

PME 3502 - DESEMPENHO TERMO ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES

Análise de desempenho de residências
(NBR 15220 e 15575)

NBR 15220 / 2003 - Desempenho térmico de edificações

Parte 1: Definições, símbolos e unidades

Tabela 1 — Características térmicas de materiais, elementos e componentes construtivos

Nº	Grandeza	Definição	Símbolo	Unidade
1	Fluxo de calor ou Taxa de fluxo de calor	Quociente da quantidade de calor que atravessa uma superfície durante um intervalo de tempo pela duração desse intervalo	Q	W
2	Densidade de fluxo de calor ou Densidade de taxa de fluxo de calor	Quociente do fluxo de calor que atravessa uma superfície pela área dessa superfície ¹⁾	q	W/m ²
3	Condutividade térmica	Propriedade física de um material homogêneo e isotrópico, no qual se verifica um fluxo de calor constante, com densidade de 1 W/m ² , quando submetido a um gradiente de temperatura uniforme de 1 Kelvin por metro ²⁾	λ	W/(m.K)

NBR 15220 / 2003 - 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

5.2.1 Superfície a superfície (R_t)

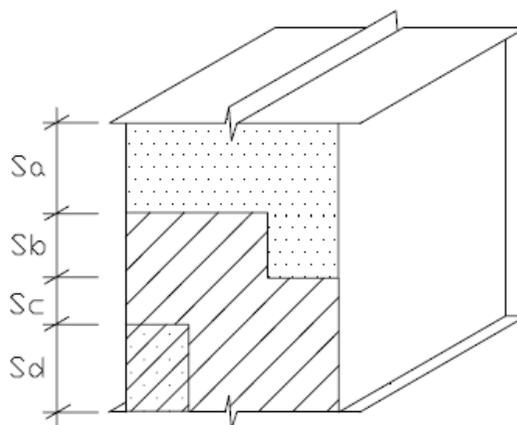
A resistência térmica de superfície a superfície de um componente plano constituído de camadas homogêneas e não homogêneas (ver figura 1), perpendiculares ao fluxo de calor, é determinada pela expressão 6:

$$R_t = \frac{A_a + A_b + \dots + A_n}{\frac{A_a}{R_a} + \frac{A_b}{R_b} + \dots + \frac{A_n}{R_n}} \quad \dots 6)$$

Onde:

R_a, R_b, \dots, R_n são as resistências térmicas de superfície à superfície para cada seção (a, b, ..., n), determinadas pela expressão 4;

A_a, A_b, \dots, A_n são as áreas de cada seção.



NBR 15220 / 2003 - 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

Tabela B.1 — Resistência térmica de câmaras de ar não ventiladas, com largura muito maior que a espessura

Natureza da superfície da câmara de ar	Espessura "e" da câmara de ar cm	Resistência térmica R_{ar} $m^2.KW$		
		Direção do fluxo de calor		
		Horizontal	Ascendente	Descendente
		⇒		
Superfície de alta emissividade $\epsilon > 0,8$	$1,0 \leq e \leq 2,0$	0,14	0,13	0,15
	$2,0 < e \leq 5,0$	0,16	0,14	0,18
	$e > 5,0$	0,17	0,14	0,21
Superfície de baixa emissividade $\epsilon < 0,2$	$1,0 \leq e \leq 2,0$	0,29	0,23	0,29
	$2,0 < e \leq 5,0$	0,37	0,25	0,43
	$e > 5,0$	0,34	0,27	0,61

NOTAS

- ϵ é a emissividade hemisférica total.
- Os valores para câmaras de ar com uma superfície refletora só podem ser usados se a emissividade da superfície for controlada e previsto que a superfície continue limpa, sem pó, gordura ou água de condensação.
- Para coberturas, recomenda-se a colocação da superfície refletora paralelamente ao plano das telhas (exemplo C.8 do anexo C); desta forma, garante-se que pelo menos uma das superfícies - a inferior - continuará limpa, sem poeira.
- Caso, no processo de cálculo, existam câmaras de ar com espessura inferior a 1,0 cm, pode-se utilizar o valor mínimo fornecido por esta tabela.

NBR 15220 / 2003 - 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

Tabela B.3 — Densidade de massa aparente (ρ), condutividade térmica (λ) e calor específico (c) de materiais

Material	ρ (kg/m ³)	λ (W/(m.K))	C (kJ/(kg.K))
Argamassas			
argamassa comum	1800-2100	1,15	1,00
argamassa de gesso (ou cal e gesso)	1200	0,70	0,84
argamassa celular	600-1000	0,40	1,00
Cerâmica			
tijolos e telhas de barro	1000-1300	0,70	0,92
	1300-1600	0,90	0,92
	1600-1800	1,00	0,92
	1800-2000	1,05	0,92
Fibrocimento			
placas de fibrocimento	1800-2200	0,95	0,84
	1400-1800	0,65	0,84

NBR 15220 / 2003 - Desempenho térmico de edificações

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

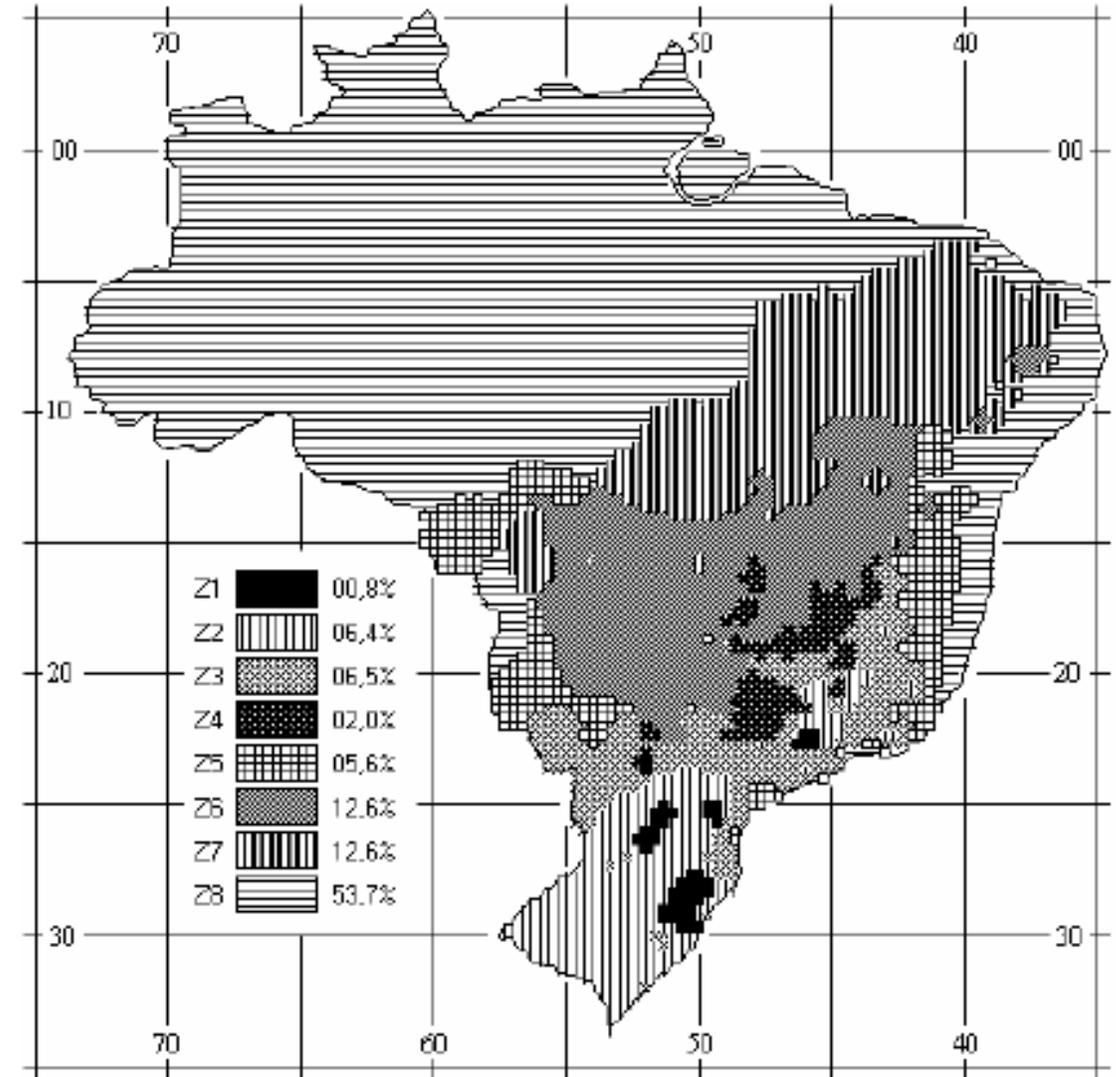


Figura 1 — Zoneamento bioclimático brasileiro

NBR 15220 / 2003 - Desempenho térmico de edificações

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

Diretrizes construtivas para a zonas bioclimática 1



Figura 2 — Zona bioclimática 1

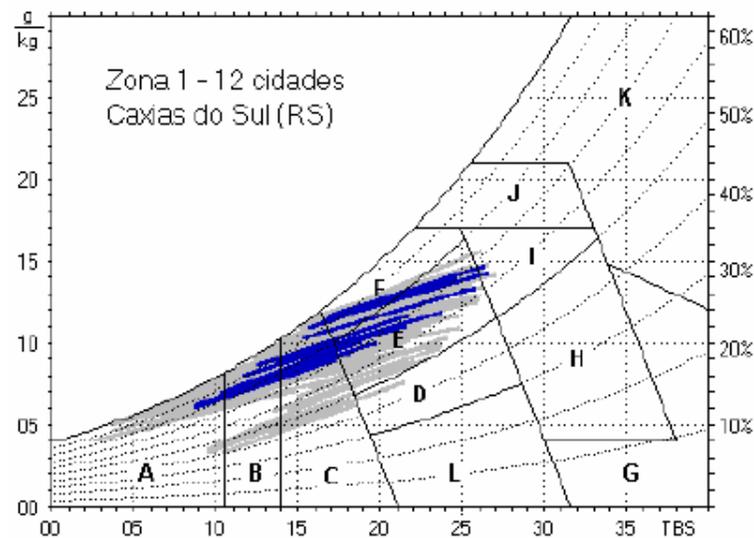


Figura 3 — Carta bioclimática com as normais climatológicas de cidades desta zona, destacando a cidade de Caxias do Sul, RS

NBR 15220 / 2003 - Desempenho térmico de edificações

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

Diretrizes construtivas para a zonas bioclimática 1

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).

NBR 15220 / 2003 - Desempenho térmico de edificações

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

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

NBR 15220 / 2003 - Desempenho térmico de edificações

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

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

NBR 15220 / 2003 - Desempenho térmico de edificações

Relação das 330 cidades cujos climas foram classificados

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

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

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

NBR 15220 / 2003 - Desempenho térmico de edificações

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	$U \leq 3,00$	$\phi \leq 4,3$	$FS_o \leq 5,0$
	Leve refletora	$U \leq 3,60$	$\phi \leq 4,3$	$FS_o \leq 4,0$
	Pesada	$U \leq 2,20$	$\phi \geq 6,5$	$FS_o \leq 3,5$
Coberturas	Leve isolada	$U \leq 2,00$	$\phi \leq 3,3$	$FS_o \leq 6,5$
	Leve refletora	$U \leq 2,30.FT$	$\phi \leq 3,3$	$FS_o \leq 6,5$
	Pesada	$U \leq 2,00$	$\phi \geq 6,5$	$FS_o \leq 6,5$

NOTAS

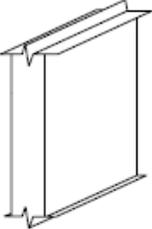
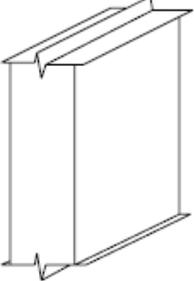
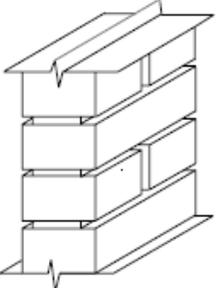
- 1 Transmitância térmica, atraso térmico e fator solar (ver ABNT NBR 15220-2).
- 2 s aberturas efetivas para ventilação são dadas em porcentagem da área de piso em ambientes de longa permanência (cozinha, dormitório, sala de estar).
- 3 No caso de coberturas (este termo deve ser entendido como o conjunto 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.

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

NBR 15220 / 2003 - Desempenho térmico de edificações

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

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

NBR 15220 / 2003 - Desempenho térmico de edificações

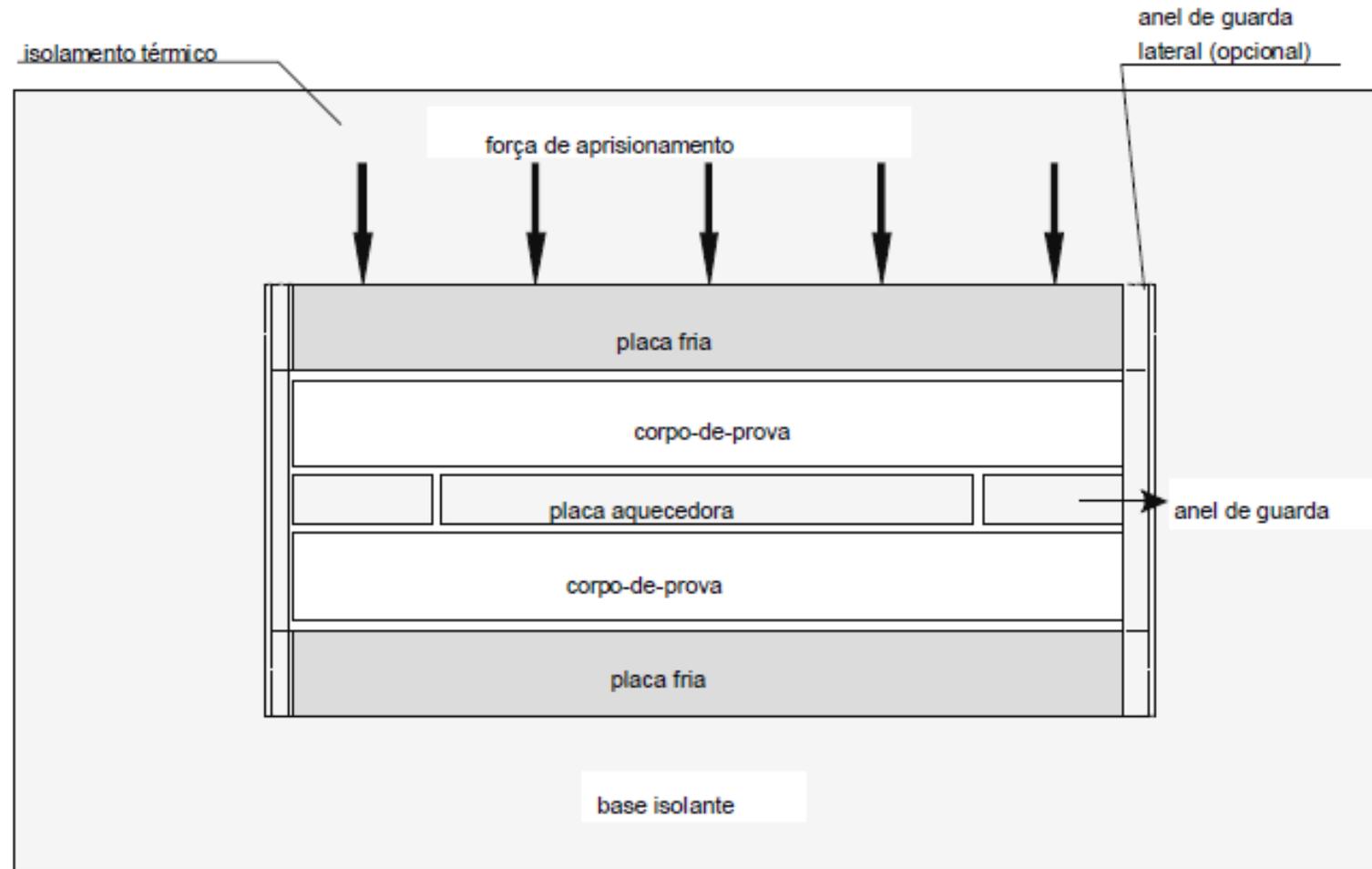
Tabela D.4 — Transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico para algumas coberturas

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

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

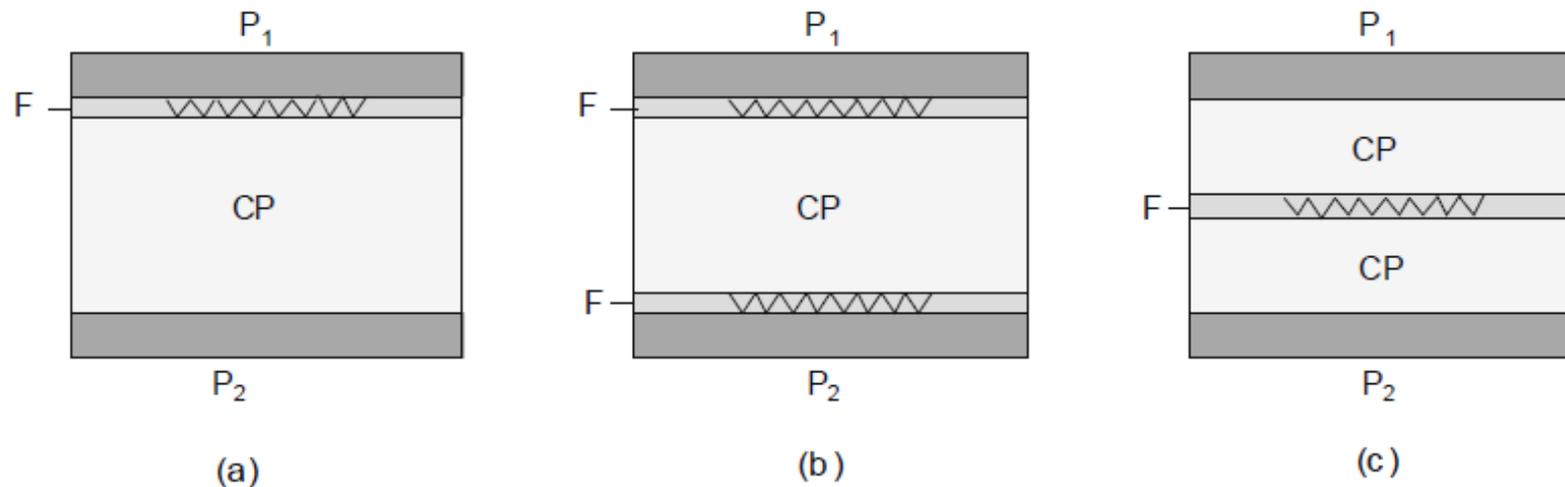
NBR 15220 / 2003 - Desempenho térmico de edificações

Parte 4: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida



NBR 15220 / 2003 - Desempenho térmico de edificações

Parte 5: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo método fluximétrico



Legenda:

P_1 e P_2 = placas quente e fria;

F = fluxímetro;

CP = corpo-de-prova.

1. Configuração (a): assimétrica com um fluxímetro e um corpo-de-prova, sendo que o fluxímetro pode ser posicionado contra uma ou outra placa
2. Configuração (b): simétrica com dois fluxímetros e um corpo-de-prova
3. Configuração (c): simétrica com um fluxímetro e dois corpos-de-prova

NBR 15575 / 2013 - Edificações habitacionais - Desempenho

- Parte 1: Requisitos gerais
- Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais
- Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos
- Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas
- Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas
- Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários

NBR 15575 / 2013 - Edificações habitacionais - Desempenho

Parte 1: Requisitos gerais

- Segurança:
 - Estrutural
 - Fogo
 - Uso e na operação
- Habitabilidade:
 - Estanqueidade
 - Desempenho térmico
 - Desempenho acústico
 - Desempenho lumínico
 - Saúde, higiene e qualidade do ar
 - Funcionalidade e acessibilidade
 - Conforto tátil e antropodinâmico
- Sustentabilidade:
 - Durabilidade
 - Manutenibilidade
 - Impacto ambiental
- Nível de desempenho:
 - Mínimo
 - Intermediário
 - Superior

NBR 15575 / 2013 - Edificações habitacionais - Desempenho

Parte 1: Requisitos gerais

- Desempenho térmico

Procedimento 1 – Simplificado:

- Atendimento aos requisitos e critérios para os sistemas de vedação e coberturas (ABNT NBR 15575-4 e ABNT NBR 15575-5)
- Avaliação de transmitância térmica e capacidade térmica (ABNT NBR 15575-4 e ABNT NBR 15575-5) com resultados em desempenho térmico insatisfatório, a avaliação do desempenho térmico da edificação é feito pelo método da simulação computacional

Procedimento 2 – Medição:

- Verificação do atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos nesta Norma, por meio da realização de medições em edificações ou protótipos construídos.
- Caráter meramente informativo

NBR 15575 / 2013 - Edificações habitacionais - Desempenho

Parte 1: Requisitos gerais

- Desempenho térmico

Simulação computacional:

- Recomenda-se o emprego do programa Energy Plus ou programa que atenda os requisitos da norma ASHRAE 140P
- Definição de critérios para condições de verão e inverno

NBR 15575 / 2013 - Edificações habitacionais - Desempenho

Parte 1: Requisitos gerais

- 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
M	$T_{i,máx.} \leq T_{e,máx.}$	$T_{i,máx.} \leq T_{e,máx.}$
I	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 2 \text{ °C})$	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 1 \text{ °C})$
S	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 4 \text{ °C})$	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 2 \text{ °C})$

$T_{i,máx.}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius.
 $T_{e,máx.}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.
 $T_{i,mín.}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius.
 $T_{e,mín.}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.
NOTA Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.

NBR 15575 / 2013 - Edificações habitacionais - Desempenho

Parte 1: Requisitos gerais

- Desempenho térmico

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

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas bioclimáticas 1 a 5	Zonas bioclimáticas 6, 7 e 8
M	$T_{i,mín.} \geq (T_{e,mín.} + 3 \text{ °C})$	Nestas zonas, este critério não precisa ser verificado
I	$T_{i,mín.} \geq (T_{e,mín.} + 5 \text{ °C})$	
S	$T_{i,mín.} \geq (T_{e,mín.} + 7 \text{ °C})$	

$T_{i,mín.}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius.
 $T_{e,mín.}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.
NOTA Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.

NBR 15575 / 2013 - Edificações habitacionais - Desempenho

Parte 1: Requisitos gerais

- Desempenho térmico
 - Avaliação deve ser feita para um dia típico de projeto, de verão e de inverno.
 - Aplicação em unidades habitacionais isoladas ou para conjuntos habitacionais ou edifícios multipiso com os seguintes critérios:
 - Seleção de unidades habitacionais representativas
 - a) Conjunto habitacional de edificações térreas: unidade habitacional com o maior número de paredes expostas
 - b) Edifício multipiso: unidade do último andar, com cobertura exposta
 - Simulação de todos os recintos da unidade habitacional, considerando as trocas térmicas entre os seus ambientes e avaliar os resultados dos recintos, dormitórios e salas
 - Entrada de dados: considerar que os recintos adjacentes, de outras unidades habitacionais, separados, portanto, por paredes de geminação ou entrepisos, apresentem a mesma condição térmica do ambiente que está sendo simulado.
 - Orientação da edificação conforme a implantação. A unidade habitacional desta edificação escolhida para a simulação deve ser a mais crítica do ponto de vista térmico

NBR 15575 / 2013 - Edificações habitacionais - Desempenho

Parte 1: Requisitos gerais

- Desempenho térmico
 - Orientação da edificação não definida: posicionar a edificação de forma que a unidade a ser avaliada tenha a condição mais crítica do ponto de vista térmico
 - Condição crítica do ponto de vista térmico:
 - a) Verão: janela do dormitório ou da sala voltada para oeste e a outra parede exposta voltada para norte. Caso não seja possível, o ambiente deve ter pelo menos uma janela voltada para oeste
 - b) Inverno: janela do dormitório ou da sala de estar voltada para o sul e a outra parede exposta voltada para leste. Caso não seja possível, o ambiente deve ter pelo menos uma janela voltada para o sul
 - c) Obstrução no entorno: considerar que as paredes expostas e as janelas estão desobstruídas, ou seja, sem a presença de edificações ou vegetação nas proximidades que modifiquem a incidência de sol e/ou vento. Edificações de um mesmo complexo, por exemplo um condomínio, podem ser consideradas, desde que previstas para habitação no mesmo período

NBR 15575 / 2013 - Edificações habitacionais - Desempenho

Parte 1: Requisitos gerais

- Desempenho térmico
 - d) obstrução por elementos construtivos previstos na edificação: dispositivos de sombreamento (por exemplo, para-sóis, marquises, beirais) devem ser considerados na simulação
 - e) Adoção de uma taxa de ventilação do ambiente de 1 ren/h. A taxa de renovação da cobertura deve ser a mesma, de 1 ren/h

NBR 15575 / 2013 - Edificações habitacionais - Desempenho

Parte 1: Requisitos gerais

- Desempenho térmico

Não atendimento dos critérios estabelecidos para verão deve ser simulada novamente, considerando-se as seguintes alterações:

- ✓ Ventilação: configuração da taxa de ventilação de cinco renovações do volume de ar do ambiente por hora (5,0 ren/h) e janelas sem sombreamento
- ✓ Sombreamento: inserção de proteção solar externa ou interna da esquadria externa com dispositivo capaz de cortar no mínimo 50% da radiação solar direta que entraria pela janela, com taxa de uma renovação do volume de ar do ambiente por hora (1,0 ren/h)
- ✓ Ventilação e sombreamento: combinação das duas estratégias anteriores, ou seja, inserção de dispositivo de proteção solar e taxa de renovação do ar de 5,0 ren/h.

NBR 15575 / 2013 - Edificações habitacionais - Desempenho

Parte 1: Requisitos gerais

- Desempenho lumínico

Tabela 6 – Níveis de iluminamento geral para iluminação artificial

Dependência	Iluminamento geral para o nível mínimo de desempenho lux
Sala de estar Dormitório Banheiro Área de serviço	≥ 100
Copa/cozinha	$\geq 200^*$
Corredor ou escada interna à unidade Corredor de uso comum (prédios) Escadaria de uso comum (prédios) Garagens/estacionamentos internos e cobertos	$\geq 75^*$
Garagens/estacionamentos descobertos	$\geq 20^*$
* Valores obtidos da ABNT NBR 5413. NOTA Deve-se verificar e atender às condições mínimas requeridas pela legislação local.	

NBR 15575 / 2013 - Edificações habitacionais - Desempenho

Parte 1: Requisitos gerais

Tabela A. 2 – Dados de dias típicos de verão de algumas cidades brasileiras

Cidade	Temperatura máxima diária °C	Amplitude diária de temperatura °C	Temperatura de bulbo úmido °C	Radiação solar Wh/m ²	Nebulosidade décimos
Aracaju	30,9	5,4	24,9	6 277	6
Belém	33,4	10,5	26,1	4 368	6
Belo Horizonte	32	10,3	21,7	4 641	6
Boa Vista	35,3	9,8	25,8		6
Brasília	31,2	12,5	20,9	4 625	4
Campo Grande	33,6	10	23,6	5 481	6
Cuiabá	37,8	12,4	24,8	4 972	6

NBR 15575 / 2013 - Edificações habitacionais - Desempenho

Parte 1: Requisitos gerais

Tabela A.3 – Dados de dias típicos de inverno de algumas cidades brasileiras

Cidade	Temperatura mínima diária °C	Amplitude diária de temperatura °C	Temperatura de bulbo úmido °C	Radiação solar Wh/m ²	Nebulosidade décimos
Aracaju	18,7	5,1	21,5	5 348	6
Belém	20,4	10,0	25,5	4 161	6
Belo Horizonte	8,7	12,6	16,0	3 716	3
Boa Vista	20,7	8,4	24,9		7
Brasília	10,0	12,2	14,8	4 246	3
Campo Grande	13,7	11,5	17,3	4 250	4
Cuiabá	11,4	14,3	20,1	4 163	4

NBR 15575 / 2013 - Edificações habitacionais - Desempenho

Parte 1: Requisitos gerais

Tabela C.5 – Vida útil de projeto mínima e superior (VUP) ^a

Sistema	VUP anos		
	Mínimo	Intermediário	Superior
Estrutura	≥ 50	≥ 63	≥ 75
Pisos internos	≥ 13	≥ 17	≥ 20
Vedação vertical externa	≥ 40	≥ 50	≥ 60
Vedação vertical interna	≥ 20	≥ 25	≥ 30
Cobertura	≥ 20	≥ 25	≥ 30
Hidrossanitário	≥ 20	≥ 25	≥ 30

^a Considerando periodicidade e processos de manutenção segundo a ABNT NBR 5674 e especificados no respectivo manual de uso, operação e manutenção entregue ao usuário elaborado em atendimento à ABNT NBR 14037.

NBR 15575 / 2013 - Edificações habitacionais - Desempenho

Desempenho X Conforto do usuário

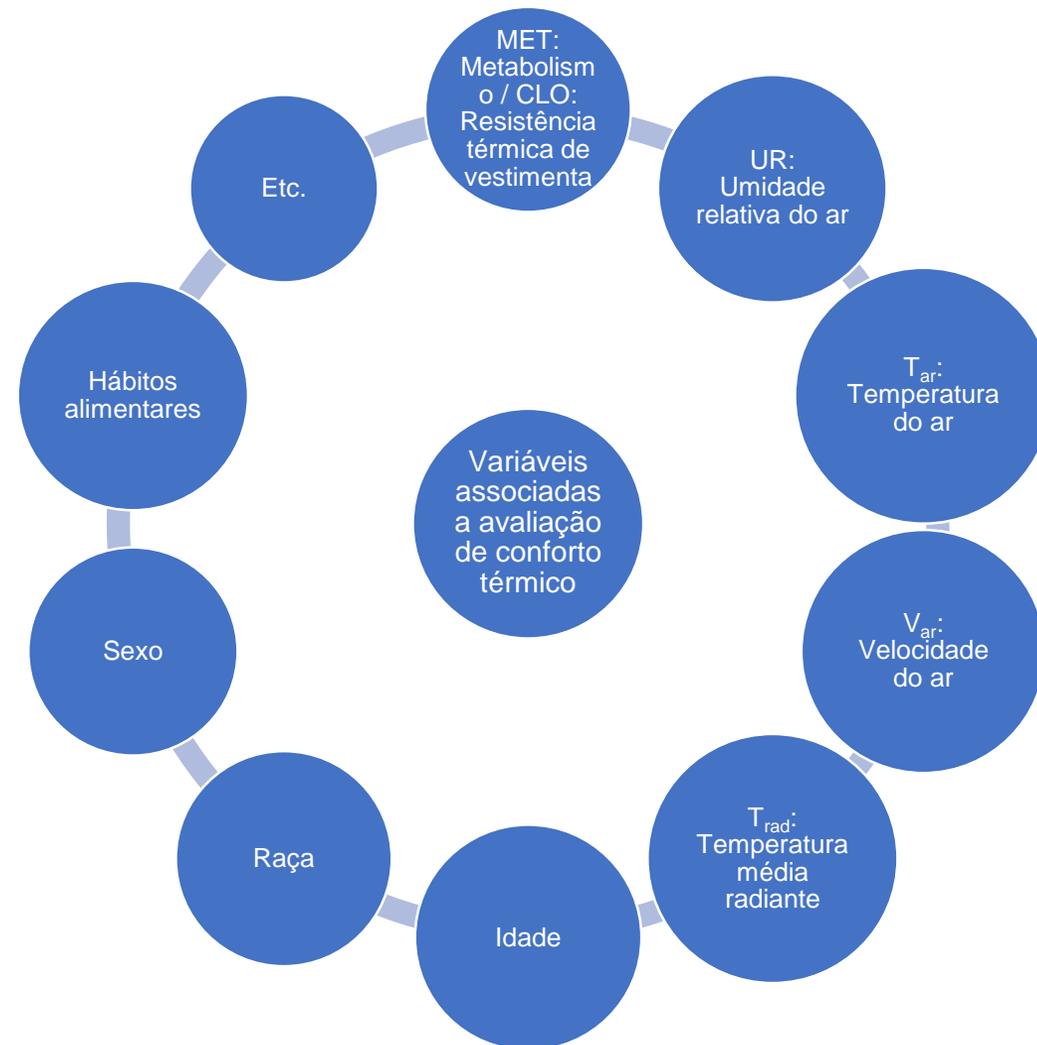
Tabela E.1 – Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas 1 a 7	Zona 8
M	$T_{i,máx.} \leq T_{e,máx.}$	$T_{i,máx.} \leq T_{e,máx.}$
I	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 2 \text{ °C})$	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 1 \text{ °C})$
S	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 4 \text{ °C})$	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 2 \text{ °C})$

$T_{i,máx.}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius.
 $T_{e,máx.}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.
 $T_{i,mín.}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius.
 $T_{e,mín.}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.
NOTA Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.

NBR 15575 / 2013 - Edificações habitacionais - Desempenho

Conforto térmico é o estado da mente que expressa satisfação do homem com o ambiente térmico que o circunda” (ASHRAE)



NBR 15575 / 2013 - Edificações habitacionais - Desempenho

Atividade	Metabolismo (W/m²)
Deitado, Reclinado	46
Sentado, relaxado	58
Atividade sedentária (escritório, escola etc.)	70
Atividade leve em pé (fazer compras, atividades laboratoriais, etc)	93
Atividade média em pé (trabalhos domésticos, balconista, etc)	116
Caminhando em local plano a 2 km/h	110
Caminhando em local plano a 3 km/h	140
Caminhando em local plano a 4 km/h	165
Caminhando em local plano a 5 km/h	200

Taxa metabólica para diferentes atividades segundo **ISO 7730** (2005)

$$1 \text{ Met} = 58 \text{ W/m}^2$$

NBR 15575 / 2013 - Edificações habitacionais - Desempenho

Vestimenta	Índice de resistência térmica – I _{cl} (clo)
Meias	0,02
Meia calça grossa	0,10
Meia calça fina	0,03
Calcinha e sutiã	0,03
Cueca	0,03
Cuecão longo	0,10
Camiseta de baixo	0,09
Camisa de baixo mangas compridas	0,12
Camisa manga curta	0,15
Camisa fina mangas comprida	0,20
Camisa manga comprida	0,25
Camisa flanela manga comprida	0,30
Blusa com mangas compridas	0,15
Saia fina	0,15
Saia grossa	0,25
Vestido leve manga curta	0,20
Vestido grosso manga comprida	0,40
Suéter	0,28
Jaqueta	0,35
Bermuda	0,06
Calça fina	0,20
Calça média	0,25
Calça flanela	0,28
Botas	0,10
Sapatos	0,04

Índice de resistência térmica para vestimentas
segundo ISO 7730 (2005)

CLO: Unidade de medição da resistência térmica da roupa.
(1 clo = 0.155m²°C/W)

Temperatura do ar: TBS
(temperatura de bulbo seco)

Temperatura média radiante:
Temperatura uniforme de um ambiente imaginário no qual a troca de calor por radiação é igual ao ambiente real não uniforme

NBR 15575 / 2013 - Edificações habitacionais - Desempenho

Modelo estático – Fanger (1972)

+3	•Muito quente
+2	•Quente
+1	•Levemente quente
0	•Neutro
-1	•Levemente frio
-2	•Frio
-3	•Muito frio

$$PMV = (0,303 e^{-0,036M} + 0,028) \cdot L$$

PMV= Voto Médio Estimado

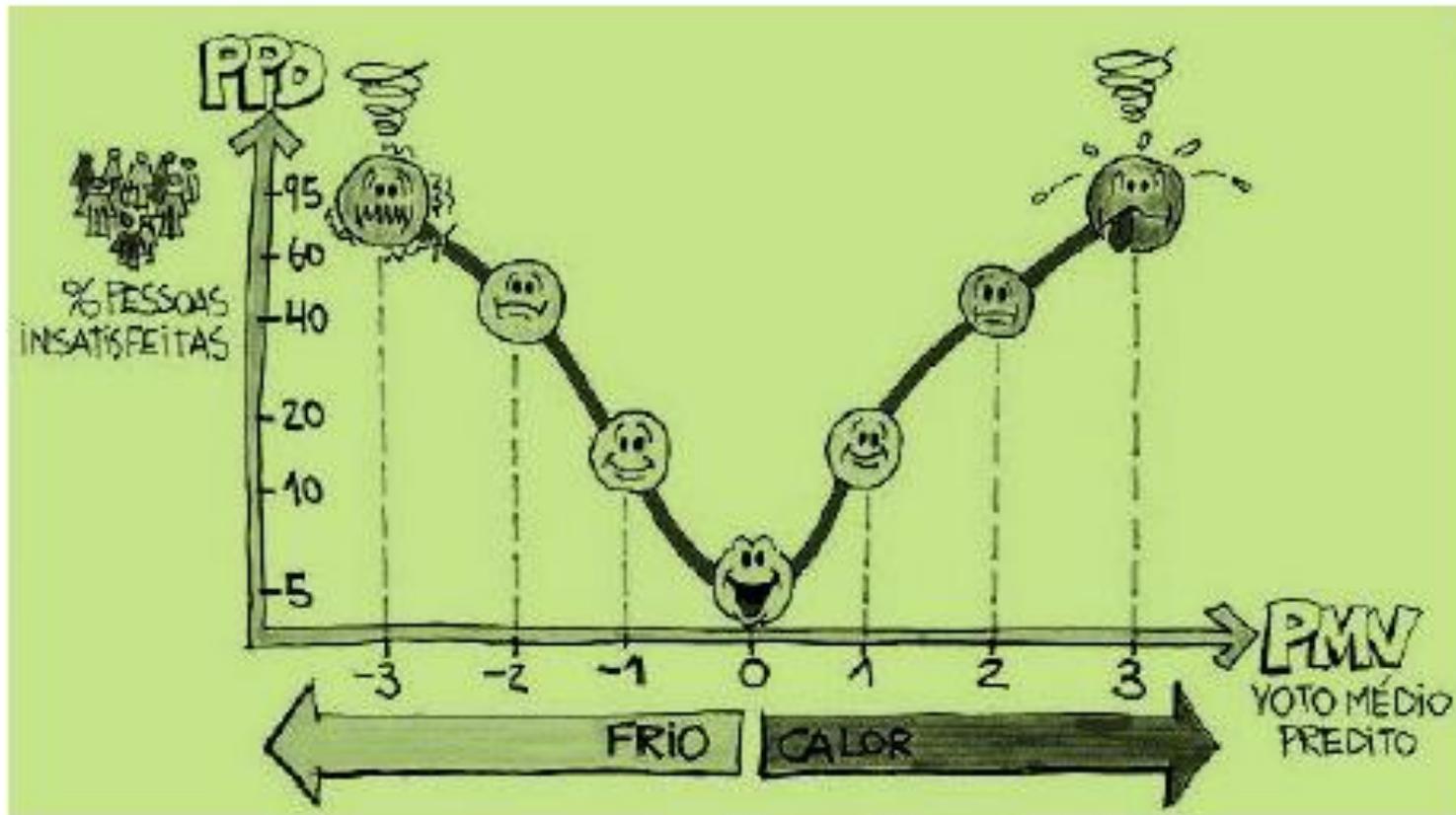
M = Metabolismo

L = taxa de transferência de calor sobre o corpo

NBR 15575 / 2013 - Edificações habitacionais - Desempenho

Modelo estático – Fanger (1972)

$$PPD = 100 - 95 \cdot e^{-[0,03353 \cdot PMV^4 + 0,2179 \cdot PMV^2]}$$



PPD = Porcentagem de Pessoas Dessatisfeitas

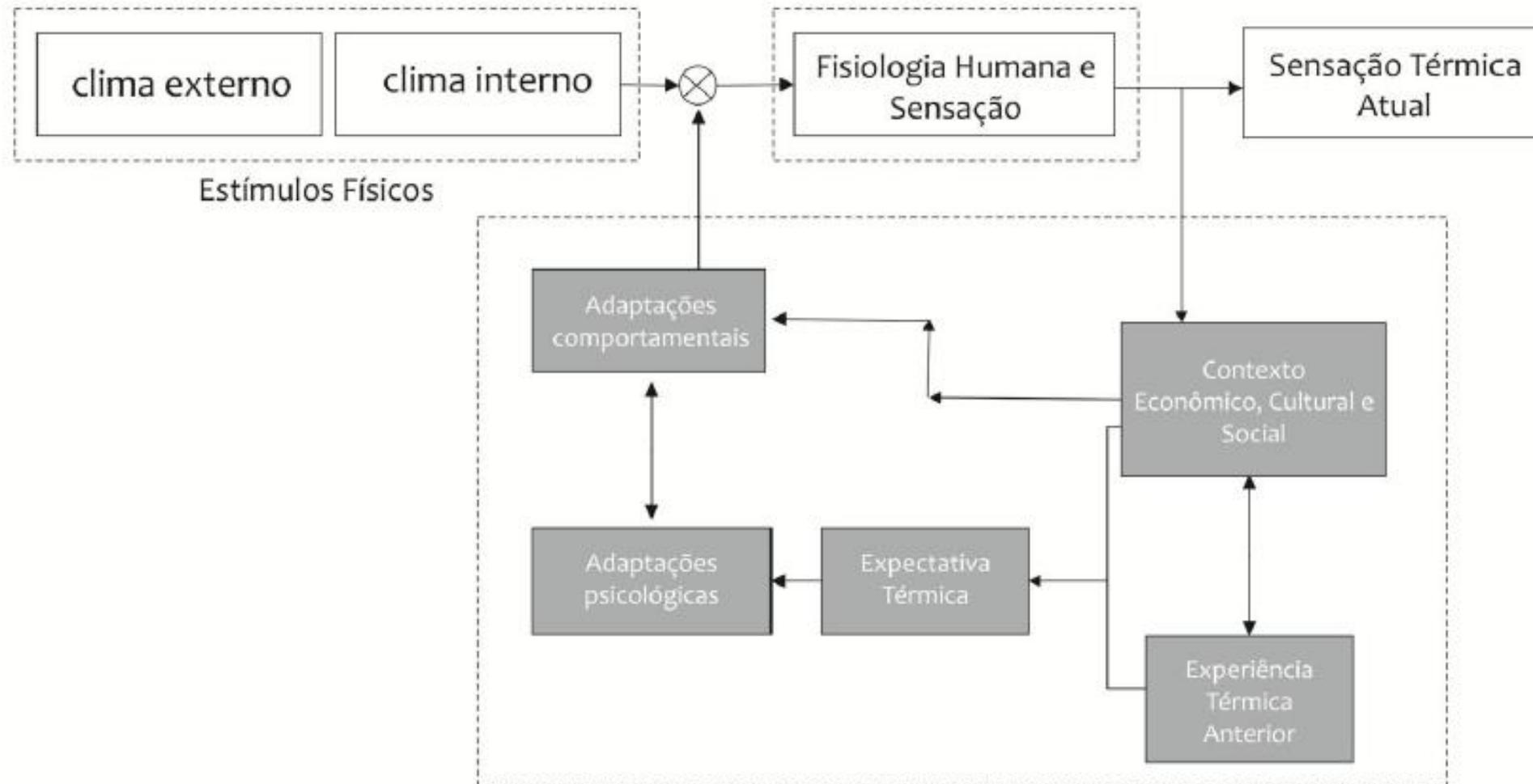
NBR 15575 / 2013 - Edificações habitacionais - Desempenho

Categori a	Sensação térmica do corpo como todo		Desconforto local % de insatisfeitos			
	PPD %	PMV	Correntes ar rio	Diferença temperatura ar vertical	Piso quente/ frio	Assimetria radiação
A	< 6	-0,2<PMV<+0,2	< 10	< 3	< 10	< 5
B	< 10	-0,5<PMV<+0,5	<20	< 5	< 10	< 5
C	< 15	-0,7<PMV<+0,7	< 30	< 10	< 15	< 10

Categoria de aceitabilidade do ambiente térmico segundo **ISO 7730** (2005)

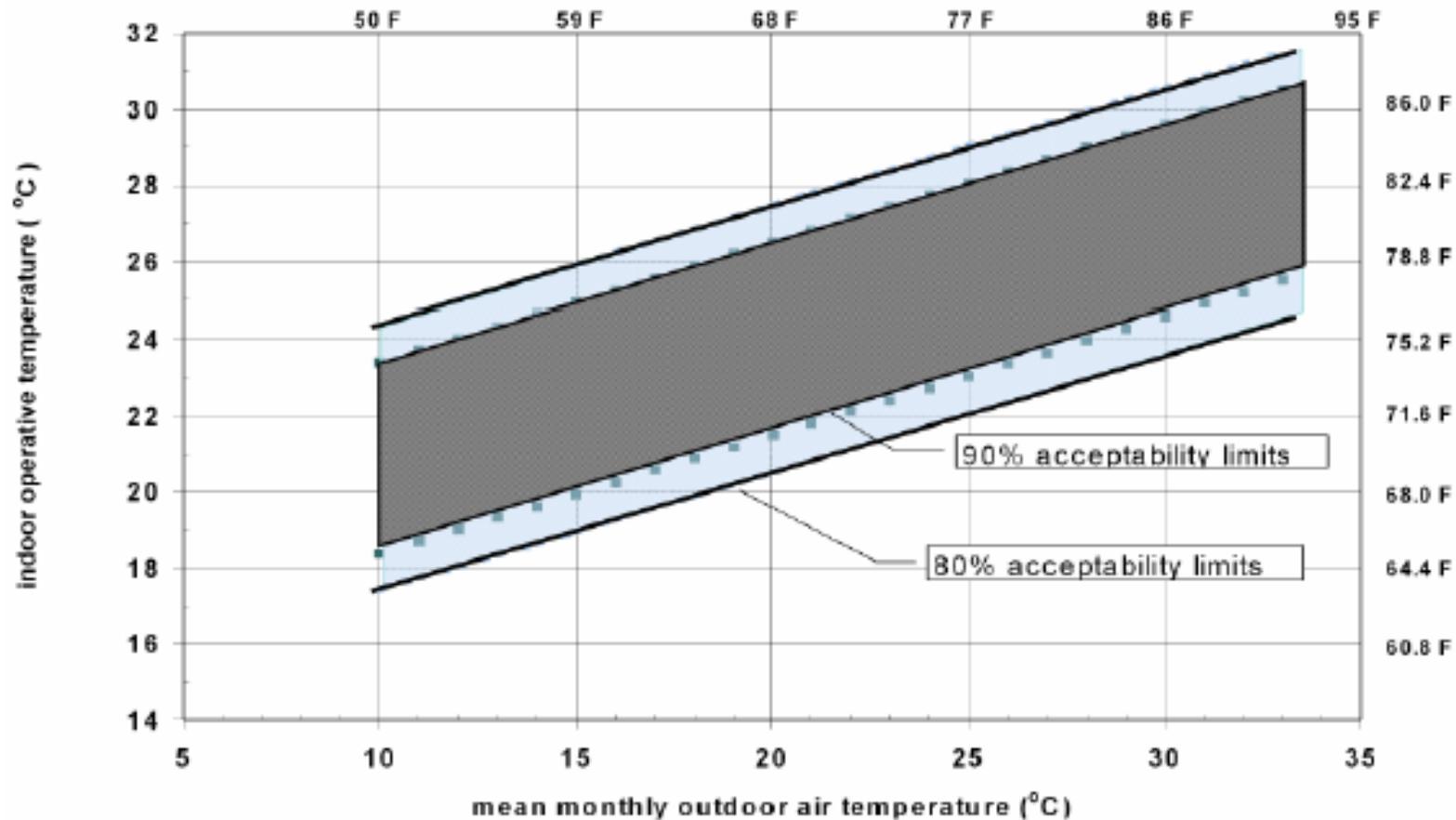
NBR 15575 / 2013 - Edificações habitacionais - Desempenho

Modelo Adaptativo – Humphreys (1979)



NBR 15575 / 2013 - Edificações habitacionais - Desempenho

Modelo Adaptativo – Humphreys (1979)



Limites aceitáveis da temperatura operativa para espaços condicionados naturalmente. ASHRAE 55-2013

NBR 15575 / 2013 - Edificações habitacionais - Desempenho

Ferramenta para cálculo de conforto térmico <http://comfort.cbe.berkeley.edu/>

