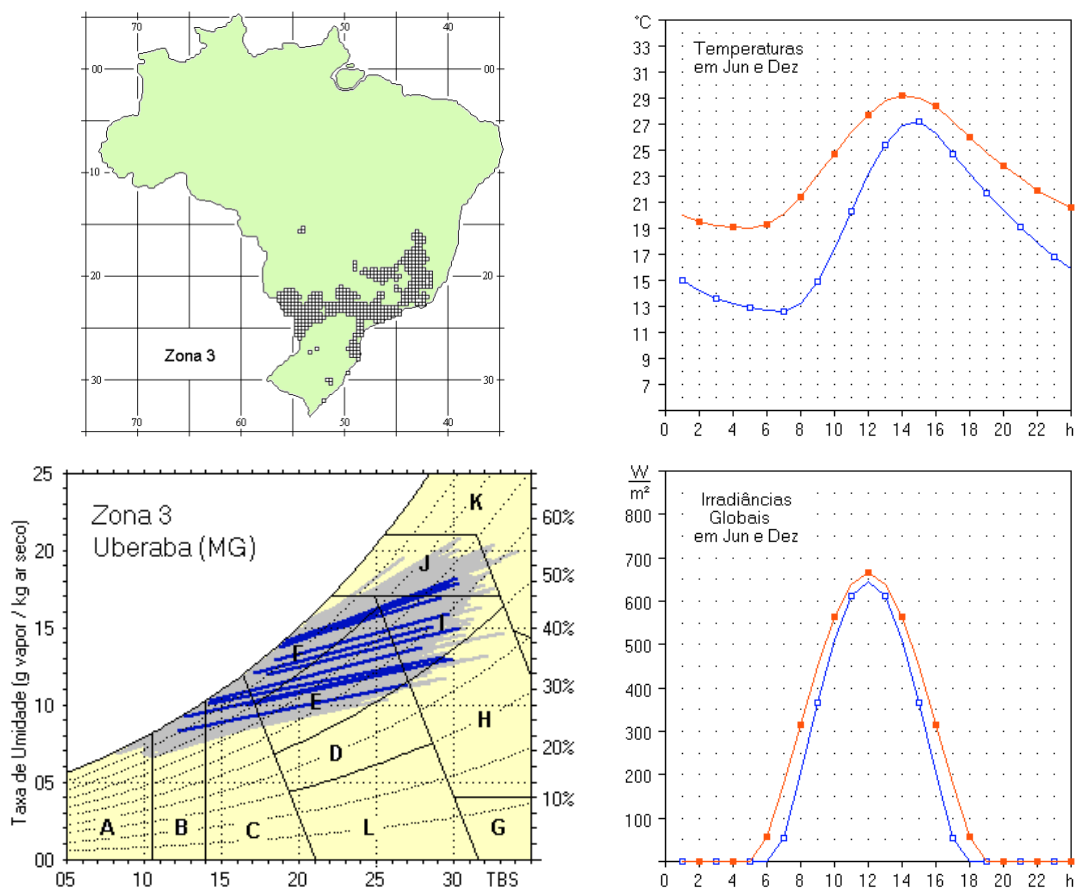


Figura 4: Clima típico de Uberaba (MG) - Zona Bioclimática 3

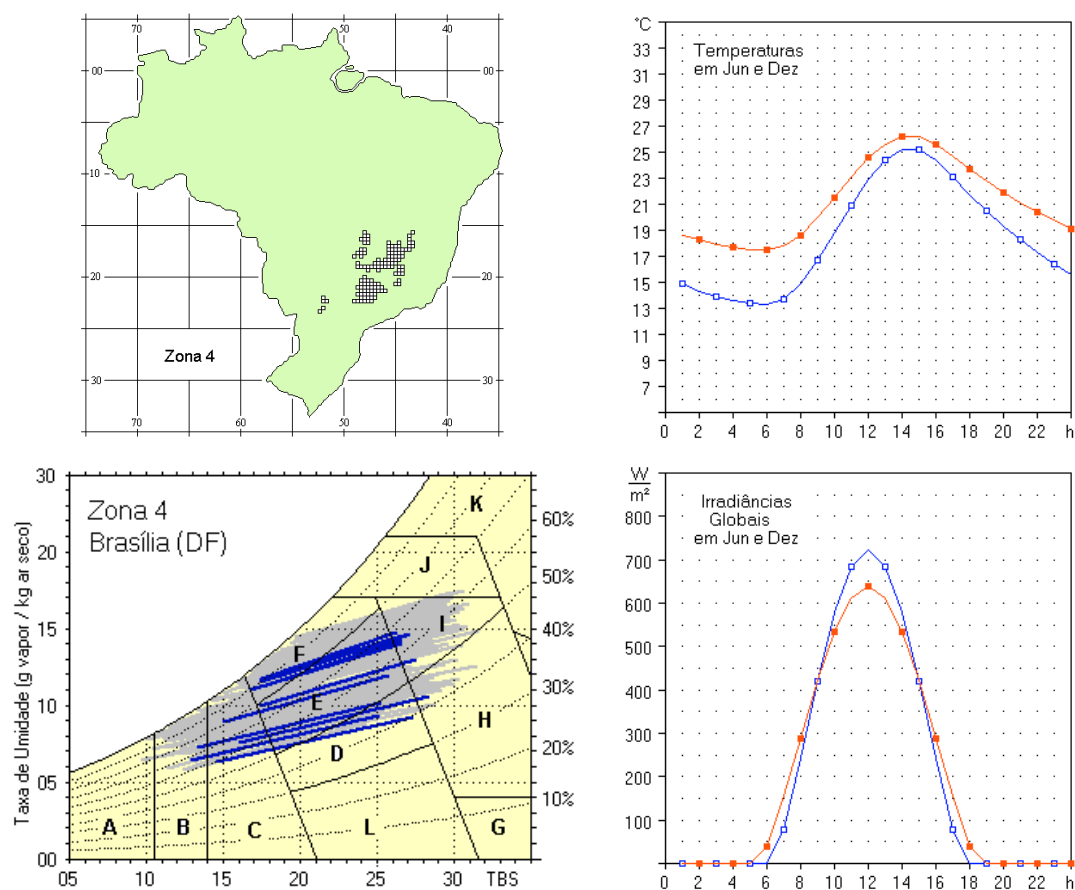


Figura 5: Clima típico de Brasília (DF) - Zona Bioclimática 4

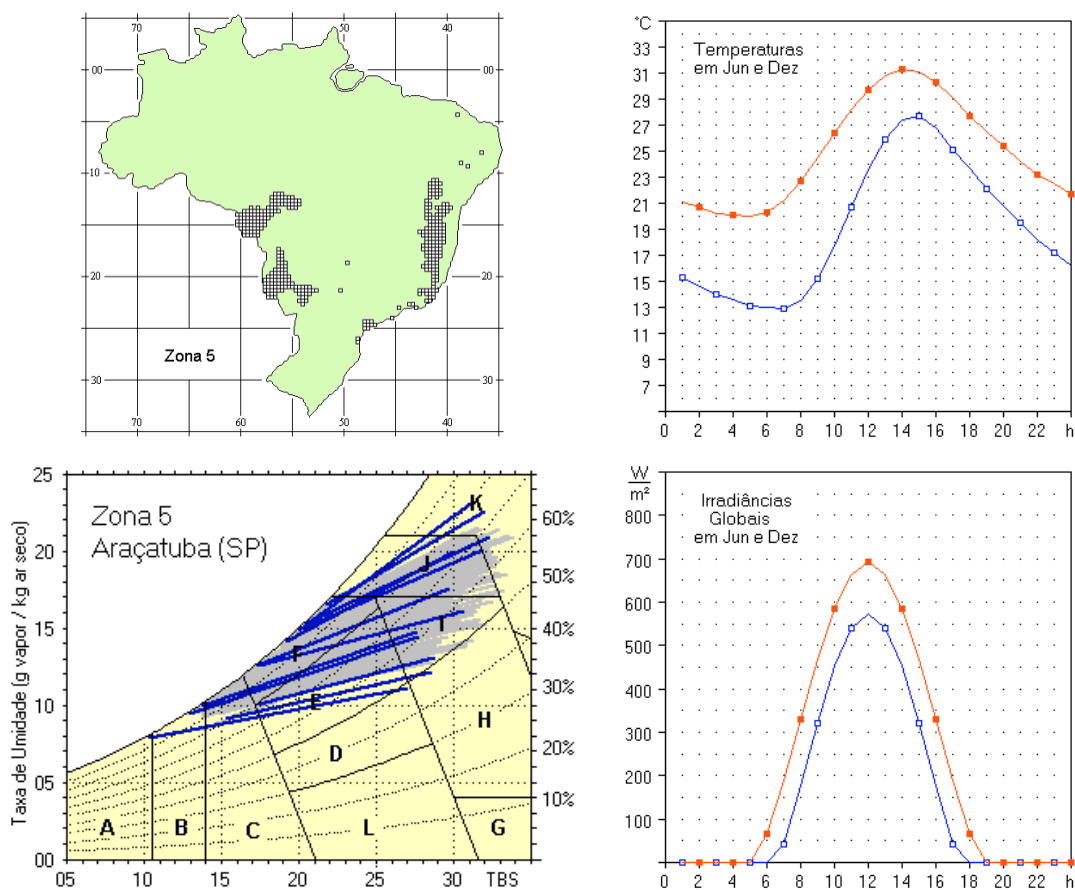


Figura 6: Clima típico de Araçatuba (SP) - Zona Bioclimática 5

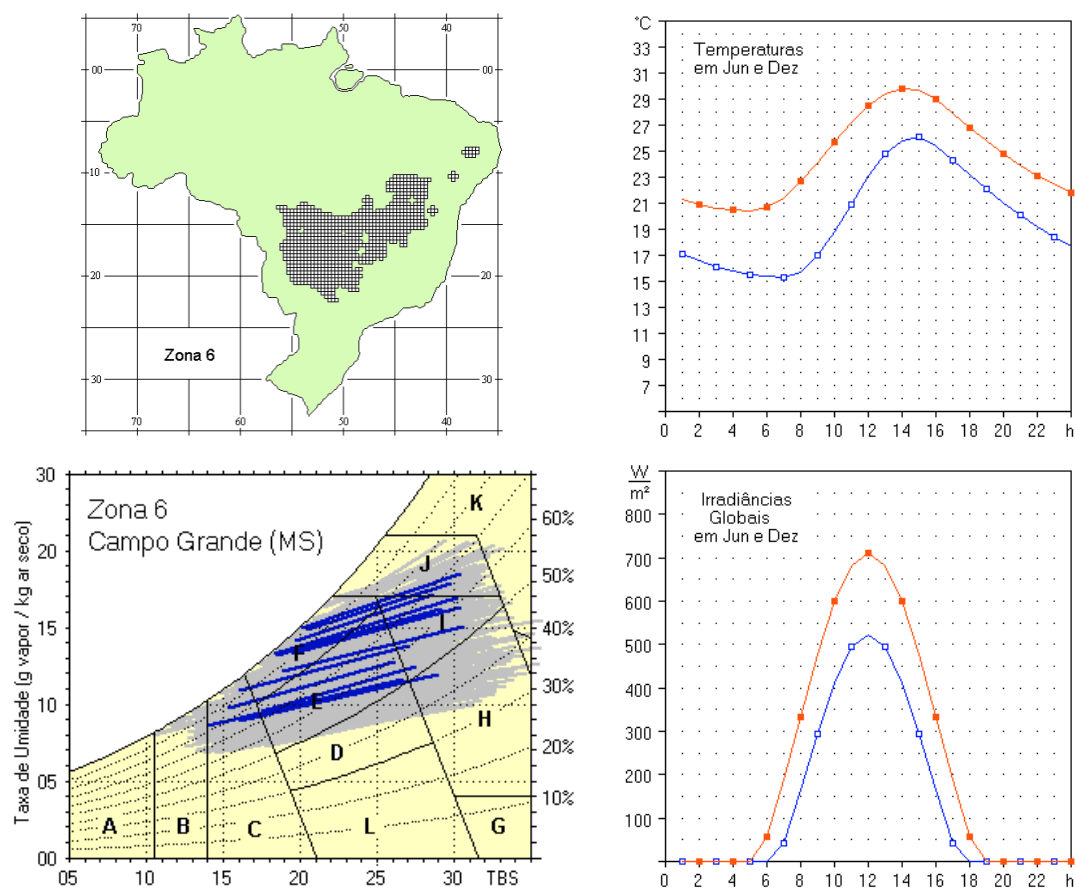


Figura 7: Clima típico de Campo Grande (MS) - Zona Bioclimática 6

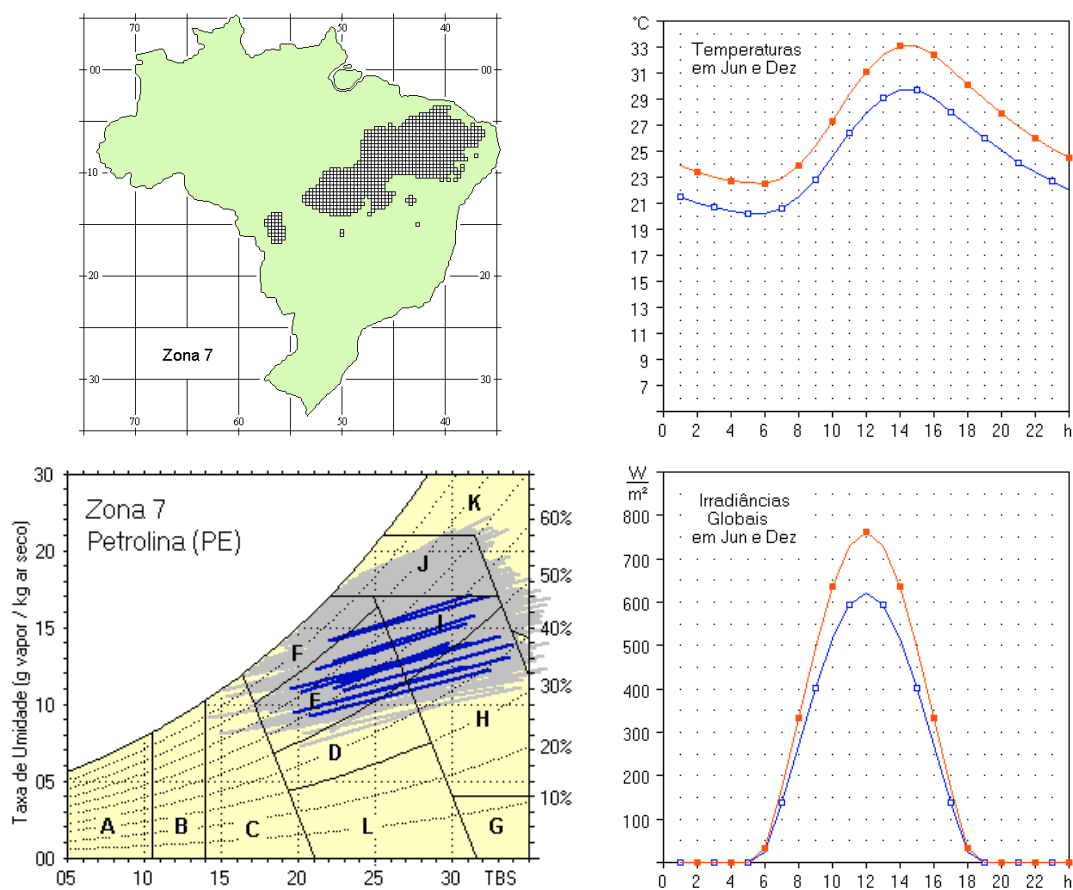


Figura 8: Clima típico de Petrolina (PE) - Zona Bioclimática 7

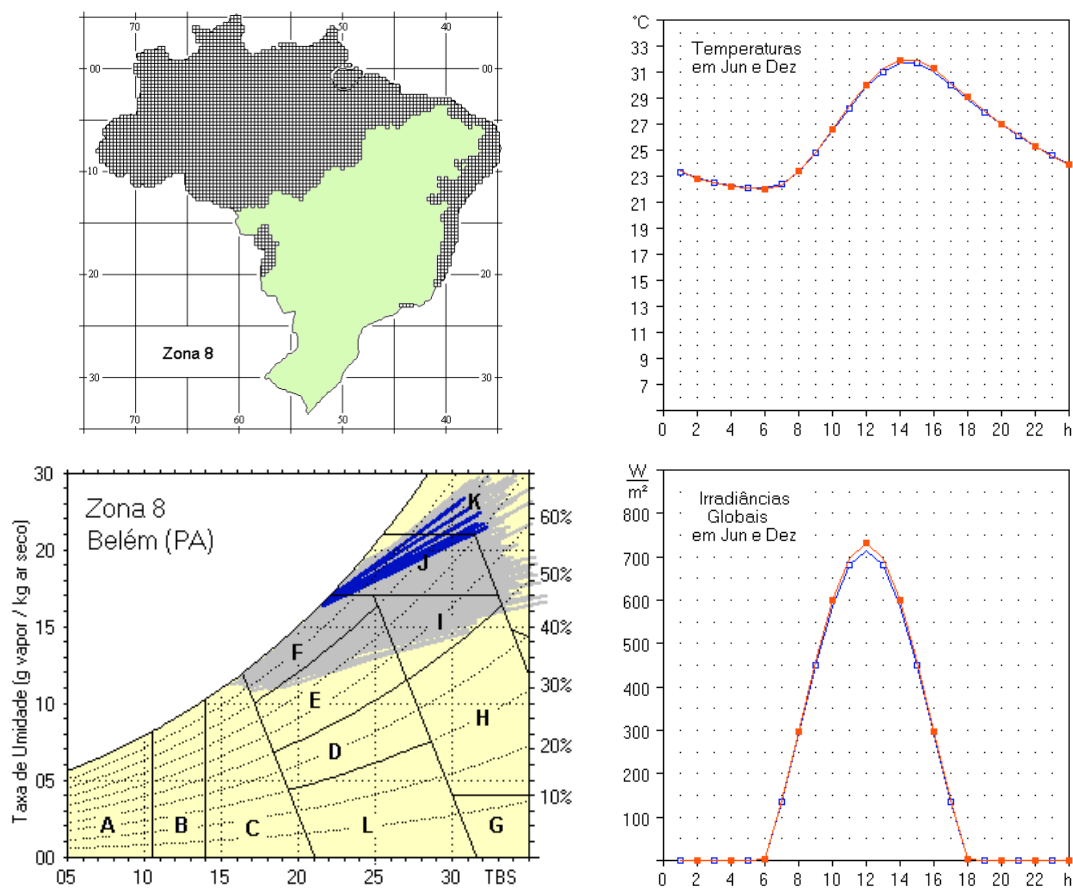


Figura 9: Clima típico de Belém (PA) - Zona Bioclimática 8



### 3. OS PROJETOS DAS EDIFICAÇÕES

Os projetos avaliados correspondem a duas tipologias habitacionais, uma casa térrea unifamiliar e um edifício, cujas características construtivas são resumidas a seguir.

#### 3.1 Casa Térrea Unifamiliar

Planta e fachada da habitação térrea são mostradas na figura 10. Paredes internas e externas são construídas em concreto, com espessura de 0.1m e densidade de  $2400 \text{ kg/m}^3$ . Para a cobertura, foram avaliados três tipos de telha, todas sobre ático e laje de concreto (mesma espessura e densidade das paredes): telhas cerâmicas (espessura de 12mm e densidade de  $1700 \text{ kg/m}^3$ ), telhas de fibrocimento (espessura de 6.0mm e densidade de  $1700 \text{ kg/m}^3$ ) e telhas de concreto (espessura de 11mm e densidade de  $1800 \text{ kg/m}^3$ ).

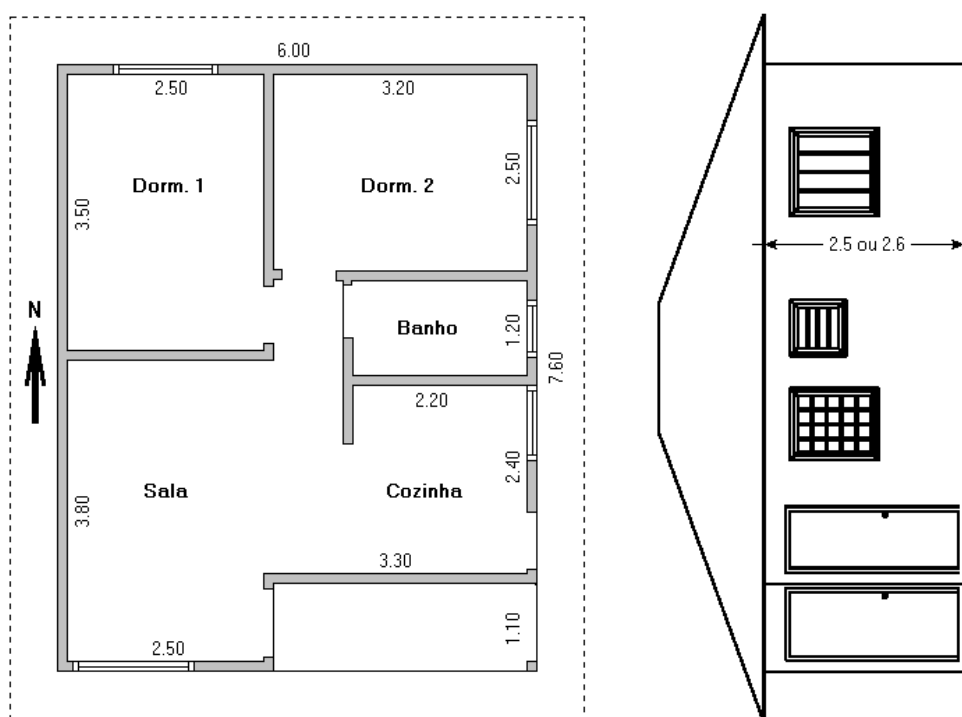


Figura 10: Projeto Padrão de Habitação Térrea Unifamiliar - Planta e Fachada Lateral

Tabela 2: Especificação das esquadrias

Ambiente	Dimensões (m)	Tipo
Sala	1.40 x 1.00	2 folhas de correr
Dormitórios	1.20 x 1.00	(veneziana) 2 folhas de correr
Cozinha	0.80 x 1.00	Basculante
Banheiro	0.60 x 0.60	Basculante

### 3.2 Edifício Habitacional de até 5 Pavimentos

O edifício tem 5 pavimentos (térreo + 4), com paredes em concreto (espessura de 0.1m e densidade de  $2400 \text{ kg/m}^3$ ). Assim como para a casa térrea, também nesse caso considerou-se a cobertura com telhas de fibrocimento, cerâmica ou concreto, sempre sobre ático e laje de concreto (espessura de 0.1m e densidade de  $2400 \text{ kg/m}^3$ ). Cada pavimento tem 4 apartamentos, conforme a planta da Figura 11.

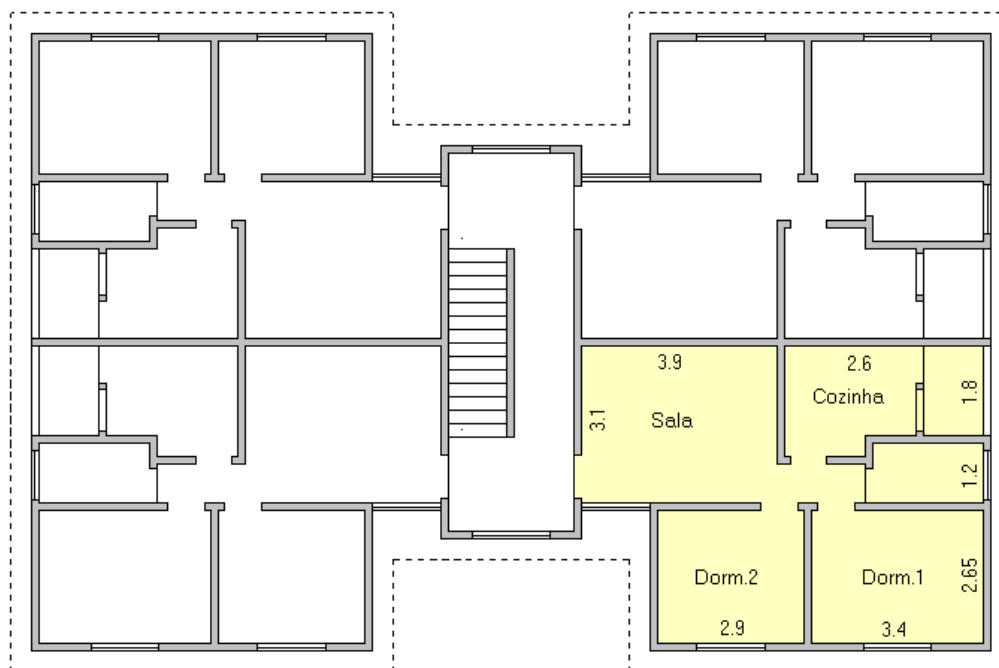


Figura 11: Planta esquemática do pavimento tipo do edifício.

Tabela 3: Especificação das esquadrias

Ambiente	Dimensões (m)	Tipo
Sala	1.20 x 1.00	2 folhas de correr
Dormitórios	1.20 x 1.00	(veneziana) 2 folhas de correr
Cozinha	0.80 x 0.80	Basculante
Banheiro	0.80 x 0.80	Basculante

#### 4. PROCEDIMENTOS E CRITÉRIOS ADOTADOS NA AVALIAÇÃO

Primeiramente, foram elaborados modelos digitais das edificações, sendo estes modelos submetidos a simulações com a versão mais recente do programa EnergyPlus (DOE, 2008), desenvolvido pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos como uma ferramenta extremamente precisa e sofisticada para simulações do desempenho térmico e da eficiência energética de edificações.

Para avaliar os níveis de desempenho térmico apresentados pelas edificações, adotou-se os seguintes critérios, sugeridos nos Anexos A e E da NBR 15575 (ABNT, 2008) :

1. Para as zonas bioclimáticas 1 a 5, a avaliação deve ser feita para os dias climáticos típicos de verão e de inverno. Para as zonas restantes é dispensada a avaliação de inverno.
2. Para conjuntos habitacionais ou edifícios multipiso, selecionar unidades habitacionais representativas conforme estabelecido a seguir:
  - a) conjunto habitacional de edificações térreas: selecionar uma unidade habitacional com o maior número de paredes expostas.
  - b) edifício multipiso: selecionar uma unidade do último andar, com cobertura exposta.
3. Simular todos os recintos da unidade habitacional, considerando as trocas térmicas entre os seus ambientes e avaliar os resultados dos recintos dormitórios e salas.
- 4) Na entrada de dados, considerar que os recintos adjacentes, de outras unidades habitacionais, separados, portanto, por paredes de geminação ou entrepisos, apresentam a mesma condição térmica do ambiente que está sendo simulado.
- 5) Orientações das unidades habitacionais: a unidade habitacional escolhida para a simulação deve ser tal que haja pelo menos um dormitório ou sala com duas paredes expostas. As paredes expostas deste recinto devem ter, preferencialmente, orientação tal que:
  - a) verão: janela do dormitório ou sala voltada para oeste e outra parede exposta voltada para norte;
  - b) inverno: janela do dormitório ou sala de estar voltada para sul e outra parede exposta voltada para leste;
  - c) obstrução por elementos externos: considerar que as paredes expostas e as janelas estão desobstruídas (sem presença de edificações ou vegetação nas proximidades que modifiquem a incidência de sol e/ou vento).

A Figura 12 indica as orientações adotadas.

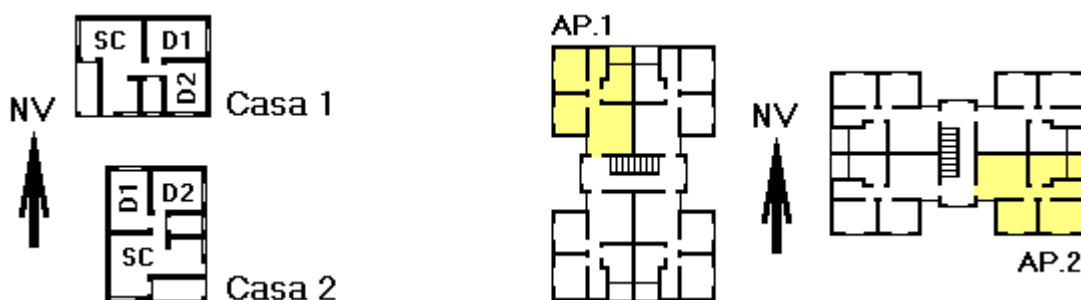


Figura 12: Orientações consideradas nas simulações

6) Adotar uma taxa de ventilação do ambiente de 1 ren/h e considerar a janela não sombreada, exceto se a edificação apresentar dispositivo de sombreamento externo que deve ser considerado na simulação.

7) A absorvância à radiação solar das superfícies expostas deve ser definida conforme a cor e as características das superfícies externas da cobertura e das paredes expostas, conforme orientações a seguir:

- a) cobertura: valor especificado no projeto, correspondente, portanto, ao material declarado para o telhado ou outro elemento utilizado que constitua a superfície exposta da cobertura;
- b) parede: assumir o valor da absorvância à radiação solar correspondente à cor definida no projeto.

8) O edifício que não atender aos critérios estabelecidos para o verão deve apresentar obrigatoriamente modificações no projeto para aumentar o sombreamento das janelas e/ou a taxa de ventilação dos ambientes e pode ser então avaliado considerando-se estas novas condições, limitadas a: ventilação do ambiente de, no máximo, 5 ren/h e janela sombreada com dispositivo capaz de cortar, no máximo, 50% da radiação total que entraria pela janela.

O Anexo E da NBR 15575 define os seguintes níveis de desempenho térmico:

Tabela E.1 - Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas 1 a 7	Zona 8
Insuficiente	$T_{i,max} > T_{e,max}$	$T_{i,max} > T_{e,max}$
Mínimo	$T_{i,max} \leq T_{e,max}$	$T_{i,max} \leq T_{e,max}$
Intermediário	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2^{\circ} C)$	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 1^{\circ} C)$
Superior	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 4^{\circ} C)$	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2^{\circ} C)$ e $T_{i,min} \leq (T_{e,min} + 1^{\circ} C)$

Tabela E.2 - Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de inverno

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas 1 a 5	Zonas 6, 7 e 8
Insuficiente	$T_{i,min} < (T_{e,min} + 3^{\circ} C)$	Nestas zonas, este critério não precisa ser verificado.
Mínimo	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 3^{\circ} C)$	
Intermediário	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 5^{\circ} C)$	
Superior	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 7^{\circ} C)$	

$T_{i,max}$  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.  
 As Zonas Bioclimáticas são estabelecidas pela NBR 15220-3 (ABNT, 2005).

Em relação à arquitetura e aos sistemas construtivos, foram adotadas as características básicas definidas nos projetos, com ligeiras alterações para algumas das zonas bioclimáticas (Tabelas 4 e 5).

Tabela 4: Características arquitetônicas e construtivas consideradas nas simulações da casa térrea

Parâmetro	Especificação
Dimensões	Conforme projeto: pé-direito de 2.5m ou 2.6m e planta indicada na Figura 10
Sistema Paredes	Conforme projeto: concreto com espessura de 0.1m e densidade de 2400 kg/m <sup>3</sup>
Sistema Cobertura (ver Obs. 1)	Conforme projeto: telhas de fibrocimento, cerâmica ou concreto, sobre ático e laje de concreto (espessura de 0.1m e densidade de 2400 kg/m <sup>3</sup> ).
Cores das paredes	Faces externas em tonalidades médias (absortância solar de 0.5), exceto para a zona 8, em que foram adotadas tonalidades claras (absortância solar de 0.3).
Cores das telhas	Faces externas em tonalidades médias (absortância solar de 0.6)
Aberturas	Conforme projeto (ver Tabela 2)

Tabela 5: Características arquitetônicas e construtivas consideradas nas simulações do edifício

Parâmetro	Especificação
Dimensões	Conforme projeto: pé-direito de 2.5m ou 2.6m e planta indicada na Figura 11
Sistema Paredes	Conforme projeto: concreto com espessura de 0.1m e densidade de 2400 kg/m <sup>3</sup>
Sistema Cobertura (ver Obs. 1)	Conforme projeto: telhas de fibrocimento, cerâmica ou concreto, sobre ático e laje de concreto (espessura de 0.1m e densidade de 2400 kg/m <sup>3</sup> ).
Cores das paredes	Faces externas em tonalidades médias (absortância solar de 0.5), exceto para a zona 8, em que foram adotadas tonalidades claras (absortância solar de 0.3).
Cores das telhas	Faces externas em tonalidades médias (absortância solar de 0.6)
Aberturas	Conforme projeto (ver Tabela 3)

## (1) Observações:

Conforme a NBR 15220-3 (ABNT, 2005), no caso de câmaras de ar horizontais, não ventiladas ou com baixa ventilação, cada uma produz uma resistência de 0.14 m<sup>2</sup>.K/W quando é delimitada por superfícies de alta emissividade (ático simples), ou de 0.27 m<sup>2</sup>.K/W, quando pelo menos uma dessas superfícies tem baixa emissividade (foil aluminizado).

Para as seguintes zonas bioclimáticas, considerou-se um incremento na resistência térmica do ático, dividindo-o em duas câmaras de ar, por meio de uma das seguintes medidas:

- a) Zonas 1 e 2: Uso de isolante térmico constituído por 15mm de poliuretano extrudado (condutividade de 0.03 W/m.K), ou outro material com mesma resistência térmica, entre as telhas e a laje de forro. Resistência total do ático = 0.14 + (0.015/0.03) + 0.14 = 0.78 m<sup>2</sup>.K/W.
- b) Zonas 3, 4 e 5: Instalação de manta (foil), com a face inferior aluminizada, entre as telhas e a laje de forro. Resistência total do ático = 0.14 + 0.27 = 0.41 m<sup>2</sup>.K/W.

Para proporcionar resultados mais realistas, as simulações consideraram ainda as cargas térmicas provocadas pela ocupação dos ambientes (pessoas, lâmpadas e equipamentos), adotando valores correspondentes à uma família brasileira típica da faixa de renda à qual se destinam os projetos:

A) Número de pessoas em atividade sedentária: 2 adultos e 2 crianças (cada adulto: 100W, cada criança: 60W)

hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Sala											1	2	1		1	2	3	4	4	4	4	4	3	2
Cozinha						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
Dormitórios	2	2	2	2	2	1	1																	1

B) Equipamentos na sala (Lâmpada: 100W, TV: 50W)

hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Lâmpada																		X	X	X	X	X	X	X
TV															X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

C) Equipamentos na cozinha (Lâmpada: 100W, Geladeira: 90W, Fogão: 60W)

hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Lâmpada						X	X										X	X						
Geladeira	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Fogão						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						

Foram avaliadas as seguintes alternativas construtivas:

A) Para a casa térrea:

- Paredes em concreto com densidade de 2000 kg/m<sup>3</sup> ou 2400 kg/m<sup>3</sup>. A densidade mais baixa proporciona temperaturas ligeiramente mais confortáveis, mas sem alterar as classificações dos níveis de desempenho.
- Ático com diferentes tipos de isolamento térmico;
- Pé-direito de 2.5m ou de 2.6m: os resultados não apresentaram diferença significativa.
- Telha em fibrocimento, cerâmica, ou de concreto: não houve diferença significativa.

B) Para o edifício:

- Ático com diferentes tipos de isolamento térmico;
- Pé-direito de 2.5m ou de 2.6m: os resultados não apresentaram diferença significativa.
- Telha em fibrocimento, cerâmica, ou de concreto: não houve diferença significativa.

## 5. RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES

### 5.1 Casa Térrea

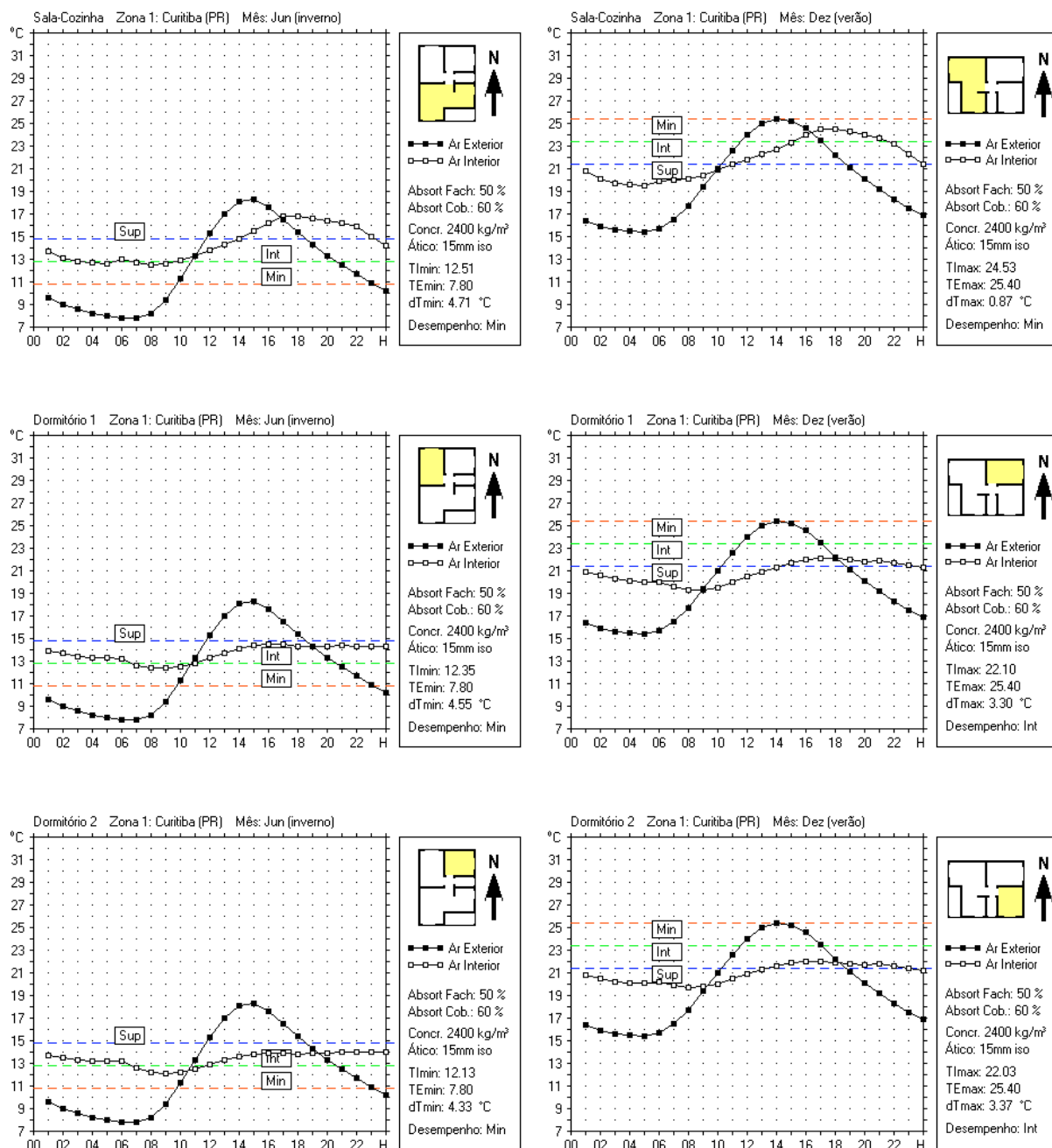


Figura 13: Temperaturas na casa térrea - Zona Bioclimática 1 - Curitiba (PR)

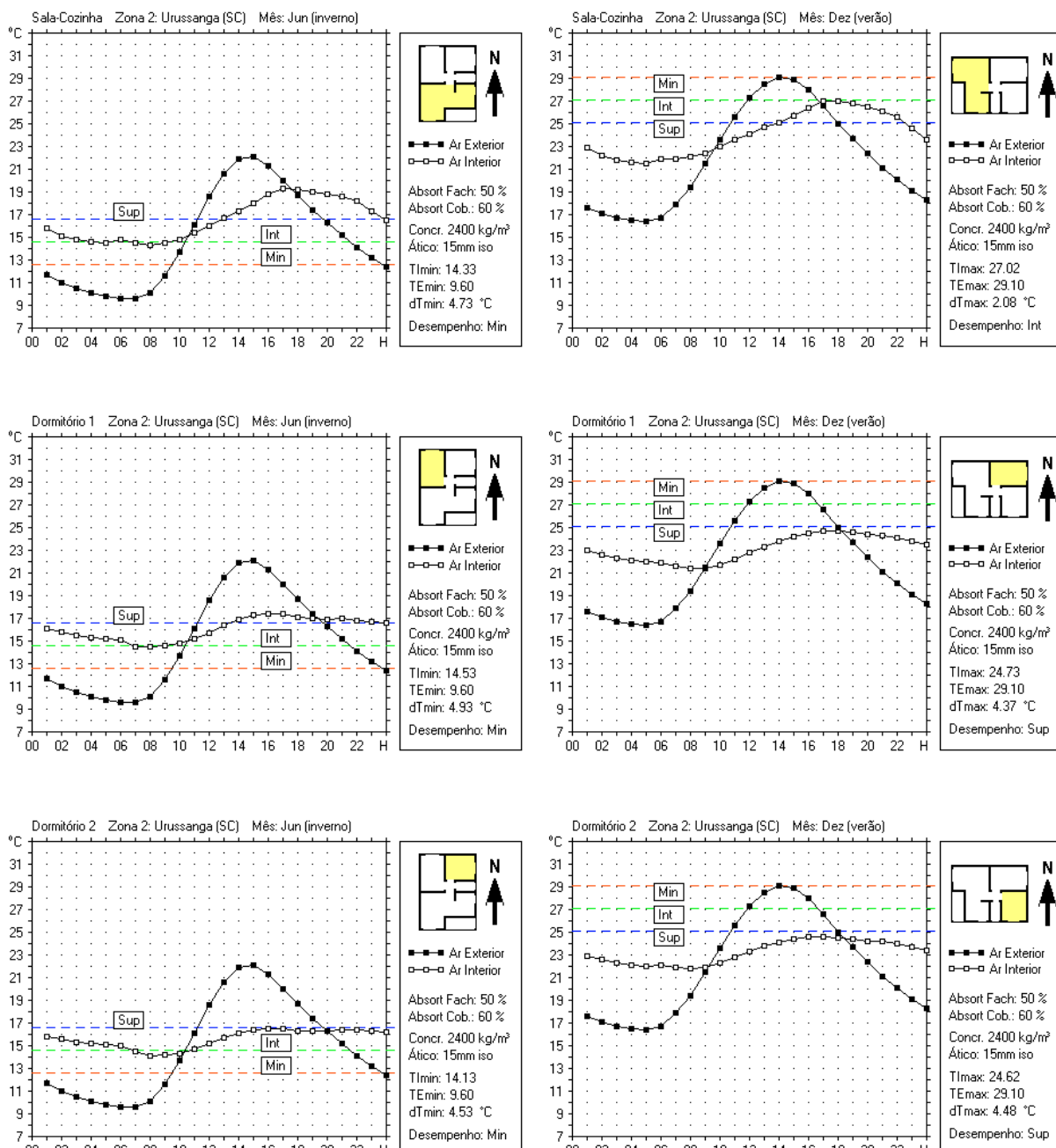


Figura 14: Temperaturas na casa térrea - Zona Bioclimática 2 - Urussanga (SC)



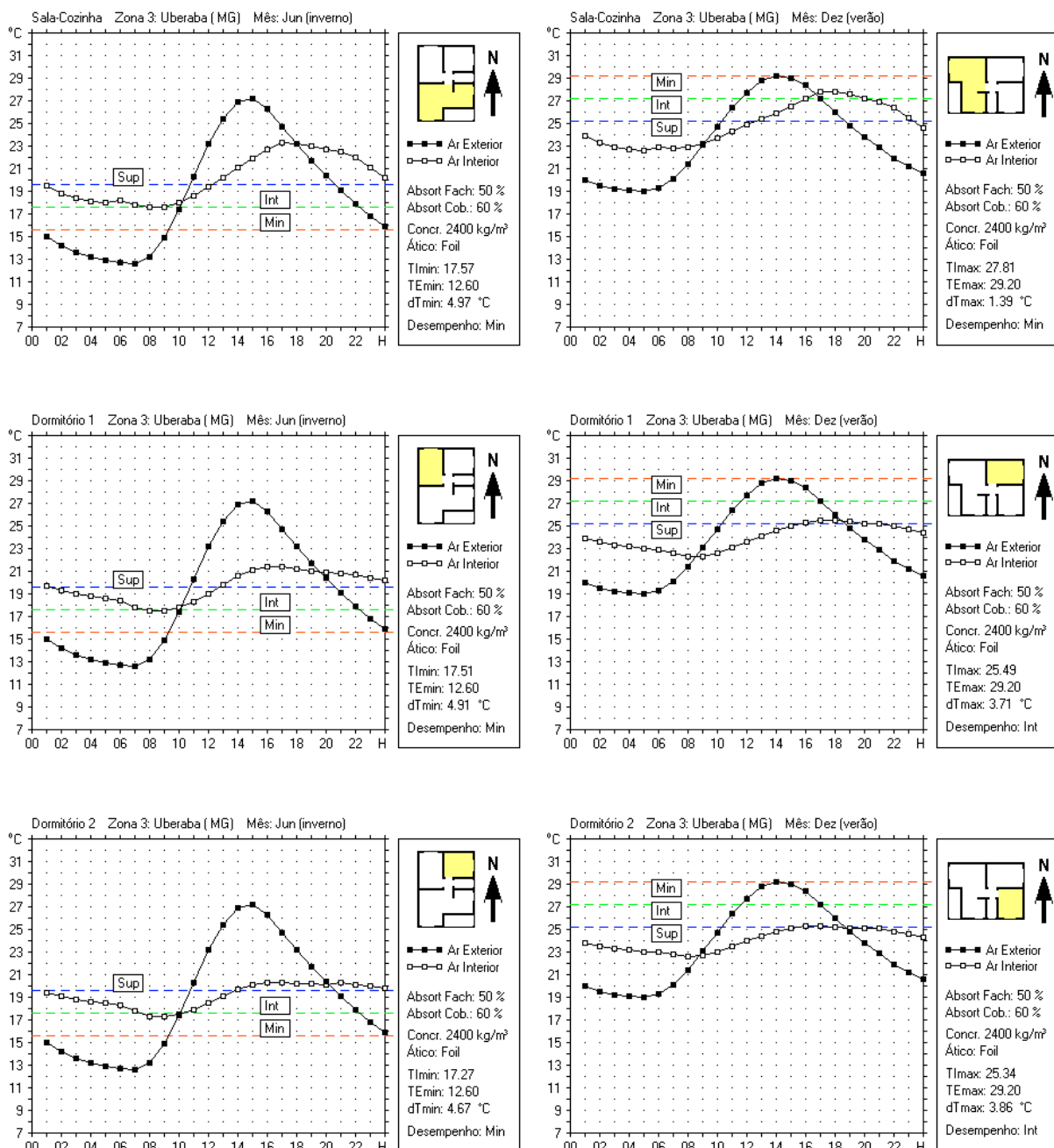


Figura 15: Temperaturas na casa térrea - Zona Bioclimática 3 - Uberaba (MG)

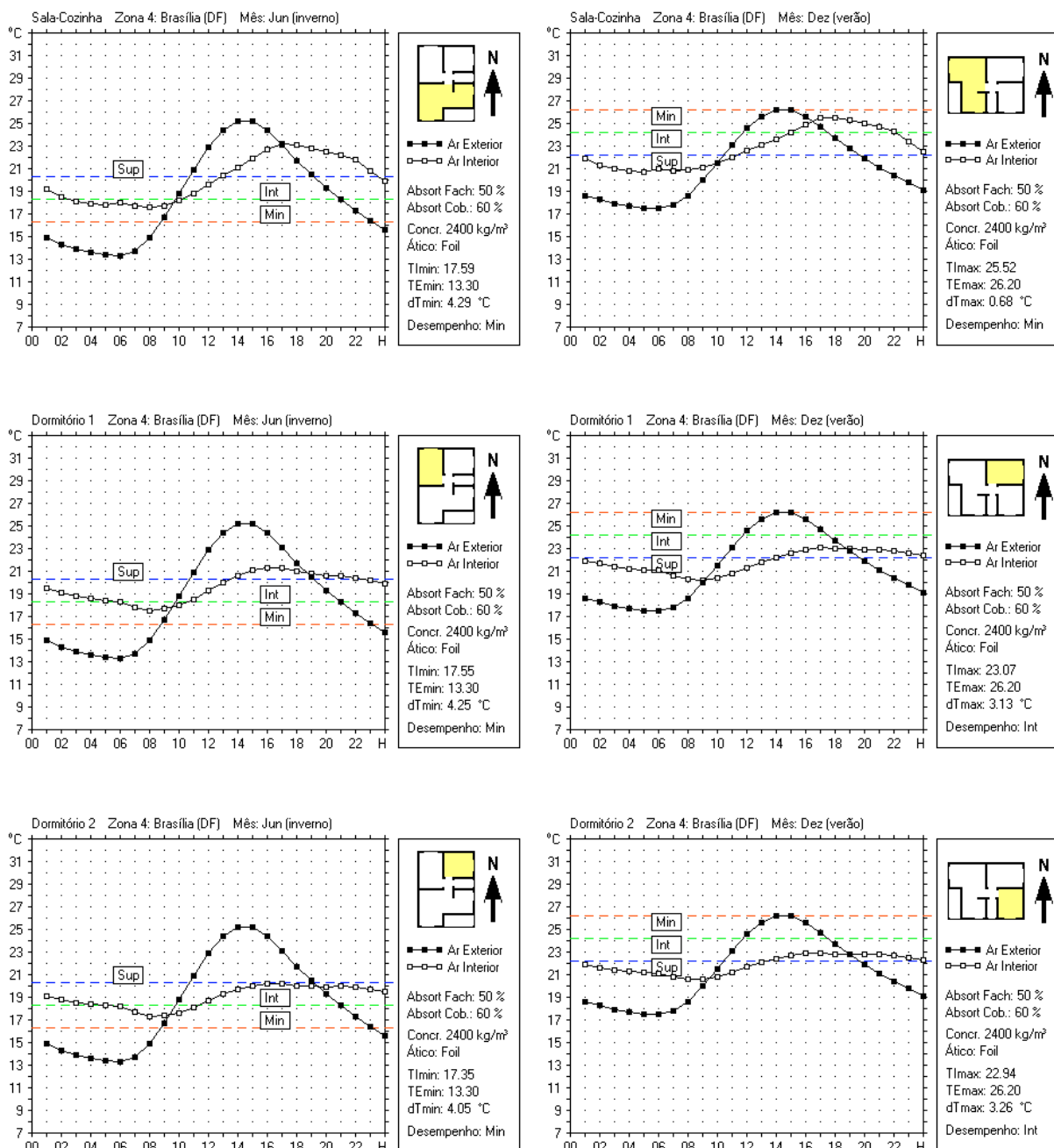


Figura 16: Temperaturas na casa térrea - Zona Bioclimática 4 - Brasília (DF)

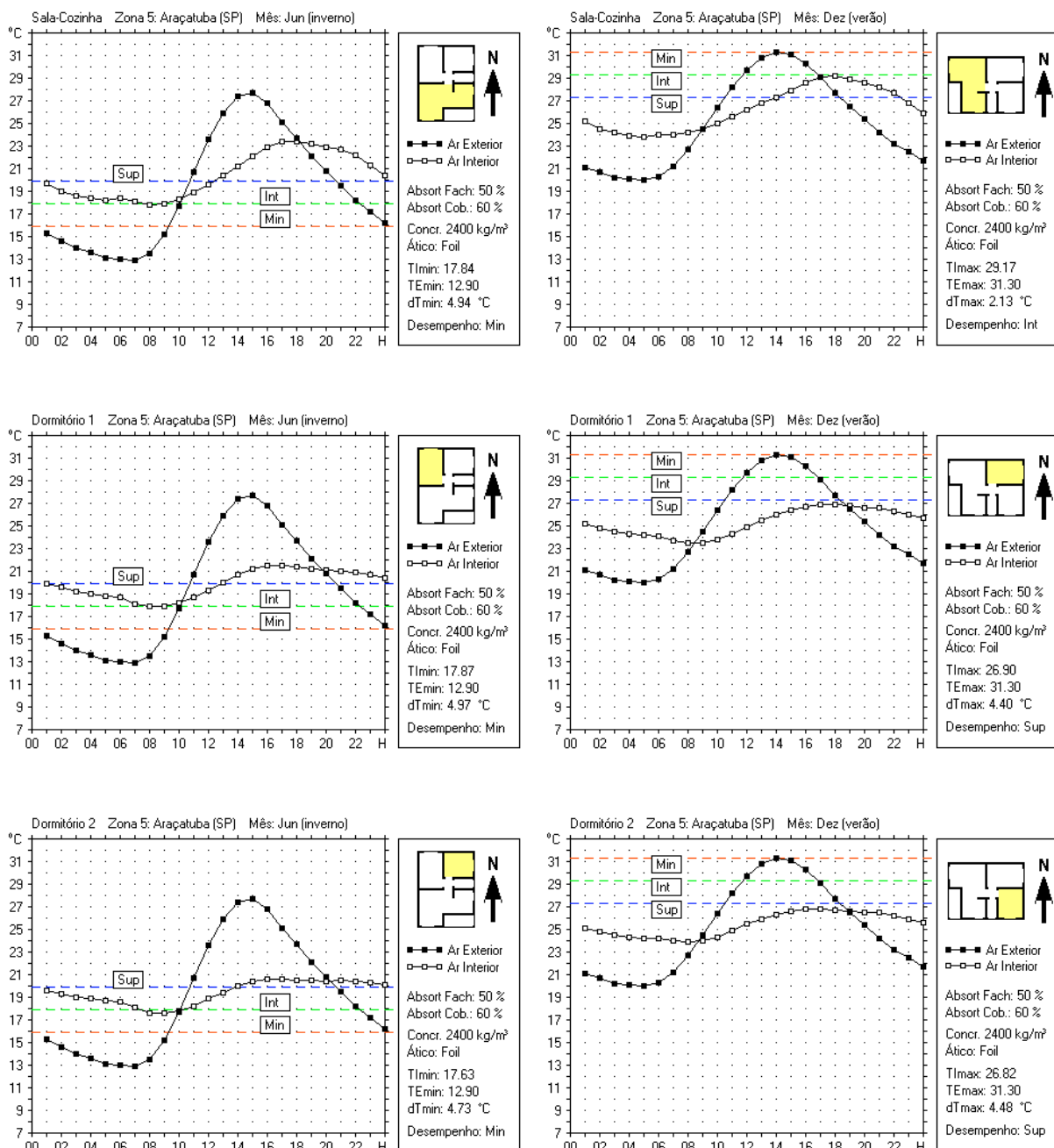


Figura 17: Temperaturas na casa térrea - Zona Bioclimática 5 - Araçatuba (SP)

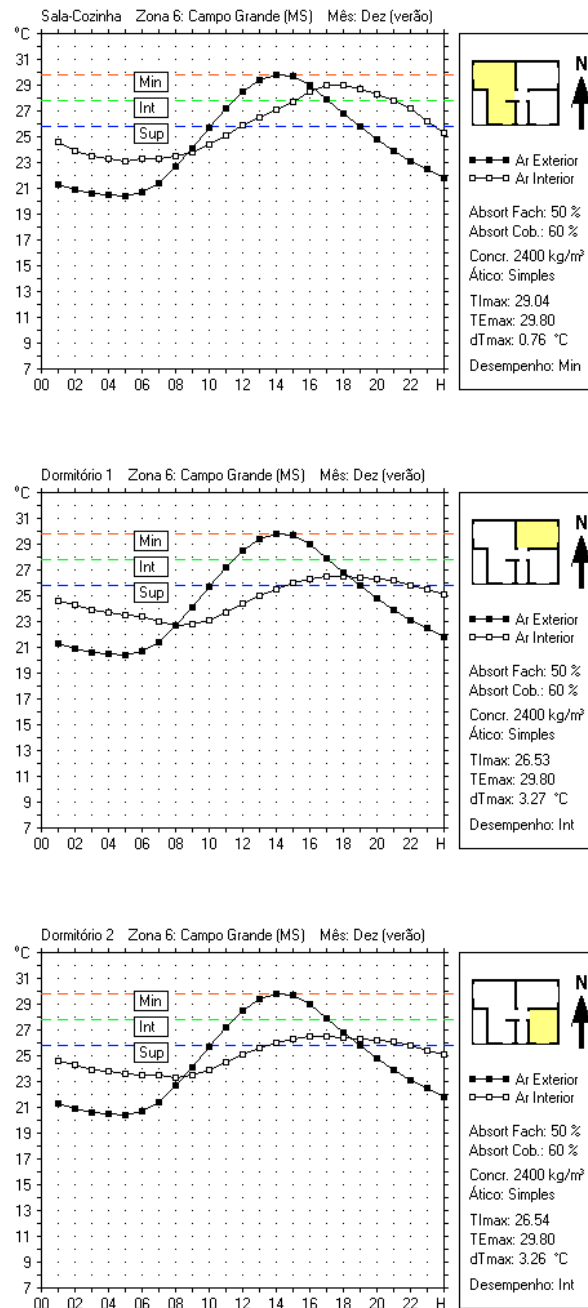


Figura 18: Temperaturas na casa térrea - Zona Bioclimática 6 - Campo Grande (MS)

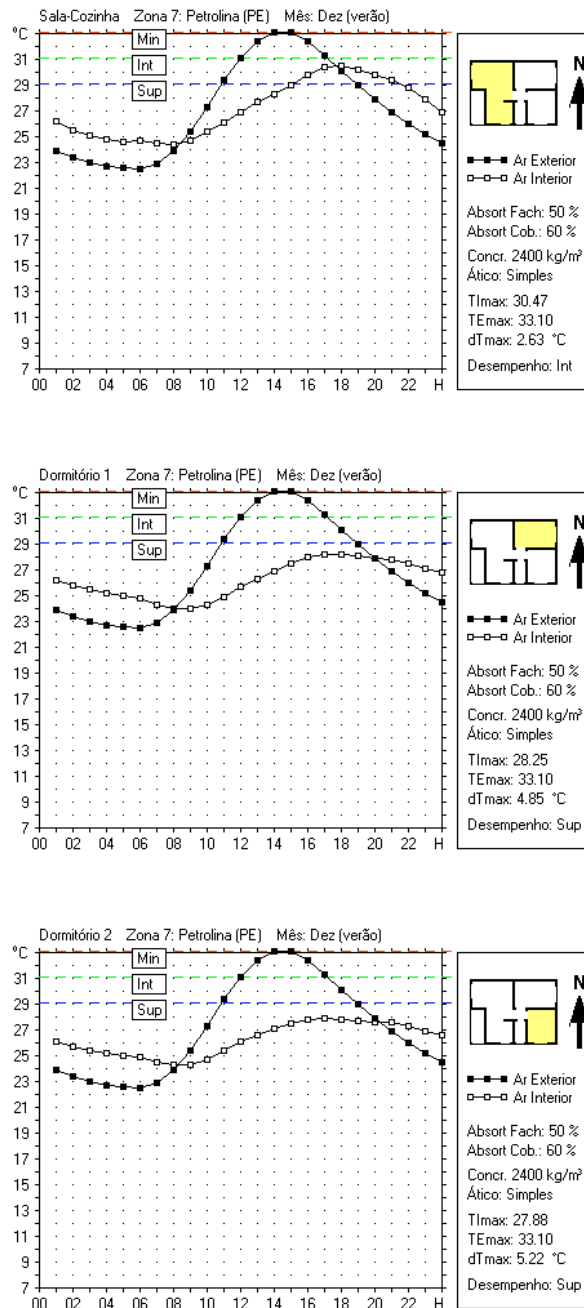


Figura 19: Temperaturas na casa térrea - Zona Bioclimática 7 - Petrolina (PE)

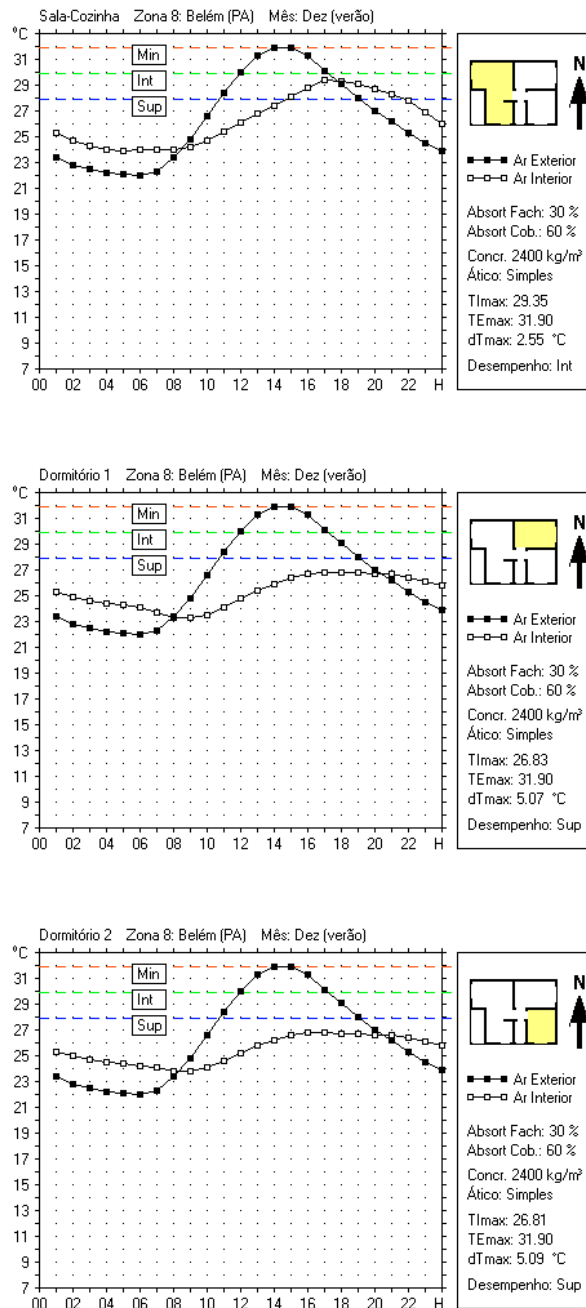


Figura 20: Temperaturas na casa térrea - Zona Bioclimática 8 - Belém (PA)

## 5.2 Edifício de 5 pavimentos

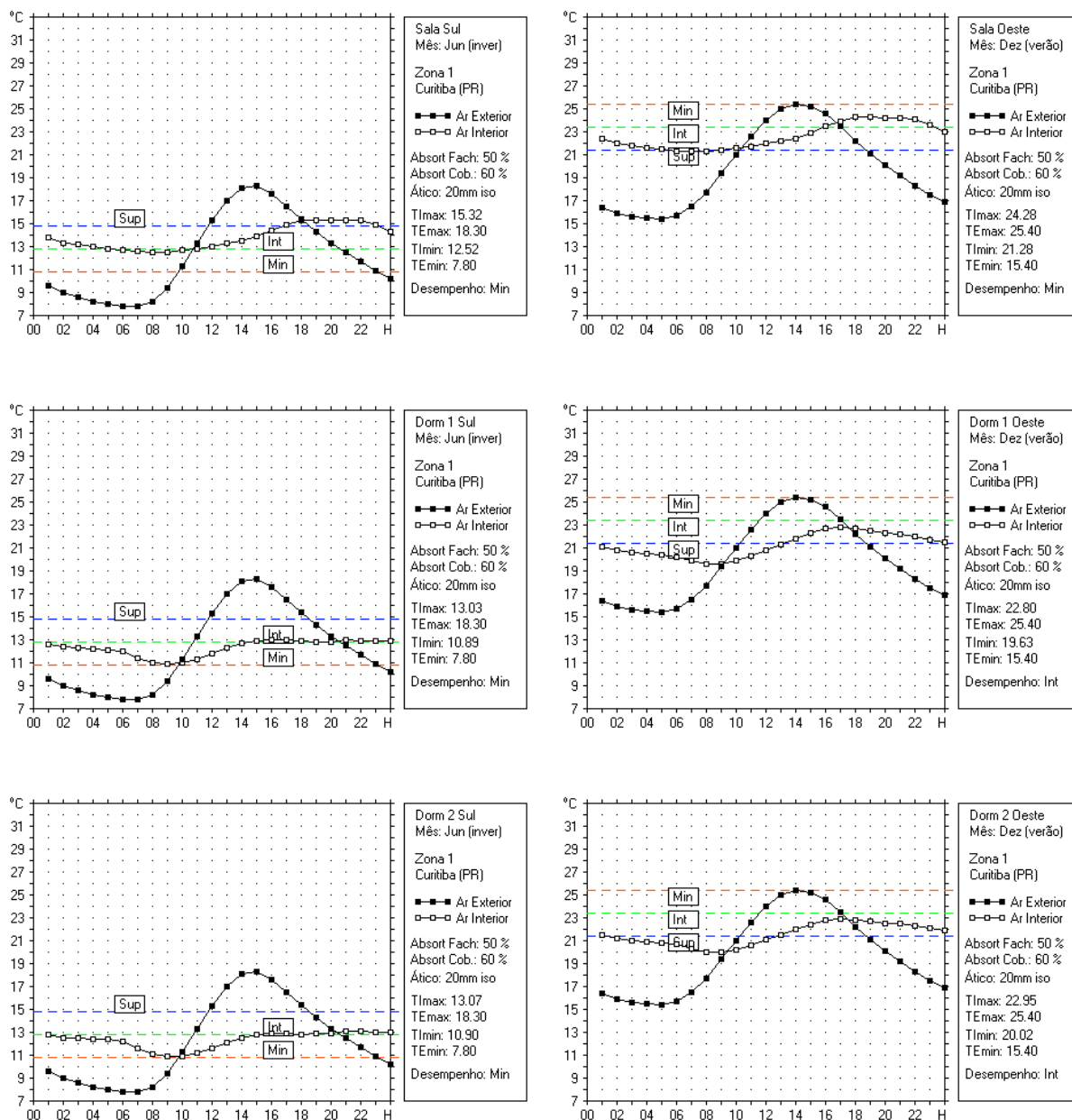


Figura 21: Temperaturas no edifício - Zona Bioclimática 1 - Curitiba (PR)

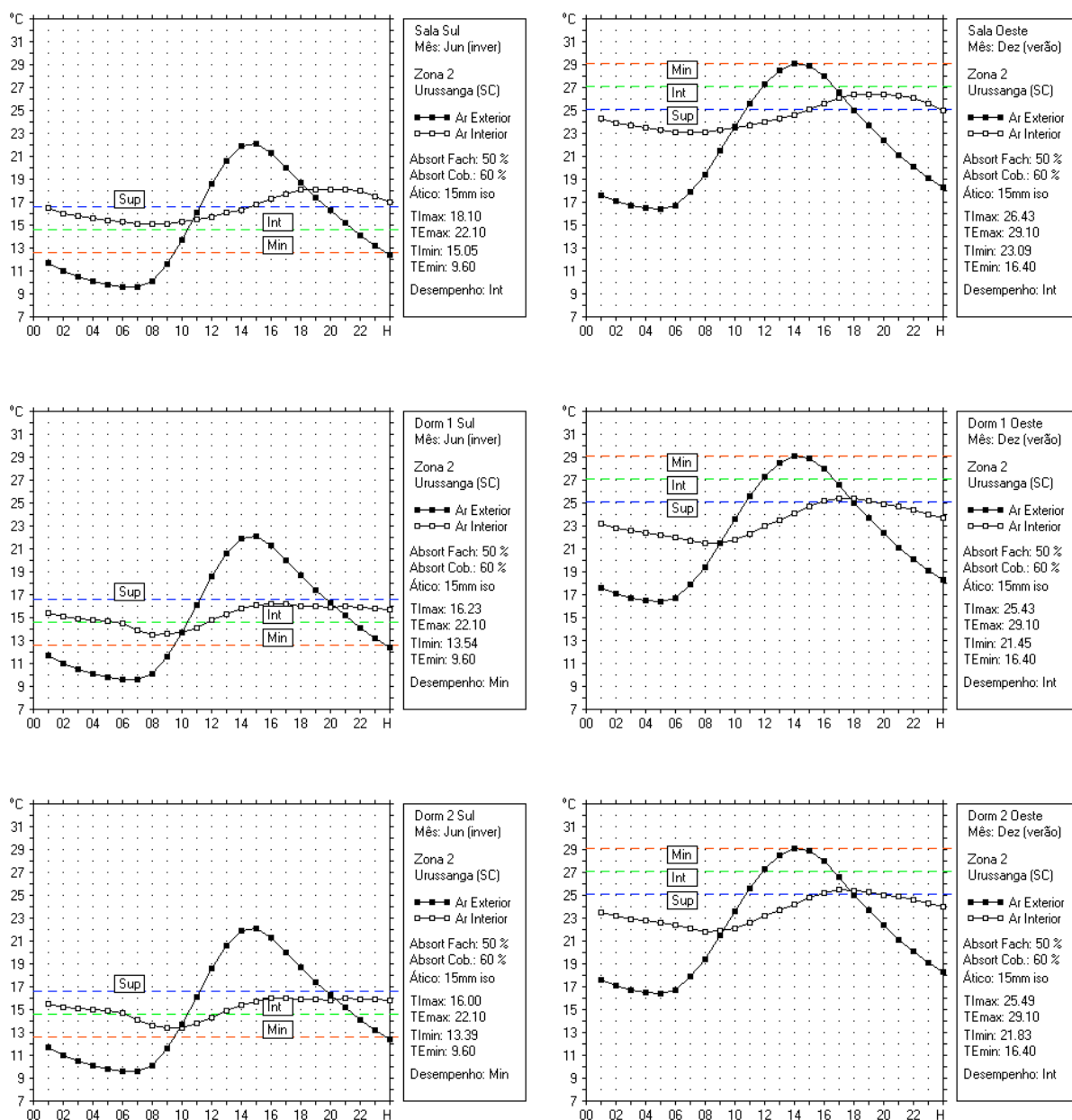


Figura 22: Temperaturas no edifício - Zona Bioclimática 2 - Urussanga (SC)



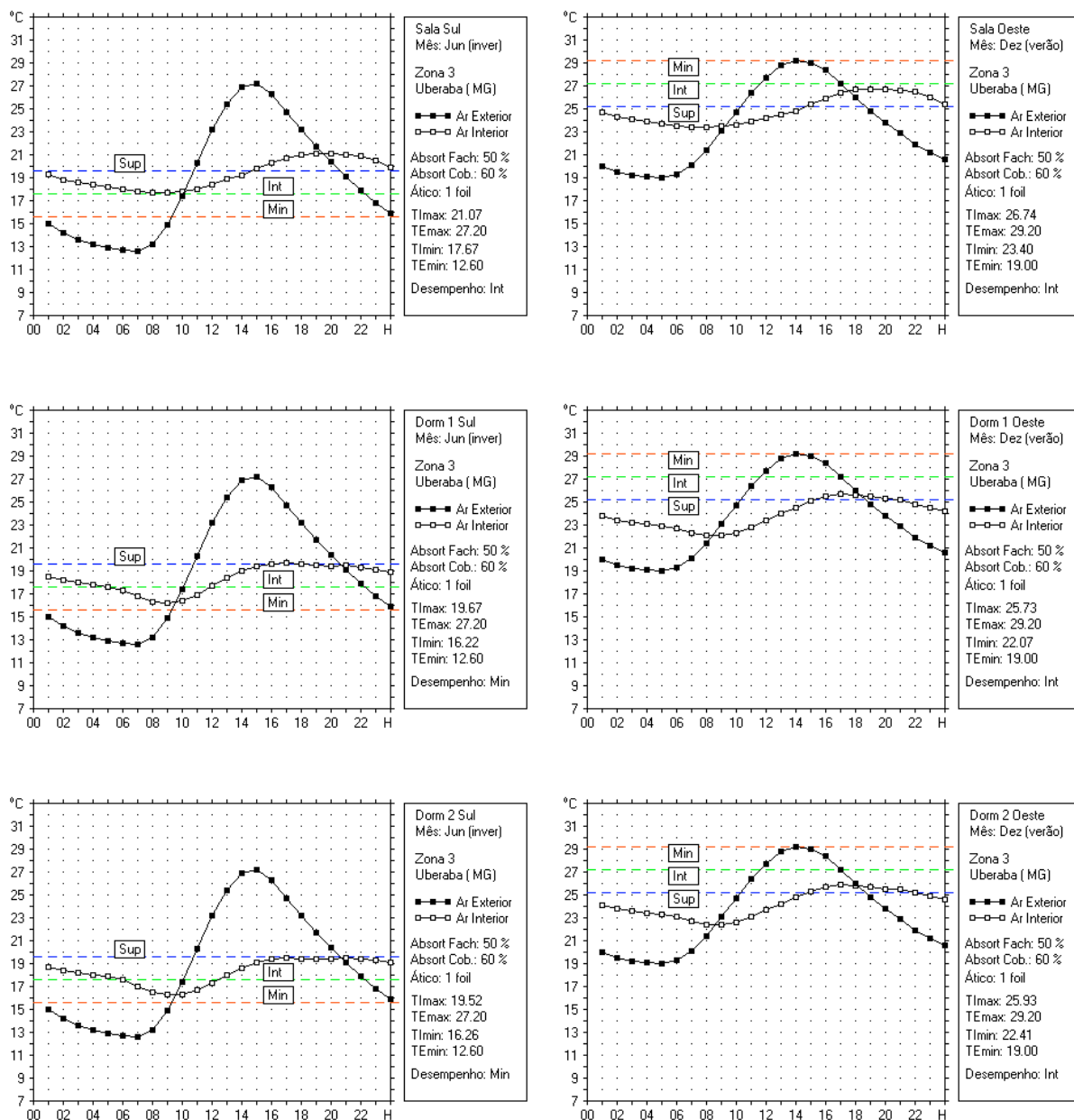


Figura 23: Temperaturas no edifício - Zona Bioclimática 3 - Uberaba (MG)

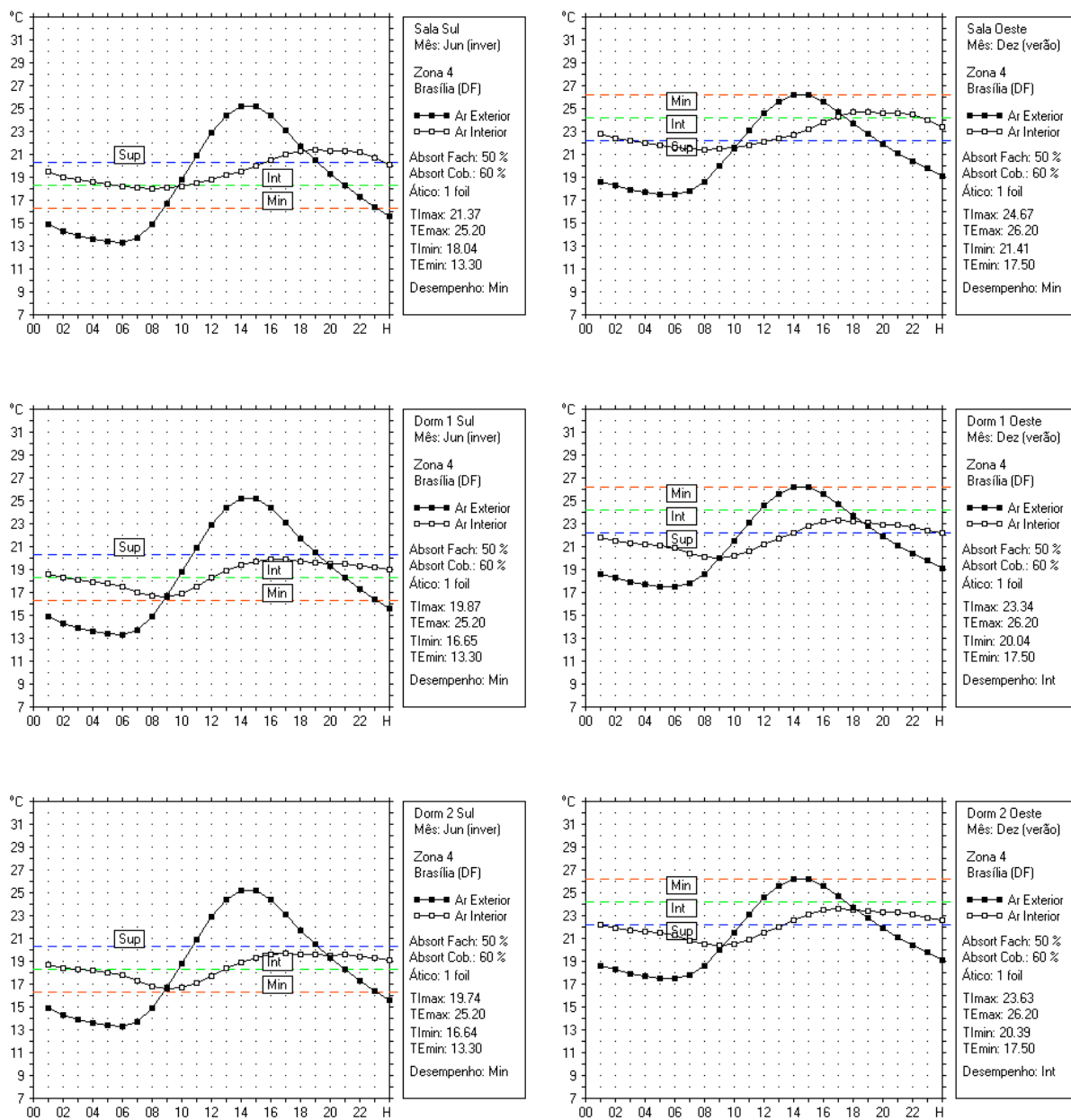


Figura 24: Temperaturas no edifício - Zona Bioclimática 4 - Brasília (DF)

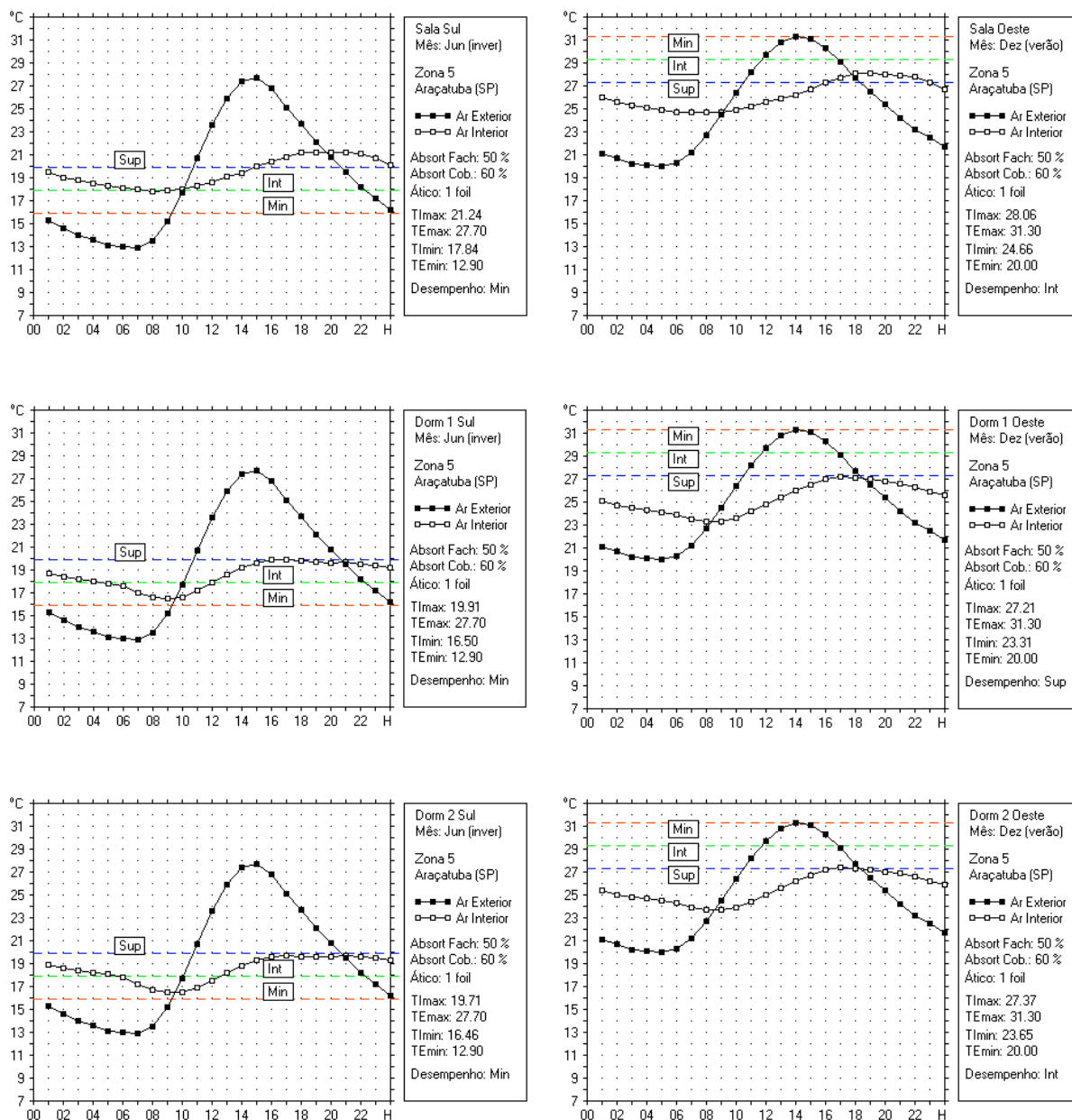


Figura 25: Temperaturas no edifício - Zona Bioclimática 5 - Araçatuba (SP)

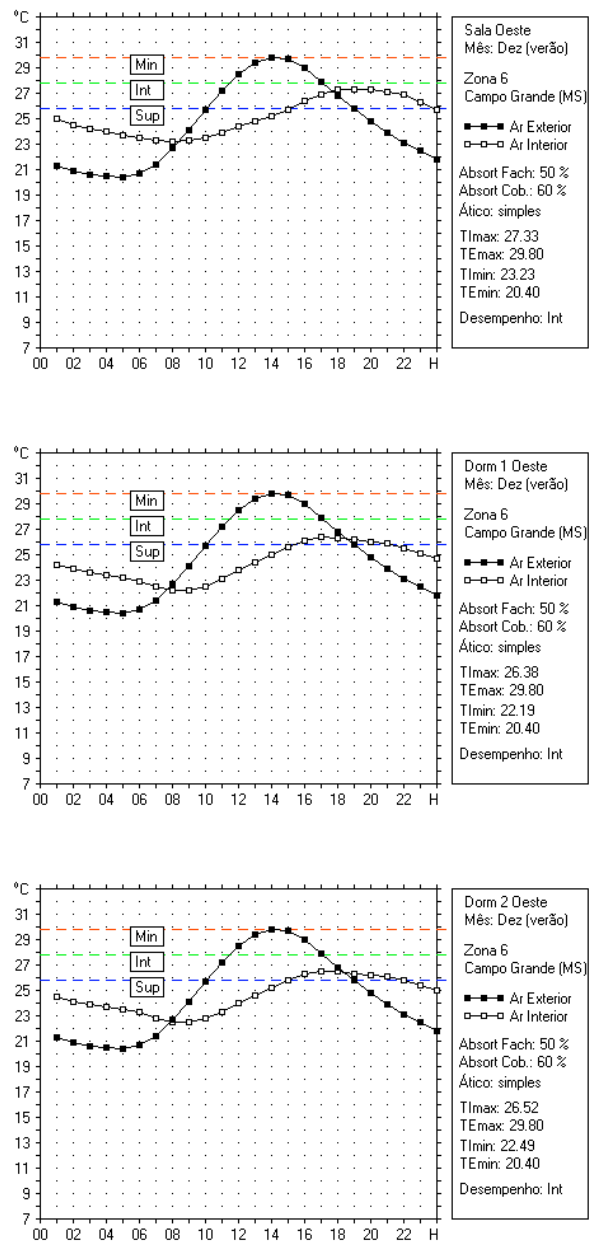


Figura 26: Temperaturas no edifício - Zona Bioclimática 6 - Campo Grande (MS)

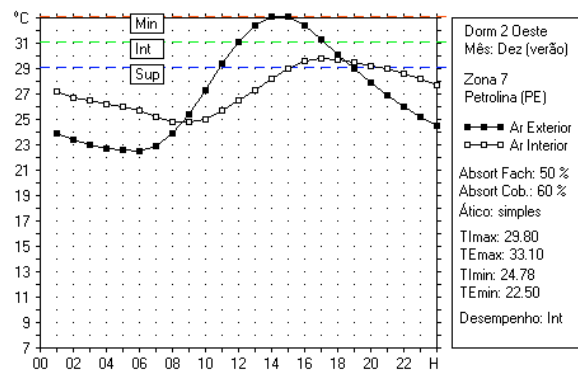
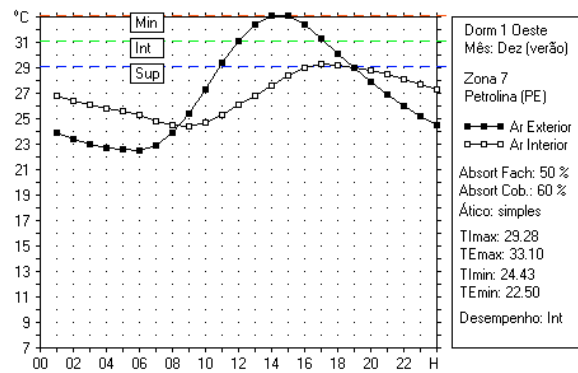
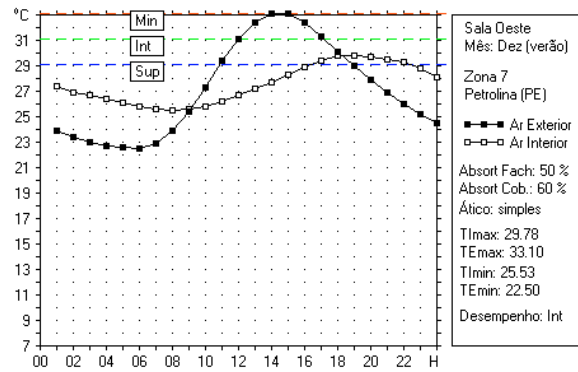


Figura 27: Temperaturas no edifício - Zona Bioclimática 7 - Petrolina (PE)

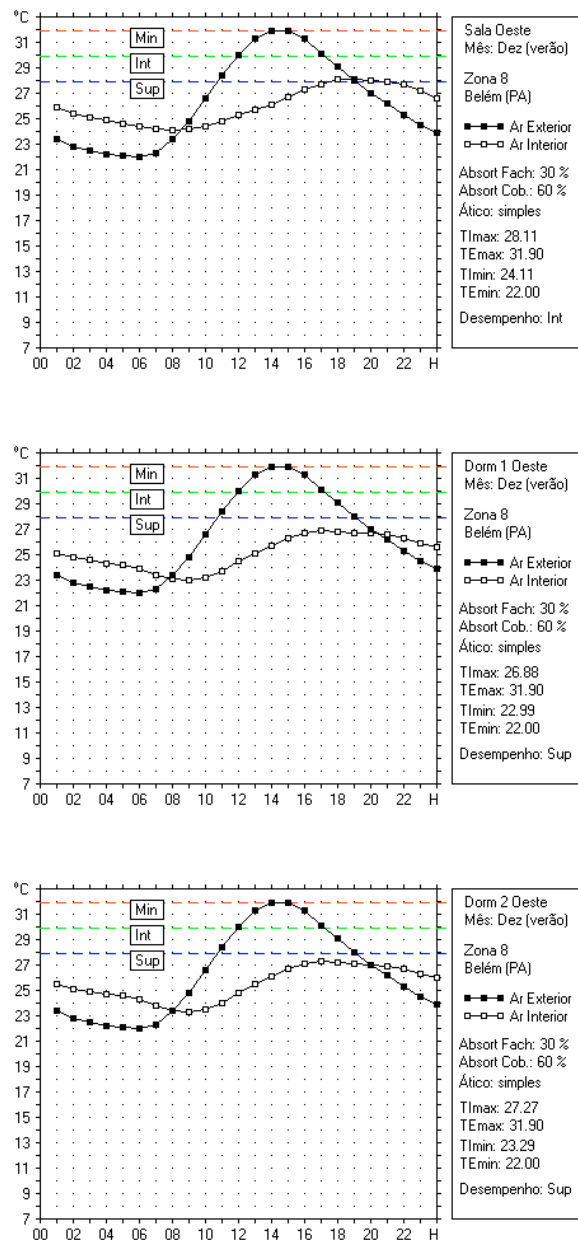


Figura 28: Temperaturas no edifício - Zona Bioclimática 8 - Belém (PA)

## 6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

As simulações demonstraram que, ainda que considerando as orientações menos favoráveis ao conforto e as baixas taxas de ventilação, quando submetidos aos climas típicos de cada uma das oito zonas bioclimáticas, os projetos avaliados atendem aos critérios adotados e apresentam níveis satisfatórios de desempenho térmico.

As figuras 13 a 28, bem como as tabelas 6 a 9, permitem observar que as temperaturas internas apresentam notável estabilidade, mesmo para os ambientes submetidos aos climas de maiores amplitudes térmicas, como os que ocorrem nas zonas 2, 3 e 5. Este fato, que contribuiu significativamente para o bom desempenho das edificações avaliadas, se deve a importante e pouco difundida propriedade física dos materiais de construção, denominada “inércia térmica” ou “massa térmica”. Graças à inércia, sistemas construtivos mais massivos (ou “pesados”), como é o caso do concreto, armazenam calor durante os períodos mais quentes do dia e somente o liberam horas depois, amortecendo tanto as temperaturas mais altas da tarde quanto as mais baixas da madrugada e contribuindo, assim, para estabilizar as condições térmicas dos ambientes.

No caso dos projetos aqui estudados, paredes e lajes em concreto proporcionaram a inércia responsável pelo amortecimento observado (Tabelas 6 a 9). A casa térrea contou também com importante inércia adicional, resultante do contato direto entre o piso e o solo, fonte de alta estabilidade térmica.

Tabela 6: Casa Térrea - Desempenho Térmico de Inverno

Amb	Zona	Temperaturas mínimas			Desemp	Absortâncias		Ático
		Exterior	Interior	Diferença		Fachadas	Cobert	
Sala-Coz	1	7.8	12.51	4.71	Min	0.5	0.6	15mm iso
	2	9.6	14.33	4.73	Min	0.5	0.6	15mm iso
	3	12.6	17.57	4.97	Min	0.5	0.6	Foil
	4	13.3	17.59	4.29	Min	0.5	0.6	Foil
	5	12.9	17.84	4.94	Min	0.5	0.6	Foil
Dorm 1	1	7.8	12.35	4.55	Min	0.5	0.6	15mm iso
	2	9.6	14.53	4.93	Min	0.5	0.6	15mm iso
	3	12.6	17.51	4.91	Min	0.5	0.6	Foil
	4	13.3	17.55	4.25	Min	0.5	0.6	Foil
	5	12.9	17.87	4.97	Min	0.5	0.6	Foil
Dorm 2	1	7.8	12.13	4.33	Min	0.5	0.6	15mm iso
	2	9.6	14.13	4.53	Min	0.5	0.6	15mm iso
	3	12.6	17.27	4.67	Min	0.5	0.6	Foil
	4	13.3	17.35	4.05	Min	0.5	0.6	Foil
	5	12.9	17.63	4.73	Min	0.5	0.6	Foil

Tabela 7: Edifício - Desempenho Térmico de Inverno

Amb	Zona	Temperaturas mínimas			Desemp	Absortâncias		Ático
		Exterior	Interior	Diferença		Fachadas	Cobert	
Sala	1	7.8	12.52	4.72	Min	0.5	0.6	20mm iso
	2	9.6	15.05	5.45	Int	0.5	0.6	15mm iso
	3	12.6	17.67	5.07	Int	0.5	0.6	1 foil
	4	13.3	18.04	4.74	Min	0.5	0.6	1 foil
	5	12.9	17.84	4.94	Min	0.5	0.6	1 foil
Dorm 1	1	7.8	10.89	3.09	Min	0.5	0.6	20mm iso
	2	9.6	13.54	3.94	Min	0.5	0.6	15mm iso
	3	12.6	16.22	3.62	Min	0.5	0.6	1 foil
	4	13.3	16.65	3.35	Min	0.5	0.6	1 foil
	5	12.9	16.5	3.6	Min	0.5	0.6	1 foil
Dorm 2	1	7.8	10.9	3.1	Min	0.5	0.6	20mm iso
	2	9.6	13.39	3.79	Min	0.5	0.6	15mm iso
	3	12.6	16.26	3.66	Min	0.5	0.6	1 foil
	4	13.3	16.64	3.34	Min	0.5	0.6	1 foil
	5	12.9	16.46	3.56	Min	0.5	0.6	1 foil

Tabela 8: Casa Térrea - Desempenho Térmico de Verão

Amb	Zona	Temperaturas máximas			Desemp	Absortâncias		Ático
		Exterior	Interior	Diferença		Fachadas	Cobert	
Sala-Coz	1	25.4	24.53	0.87	Min	0.5	0.6	15mm iso
	2	29.1	27.02	2.08	Int	0.5	0.6	15mm iso
	3	29.2	27.81	1.39	Min	0.5	0.6	Foil
	4	26.2	25.52	0.68	Min	0.5	0.6	Foil
	5	31.3	29.17	2.13	Int	0.5	0.6	Foil
	6	29.8	29.04	0.76	Min	0.5	0.6	Simple
	7	33.1	30.47	2.63	Int	0.5	0.6	Simple
	8	31.9	29.35	2.55	Int	0.3	0.6	Simple
Dorm 1	1	25.4	22.10	3.30	Int	0.5	0.6	15mm iso
	2	29.1	24.73	4.37	Sup	0.5	0.6	15mm iso
	3	29.2	25.49	3.71	Int	0.5	0.6	Foil
	4	26.2	23.07	3.13	Int	0.5	0.6	Foil
	5	31.3	26.90	4.40	Sup	0.5	0.6	Foil
	6	29.8	26.53	3.27	Int	0.5	0.6	Simple
	7	33.1	28.25	4.85	Sup	0.5	0.6	Simple
	8	31.9	26.83	5.07	Sup	0.3	0.6	Simple
Dorm 2	1	25.4	22.03	3.37	Int	0.5	0.6	15mm iso
	2	29.1	24.62	4.48	Sup	0.5	0.6	15mm iso
	3	29.2	25.34	3.86	Int	0.5	0.6	Foil
	4	26.2	22.94	3.26	Int	0.5	0.6	Foil
	5	31.3	26.82	4.48	Sup	0.5	0.6	Foil
	6	29.8	26.54	3.26	Int	0.5	0.6	Simple
	7	33.1	27.88	5.22	Sup	0.5	0.6	Simple
	8	31.9	26.81	5.09	Sup	0.3	0.6	Simple

Tabela 9: Edifício - Desempenho Térmico de Verão

Amb	Zona	Temperaturas máximas			Desemp	Absortâncias		Ático
		Exterior	Interior	Diferença		Fachadas	Cobert	
Sala	1	25.4	24.28	1.12	Min	0.5	0.6	20mm iso
	2	29.1	26.43	2.67	Int	0.5	0.6	15mm iso
	3	29.2	26.74	2.46	Int	0.5	0.6	Foil
	4	26.2	24.67	1.53	Min	0.5	0.6	Foil
	5	31.3	28.06	3.24	Int	0.5	0.6	Foil
	6	29.8	27.33	2.47	Int	0.5	0.6	simple
	7	33.1	29.78	3.32	Int	0.5	0.6	simple
	8	31.9	28.11	3.79	Int	0.3	0.6	simple
Dorm 1	1	25.4	22.8	2.60	Int	0.5	0.6	20mm iso
	2	29.1	25.43	3.67	Int	0.5	0.6	15mm iso
	3	29.2	25.73	3.47	Int	0.5	0.6	Foil
	4	26.2	23.34	2.86	Int	0.5	0.6	Foil
	5	31.3	27.21	4.09	Sup	0.5	0.6	Foil
	6	29.8	26.38	3.42	Int	0.5	0.6	simple
	7	33.1	29.28	3.82	Int	0.5	0.6	simple
	8	31.9	26.88	5.02	Sup	0.3	0.6	simple
Dorm 2	1	25.4	22.95	2.45	Int	0.5	0.6	20mm iso
	2	29.1	25.49	3.61	Int	0.5	0.6	15mm iso
	3	29.2	25.93	3.27	Int	0.5	0.6	Foil
	4	26.2	23.63	2.57	Int	0.5	0.6	Foil
	5	31.3	27.37	3.93	Int	0.5	0.6	Foil
	6	29.8	26.52	3.28	Int	0.5	0.6	simple
	7	33.1	29.8	3.30	Int	0.5	0.6	simple
	8	31.9	27.27	4.63	Sup	0.3	0.6	simple

Estas conclusões coincidem com as de respeitadores pesquisadores internacionais e já divulgadas na literatura especializada. Cabe destacar, por exemplo, um estudo sobre os efeitos da inércia em habitações, desenvolvido por Kosny e outros especialistas do Oak Ridge National Laboratory, nos Estados Unidos, que concluíram: “A utilização de massa térmica pode ser um dos modos mais efetivos de reduzir as cargas térmicas de aquecimento e de refrigeração em edificações. Diversos sistemas construtivos modernos, com mais



massa térmica (em alvenaria ou concreto), vem sendo aplicados na última década nas envoltórias dos edifícios. Estes sistemas, no entanto, sofrem da falta de procedimentos adequados para aferir seu desempenho térmico. A resistência térmica (“R-value”) considerada em regime térmico permanente e tradicionalmente usada como medida do desempenho térmico de paredes, não reflete o desempenho térmico dinâmico de sistemas construtivos mais massivos. Para levar em conta o benefício destes sistemas, a análise de desempenho térmico tem que incorporar os efeitos da massa térmica”. (KOSNY et al, 1999).

Partindo das conclusões da pesquisa, os autores estabeleceram fatores de correção (multiplicadores) a serem aplicados sobre as resistências térmicas de cada sistema analisado e em função de cada clima específico. Esta correção no cálculo do desempenho é denominada “Benefício Dinâmico para Sistemas Massivos”, ou DBMS (“Dynamic Benefit for Massive Systems”) e vem sendo adotada naquele país em novas normas técnicas sobre desempenho térmico e eficiência energética de edificações (WILSON, 1998).

## 7. APLICAÇÃO EM EDIFÍCIOS COM MAIS DE 5 PAVIMENTOS

Supondo-se, agora, que os edifícios tivessem mais de 5 pavimentos, mantidas as demais características arquitetônicas e construtivas, quais conseqüências ocorreriam sobre os níveis de desempenho térmico aqui previstos?

A própria NBR 15575, em nota incluída junto ao tópico 1.4 de sua Parte 1 (Requisitos Gerais), explicita que, excetuados os aspectos construtivos que dependem diretamente da altura do edifício, os requisitos e critérios estabelecidos pela norma podem ser aplicados a edifícios habitacionais com mais de cinco pavimentos. Resta estabelecer, portanto, se o comportamento térmico se enquadra, ou não, entre as exceções.

Dentre as diversas variáveis climáticas que atuam sobre as temperaturas internas das edificações, somente a velocidade dos ventos varia significativamente em função da altura sobre o nível do solo. Devido ao atrito contra os obstáculos, os ventos são mais lentos na proximidade do solo e progressivamente mais rápidos em pontos mais altos. Este atrito depende da rugosidade típica da paisagem, variando entre campo aberto e áreas mais densamente ocupadas. Por este motivo, nos cálculos sobre ventilação natural de edifícios, as velocidades dos ventos medidas nas estações climatológicas (a 10m de altura, conforme norma), precisam ser ajustadas para a altura específica de cada janela. A Figura 29 exemplifica a variação do fator de ajuste para diferentes alturas e tipos de paisagem.

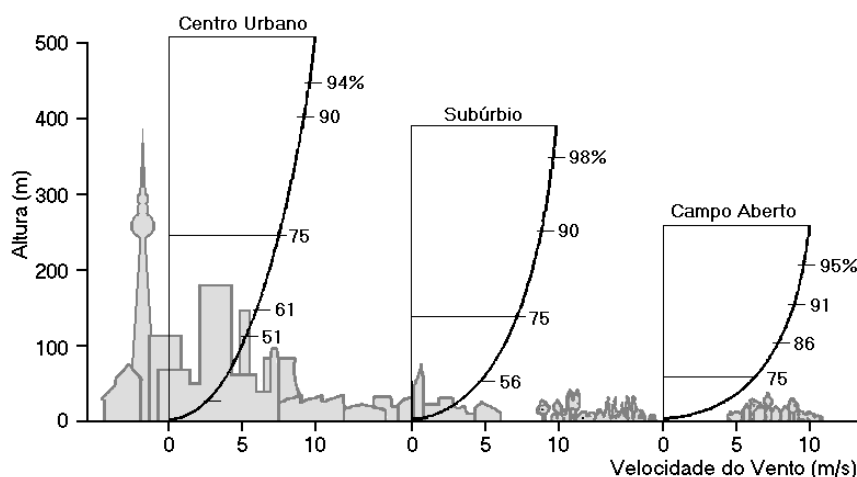


Figura 29: Exemplos de perfis verticais das velocidades do vento.

Nos períodos mais quentes do ano, estas maiores velocidades dos ventos, que acontecem em pavimentos mais altos, tendem a contribuir para elevar as taxas de ventilação natural dos ambientes, sendo, portanto, benéficas ao conforto térmico.

Durante o inverno, como normalmente as janelas são mantidas fechadas e tendo em vista as características climáticas das regiões mais frias do Brasil, é desprezível a influência dos ventos sobre as temperaturas internas. Em climas mais rigorosos, o efeito conjugado entre altas velocidades e baixas temperaturas do ar exterior pode resfriar excessivamente as vedações externas da edificação e, indiretamente, interferir nas temperaturas internas.

Pelo exposto, pode-se afirmar que as conclusões do presente estudo são também aplicáveis a edifícios mais altos.

## 8. PARECER CONCLUSIVO

Considerando-se os requisitos arquitetônicos e construtivos apresentados nas Tabelas 6 a 9, as simulações indicaram temperaturas internas confortáveis em todos os ambientes de longa permanência das habitações, submetidos aos climas típicos de cada uma das oito zonas bioclimáticas do país, tanto para inverno quanto para verão. Resultados semelhantes poderão ser proporcionados por outros projetos habitacionais que adotem o mesmo sistema construtivo e cuja arquitetura seja similar em área construída, orientações e proporções entre áreas de aberturas e áreas de piso.

São Carlos, 18 de março de 2010



Maurício Roriz



Victor Figueiredo Roriz

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT (2005) NBR 15220-2 - Desempenho térmico de edificações - Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Associação Brasileira de Normas Técnicas. São Paulo. Abril 2005.

ABNT (2005) NBR 15220-3 - Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Associação Brasileira de Normas Técnicas. São Paulo. Abril 2005.

ABNT (2008) NBR 15575. Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho (Partes 1 a 6). Associação Brasileira de Normas Técnicas. CB02. Comitê Brasileiro de Construção Civil. São Paulo. Fevereiro 2008.

BRASIL (1992). Normais Climatológicas (1961-1990). Secretaria Nacional de Meteorologia. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Departamento Nacional de Meteorologia. Rio de Janeiro.

CRESESB (1999). SunData - Potencial Energético Solar. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica "Sérgio de Salvo Brito". Disponível em [www.cresesb.cepel.br](http://www.cresesb.cepel.br). Acesso em outubro de 2009.

DOE (2008). EnergyPlus - Building Energy Simulation Software. Input-Output Reference. U.S. Department of Energy. Office of Building Technologies. November, 11, 2008. 1732 p.

KOSNY, J.; KOSSECKA, E.; DESJARLAIS, A.; CHRISTIAN, J. (1999). Dynamic Thermal Performance and Energy Benefits of Using Massive Walls in Residential Buildings. Oak Ridge National Laboratory. Buildings Technology Center. Disponível em [www.ornl.gov](http://www.ornl.gov). Acesso em outubro de 2009.

NEW, M.; LISTER, D; HULME, M. and MAKIN, I. (2002). A High-Resolution Data Set of Surface Climate Over Global Land Areas. Climate Research 21. (May) 1-25.

RORIZ, M. (2008) Estimativas de Valores Horários de Temperaturas e Umidades do Ar em Função de Normais Climatológicas. XIII Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído. Fortaleza, 7 a 10 de outubro.

WILSON, A. (1998) Thermal Mass and R-Value. Environmental Building News, v.7, n.4.