

Primeira edição
29.04.2005

Válida a partir de
30.05.2005

Desempenho térmico de edificações
Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro
e diretrizes construtivas para habitações
unifamiliares de interesse social

Thermal performance in buildings
Part 3: Brazilian bioclimatic zones and building guidelines for
low-cost houses

Palavras-chave: Desempenho térmico. Edificação.
Descriptors: Thermal performance. Building.

ICS 91.200



© ABNT 2005

Todos os direitos reservados. A menos que especificado de outro modo, nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida ou por qualquer meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia e microfilme, sem permissão por escrito pela ABNT.

Sede da ABNT
Av. Treze de Maio, 13 - 28º andar
20003-900 - Rio de Janeiro - RJ
Tel.: + 55 21 3974-2300
Fax: + 55 21 2220-1762
abnt@abnt.org.br
www.abnt.org.br

Impresso no Brasil

Sumário

Página

Prefácio	iv
Introdução	v
1 Objetivos e campo de aplicação	1
2 Referências normativas	1
3 Definições.....	1
4 Zoneamento bioclimático brasileiro	1
5 Parâmetros e condições de contorno	2
6 Diretrizes construtivas para cada zona bioclimática.....	3
6.1 Diretrizes construtivas para a zona bioclimática 1	3
6.2 Diretrizes construtivas para a zona bioclimática 2	4
6.3 Diretrizes construtivas para a zona bioclimática 3	5
6.4 Diretrizes construtivas para a zona bioclimática 4	6
6.5 Diretrizes construtivas para a zona bioclimática 5	7
6.6 Diretrizes construtivas para a zona bioclimática 6	8
6.7 Diretrizes construtivas para a zona bioclimática 7	9
6.8 Diretrizes construtivas para a zona bioclimática 8	10
7 Estratégias de condicionamento térmico	11
Anexo A (normativo) Relação das 330 cidades cujos climas foram classificados.....	13
A.1 Notas sobre as colunas	13
Anexo B (normativo) Zoneamento Bioclimático do Brasil	17
B.1 Conceituação	17
B.2 Base de dados climáticos.....	17
B.3 Método para a classificação bioclimática	18
B.4 Um caso particular	20
B.5 Exemplo de aplicação	21
Anexo C (informativo) Recomendações e diretrizes construtivas para adequação da edificação ao clima local.....	22
Anexo D (informativo) Transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico de algumas paredes e coberturas	23

Prefácio

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Fórum Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais Temporárias (ABNT/CEET), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

A ABNT NBR 15220-3 foi elaborada no Comitê Brasileiro de Construção Civil (ABNT/CB-02), pela Comissão de Estudo de Desempenho Térmico de Edificações (CE-02:135.07). O Projeto circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº 04, de 30.04.2004, com o número de Projeto 02:135.07-001/3.

Esta Norma, sob o título geral “Desempenho térmico de edificações”, tem previsão de conter as seguintes partes:

- Parte 1: Definições, símbolos e unidades;
- Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações;
- Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social;
- Parte 4: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida;
- Parte 5: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo método fluximétrico.

Esta parte da ABNT NBR 15220 contém os anexos A e B, de caráter normativo, e os anexos C e D, de caráter informativo.

Introdução

A avaliação de desempenho térmico de uma edificação pode ser feita tanto na fase de projeto, quanto após a construção. Em relação à edificação construída, a avaliação pode ser feita através de medições *in loco* de variáveis representativas do desempenho, enquanto que na fase de projeto esta avaliação pode ser feita por meio de simulação computacional ou através da verificação do cumprimento de diretrizes construtivas.

Esta parte da ABNT NBR 15220 apresenta recomendações quanto ao desempenho térmico de habitações unifamiliares de interesse social aplicáveis na fase de projeto. Ao mesmo tempo em que se estabelece um zoneamento bioclimático brasileiro, são feitas recomendações de diretrizes construtivas e detalhamento de estratégias de condicionamento térmico passivo, com base em parâmetros e condições de contorno fixados.

Propôs-se, então, a divisão do território brasileiro em oito zonas relativamente homogêneas quanto ao clima e, para cada uma destas zonas, formulou-se um conjunto de recomendações técnico-construtivas que otimizam o desempenho térmico das edificações, através de sua melhor adequação climática.

Adaptou-se uma Carta Bioclimática a partir da sugerida por Givoni ("Comfort Climate Analysis and Building Design Guidelines". Energy and Building, 18 (1), 11-23, 1992), detalhada no anexo B.

Esta Norma não trata dos procedimentos para avaliação do desempenho térmico de edificações, os quais podem ser elaborados através de cálculos, de medições *in loco* ou de simulações computacionais.



Desempenho térmico de edificações

Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social

1 Objetivos e campo de aplicação

1.1 Esta parte da ABNT NBR 15220 estabelece um zoneamento bioclimático brasileiro abrangendo um conjunto de recomendações e estratégias construtivas destinadas às habitações unifamiliares de interesse social.

1.2 Esta parte da ABNT NBR 15220 estabelece recomendações e diretrizes construtivas, sem caráter normativo, para adequação climática de habitações unifamiliares de interesse social, com até três pavimentos.

2 Referências normativas

As normas relacionadas a seguir contêm disposições que, ao serem citadas neste texto, constituem prescrições para esta parte da ABNT NBR 15220. As edições indicadas estavam em vigor no momento desta publicação. Como toda norma está sujeita a revisão, recomenda-se àqueles que realizam acordos com base nesta que verifiquem a conveniência de se usarem as edições mais recentes das normas citadas a seguir. A ABNT possui a informação das normas em vigor em um dado momento.

ABNT NBR 15220-1:2005 – Desempenho térmico de edificações – Parte 1: Definições, símbolos e unidades.

ABNT NBR 15220-2:2005 – 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.

ABNT NBR 15220-4:2005 – Desempenho térmico de edificações – Parte 4: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida.

ABNT NBR 15220-5:2005 – Desempenho térmico de edificações – Parte 5: Medição da resistência térmica e da condutividade pelo método fluximétrico.

ASHRAE:1996 – Algorithms for Building Heat Transfer Subroutines.

3 Definições

Para os efeitos desta parte da ABNT NBR 15220, aplicam-se as definições, símbolos e unidades das ABNT NBR 15220-1, ABNT NBR 15220-2, ABNT NBR 15220-4 e ABNT NBR 15220-5.

4 Zoneamento bioclimático brasileiro

O zoneamento bioclimático brasileiro compreende oito diferentes zonas, conforme indicado na figura 1.

O anexo A apresenta a relação de 330 cidades cujos climas foram classificados e o anexo B apresenta a metodologia adotada na determinação do zoneamento.

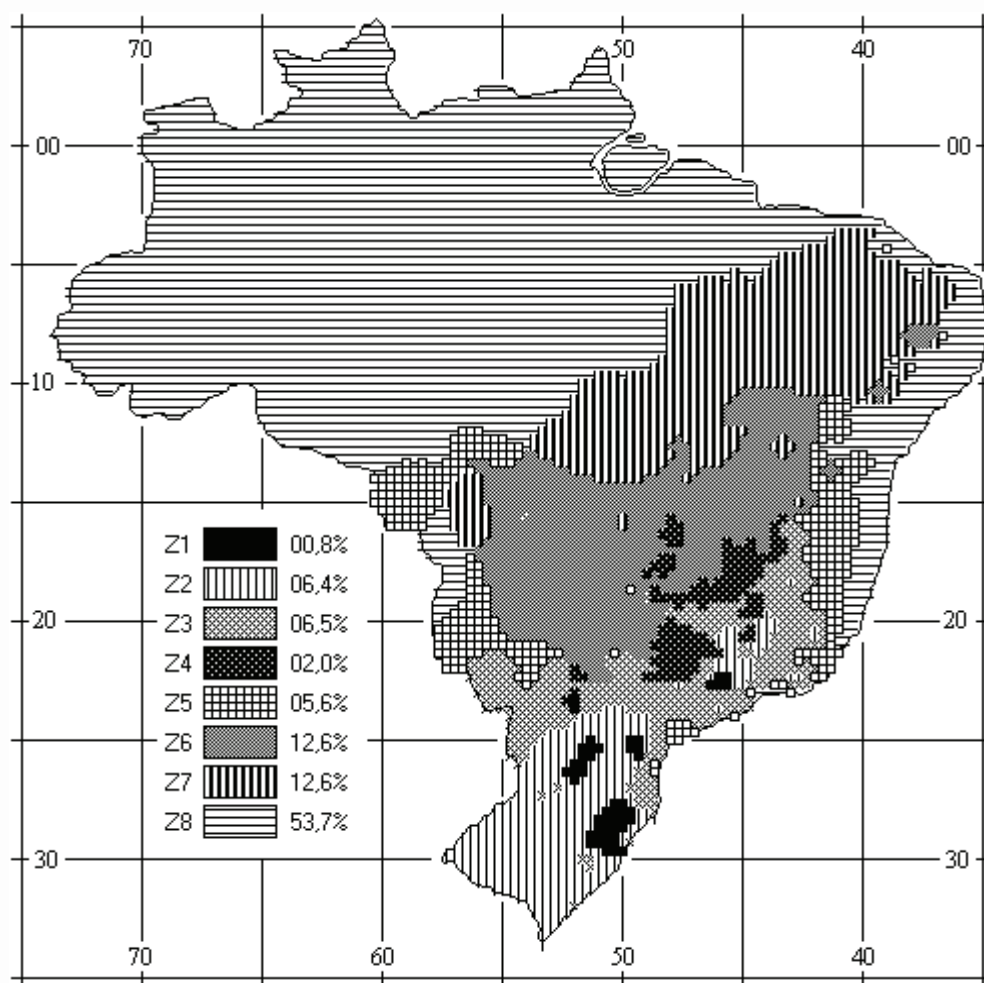


Figura 1 — Zoneamento bioclimático brasileiro

5 Parâmetros e condições de contorno

Para a formulação das diretrizes construtivas - para cada zona bioclimática brasileira (seção 6) - e para o estabelecimento das estratégias de condicionamento térmico passivo (seção 7), foram considerados os parâmetros e condições de contorno seguintes:

- tamanho das aberturas para ventilação;
- proteção das aberturas;
- vedações externas (tipo de parede externa e tipo de cobertura)¹⁾; e
- estratégias de condicionamento térmico passivo.

As informações constantes das seções 6 e 7, a seguir, não têm caráter normativo mas apenas orientativo.

¹⁾ Transmitância térmica, atraso térmico e fator solar (ver ABNT NBR 15220-2).

6 Diretrizes construtivas para cada zona bioclimática

Diretrizes construtivas relativas a aberturas, paredes e coberturas para cada zona bioclimática são apresentadas em 6.1 a 6.8. Limites indicativos são apresentados no anexo C.

6.1 Diretrizes construtivas para a zona bioclimática 1

Na zona bioclimática 1 (ver figuras 2 e 3), devem ser atendidas as diretrizes apresentadas nas tabelas 1, 2 e 3.

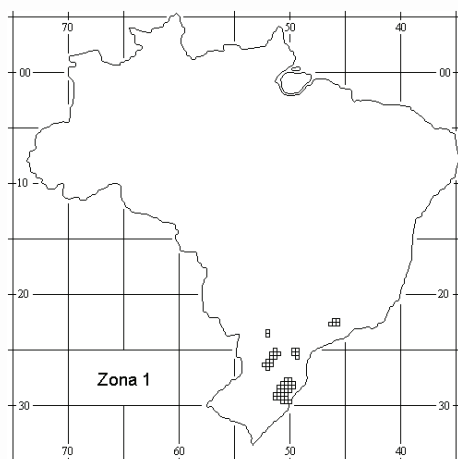


Figura 2 — Zona bioclimática 1

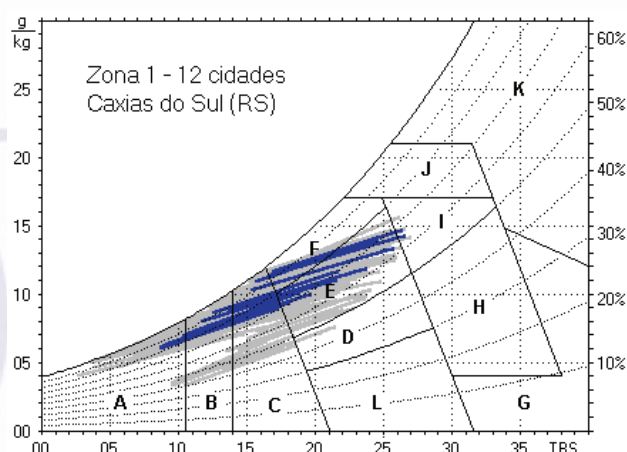


Figura 3 — Carta bioclimática com as normais climatológicas de cidades desta zona, destacando a cidade de Caxias do Sul, RS

Tabela 1 — Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a zona bioclimática 1

Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas
Médias	Permitir sol durante o período frio

Tabela 2 — Tipos de vedações externas para a zona bioclimática 1

Vedações externas
Parede: Leve
Cobertura: Leve isolada

Tabela 3 — Estratégias de condicionamento térmico passivo para a zona bioclimática 1

Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Inverno	B) Aquecimento solar da edificação C) Vedações internas pesadas (inércia térmica) NOTA O condicionamento passivo será insuficiente durante o período mais frio do ano. Os códigos B e C são os mesmos adotados na metodologia utilizada para definir o zoneamento bioclimático do Brasil (ver anexo B).

6.2 Diretrizes construtivas para a zona bioclimática 2

Na zona bioclimática 2 (ver figuras 4 e 5), devem ser atendidas as diretrizes apresentadas nas tabelas 4, 5 e 6.

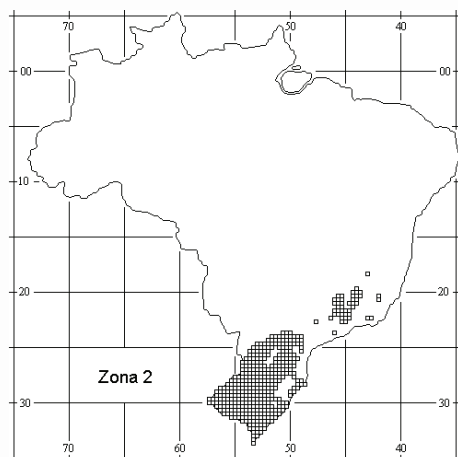


Figura 4 — Zona bioclimática 2

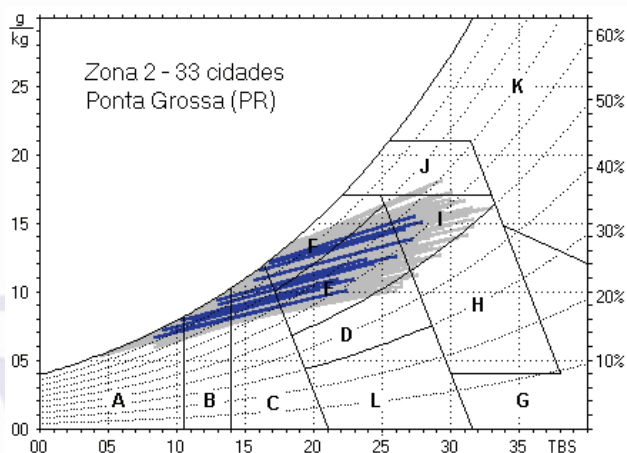


Figura 5 — Carta bioclimática apresentando as normas climatológicas de cidades desta zona, destacando a cidade de Ponta Grossa, PR

Tabela 4 — Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a zona bioclimática 2

Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas
Médias	Permitir sol durante o inverno

Tabela 5 — Tipos de vedações externas para a zona bioclimática 2

Vedações externas
Parede: Leve
Cobertura: Leve isolada

Tabela 6 — Estratégias de condicionamento térmico passivo para a zona bioclimática 2

Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Verão	J) Ventilação cruzada
Inverno	B) Aquecimento solar da edificação C) Vedações internas pesadas (inércia térmica)
NOTA	O condicionamento passivo será insuficiente durante o período mais frio do ano. Os códigos J, B e C são os mesmos adotados na metodologia utilizada para definir o zoneamento bioclimático do Brasil (ver anexo B).

6.3 Diretrizes construtivas para a zona bioclimática 3

Na zona bioclimática 3 (ver figuras 6 e 7), devem ser atendidas as diretrizes apresentadas nas tabelas 7, 8 e 9.

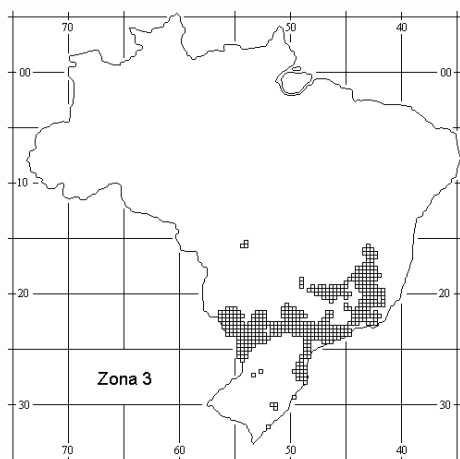


Figura 6 — Zona bioclimática 3

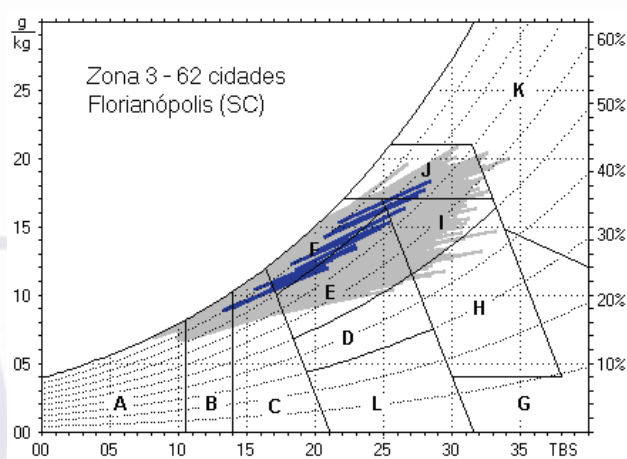


Figura 7 — Carta bioclimática apresentando as normas climatológicas de cidades desta zona, destacando a cidade de Florianópolis, SC

Tabela 7 — Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a zona bioclimática 3

Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas
Médias	Permitir sol durante o inverno

Tabela 8 — Tipos de vedações externas para a zona bioclimática 3

Vedações externas
Parede: Leve refletora
Cobertura: Leve isolada

Tabela 9 — Estratégias de condicionamento térmico passivo para a zona bioclimática 3

Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Verão	J) Ventilação cruzada
Inverno	B) Aquecimento solar da edificação C) Vedações internas pesadas (inércia térmica)
NOTA Os códigos J, B e C são os mesmos adotados na metodologia utilizada para definir o zoneamento bioclimático do Brasil (ver anexo B).	

6.4 Diretrizes construtivas para a zona bioclimática 4

Na zona bioclimática 4 (ver figuras 8 e 9), devem ser atendidas as diretrizes apresentadas nas tabelas 10, 11 e 12.

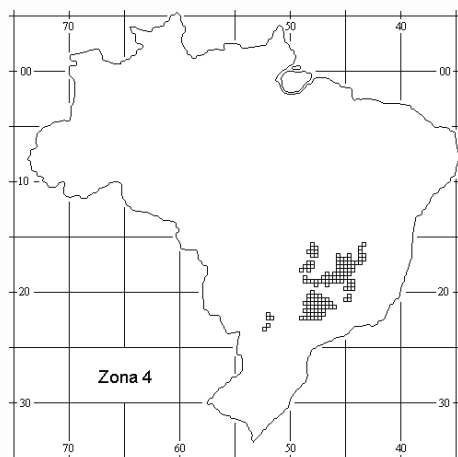


Figura 8 — Zona bioclimática 4

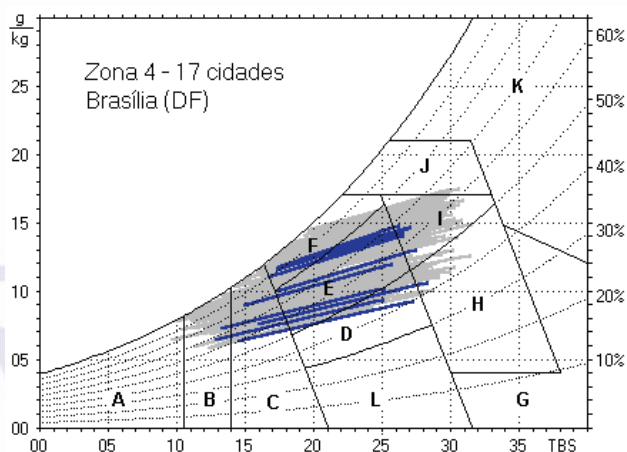


Figura 9 — Carta bioclimática apresentando as normas climatológicas de cidades desta zona, destacando a cidade de Brasília, DF

Tabela 10 — Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a zona bioclimática 4

Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas
Médias	Sombrear aberturas

Tabela 11 — Tipos de vedações externas para a zona bioclimática 4

Vedações externas
Parede: Pesada
Cobertura: Leve isolada

Tabela 12 — Estratégias de condicionamento térmico passivo para a zona bioclimática 4

Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Verão	H) Resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento J) Ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa)
Inverno	B) Aquecimento solar da edificação C) Vedações internas pesadas (inércia térmica)
NOTA Os códigos H, J, B e C são os mesmos adotados na metodologia utilizada para definir o zoneamento bioclimático do Brasil (ver anexo B).	

6.5 Diretrizes construtivas para a zona bioclimática 5

Na zona bioclimática 5 (ver figuras 10 e 11), devem ser atendidas as diretrizes construtivas apresentadas nas tabelas 13, 14 e 15.

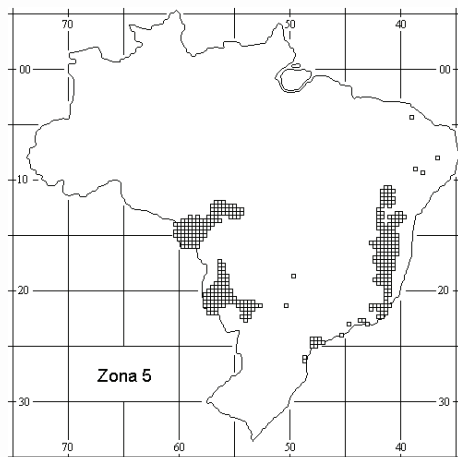


Figura 10 — Zona bioclimática 5

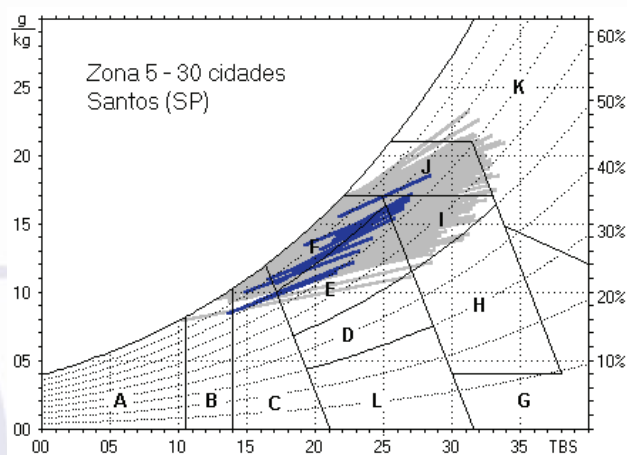


Figura 11 — Carta bioclimática apresentando as normas climatológicas de cidades desta zona, destacando a cidade de Santos, SP

Tabela 13 — Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a zona bioclimática 5

Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas
Médias	Sombrear aberturas

Tabela 14 — Tipos de vedações externas para a zona bioclimática 5

Vedações externas
Parede: Leve refletora
Cobertura: Leve isolada

Tabela 15 — Estratégias de condicionamento térmico passivo para a zona bioclimática 5

Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Verão	J) Ventilação cruzada
Inverno	C) Vedações internas pesadas (inércia térmica)
NOTA Os códigos J e C são os mesmos adotados na metodologia utilizada para definir o zoneamento bioclimático do Brasil (ver anexo B).	

6.6 Diretrizes construtivas para a zona bioclimática 6

Na zona bioclimática 6 (ver figuras 12 e 13), devem ser atendidas as diretrizes apresentadas nas tabelas 16, 17 e 18.



Figura 12 — Zona bioclimática 6

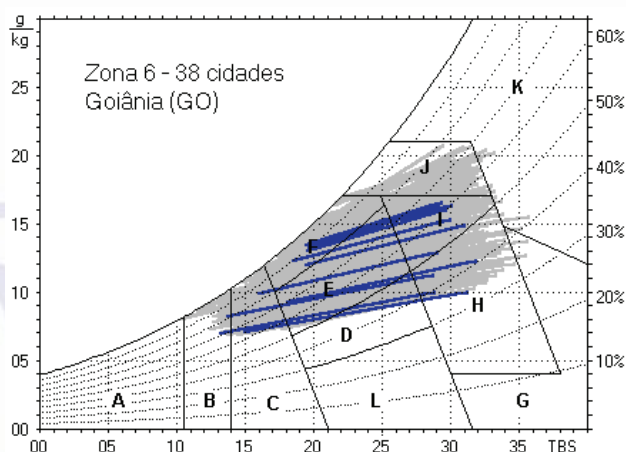


Figura 13 — Carta bioclimática apresentando as normas climatológicas de cidades desta zona, destacando a cidade de Goiânia, GO

Tabela 16 — Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a zona bioclimática 6

Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas
Médias	Sombrear aberturas

Tabela 17 — Tipos de vedações externas para a zona bioclimática 6

Vedações externas
Parede: Pesada
Cobertura: Leve isolada

Tabela 18 — Estratégias de condicionamento térmico passivo para a zona bioclimática 6

Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Verão	H) Resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento J) Ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa)
Inverno	C) Vedações internas pesadas (inércia térmica)
NOTA Os códigos H, J e C são os mesmos adotados na metodologia utilizada para definir o zoneamento bioclimático do Brasil (ver anexo B).	

6.7 Diretrizes construtivas para a zona bioclimática 7

Na zona bioclimática 7 (ver figuras 14 e 15), devem ser atendidas as diretrizes apresentadas nas tabelas 19, 20 e 21.

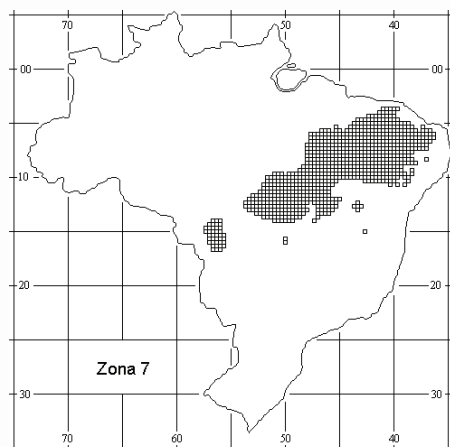


Figura 14 — Zona bioclimática 7

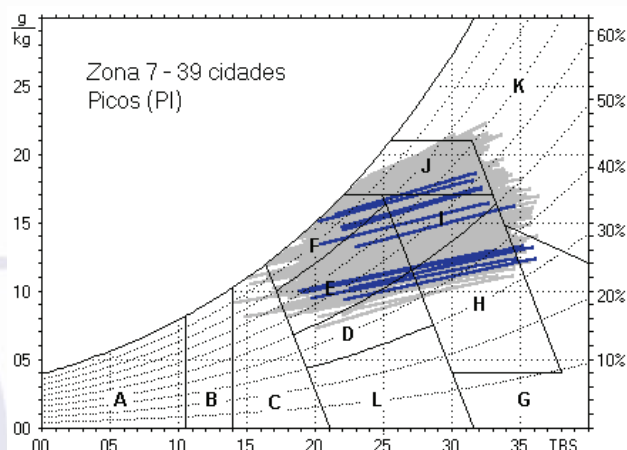


Figura 15 — Carta bioclimática apresentando as normas climatológicas de cidades desta zona, destacando a cidade de Picos, PI

Tabela 19 — Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a zona bioclimática 7

Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas
Pequenas	Sombrear aberturas

Tabela 20 — Tipos de vedações externas para a zona bioclimática 7

Vedações externas
Parede: Pesada
Cobertura: Pesada

Tabela 21 — Estratégias de condicionamento térmico passivo para a zona bioclimática 7

Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Verão	H) Resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento J) Ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa)
NOTA Os códigos H e J são os mesmos adotados na metodologia utilizada para definir o zoneamento bioclimático do Brasil (ver anexo B).	

6.8 Diretrizes construtivas para a zona bioclimática 8

Na zona bioclimática 8 (ver figuras 16 e 17), devem ser atendidas as diretrizes apresentadas nas tabelas 22, 23 e 24.

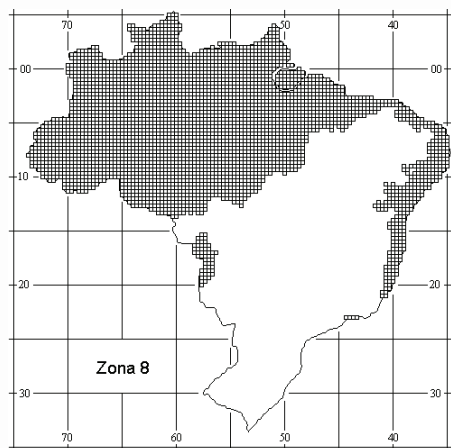


Figura 16 — Zona bioclimática 8

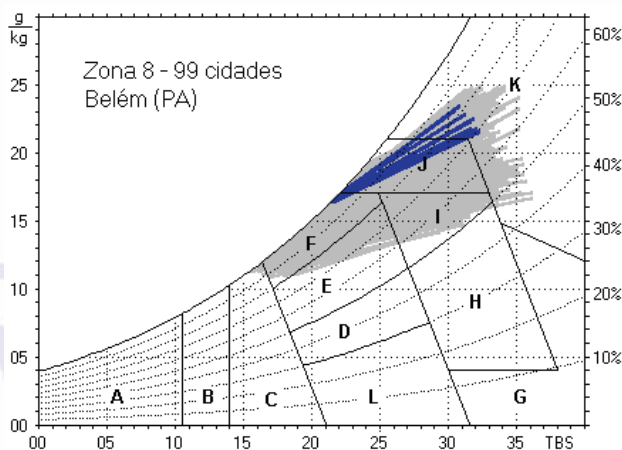


Figura 17 — Carta bioclimática apresentando as normais climatológicas de cidades desta zona, destacando a cidade de Belém, PA

Tabela 22 — Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a zona bioclimática 8

Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas
Grandes	Sombrear aberturas

Tabela 23 — Tipos de vedações externas para a zona bioclimática 8

Vedações externas
Parede: Leve refletora
Cobertura: Leve refletora
NOTAS 1 Coberturas com telha de barro sem forro, embora não atendam aos critérios das tabelas 23 e C.2, podem ser aceitas na zona 8, desde que as telhas não sejam pintadas ou esmaltadas. 2 Na zona 8, também serão aceitas coberturas com transmitâncias térmicas acima dos valores tabelados, desde que atendam às seguintes exigências: a) conttenham aberturas para ventilação em no mínimo dois beirais opostos; e b) as aberturas para ventilação ocupem toda a extensão das fachadas respectivas. Nestes casos, em função da altura total para ventilação (ver figura 18), os limites aceitáveis da transmitância térmica poderão ser multiplicados pelo fator (FT) indicado pela expressão 1.

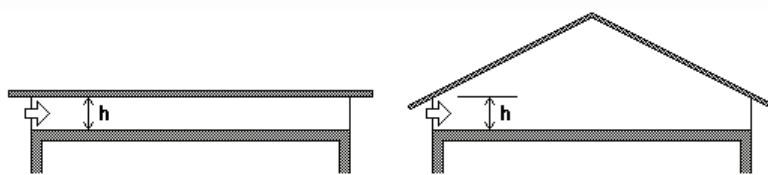


Figura 18 — Abertura (h) em beirais, para ventilação do ático

$$FT = 1,17 - 1,07 \cdot h^{-1,04} \quad (1)$$

Onde:

FT igual ao fator de correção da transmitância aceitável para as coberturas da zona 8 (adimensional);

h igual à altura da abertura em dois beirais opostos, em centímetros.

NOTA Para coberturas sem forro ou com áticos não ventilados, $FT = 1$.

Tabela 24 — Estratégias de condicionamento térmico passivo para a zona bioclimática 8

Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Verão	J) Ventilação cruzada permanente NOTA O condicionamento passivo será insuficiente durante as horas mais quentes. O código J é o mesmo adotado na metodologia utilizada para definir o zoneamento bioclimático do Brasil (ver anexo B).

7 Estratégias de condicionamento térmico

A tabela 25 apresenta o detalhamento das diferentes estratégias de condicionamento térmico passivo.

Tabela 25 — Detalhamento das estratégias de condicionamento térmico

Estratégia	Detalhamento
A	O uso de aquecimento artificial será necessário para amenizar a eventual sensação de desconforto térmico por frio
B	A forma, a orientação e a implantação da edificação, além da correta orientação de superfícies envidraçadas, podem contribuir para otimizar o seu aquecimento no período frio, através da incidência de radiação solar. A cor externa dos componentes também desempenha papel importante no aquecimento dos ambientes através do aproveitamento da radiação solar
C	A adoção de paredes internas pesadas pode contribuir para manter o interior da edificação aquecido
D	Caracteriza a zona de conforto térmico (a baixas umidades)
E	Caracteriza a zona de conforto térmico
F	As sensações térmicas são melhoradas através da desumidificação dos ambientes. Esta estratégia pode ser obtida através da renovação do ar interno por ar externo através da ventilação dos ambientes

Tabela 25 (conclusão)

Estratégia	Detalhamento
G e H	Em regiões quentes e secas, a sensação térmica no período de verão pode ser amenizada através da evaporação da água. O resfriamento evaporativo pode ser obtido através do uso de vegetação, fontes de água ou outros recursos que permitam a evaporação da água diretamente no ambiente que se deseja resfriar
H e I	Temperaturas internas mais agradáveis também podem ser obtidas através do uso de paredes (externas e internas) e coberturas com maior massa térmica, de forma que o calor armazenado em seu interior durante o dia seja devolvido ao exterior durante a noite, quando as temperaturas externas diminuem
I e J	A ventilação cruzada é obtida através da circulação de ar pelos ambientes da edificação. Isto significa que se o ambiente tem janelas em apenas uma fachada, a porta deve ser mantida aberta para permitir a ventilação cruzada. Também deve-se atentar para os ventos predominantes da região e para o entorno, pois o entorno pode alterar significativamente a direção dos ventos
K	O uso de resfriamento artificial será necessário para amenizar a eventual sensação de desconforto térmico por calor
L	Nas situações em que a umidade relativa do ar for muito baixa e a temperatura do ar estiver entre 21°C e 30°C, a umidificação do ar proporcionará sensações térmicas mais agradáveis. Essa estratégia pode ser obtida através da utilização de recipientes com água e do controle da ventilação, pois esta é indesejável por eliminar o vapor proveniente de plantas e atividades domésticas

Anexo A (normativo)

Relação das 330 cidades cujos climas foram classificados

A.1 Notas sobre as colunas

A primeira coluna (UF) indica a Unidade Federativa a que a cidade pertence e a quarta coluna (Zona) indica a zona bioclimática na qual a cidade está inserida. Os estados e as cidades são apresentados em ordem alfabética. A terceira coluna apresenta as estratégias bioclimáticas recomendadas, de acordo com a metodologia utilizada.

UF	Cidade	Estrat.	Zona
AC	Cruzeiro do Sul	FJK	8
AC	Rio Branco	FIJK	8
AC	Tarauacá	FJK	8
AL	Água Branca	CFI	5
AL	Anadia	FIJ	8
AL	Coruripe	FIJ	8
AL	Maceió	FIJ	8
AL	Palmeira dos Índios	FIJ	8
AL	Pão de Açúcar	FIJK	8
AL	Pilar	FIJ	8
AL	Porto de Pedras	FIJ	8
AM	Barcelos	FJK	8
AM	Coari	FJK	8
AM	Fonte Boa	FJK	8
AM	Humaitá	FIJK	8
AM	Iaurete	FJK	8
AM	Itacoatiara	FJK	8
AM	Manaus	FJK	8
AM	Parintins	JK	8
AM	Taracua	FJK	8
AM	Tefé	FJK	8
AM	Uaupes	FJK	8
AP	Macapá	FJK	8
BA	Alagoinhas	FIJ	8
BA	Barra do Rio Grande	CDFHI	6
BA	Barreiras	DFHIJ	7
BA	Bom Jesus da Lapa	CDFHI	6
BA	Caetité	CDFI	6
BA	Camaçari	FIJ	8
BA	Canavieiras	FIJ	8
BA	Caravelas	FIJ	8
BA	Carinhanha	CDFHI	6
BA	Cipó	FIJK	8

UF	Cidade	Estrat.	Zona
CE	Barbalha	DFHIJ	7
CE	Campos Sales	DFHIJ	7
CE	Crateús	DFHIJ	7
CE	Fortaleza	FIJ	8
CE	Guaramiranga	CFI	5
CE	Iguatu	DFHIJ	7
CE	Jaguaruana	FIJK	8
CE	Mondibim	FIJ	8
CE	Morada Nova	FHIJK	7
CE	Quixadá	FHIJK	7
CE	Quixeramobim	FHIJK	7
CE	Sobral	FHIJK	7
CE	Tauá	DFHIJ	7
DF	Brasília	BCDFI	4
ES	Cachoeiro de Itapemirim	FIJK	8
ES	Conceição da Barra	FIJ	8
ES	Linhares	FIJ	8
ES	São Mateus	FIJ	8
ES	Vitória	FIJ	8
GO	Aragarças	CFHIJ	6
GO	Catalão	CDFHI	6
GO	Formosa	CDFHI	6
GO	Goiânia	CDFHI	6
GO	Goiás	FHIJ	7
GO	Ipameri	BCDFI	4
GO	Luziânia	BCDFI	4
GO	Pirenópolis	CDFHI	6
GO	Posse	CDFHI	6
GO	Rio Verde	CDFHI	6
MA	Barra do Corda	FHIJK	7
MA	Carolina	FHIJ	7
MA	Caxias	FHIJK	7
MA	Coroatá	FIJK	8

UF	Cidade	Estrat.	Zona
BA	Correntina	CFHIJ	6
BA	Guaratinga	FIJ	8
BA	Ibipetuba	CFHIJ	6
BA	Ilhéus	FIJ	8
BA	Irecê	CDFHI	6
BA	Itaberaba	FI	8
BA	Itiruçu	CFI	5
BA	Ituaçu	CDFHI	6
BA	Jacobina	FI	8
BA	Lençóis	FIJ	8
BA	Monte Santo	CFHI	6
BA	Morro do Chapéu	CFI	5
BA	Paratinga	FHIJK	7
BA	Paulo Afonso	FHIJK	7
BA	Remanso	DFHI	7
BA	Salvador (Ondina)	FIJ	8
BA	Santa Rita de Cássia	CFHIJ	6
BA	São Francisco do Conde	FIJ	8
BA	São Gonçalo dos Campos	FIJ	8
BA	Senhor do Bonfim	FHI	7
BA	Serrinha	FIJ	8
BA	Vitória da Conquista	CFI	5
MG	Governador Valadares	CFIJ	5
MG	Grão Mogol	BCFI	3
MG	Ibirité	ABCFI	2
MG	Itabira	BCFI	3
MG	Itajubá	ABCFI	2
MG	Itamarandiba	BCFI	3
MG	Januária	CFHIJ	6
MG	João Pinheiro	CDFHI	6
MG	Juiz de Fora	BCFI	3
MG	Lavras	BCFI	3
MG	Leopoldina	CFIJ	5
MG	Machado	ABCFI	2
MG	Monte Alegre de Minas	BCFIJ	3
MG	Monte Azul	DFHI	7
MG	Montes Claros	CDFHI	6
MG	Muriaé	BCFIJ	3
MG	Oliveira	BCDFI	4
MG	Paracatu	CFHIJ	6
MG	Passa Quatro	ABCFI	2
MG	Patos de Minas	BCDFI	4
MG	Pedra Azul	CFI	5
MG	Pirapora	BCFHI	4

UF	Cidade	Estrat.	Zona
MA	Grajaú	FHIJK	7
MA	Imperatriz	FHIJK	7
MA	São Bento	FIJK	8
MA	São Luiz	JK	8
MA	Turialvo	FIJ	8
MA	Zé Doca	FIJK	8
MG	Aimorés	CFIJK	5
MG	Araçuaí	CFIJ	5
MG	Araxá	BCFI	3
MG	Bambuí	BCFIJ	3
MG	Barbacena	BCFI	3
MG	Belo Horizonte	BCFI	3
MG	Caparaó	ABCFI	2
MG	Capinópolis	CFIJ	5
MG	Caratinga	BCFI	3
MG	Cataguases	CFIJ	5
MG	Conceição do Mato Dentro	BCFI	3
MG	Coronel Pacheco	BCFIJ	3
MG	Curvelo	BCFIJ	3
MG	Diamantina	BCFI	3
MG	Espinosa	CDFHI	6
MG	Frutal	CFHIJ	6
PA	Breves	FJK	8
PA	Conceição do Araguaia	FIJK	8
PA	Itaituba	FJK	8
PA	Marabá	FJK	8
PA	Monte Alegre	FIJ	8
PA	Óbidos	FJK	8
PA	Porto de Moz	FJK	8
PA	Santarém (Taperinha)	FJK	8
PA	São Félix do Xingú	FIJK	8
PA	Soure	JK	8
PA	Tiriró	FIJ	8
PA	Tracuateua	FIJK	8
PA	Tucuruí	FJK	8
PB	Areia	FIJ	8
PB	Bananeiras	FIJ	8
PB	Campina Grande	FIJ	8
PB	Guarabira	FIJK	8
PB	João Pessoa	FIJ	8
PB	Monteiro	CFHI	6
PB	São Gonçalo	FHIJK	7
PB	Umbuzeiro	FI	8
PE	Arco Verde	FHI	7

Continuação

UF	Cidade	Estrat.	Zona
MG	Pitangui	BCFHI	4
MG	Poços de Calda	ABCF	1
MG	Pompeu	BCFIJ	3
MG	Santos Dumont	BCFI	3
MG	São Francisco	CFHIJ	6
MG	São João Del Rei	ABCFI	2
MG	São João Evangelista	BCFIJ	3
MG	São Lourenço	ABCFI	2
MG	Sete Lagoas	BCDFI	4
MG	Teófilo Otoni	CFIJ	5
MG	Três Corações	ABCFI	2
MG	Ubá	BCFIJ	3
MG	Uberaba	BCFIJ	3
MG	Viçosa	BCFIJ	3
MS	Aquidauana	CFIJK	5
MS	Campo Grande	CFHIJ	6
MS	Corumbá	FIJK	8
MS	Coxim	CFHIJ	6
MS	Dourados	BCFIJ	3
MS	Ivinhema	CFIJK	5
MS	Paranaíba	CFHIJ	6
MS	Ponta Porã	BCFI	3
MS	Três Lagoas	CFHIJ	6
MT	Cáceres	FIJK	8
MT	Cidade Vera	CFIJK	5
MT	Cuiabá	FHIJK	7
MT	Diamantino	FHIJK	7
MT	Meruri	CFHIJ	6
MT	Presidente Murtinho	BCFIJ	3
PA	Altamira	FJK	8
PA	Alto Tapajós	FJK	8
PA	Belém	FJK	8
PA	Belterra	FJK	8
PR	Paranaguá	BCFIJ	3
PR	Ponta Grossa	ABCFI	2
PR	Rio Negro	ABCFI	2
RJ	Angra dos Reis	FIJ	8
RJ	Barra do Itabapoana	CFIJ	5
RJ	Cabo Frio	FIJ	8
RJ	Campos	CFIJ	5
RJ	Carmo	BCFIJ	3
RJ	Cordeiro	BCFIJ	3
RJ	Escola Agrícola	CFIJ	5
RJ	Ilha Guaíba	FIJ	8
RJ	Itaperuna	CFIJ	5

UF	Cidade	Estrat.	Zona
PE	Barreiros	FJK	8
PE	Cabrobó	DFHI	7
PE	Correntes	FIJ	8
PE	Fernando de Noronha	FIJ	8
PE	Floresta	FHIK	7
PE	Garanhuns	CFI	5
PE	Goiana	FIJ	8
PE	Nazaré da Mata	FIJ	8
PE	Pesqueira	FI	8
PE	Petrolina	DFHI	7
PE	Recife	FIJ	8
PE	São Caetano	FIJ	8
PE	Surubim	FIJ	8
PE	Tapera	FIJ	8
PE	Triunfo	CFHI	6
PI	Bom Jesus do Piauí	DFHIJ	7
PI	Floriano	FHIJK	7
PI	Parnaíba	FIJ	8
PI	Paulistana	DFHIJ	7
PI	Picos	DFHIJ	7
PI	Teresina	FHIJK	7
PR	Campo Mourão	BCFI	3
PR	Castro	ABCF	1
PR	Curitiba	ABCF	1
PR	Foz do Iguaçu	BCFIJ	3
PR	Guaíra	BCFIJ	3
PR	Guarapuava	ABCF	1
PR	Ivaí	ABCFI	2
PR	Jacarezinho	BCFIJ	3
PR	Jaguariaiva	ABCFI	2
PR	Londrina	BCFI	3
PR	Maringá	ABCD	1
PR	Palmas	ABCF	1
SC	Lages	ABCF	1
SC	Laguna	ABCFI	2
SC	Porto União	ABCFI	2
SC	São Francisco do Sul	CFIJ	5
SC	São Joaquim	ABCF	1
SC	Urussanga	ABCFI	2
SC	Valões	ABCFI	2
SC	Xanxerê	ABCFI	2
SE	Aracajú	FIJ	8
SE	Itabaianinha	FIJ	8
SE	Propriá	FIJK	8
SP	Andradina	CFHIJ	6

UF	Cidade	Estrat.	Zona
RJ	Macaé	CFIJ	5
RJ	Niterói	CFIJ	5
RJ	Nova Friburgo	ABCFI	2
RJ	Petrópolis	BCF	3
RJ	Piraí	BCFIJ	3
RJ	Rezende	BCFIJ	3
RJ	Rio de Janeiro	FIJ	8
RJ	Rio Douro	CFIJ	5
RJ	Teresópolis	ABCFI	2
RJ	Vassouras	BCFIJ	3
RJ	Xerém	CFIJ	5
RN	Apodí	FIJK	8
RN	Ceará Mirim	FIJ	8
RN	Cruzeta	FHIJK	7
RN	Floriania	FHIJ	7
RN	Macaíba	FIJ	8
RN	Macau	FIJ	8
RN	Mossoró	FHIJK	7
RN	Natal	FIJ	8
RN	Nova Cruz	FIJ	8
RO	Porto Velho	FIJK	8
RS	Alegrete	ABCFI	2
RS	Bagé	ABCFI	2
RS	Bom Jesus	ABCF	1
RS	Caxias do Sul	ABCF	1
RS	Cruz Alta	ABCFI	2
RS	Encruzilhada do Sul	ABCFI	2
RS	Iraí	BCFIJ	3
RS	Passo Fundo	ABCFI	2
RS	Pelotas	ABCFI	2
RS	Porto Alegre	BCFI	3
RS	Rio Grande	BCFI	3
RS	Santa Maria	ABCFI	2
RS	Santa Vitória do Palmar	ABCFI	2
RS	São Francisco de Paula	ABCF	1
RS	São Luiz Gonzaga	ABCFI	2
RS	Torres	BCFI	3
RS	Uruguaiana	ABCFI	2
SC	Araranguá	ABCFI	2
SC	Camboriú	BCFIJ	3
SC	Chapecó	BCFI	3
SC	Florianópolis	BCFIJ	3
SC	Indaial	BCFIJ	3

UF	Cidade	Estrat.	Zona
SP	Araçatuba	CFIJK	5
SP	Avaré	BCFIJ	3
SP	Bandeirantes	BCFI	3
SP	Bariri	BCFI	3
SP	Barra Bonita	BCFI	3
SP	Campinas	BCFI	3
SP	Campos do Jordão	ABCF	1
SP	Casa Grande	ABCFI	2
SP	Catanduva	CFHIJ	6
SP	Franca	BCDF	4
SP	Graminha	BCFI	3
SP	Ibitinga	BCFIJ	3
SP	Iguape	CFIJ	5
SP	Itapeva	ABCFI	2
SP	Jau	BCDFI	4
SP	Juquiá	CFIJ	5
SP	Jurumirim	BCFI	3
SP	Limeira	BCDFI	4
SP	Limoeiro	BCDFI	4
SP	Mococa	BCDFI	4
SP	Mogi Guaçu (Campininha)	BCFIJ	3
SP	Paraguaçu Paulista	CDFI	6
SP	Pindamonhangaba	BCFIJ	3
SP	Pindorama	CDFHI	6
SP	Piracicaba	ABCFI	2
SP	Presidente Prudente	CDFHI	6
SP	Ribeirão das Antas	BCFI	3
SP	Ribeirão Preto	BCDFI	4
SP	Salto Grande	BCFIJ	3
SP	Santos	CFIJ	5
SP	São Carlos	BCDFI	4
SP	São Paulo	BCFI	3
SP	São Simão	BCDFI	4
SP	Sorocaba	BCFI	3
SP	Tietê	BCFI	3
SP	Tremembé	BCFI	3
SP	Ubatuba	BCFIJ	3
SP	Viracopos	BCDFI	4
SP	Votuporanga	CDFHI	6
TO	Paraná	CFHIJ	6
TO	Peixe	FHIJK	7
TO	Porto Nacional	FHIJK	7
TO	Taguatinga	DFHIJ	7

Anexo B (normativo)

Zoneamento bioclimático do Brasil

B.1 Conceituação

O território brasileiro foi dividido em oito zonas relativamente homogêneas quanto ao clima.

Para cada uma destas zonas, formulou-se um conjunto de recomendações técnico-construtivas, objetivando otimizar o desempenho térmico das edificações, através de sua melhor adequação climática.

B.2 Base de dados climáticos

B.2.1 O território brasileiro foi dividido em 6 500 células, cada uma das quais foi caracterizada pela posição geográfica e pelas seguintes variáveis climáticas:

- a) médias mensais das temperaturas máximas;
- b) médias mensais das temperaturas mínimas; e
- c) médias mensais das umidades relativas do ar.

B.2.2 Para 330 células (ver figura B.1) contou-se com:

- a) dados das normais climatológicas medidos desde 1961 a 1990 em 206 cidades;
- b) dados das normais climatológicas e outras fontes medidos desde 1931 a 1960 em 124 cidades;
- c) para as demais células o clima foi estimado, por interpolação, através dos passos de B.2.2.1 e B.2.2.2.

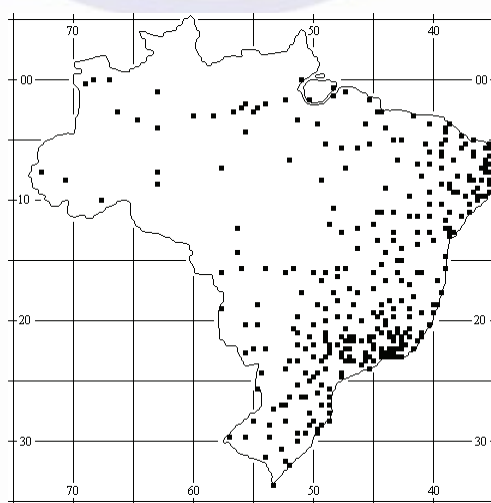


Figura B.1 — Localização das células com dados medidos

B.2.2.1 Médias mensais de temperaturas máximas e mínimas

Os valores de cada célula foram considerados como médias ponderadas entre quatro células vizinhas (acima, abaixo, à esquerda e à direita). Na ponderação, as células com dados medidos tiveram peso quatro e as demais, peso um.

B.2.2.2 Médias mensais de umidades relativas

Através dos algoritmos das relações psicrométricas ("Algorithms for Building Heat Transfer Subroutines", ASHRAE, 1996), foram primeiramente calculadas as umidades absolutas (gramas de vapor d'água/quilo de ar seco) das cidades com clima medido.

Em seguida, estas umidades foram interpoladas pelo mesmo procedimento adotado para as temperaturas.

Finalmente, para cada célula, foram obtidas as umidades relativas correspondentes às temperaturas médias mensais.

B.3 Método para a classificação bioclimática

Adotou-se uma carta bioclimática (ver figura B.2) adaptada a partir da sugerida por Givoni ("Comfort, climate analysis and building design guidelines". Energy and Building, vol.18, July/92).

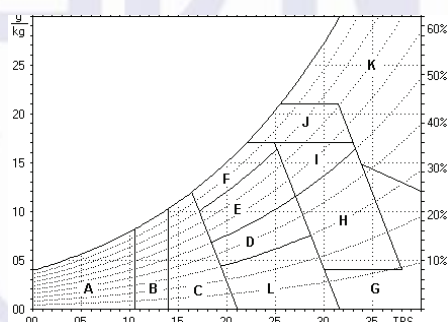


Figura B.2 — Carta bioclimática adaptada

As zonas da carta correspondem às seguintes estratégias:

A – Zona de aquecimento artificial (calefação)	G + H – Zona de resfriamento evaporativo
B – Zona de aquecimento solar da edificação	H + I – Zona de massa térmica de refrigeração
C – Zona de massa térmica para aquecimento	I + J – Zona de ventilação
D – Zona de conforto térmico (baixa umidade)	K – Zona de refrigeração artificial
E – Zona de conforto térmico	L – Zona de umidificação do ar
F – Zona de desumidificação (renovação do ar)	

Sobre esta carta, foram registrados e classificados os climas de cada ponto do território brasileiro. Para cada mês do ano, os dados mensais de temperatura e umidade do ar foram representados por uma reta (ver figura B.3), obtida da seguinte maneira:

Dados de entrada:

- a) T_{min} igual à temperatura média das mínimas;

- b) T_{max} igual à temperatura média das máximas;
- c) UR igual à média mensal da umidade relativa.

Cálculo da temperatura média mensal e sequência $T_{med} = (T_{min} + T_{max}) / 2$.

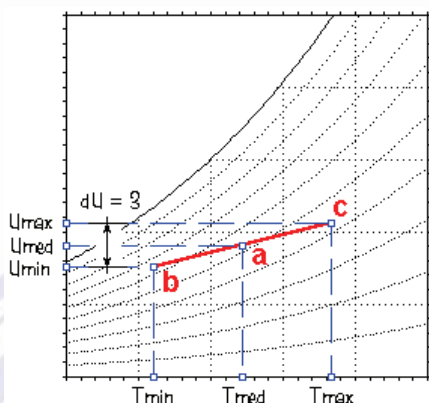


Figura B.3 — Determinação da linha abc

Marcar o ponto *a*, na interseção entre T_{med} e UR .

A umidade absoluta correspondente ao ponto *a* será considerada como a média mensal da umidade absoluta (U_{med} , em g. de vapor/kg de ar seco).

Calcular U_{min} (umidade absoluta correspondente a T_{min}) pela seguinte expressão:

$$U_{min} = U_{med} - 1,5 \text{ (gr. vapor/kg ar seco)}$$

Calcular U_{max} (umidade absoluta correspondente a T_{max}) pela seguinte expressão:

$$U_{max} = U_{med} + 1,5 \text{ (gr. vapor/kg ar seco)}$$

NOTA A variação média da umidade absoluta do ar, adotada nas expressões acima, é sugerida por Lamberts, Dutra e Pereira ("Eficiência Energética na Arquitetura", 1997, página 144).

Localizar o ponto *b* na interseção entre as retas que passam por T_{min} e por U_{min}

Localizar o ponto *c* na interseção entre as retas que passam por T_{max} e por U_{max}

A reta *bc* representa todas as horas de um dia médio do mês considerado. Calcula-se, então, a percentagem destas horas que corresponda a cada uma das estratégias indicadas na carta bioclimática.

No exemplo indicado na figura B.4, as horas mais frias do dia estão na região *C* da carta (massa térmica para aquecimento), enquanto as mais quentes estão na região *D*. Como a reta inteira equivale a 100% do tempo, os segmentos *C*, *E* e *D* indicam, respectivamente, as percentagens das horas correspondentes a cada uma destas estratégias. Esta operação é repetida para os 12 meses, calculando-se, assim, as percentagens de cada estratégia acumuladas ao longo de um ano.

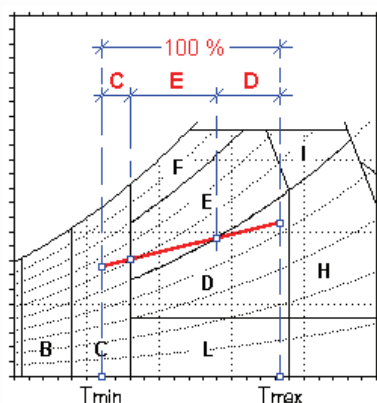


Figura B.4 — Percentagem de cada estratégia

B.4 Um caso particular

A figura B.5 mostra uma condição climática sob a qual a aplicação do procedimento indicado implicaria localizar o ponto *b* acima da curva de saturação do ar.

Nestes casos, fazendo corresponder o ponto *b* a uma umidade relativa $\leq 100\%$, adota-se uma amplitude maior que 3 para a umidade absoluta ($dU > 3$ gr vapor/kg ar seco).

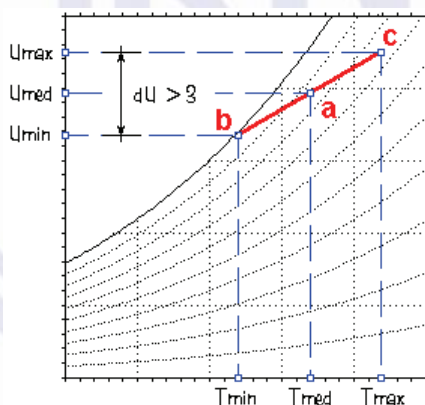


Figura B.5 — Ponto acima da curva de saturação do ar

A carta indicada na figura B.6 apresenta o clima de Brasília, com as respectivas percentagens das horas/ano correspondentes a cada estratégia. Valores menores que 1% são desprezados. Em seguida, são selecionadas as cinco principais estratégias, exceto a da região *E* (conforto térmico). No caso de Brasília, restariam as seguintes:

- F – 16,2 %
- D – 10,6 %
- C – 12,7 %
- I – 3,7%
- B – 1,5%

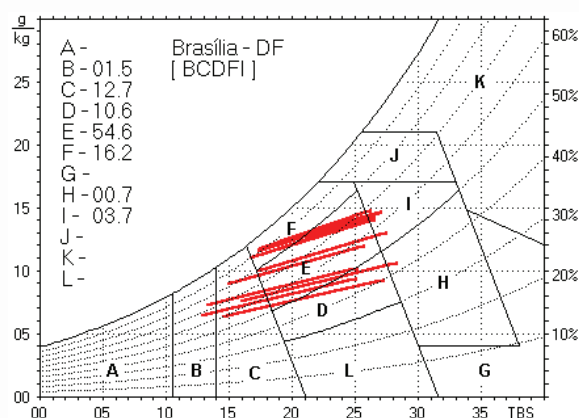


Figura B.6 — Estratégias bioclimáticas para Brasília

Reunidas em ordem alfabética, estas letras definem o código *BCDFI* para o clima analisado. Este código permitirá a classificação de cada tipo de clima, em uma das oito zonas bioclimáticas, através dos critérios apresentados na tabela B.1

Tabela B.1 — Critérios para classificação bioclimática

Classificação							Zona	Nº Cidades
A	B	C	D	H	I	J		
Sim					Não	Não	1	12
Sim							2	33
	Sim		Não	Não			3	62
	Sim						4	17
		Sim	Não	Não			5	30
		Sim					6	38
				Sim			7	39
			Não				8	99

Legenda: Sim = presença obrigatória
Não = presença proibida

NOTAS

1 As estratégias não assinaladas com sim ou não podem estar no código do clima, mas sua presença não é obrigatória.

2 Percorrer a tabela de cima para baixo, adotando a primeira zona, cujos critérios coincidam com o código.

B.5 Exemplo de aplicação

Como já foi visto, o clima de Brasília é identificado pelas letras *BCDFI*. Percorre-se então a tabela de cima para baixo, procurando a primeira zona, cujos critérios aceitem esta seqüência:

Zona 1: *A* é obrigatório e *I* e *J* são proibidos. Portanto, Brasília não faz parte desta zona bioclimática, pois não tem *A* e tem *I*.

Zona 2: *A* é obrigatório. Brasília não faz parte desta zona bioclimática, pois não tem *A*.

Zona 3: *B* é obrigatório e *D* e *H* são proibidos. Brasília tem *D*, portanto não faz parte desta zona bioclimática.

Zona 4: *B* é obrigatório. Como Brasília tem *B*, sua zona bioclimática é a 4.

Anexo C (informativo)

Recomendações e diretrizes construtivas para adequação da edificação ao clima local

A tabela C.1 apresenta diretrizes construtivas relativas às aberturas para ventilação e a tabela C.2, diretrizes construtivas relativas à transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar para paredes externas e coberturas.

Tabela C.1 — Aberturas para ventilação

Aberturas para ventilação	A (em % da área de piso)
Pequenas	$10\% < A < 15\%$
Médias	$15\% < A < 25\%$
Grandes	$A > 40\%$

Tabela C.2 — Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar admissíveis para cada tipo de vedação externa

Vedações externas		Transmitância térmica – U W/m ² .K	Atraso térmico - φ h	Fator solar - FS _o %
Paredes	Leve	$U \leq 3,00$	$\varphi \leq 4,3$	$FS_o \leq 5,0$
	Leve refletora	$U \leq 3,60$	$\varphi \leq 4,3$	$FS_o \leq 4,0$
	Pesada	$U \leq 2,20$	$\varphi \geq 6,5$	$FS_o \leq 3,5$
Coberturas	Leve isolada	$U \leq 2,00$	$\varphi \leq 3,3$	$FS_o \leq 6,5$
	Leve refletora	$U \leq 2,30.FT$	$\varphi \leq 3,3$	$FS_o \leq 6,5$
	Pesada	$U \leq 2,00$	$\varphi \geq 6,5$	$FS_o \leq 6,5$

NOTAS

- 1 Transmitância térmica, atraso térmico e fator solar (ver ABNT NBR 15220-2).
- 2 s aberturas efetivas para ventilação são dadas em porcentagem da área de piso em ambientes de longa permanência (cozinha, dormitório, sala de estar).
- 3 No caso de coberturas (este termo deve ser entendido como o conjunto telhado mais ático mais forro), a transmitância térmica deve ser verificada para fluxo descendente.
- 4 O termo “ático” refere-se à câmara de ar existente entre o telhado e o forro.

Anexo D (informativo)

Transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico de algumas paredes e coberturas

Tabela D.1 — Propriedades térmicas dos materiais utilizados nos componentes da tabela D.3

Material	ρ kg/m ³	λ W/(m.K)	C kJ/(kg.K)
Cerâmica	1 600	0,90	0,92
Argamassa de emboço ou assentamento	2 000	1,15	1,00
Concreto	2 400	1,75	1,00

Tabela D.2 — Propriedades térmicas dos materiais utilizados nos componentes da tabela D.4

Material	ρ kg/m ³	λ W/(m.K)	C kJ/(kg.K)
Cerâmica	2 000	1,05	0,92
Fibrocimento	1 900	0,95	0,84
Madeira	600	0,14	2,30
Concreto	2200	1,75	1,00
Lâmina de alumínio polido ($\varepsilon < 0,2$)	2700	230	0,88
Lã de vidro	50	0,045	0,70

Tabela D.3 — Transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico para algumas paredes

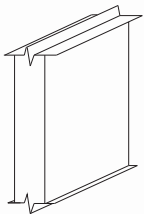
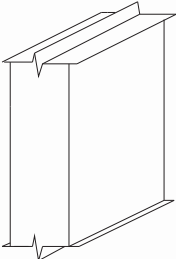
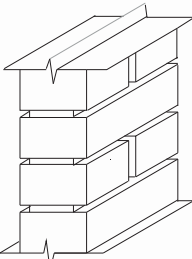
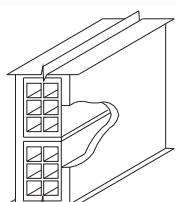
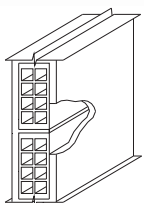
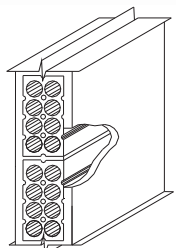
Parede	Descrição	U W/(m ² .K)	C _T kJ/(m ² .K)	φ h
	Parede de concreto maciço Espessura total da parede: 5,0 cm	5,04	120	1,3
	Parede de concreto maciço Espessura total da parede: 10,0 cm	4,40	240	2,7
	Parede de tijolos maciços aparentes Dimensões do tijolo: 10,0 cm x 6,0 cm x 22,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura total da parede: 10,0 cm	3,70	149	2,4
	Parede de tijolos de 6 furos quadrados, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 9,0 cm x 14,0 cm x 19,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 14,0 cm	2,48	159	3,3
	Parede de tijolos de 8 furos quadrados, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 9,0 cm x 19,0 cm x 19,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 14,0 cm	2,49	158	3,3
	Parede de tijolos de 8 furos circulares, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 10,0 cm x 20,0 cm x 20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 15,0 cm	2,24	167	3,7

Tabela D.3 (continuação)

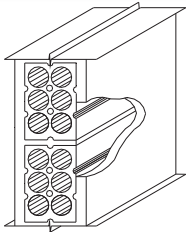
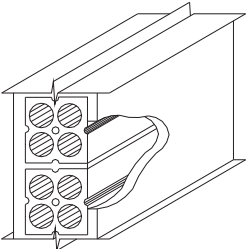
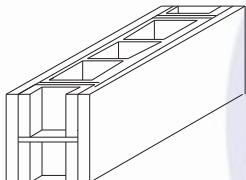
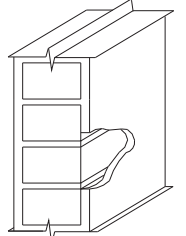
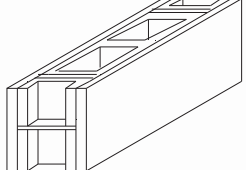
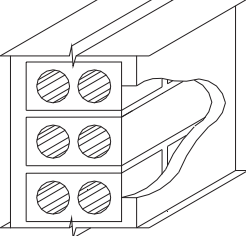
Parede	Descrição	U W/(m ² .K)	C _T kJ/(m ² .K)	φ h
	Parede de tijolos de 6 furos circulares, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 10,0 cm x 15,0 cm x 20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 15,0 cm	2,28	168	3,7
	Parede com 4 furos circulares Dimensões do tijolo: 9,5 cm x 9,5 cm x 20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 14,5 cm	2,49	186	3,7
	Parede de blocos cerâmicos de 3 furos Dimensões do bloco: 13,0 cm x 28,0 cm x 18,5 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 18,0 cm	2,43	192	3,8
	Parede de tijolos maciços, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 10,0 cm x 6,0 cm x 22,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 15,0 cm	3,13	255	3,8
	Parede de blocos cerâmicos de 2 furos Dimensões do bloco: 14,0 cm x 29,5 cm x 19,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 19,0 cm	2,45	203	4,0
	Parede de tijolos com 2 furos circulares Dimensões do tijolo: 12,5 cm x 6,3 cm x 22,5 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 17,5 cm	2,43	220	4,2

Tabela D.3 (continuação)

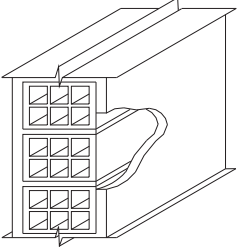
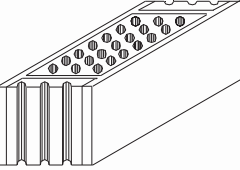
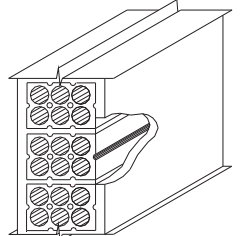
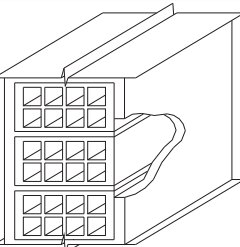
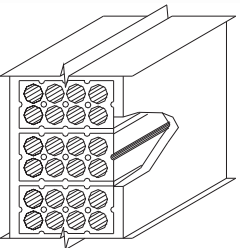
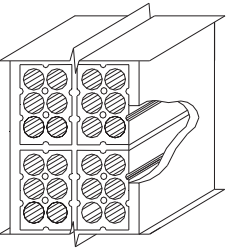
Parede	Descrição	U W (m ² .K)	C _T kJ/(m ² .K)	φ h
	Parede de tijolos de 6 furos quadrados, assentados na maior dimensão Dimensões do tijolo: 9,0 cm x 14,0 cm x 19,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 19,0 cm	2,02	192	4,5
	Parede de tijolos de 21 furos circulares, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 12,0 cm x 11,0 cm x 25,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 17,0 cm	2,31	227	4,5
	Parede de tijolos de 6 furos circulares, assentados na maior dimensão Dimensões do tijolo: 10,0 cm x 15,0 cm x 20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 20,0 cm	1,92	202	4,8
	Parede de tijolos de 8 furos quadrados, assentados na maior dimensão Dimensões do tijolo: 9,0 cm x 19,0 cm x 19,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 24,0 cm	1,80	231	5,5
	Parede de tijolos de 8 furos circulares, assentados na maior dimensão Dimensões do tijolo: 10,0 cm x 20,0 cm x 20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 25,0 cm	1,61	232	5,9
	Parede dupla de tijolos de 6 furos circulares, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 10,0 cm x 15,0 cm x 20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 26,0 cm	1,52	248	6,5

Tabela D.3 (conclusão)

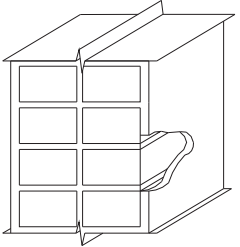
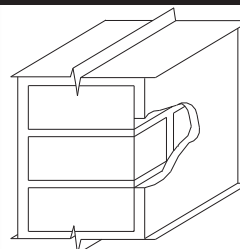
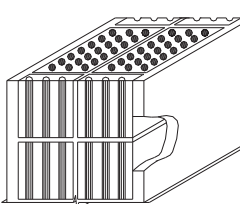
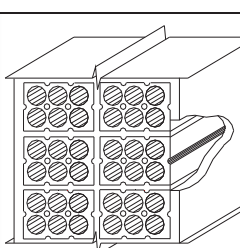
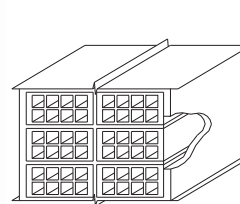
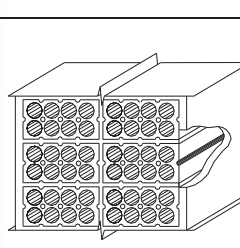
Parede	Descrição	U W (m ² .K)	C_T kJ/(m ² .K)	ϕ h
	Parede dupla de tijolos maciços, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 10,0 cm x 6,0 cm x 22,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 26,0 cm	2,30	430	6,6
	Parede de tijolos maciços, assentados na maior dimensão Dimensões do tijolo: 10,0 cm x 6,0 cm x 22,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 27,0 cm	2,25	445	6,8
	Parede dupla de tijolos de 21 furos circulares, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 12,0 cm x 11,0 cm x 25,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 30,0 cm	1,54	368	8,1
	Parede dupla de tijolos de 6 furos circulares, assentados na maior dimensão Dimensões do tijolo: 10,0 cm x 15,0 cm x 20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 36,0 cm	1,21	312	8,6
	Parede dupla de tijolos de 8 furos quadrados, assentados na maior dimensão Dimensões do tijolo: 9,0 cm x 19,0 cm x 19,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 44,0 cm	1,12	364	9,9
	Parede dupla de tijolos de 8 furos circulares, assentados na maior dimensão Dimensões do tijolo: 10,0 cm x 20,0 cm x 20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 46,0 cm	0,98	368	10,8

Tabela D.4 — Transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico para algumas coberturas

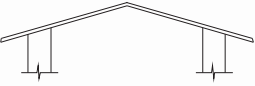
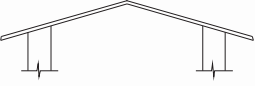
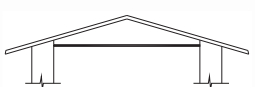
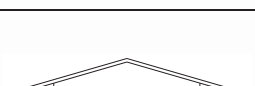
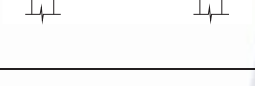
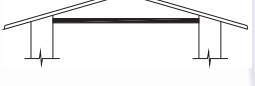
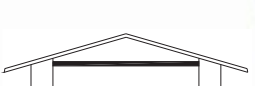
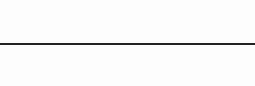
Cobertura	Descrição	U W/(m ² .K)	C _T kJ/(m ² .K)	φ h
	Cobertura de telha de barro sem forro Espessura da telha: 1,0 cm	4,55	18	0,3
	Cobertura de telha de fibrocimento sem forro Espessura da telha: 0,7 cm	4,60	11	0,2
	Cobertura de telha de barro com forro de madeira Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	2,00	32	1,3
	Cobertura de telha de fibrocimento com forro de madeira Espessura da telha: 0,7 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	2,00	25	1,3
	Cobertura de telha de barro com forro de concreto Espessura da telha: 1,0 cm Espessura do concreto: 3,0 cm	2,24	84	2,6
	Cobertura de telha de fibrocimento com forro de concreto Espessura da telha: 0,7 cm Espessura do concreto: 3,0 cm	2,25	77	2,6
	Cobertura de telha de barro com forro de laje mista Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da laje: 12,0 cm R _{t(laje)} = 0,0900 (m ² .K/W) C _{T(laje)} = 95 kJ/(m ² .K)	1,92	113	3,6
	Cobertura de telha de fibrocimento com forro de laje mista Espessura da telha: 0,7 cm Espessura da laje: 12,0 cm R _{t(laje)} = 0,0900 (m ² .K/W) C _{T(laje)} = 95 kJ/(m ² .K)	1,93	106	3,6
	Cobertura de telha de barro com laje de concreto de 20 cm Espessura da telha: 1,0 cm	1,84	458	8,0
	Cobertura de telha de fibrocimento com laje de concreto de 20 cm Espessura da telha: 0,7 cm	1,99	451	7,9

Tabela D.4 (continuação)

	Cobertura de telha de barro com laje de concreto de 25 cm Espessura da telha: 1,0 cm	1,75	568	9,3
	Cobertura de telha de fibrocimento com laje de concreto de 25 cm Espessura da telha: 0,7 cm	1,75	561	9,2
	Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e forro de madeira Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	1,11	32	2,0
	Cobertura de telha de fibrocimento, lâmina de alumínio polido e forro de madeira Espessura da telha: 0,7 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	1,16	25	2,0
	Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e forro de concreto Espessura da telha: 1,0 cm Espessura do concreto: 3,0 cm	1,18	84	4,2
	Cobertura de telha de fibrocimento, lâmina de alumínio polido e forro de concreto Espessura da telha: 0,7 cm Espessura do concreto: 3,0 cm	1,18	77	4,2
	Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e forro de laje mista Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da laje: 12,0 cm $R_{t(laje)} = 0,0900 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}$ $C_{T(laje)} = 95 \text{ kJ/(m}^2 \cdot \text{K)}$	1,09	113	5,4
	Cobertura de telha de fibrocimento, lâmina de alumínio polido e forro de laje mista Espessura da telha: 0,7 cm Espessura da laje: 12,0 cm $R_{t(laje)} = 0,0900 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}$ $C_{T(laje)} = 95 \text{ kJ/(m}^2 \cdot \text{K)}$	1,09	106	5,4
	Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e laje de concreto de 20 cm Espessura da telha: 1,0 cm	1,06	458	11,8
	Cobertura de telha de fibrocimento, lâmina de alumínio polido e laje de concreto de 20 cm Espessura da telha: 0,7 cm	1,06	451	11,8

Tabela D.4 (conclusão)

	Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e laje de concreto de 25 cm Espessura da telha: 1,0 cm	1,03	568	13,4
	Cobertura de telha de fibrocimento, lâmina de alumínio polido e laje de concreto de 25 cm Espessura da telha: 0,7 cm	1,03	561	13,4
	Cobertura de telha de barro com 2,5 cm de lã de vidro sobre o forro de madeira Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	0,95	33	2,3
	Cobertura de telha de barro com 5,0 cm de lã de vidro sobre o forro de madeira Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	0,62	34	3,1
NOTAS 1 As transmitâncias térmicas e os atrasos térmicos das coberturas são calculados para condições de verão (fluxo térmico descendente). 2 Deve-se atentar que, apesar da semelhança entre a transmitância térmica da cobertura com telhas de barro e aquela com telhas de fibrocimento, o desempenho térmico proporcionado por estas duas coberturas é significativamente diferente, pois as telhas de barro são porosas e permitem a absorção de água (de chuva ou de condensação). Este fenômeno contribui para a redução do fluxo de calor para o interior da edificação, pois parte deste calor será dissipado no aquecimento e evaporação da água contida nos poros da telha. Desta forma, sugere-se a utilização de telhas de barro em seu estado natural, ou seja, isentas de quaisquer tratamentos que impeçam a absorção de água.				