

## **ABNT NBR 15575-1:2021**

### **10.2.3 Premissas de projeto**

Devem ser previstos nos projetos a prevenção de infiltração da água de chuva e da umidade do solo nas habitações, por meio dos detalhes indicados a seguir:

- a) condições de implantação dos conjuntos habitacionais, de forma a drenar adequadamente a água de chuva incidente em ruas internas, lotes vizinhos ou mesmo no entorno próximo ao conjunto;
- b) sistemas que impossibilitem a penetração de líquidos ou umidades de porões e subsolos, jardins contíguos às fachadas e quaisquer paredes em contato com o solo, ou pelo direcionamento das águas, sem prejuízo da utilização do ambiente e dos sistemas correlatos e sem comprometer a segurança estrutural. No caso de haver sistemas de impermeabilização, estes devem seguir a ABNT NBR 9575;
- c) sistemas que impossibilitem a penetração de líquidos ou umidades em fundações e pisos em contato com o solo;
- d) ligação entre os diversos elementos da construção (como paredes e estrutura, telhado e paredes, corpo principal e pisos ou calçadas laterais).

### **10.3 Requisito – Estanqueidade a fontes de umidade internas à edificação**

Assegurar a estanqueidade à água utilizada na operação e manutenção do imóvel em condições normais de uso.

#### **10.3.1 Critério – Estanqueidade à água utilizada na operação, uso e manutenção do imóvel**

Devem ser previstos no projeto detalhes que assegurem a estanqueidade de partes do edifício que tenham a possibilidade de ficar em contato com a água gerada na ocupação ou manutenção do imóvel, devendo ser verificada a adequação das vinculações entre instalações de água, esgotos ou águas pluviais e estrutura, pisos e paredes, de forma que as tubulações não venham a ser rompidas ou desencaixadas por deformações impostas.

#### **10.3.2 Método de avaliação**

Análise do projeto e métodos de ensaio especificados nas ABNT NBR 15575-3 a ABNT NBR 15575-5.

## **11 Desempenho térmico**

### **11.1 Generalidades**

O desempenho térmico de habitações depende de seus componentes (paredes e coberturas), das áreas envidraçadas e de ventilação, das cargas térmicas internas (pessoas, iluminação e equipamentos), da maneira como se operam as aberturas e do clima da cidade. O Brasil possui climas variados, em que estratégias bioclimáticas podem permitir que as habitações não dependam de equipamentos de condicionamento artificial. Esta Parte da ABNT NBR 15575 busca avaliar o desempenho térmico da habitação, quando operada sem condicionamento do ar, enquanto também possibilita a análise da carga térmica, quando condicionada artificialmente.

O desempenho térmico das unidades habitacionais (UH) é caracterizado por meio da delimitação de três níveis de desempenho: mínimo (M), intermediário (I) e superior (S). É de caráter obrigatório o atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos para o nível de desempenho mínimo.

O atendimento aos níveis de desempenho intermediário e superior é facultativo.

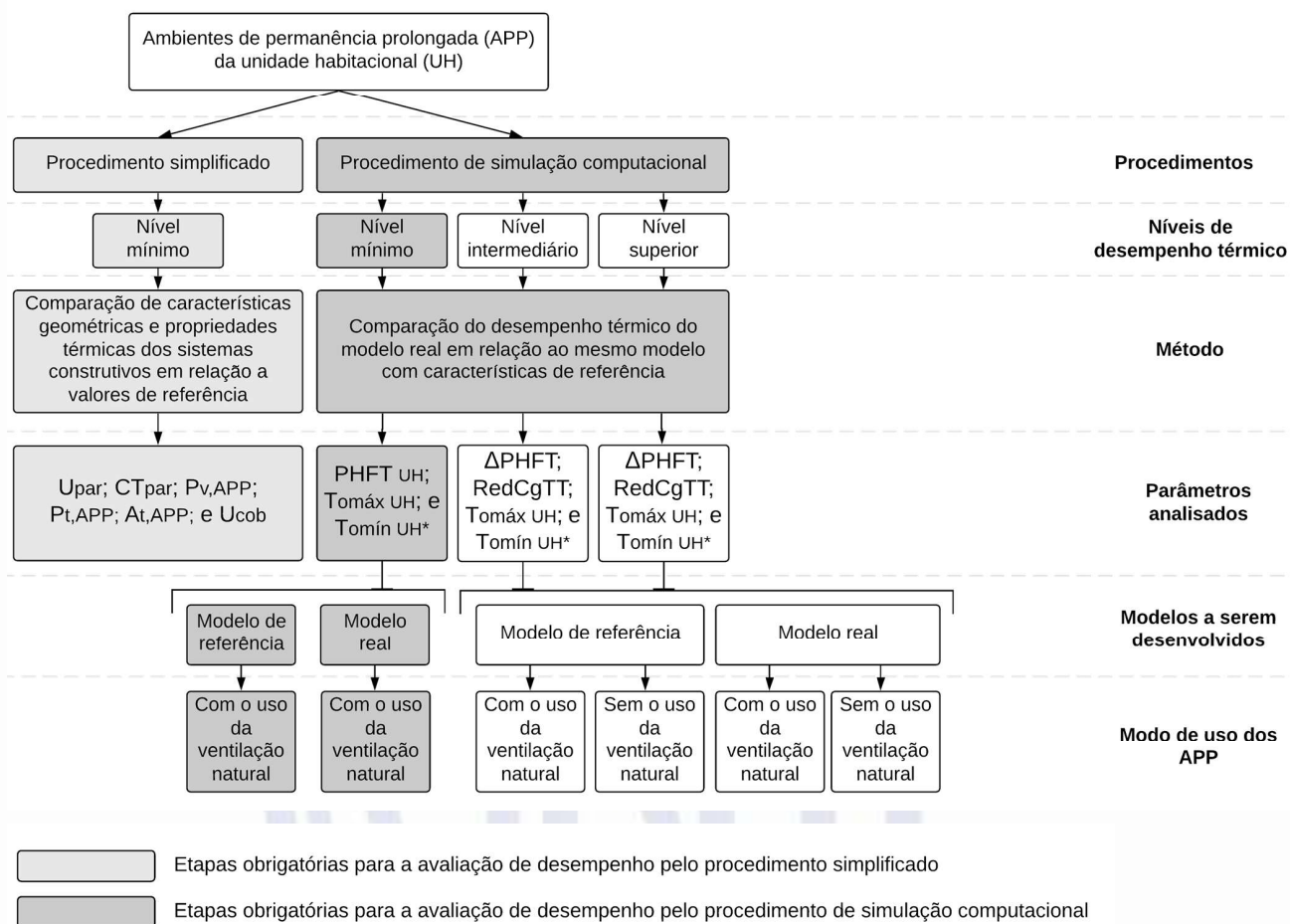
A avaliação de desempenho térmico deve ser realizada para os ambientes de permanência prolongada (APP) da unidade habitacional. Quando avaliadas unidades habitacionais de edificações multifamiliares, devem ser considerados o pavimento térreo, o(s) pavimento(s) tipo e o pavimento de cobertura. Todas as UH destes pavimentos devem ser consideradas.

O desempenho térmico da UH deve ser analisado considerando um dos procedimentos a seguir:

- a) procedimento simplificado: avalia o desempenho térmico da UH por meio da comparação de características geométricas dos APP e de propriedades térmicas dos sistemas construtivos em relação aos valores de referência destes parâmetros. Este procedimento estabelece o atendimento aos requisitos e critérios para sistemas de vedações verticais externas (SVVE) e de coberturas, descritos na ABNT NBR 15575-4:2021, Seção 11, e na ABNT NBR 15575-5:2021, Seção 11, respectivamente. No caso do não atendimento de algum dos critérios do procedimento simplificado, por um ou mais APP, toda a avaliação da UH deve ser realizada por meio do procedimento de simulação computacional. No caso de edificações multifamiliares, o mesmo procedimento deve ser adotado para todas as UH. O procedimento simplificado permite a análise de desempenho térmico para a obtenção do nível mínimo, de caráter obrigatório. O atendimento aos níveis intermediário e superior deve ser avaliado por meio do procedimento de simulação computacional;
- b) procedimento de simulação computacional: avalia o desempenho térmico da UH por meio do desenvolvimento de modelos computacionais em um programa compatível com as características descritas em 11.4.1. Este procedimento estabelece as condições para o desenvolvimento dos modelos real e de referência, que devem ser comparados com os critérios descritos em 11.4. O procedimento de simulação computacional permite a avaliação da UH para o atendimento aos níveis mínimo, intermediário e superior.

A Figura 1 resume as principais características dos procedimentos de avaliação de desempenho térmico, cujos detalhamentos são apresentados em 11.3 e 11.4, assim como nas ABNT NBR 15575-4 e ABNT NBR 15575-5.

**ABNT NBR 15575-1:2021**



**Figura 1 – Procedimentos de avaliação de desempenho térmico**

**11.2 Métodos de medição de propriedades térmicas de materiais e elementos construtivos**

Na composição de materiais para a avaliação do desempenho térmico pelo procedimento simplificado e pelo procedimento de simulação computacional, devem-se adotar os processos descritos nesta subseção para a determinação das propriedades térmicas de materiais e/ou sistemas construtivos.

A condutividade térmica deve ser determinada por meio de medição laboratorial, conforme método indicado na Tabela 1, ou por comprovação do fabricante. Para materiais com condutividades térmicas acima de 0,3 W/(m.K), permite-se a estimativa da condutividade a partir da densidade de massa aparente, utilizando os dados da ABNT NBR 15220-2:2005, Versão Corrigida:2008, Tabela B.3.

As barreiras radiantes devem ser submetidas a ensaio de envelhecimento acelerado com névoa salina, conforme a ASTM D5894, antes que os ensaios térmicos e/ou ópticos sejam realizados.

Para determinar a absorvância à radiação solar das superfícies, devem-se utilizar os métodos indicados na Tabela 1, considerando as faixas do espectro solar UV-VIS-NIR (ultravioleta, visível e infravermelho próximo).

A absorvância dos materiais altera-se ao longo do tempo. Em produtos orgânicos, como tintas poliméricas e plásticos, a degradação combina a deposição de poeira e o crescimento microbiano (fungos e bactérias) com a degradação superficial do polímero e dos pigmentos. Produtos inorgânicos

não metálicos de baixa porosidade e rugosidade são mais estáveis, desde que sejam oferecidas condições de manutenibilidade. A degradação pode ser desconsiderada para superfícies cujos materiais não sofram alteração da absorvância à radiação solar ao longo do tempo, desde que apresentada justificativa técnica fundamentada.

A determinação do valor da absorvância à radiação solar é normalmente realizada a partir de medições do produto novo. Desta forma, quando adotados os procedimentos para a análise de desempenho térmico, recomenda-se observar o efeito de eventual degradação sobre os valores de absorvância, de modo a melhor refletir o comportamento térmico da unidade habitacional no período de ocorrência de intervenções de manutenção, previstas no manual de uso, operação e manutenção. O Anexo A apresenta sugestões para a análise da degradação.

**Tabela 1 – Métodos de medição de propriedades térmicas de materiais e elementos construtivos**

Propriedade	Determinação
Condutividade térmica	ASTM C518, ASTM C177, ASTM C1363, ISO 8301, ISO 8302, ISO 8990
Calor específico	ASTM E1269, ASTM D4611
Densidade de massa aparente	ASTM D854
Emissividade	ASTM C1371
Absorvância à radiação solar	ASTM C1549, ASTM E903, ASTM E1918
Resistência ou transmitância térmica de elementos	ABNT NBR 15220
Fator solar e características espectrais de vidros (transmitância, refletância, absorvância e emitância)	ASTM E903, ISO 9050, EN 410, EN 12898, NFRC 300, NFRC 301, ASHRAE 74

### 11.3 Procedimento simplificado

O procedimento simplificado avalia os sistemas de vedações verticais externas (SVVE) quanto aos valores de transmitância térmica ( $U_{par}$ ), capacidade térmica ( $CT_{par}$ ), percentual de abertura para ventilação ( $P_{V,APP}$ ), percentual de elementos transparentes ( $P_{t,APP}$ ) e área de superfície dos elementos transparentes ( $A_{t,APP}$ ) em relação aos critérios que indicam valores de referência para estes parâmetros. Os requisitos e critérios aplicados aos SVVE são descritos na ABNT NBR 15575-4:2021, Seção 11.

As coberturas são avaliadas no procedimento simplificado quanto à sua transmitância térmica ( $U_{cob}$ ), adotando-se o mesmo procedimento de comparação com um valor de referência. Os requisitos e critérios aplicados às coberturas são descritos na ABNT NBR 15575-5:2021, Seção 11.

### 11.4 Procedimento de simulação computacional

O procedimento de simulação computacional avalia o desempenho térmico anual da envoltória da edificação em relação a esta envoltória com características de referência. Neste procedimento devem ser elaborados dois modelos:

- o modelo real, que conserva as características geométricas da UH, as propriedades térmicas e as composições dos elementos transparentes, paredes e cobertura;

**ABNT NBR 15575-1:2021**

- b) o modelo de referência, que representa a edificação avaliada, mas com características de referência, conforme 11.4.7.2.

Quando avaliado o desempenho térmico para o atendimento do nível mínimo, os modelos real e de referência devem ser simulados considerando somente o uso da ventilação natural nos APP. Para a obtenção dos níveis intermediário e superior, os modelos real e de referência devem ser simulados em duas condições de utilização dos APP:

- 1) com o uso da ventilação natural; e
- 2) sem o uso da ventilação natural.

A partir da simulação 1, com o uso da ventilação natural, devem ser determinados:

- o percentual de horas de ocupação dos APP dentro de uma faixa de temperatura operativa ( $PHFT_{APP}$ ). A faixa de temperatura operativa considerada varia com o clima local, sendo possíveis três intervalos: de 18 °C a 26 °C, até 28 °C e até 30 °C;
- a temperatura operativa anual máxima ( $Tomáx_{APP}$ ) de cada APP, considerando apenas os períodos de ocupação do APP. Quando a edificação estiver localizada nas zonas bioclimáticas 1, 2, 3 ou 4 (ver ABNT NBR 15220-3), também deve ser determinada a temperatura operativa anual mínima ( $Tomín_{APP}$ ) de cada APP, considerando apenas os períodos de ocupação do APP.

A partir dos valores de  $PHFT_{APP}$ ,  $Tomáx_{APP}$  e  $Tomín_{APP}$  para cada APP, deve-se determinar o  $PHFT_{UH}$ ,  $Tomáx_{UH}$  e  $Tomín_{UH}$  da UH. Em 11.4.7.6 é descrito o cálculo do  $PHFT_{UH}$ , enquanto em 11.4.7.7 é descrita a determinação da  $Tomáx_{UH}$  e da  $Tomín_{UH}$ .

A partir da simulação 2, sem o uso da ventilação natural, devem ser determinados:

- o somatório anual dos valores horários da carga térmica de refrigeração ( $CgTR_{APP}$ ), conforme o processo descrito em 11.4.7.5;
- o somatório anual dos valores horários da carga térmica de aquecimento ( $CgTA_{APP}$ ), conforme o processo descrito em 11.4.7.5. A consideração da carga térmica de aquecimento somente é necessária quando avaliadas edificações localizadas em climas que se enquadrem no Intervalo 1 da Tabela 2, ou seja, que possuam média anual da temperatura externa de bulbo seco inferior a 25 °C.

A partir dos valores de  $CgTR_{APP}$  e  $CgTA_{APP}$  para cada APP, deve-se determinar o somatório anual dos valores horários da carga térmica total da UH ( $CgTT_{UH}$ ), conforme 11.4.7.8.

O procedimento de simulação computacional permite a avaliação dos três níveis de desempenho térmico: mínimo (M), intermediário (I) e superior (S). A obtenção do nível mínimo é obrigatória, enquanto a obtenção dos níveis intermediário ou superior é facultativa. Os níveis de desempenho térmico da UH são determinados a partir dos seguintes critérios:

- mínimo, que avalia o  $PHFT_{UH}$  e a temperatura operativa anual máxima ( $Tomáx_{UH}$ ) da UH do modelo real em relação ao modelo de referência. Para edificações localizadas nas zonas bioclimáticas 1, 2, 3 ou 4, também deve ser avaliada a temperatura operativa anual mínima ( $Tomín_{UH}$ );
- intermediário, que avalia o modelo real no atendimento dos critérios do nível mínimo, assim como quanto ao incremento do  $PHFT_{UH}$  e à redução da carga térmica total ( $CgTT_{UH}$ ) do modelo real em relação ao modelo de referência;

- superior, que avalia o modelo real no atendimento dos critérios do nível mínimo, assim como quanto ao incremento do  $PHFT_{UH}$  e à redução da carga térmica total ( $CgTT_{UH}$ ) do modelo real em relação ao modelo de referência. Em comparação com o nível intermediário, o atendimento ao nível superior diferencia-se na obtenção de reduções mais elevadas da carga térmica total ( $CgTT_{UH}$ ).

Caso um ou mais APP da UH adotem soluções construtivas que impossibilitem o uso de sistemas de condicionamento de ar (como aberturas fixas para ventilação sem a possibilidade de fechamento), estes podem ser analisados apenas quanto ao seu  $PHFT_{APP}$ ,  $Tomáx_{APP}$  e  $Tomín_{APP}$ . Os demais APP da UH devem incluir a modelagem do sistema de condicionamento de ar, quando avaliado o atendimento dos níveis intermediário e superior.

Caso seja atestado que a UH em análise não necessita do uso de sistemas de climatização de ar, ao longo de todo o ano, o nível superior de desempenho térmico pode ser obtido se o  $PHFT_{UH}$  do modelo real for igual ou superior a 95 %. O modelo real também deve atender ao critério de temperaturas operativas anuais máxima e mínima ( $Tomáx_{UH}$  e  $Tomín_{UH}$ ), conforme descrito em 11.4.5.

#### 11.4.1 Características do programa de simulação computacional

O programa de simulação computacional deve ser capaz de estimar as variações da temperatura operativa, das cargas térmicas de refrigeração e de aquecimento e do uso da ventilação natural na UH, definidos separadamente em 8 760 h ao longo do ano, considerando as variações horárias de ocupação, de potência de iluminação e de equipamentos. O programa de simulação computacional deve, ainda:

- a) estar de acordo com a ASHRAE 140, segundo o procedimento de teste da Classe I;
- b) modelar efeitos de inércia térmica;
- c) modelar trocas de calor entre a edificação e o solo;
- d) calcular cargas térmicas latente e sensível;
- e) ser capaz de simular o sombreamento proveniente de elementos externos às zonas térmicas, como brises, sacadas e entorno;
- f) ser capaz de simular os efeitos da ventilação cruzada em um ambiente, ou entre dois ou mais ambientes.

#### 11.4.2 Características do arquivo climático

O arquivo climático deve possuir informações que sejam representativas do clima da cidade onde a UH está localizada.

NOTA Recomenda-se a utilização dos arquivos climáticos provenientes da base-padrão, descrita na ABNT TR 15575-1-1:2021 Versão Corrigida:2021.

Caso a cidade de implantação da UH não possua arquivo climático, deve ser utilizado o arquivo climático de uma cidade próxima com clima semelhante. A semelhança entre os climas deve considerar a comparação da distância euclidiana, ponderando latitude, longitude e altitude.

O arquivo climático utilizado deve fornecer valores mensais de temperatura média do solo, em graus Celsius ( $^{\circ}C$ ), para todos os meses do ano, além dos seguintes valores horários representativos das 8 760 h do ano meteorológico típico:

- a) temperatura de bulbo seco, expressa em graus Celsius ( $^{\circ}C$ );

**ABNT NBR 15575-1:2021**

- b) temperatura do ponto de orvalho, expressa em graus Celsius (°C);
- c) umidade relativa, expressa em porcentagem (%);
- d) pressão atmosférica, expressa em Pascal (Pa);
- e) intensidade de radiação horizontal de onda longa, expressa em watts-hora por metro quadrado (Wh/m<sup>2</sup>);
- f) radiação horizontal global, expressa em watts-hora por metro quadrado (Wh/m<sup>2</sup>);
- g) radiação normal direta, expressa em watts-hora por metro quadrado (Wh/m<sup>2</sup>);
- h) radiação horizontal difusa, expressa em watts-hora por metro quadrado (Wh/m<sup>2</sup>);
- i) direção do vento, expressa em graus (°), considerando o sentido horário a partir da direção Norte;
- j) velocidade do vento, expressa em metros por segundo (m/s).

**11.4.3 Requisito – Desempenho térmico da envoltória**

A envoltória da unidade habitacional (UH) deve apresentar desempenho térmico que atenda aos critérios de 11.4.4 a 11.4.6, quando comparado com o desempenho térmico da envoltória com características de referência.

A avaliação dos critérios descritos em 11.4.4 e 11.4.6 é determinada com base em intervalos de temperaturas externas. A identificação do intervalo a ser considerado para cada clima é realizada por meio da média anual da temperatura externa de bulbo seco (TBS<sub>m</sub>) do arquivo climático utilizado, conforme apresentado na Tabela 2. Deve-se considerar o arredondamento do valor de TBS<sub>m</sub> obtido, adotando uma casa decimal.

**Tabela 2 – Intervalos de temperaturas externas de bulbo seco**

<b>Intervalos de temperaturas externas</b>	<b>Média anual da temperatura externa de bulbo seco (TBS<sub>m</sub>) °C</b>
Intervalo 1	TBS <sub>m</sub> < 25,0 °C
Intervalo 2	25,0 °C ≤ TBS <sub>m</sub> < 27,0 °C
Intervalo 3	TBS <sub>m</sub> ≥ 27,0 °C

**11.4.4 Critério – Percentual de horas de ocupação da UH dentro da faixa de temperatura operativa (PHFT<sub>UH</sub>)**

Este critério avalia o percentual de horas em que a UH encontra-se dentro de uma faixa de temperatura operativa (PHFT<sub>UH</sub>). O PHFT<sub>UH</sub> é resultado da avaliação individual de cada APP (PHFT<sub>APP</sub>) desta UH, durante o seu respectivo período de ocupação, de acordo com as faixas de temperaturas operativas da Tabela 3. Os procedimentos de determinação do PHFT<sub>APP</sub> e do PHFT<sub>UH</sub> são descritos em 11.4.7.5 e 11.4.7.6, respectivamente.

**Tabela 3 – Faixas de temperaturas operativas para a determinação do PHFT<sub>APP</sub>**

Intervalos de temperaturas externas	Faixa de temperatura operativa a ser considerada
Intervalo 1	18,0 °C < T <sub>APP</sub> <sup>a</sup> < 26,0 °C
Intervalo 2	T <sub>APP</sub> < 28,0 °C
Intervalo 3	T <sub>APP</sub> < 30,0 °C

<sup>a</sup> T<sub>APP</sub> é a temperatura operativa do APP, que atende aos limites estabelecidos nesta Tabela.

Para o atendimento ao critério de PHFT<sub>UH</sub> no nível mínimo (M), o modelo real de simulação computacional deve apresentar, ao longo de um ano e durante os períodos de ocupação dos APP, PHFT<sub>UH,real</sub> que seja superior a 90 % do obtido para o modelo de referência (PHFT<sub>UH,ref</sub>).

O atendimento ao critério de PHFT<sub>UH</sub>, nos níveis intermediário (I) e superior (S), é realizado por meio de um incremento do PHFT<sub>UH,real</sub> ( $\Delta$ PHFT) em relação ao PHFT<sub>UH,ref</sub>, conforme apresentado na Tabela 4. O valor referente ao  $\Delta$ PHFT<sub>mín</sub>, que representa o incremento mínimo do PHFT<sub>UH,real</sub>, é fornecido na Tabela 20 e na Tabela 21 para o atendimento aos níveis de desempenho intermediário e superior, respectivamente.

**Tabela 4 – Critério de avaliação de desempenho térmico da envoltória quanto ao PHFT<sub>UH</sub>**

Nível de desempenho	Critério
Mínimo (M)	PHFT <sub>UH,real</sub> > 0,9.PHFT <sub>UH,ref</sub>
Intermediário (I)	$\Delta$ PHFT <sup>a</sup> ≥ $\Delta$ PHFT <sub>mín</sub> <sup>b</sup>
Superior (S)	$\Delta$ PHFT ≥ $\Delta$ PHFT <sub>mín</sub>

<sup>a</sup>  $\Delta$ PHFT é o incremento do PHFT<sub>UH,real</sub> em relação ao PHFT<sub>UH,ref</sub>.

<sup>b</sup>  $\Delta$ PHFT<sub>mín</sub> é o incremento mínimo do PHFT<sub>UH,real</sub> em relação ao PHFT<sub>UH,ref</sub>, com valor obtido pela Tabela 20, para o nível intermediário, e pela Tabela 21, para o nível superior.

#### 11.4.5 Critério – Temperaturas operativas anuais máxima e mínima da UH (Tomáx<sub>UH</sub> e Tomín<sub>UH</sub>)

Este critério avalia as temperaturas operativas anuais máxima (Tomáx<sub>UH</sub>) e mínima (Tomín<sub>UH</sub>) da UH, que devem ser obtidas considerando-se os períodos de ocupação dos APP. O procedimento de determinação das temperaturas operativas anuais máxima e mínima da UH é descrito em 11.4.7.7.

Para todos os níveis de desempenho (mínimo, intermediário ou superior), em todas as zonas bioclimáticas, a temperatura operativa anual máxima do modelo real deve ser menor ou igual à obtida para o modelo de referência, após somado um valor de tolerância ( $\Delta$ Tomáx), conforme equação:

$$\text{Tomáx}_{UH,real} \leq \text{Tomáx}_{UH,ref} + \Delta\text{Tomáx}$$

onde

Tomáx<sub>UH,real</sub> é a temperatura operativa anual máxima da UH no modelo real, expressa em graus Celsius (°C);

Tomáx<sub>UH,ref</sub> é a temperatura operativa anual máxima da UH no modelo de referência, expressa em graus Celsius (°C);

$\Delta$ Tomáx é o valor de tolerância da temperatura operativa anual máxima, expressa em graus Celsius (°C).



**ABNT NBR 15575-1:2021**

Deve-se considerar  $\Delta T_{\text{omáx}}$  igual a 2 °C para as UH unifamiliares e para as UH em edificações multifamiliares localizadas no pavimento de cobertura. Para as UH em edificações multifamiliares localizadas nos pavimentos térreo ou tipo, deve-se adotar  $\Delta T_{\text{omáx}}$  igual a 1 °C.

A temperatura operativa anual mínima deve ser analisada nas zonas bioclimáticas 1, 2, 3 ou 4, onde a  $T_{\text{omínUH}}$  do modelo real deve ser igual ou superior à  $T_{\text{omínUH}}$  do modelo de referência, após reduzido um valor de tolerância ( $\Delta T_{\text{omín}}$ ). Deve-se adotar  $\Delta T_{\text{omín}}$  igual a 1 °C para todas as UH avaliadas. O critério de temperatura operativa anual mínima é descrito pela equação:

$$T_{\text{omínUH,real}} \geq T_{\text{omínUH,ref}} - \Delta T_{\text{omín}}$$

onde

$T_{\text{omínUH,real}}$  é a temperatura operativa anual mínima da UH no modelo real, expressa em graus Celsius (°C);

$T_{\text{omínUH,ref}}$  é a temperatura operativa anual mínima da UH no modelo de referência, expressa em graus Celsius (°C);

$\Delta T_{\text{omín}}$  é o valor de tolerância da temperatura operativa anual mínima, expresso em graus Celsius (°C).

**11.4.6 Critério – Carga térmica total da UH ( $C_{\text{gTTUH}}$ )**

Este critério avalia a carga térmica total da UH ( $C_{\text{gTTUH}}$ ) no modelo de simulação sem o uso da ventilação natural, nos períodos em que os APP do modelo com o uso de ventilação natural estiverem ocupados e com temperaturas operativas dentro dos limites determinados na Tabela 5. A  $C_{\text{gTTUH}}$  é resultado da avaliação individual das cargas térmicas de refrigeração e aquecimento de cada APP da UH ( $C_{\text{gTRAPP}}$  e  $C_{\text{gTAAPP}}$ ), cujos cálculos são descritos em 11.4.7.5. O procedimento de determinação da  $C_{\text{gTRUH}}$ , da  $C_{\text{gTAUH}}$  e da  $C_{\text{gTTUH}}$  é descrito em 11.4.7.8.

**Tabela 5 – Valores de temperatura operativa para o cálculo da  $C_{\text{gTRAPP}}$  e da  $C_{\text{gTAAPP}}$**

Intervalos de temperaturas externas	Faixa de temperatura operativa para o cálculo da $C_{\text{gTRAPP}}$	Faixa de temperatura operativa para o cálculo da $C_{\text{gTAAPP}}$
Intervalo 1	$T_{\text{OAPP}}^a \geq 26,0^\circ\text{C}$	$T_{\text{OAPP}} \leq 18,0^\circ\text{C}$
Intervalo 2	$T_{\text{OAPP}} \geq 28,0^\circ\text{C}$	Não considera
Intervalo 3	$T_{\text{OAPP}} \geq 30,0^\circ\text{C}$	Não considera

<sup>a</sup>  $T_{\text{OAPP}}$  é a temperatura operativa do APP considerada para o cálculo da  $C_{\text{gTRAPP}}$  e da  $C_{\text{gTAAPP}}$ .

O critério da  $C_{\text{gTTUH}}$  é considerado nos níveis de desempenho intermediário e superior, de caráter não obrigatório, conforme a Tabela 6. O valor da  $\text{Red}C_{\text{gTTmín}}$ , fornecido na Tabela 20 para o desempenho intermediário e na Tabela 21 para o desempenho superior, representa o percentual mínimo de redução da  $C_{\text{gTTUH,real}}$  em relação à  $C_{\text{gTTUH,ref}}$ .

Tabela 6 – Critério de avaliação de desempenho térmico da envoltória quanto à  $CgTT_{UH}$ 

Nível de desempenho	Critério
Mínimo (M)	Não considera
Intermediário (I)	$RedCgTT^a \geq RedCgTT_{\min}^b$
Superior (S)	$RedCgTT \geq RedCgTT_{\min}$

<sup>a</sup>  $RedCgTT$  é a redução da carga térmica total do modelo real ( $CgTT_{UH,real}$ ) em relação à referência ( $CgTT_{UH,ref}$ ).

<sup>b</sup>  $RedCgTT_{\min}$  é a redução mínima da  $CgTT_{UH,real}$  em relação à referência ( $CgTT_{UH,ref}$ ), com valor obtido por meio da Tabela 20, para o nível intermediário, e da Tabela 21, para o nível superior.

### 11.4.7 Método de avaliação

#### 11.4.7.1 Modelagem da unidade habitacional

O procedimento de simulação computacional requer a modelagem de toda a UH, incluindo ambientes de permanência prolongada (APP) e ambientes de permanência transitória (APT). Quando avaliadas unidades habitacionais de edificações multifamiliares, devem ser considerados o pavimento térreo, o(s) pavimento(s) tipo e o pavimento de cobertura. Todas as UH destes pavimentos devem ser consideradas, conforme a Figura 2.

Pavimentos tipo sequenciais, idênticos quanto à geometria e às características construtivas, podem ser modelados uma única vez, tendo os resultados de suas UH atribuídos às respectivas UH localizadas nos demais pavimentos tipo. Pavimentos tipo com cobertura parcialmente exposta devem ser modelados individualmente. Quando existentes, pavimentos no subsolo devem ser representados.

Em edificações multifamiliares, pavimentos que não possuem unidades habitacionais são tratados como pavimentos não residenciais. Estes pavimentos devem ser modelados considerando a volumetria total como um único ambiente, que deve ser representado como APT.

Corte esquemático da edificação		Número de pavimentos a serem representados na modelagem computacional
Uso residencial	Pavimento de cobertura	Modelagem de todas as UH
Uso residencial	Agrupamento de pavimentos idênticos*: Pavimento tipo 5	Modelagem de todas as UH
Uso residencial		
Uso residencial	Pavimento tipo 4 (cobertura parcialmente exposta)	Modelagem de todas as UH
Uso residencial	Pavimento tipo 3	Modelagem de todas as UH
Uso não residencial	Pavimento tipo 2	Representação como APT
Uso residencial	Agrupamento de pavimentos idênticos*: Pavimento tipo 1	Modelagem de todas as UH
Uso residencial		
Uso não residencial	Pavimento térreo	Representação como APT

Superfície do solo

\*Idênticos quanto à geometria e características construtivas

**Figura 2 – Exemplo da delimitação dos pavimentos a serem representados no modelo computacional**

**ABNT NBR 15575-1:2021**

Para a análise do desempenho térmico da UH, devem ser elaborados dois modelos computacionais da edificação:

- a) modelo real;
- b) modelo de referência.

O modelo real deve representar a edificação a ser analisada, conforme as suas características volumétricas, percentuais de elementos transparentes e de aberturas para ventilação, propriedades térmicas dos sistemas construtivos e presença de elementos de sombreamento externos fixos na fachada, quando existentes (por exemplo, brises, beirais e venezianas).

O modelo de referência deve representar a edificação a ser analisada, adotando-se características de referência. Este modelo deve manter a volumetria do modelo real, alterando os percentuais de elementos transparentes e de aberturas para ventilação, bem como as propriedades térmicas dos sistemas construtivos, conforme descrito em 11.4.7.2.

No modelo de referência não são considerados os elementos de sombreamento externos fixos na fachada, como brises e venezianas, assim como não é considerada a presença de sacadas.

No modelo real e no modelo de referência, janelas e portas com elementos transparentes devem ser representadas considerando as áreas de superfície com transparência, assim como considerando a parcela correspondente aos caixilhos. No modelo de referência, as características das esquadrias devem adotar valores de referência, conforme apresentado em 11.4.7.2. Caso a especificação dos caixilhos não esteja disponível no projeto, o modelo real deve adotar as mesmas características dos caixilhos do modelo de referência.

Os modelos devem preservar as características de volume interno, as áreas de superfícies expostas ao exterior, o norte geográfico e a área de piso total dos ambientes da edificação projetada. O modelo real e o modelo de referência devem possuir a mesma divisão de ambientes. Quando existente, o ático entre a laje e a cobertura pode ser modelado como um ambiente.

Quando houver espaços internos ligados por áreas de circulação, sem a presença de portas, deve-se considerar a área de circulação integrada ao ambiente. No caso de cozinhas e salas conjugadas, devem-se modelar os dois espaços internos no mesmo ambiente, considerando as especificações para o ambiente da sala.

Os espaços internos comuns das edificações multifamiliares, como circulação vertical, corredores, *hall* de entrada e similares, podem ser agrupados e modelados em um único ambiente, considerando as características de APT.

O modelo real e o modelo de referência devem manter a mesma condição de contato com o solo.

No caso de sistema construtivo sobre pilotis, deve-se considerar o piso do pavimento exposto às condições externas, sem o ganho de calor pela incidência de radiação solar direta e considerando a influência das ações do vento.

No modelo real, deve ser avaliada a ocorrência de pontes térmicas nas superfícies externas que compõem os APP. Quando, na composição das superfícies externas, estiver presente qualquer elemento com coeficiente de transferência térmica ( $H_{el,i}$ ) que represente mais do que 20 % do coeficiente de transferência térmica total ( $H_{total}$ ) da superfície, este elemento deve ser considerado na modelagem. O coeficiente de transferência térmica ( $H_{el,i}$ ) deve ser calculado pela equação:

$$H_{el,i} = A_{el,i} \cdot U_{el,i}$$

onde

$H_{el,i}$  é o coeficiente de transferência térmica de um elemento  $i$  da superfície externa, expresso em watts por kelvin (W/K);

$A_{el,i}$  é a área de superfície do elemento  $i$ , expressa em metros quadrados (m<sup>2</sup>);

$U_{el,i}$  é a transmitância térmica do elemento  $i$ , expressa em watts por metro quadrado kelvin (W/(m<sup>2</sup>.K)).

O coeficiente de transferência térmica total ( $H_{total}$ ) deve ser calculado pela equação:

$$H_{total} = \sum_{i=1}^n H_{el,i}$$

onde

$H_{total}$  é o coeficiente de transferência térmica total da superfície, expresso em watts por kelvin (W/K);

$H_{el,i}$  é o coeficiente de transferência térmica de um elemento  $i$  da superfície externa, expresso em watts por kelvin (W/K);

$n$  é o número de elementos que compõem a superfície externa.

A consideração das pontes térmicas deve ser realizada a partir da modelagem dos diferentes elementos que compõem a superfície externa.

Recomenda-se considerar todas as trocas térmicas entre as superfícies em contato, em diferentes ambientes da edificação, evitando a adoção de superfícies adiabáticas. Em edificações com dois pavimentos ou mais, por exemplo, recomenda-se a consideração da transferência de calor entre o piso e a cobertura destes pavimentos.

O entorno da edificação deve ser considerado, identicamente, no modelo real e no modelo de referência. Devem ser representadas, no modelo real e no modelo de referência, a sombra e a reflexão da radiação solar ocasionadas pelas principais superfícies do entorno, incluindo a influência do relevo, da pavimentação, de edificações e de corpos d'água. Devem ser considerados os elementos de entorno implantados até a data de aplicação dos procedimentos desta Parte da ABNT NBR 15575, podendo ser incluídas estruturas cuja construção esteja prevista no mesmo projeto da edificação em análise. A condição do entorno deve ser comprovada por meio de dados oficiais de cadastros municipais, como levantamentos urbanos e planialtimétricos, levantamento fotográfico datado e recente, ou por meio de mapas de satélite e dados georreferenciados. Cabe ao responsável pela aplicação dos procedimentos normativos a avaliação técnica das superfícies a serem consideradas, visando a melhor representação das trocas térmicas entre a habitação e o seu entorno. Eventuais modificações do entorno, ao longo da vida útil da edificação, podem influenciar no desempenho inicialmente especificado, não implicando a não conformidade do projeto.

O modelo real e o modelo de referência devem ser simulados com o mesmo programa de simulação computacional, na mesma versão do programa e com o mesmo arquivo climático. Deve ser desconsiderada a ocorrência de precipitação de chuva nos modelos real e de referência.

#### 11.4.7.2 Características do modelo de referência

No modelo de referência, devem-se adotar paredes e pisos, de APP e APT, referentes a um elemento de vedação com 100 mm de espessura, composto por um material com propriedades térmicas

**ABNT NBR 15575-1:2021**

de acordo a Tabela 7. O piso de todos os pavimentos, assim como as paredes internas e externas, devem apresentar essas características no modelo de referência.

**Tabela 7 – Propriedades térmicas de paredes e pisos para o modelo de referência**

Elemento	Condutividade térmica W/(m.K)	Calor específico J/(kg.K)	Absortância à radiação solar	Emissividade de onda longa	Densidade kg/m <sup>3</sup>
Paredes externas	1,75	1 000	0,58	0,90	2 200
Paredes internas	1,75	1 000	Adotar valor do modelo real	Adotar valor do modelo real	2 200
Pisos	1,75	1 000	Adotar valor do modelo real	Adotar valor do modelo real	2 200

O modelo de referência deve adotar a cobertura externa composta por telha com 6 mm de espessura, câmara de ar com resistência térmica de 0,21 (m<sup>2</sup>.K)/W e laje com 100 mm de espessura, conforme as propriedades térmicas descritas na Tabela 8. Quando avaliada uma edificação localizada na zona bioclimática 8, deve-se considerar sobre a laje o uso de isolamento com resistência térmica igual a 0,67 (m<sup>2</sup>.K)/W, conforme a Tabela 9.

**Tabela 8 – Propriedades térmicas da cobertura para o modelo de referência**

Elemento	Condutividade térmica W/(m.K)	Calor específico J/(kg.K)	Absortância à radiação solar	Emissividade de onda longa	Densidade kg/m <sup>3</sup>
Telha com 6 mm de espessura	0,65	840	0,65	0,90	1 700
Laje com 100 mm de espessura	1,75	1 000	Adotar valor do modelo real	Adotar valor do modelo real	2 200

**Tabela 9 – Propriedades térmicas do material de isolamento da cobertura para o modelo de referência na zona bioclimática 8**

Elemento	Resistência térmica (m <sup>2</sup> .K)/W	Absortância à radiação solar	Emissividade de onda longa
Isolamento térmico	0,67	0,70	0,90

Os elementos transparentes da envoltória do APP são descritos pelo percentual da área destes elementos em relação à área de piso do APP. O percentual de elementos transparentes ( $P_{t,APP}$ ) deve ser calculado de acordo com a seguinte equação:

$$P_{t,APP} = 100 \cdot \frac{(A_{t,APP})}{(A_{p,APP})}$$

onde

$P_{t,APP}$  é o percentual de elementos transparentes na envoltória do APP, expresso em porcentagem (%);

$A_{t,APP}$  é a área de superfície dos elementos transparentes do APP, expressa em metros quadrados (m<sup>2</sup>);

$A_{p,APP}$  é a área de piso do APP, expressa em metros quadrados (m<sup>2</sup>).

A área de piso do APP ( $A_{p,APP}$ ) deve considerar todo o ambiente delimitado por este APP. Em espaços internos integrados, sem a presença de divisões por paredes ou portas, deve-se considerar a soma das áreas de piso desses espaços, resultando na área de piso do ambiente. Podem ser considerados espaços integrados: salas e cozinhas conjugadas, salas com corredor ou *hall* de entrada, ou condições similares, desde que em um único ambiente.

Para os APP com duas ou mais aberturas com elementos transparentes, o valor de  $A_{t,APP}$  equivale ao somatório das áreas de superfície dos elementos transparentes das aberturas.

A representação dos elementos transparentes da edificação no modelo de referência deve ser realizada a partir do redimensionamento das áreas destes elementos, de modo a atender ao especificado para o percentual de elementos transparentes ( $P_{t,APP}$ ) da Tabela 10. O posicionamento dos elementos transparentes do modelo de referência deve respeitar os mesmos centros geométricos dos respectivos elementos transparentes do modelo real.

Caso a envoltória do APP possua dois ou mais elementos transparentes, o redimensionamento destes elementos, para o modelo de referência, deve ser realizado de forma proporcional às suas áreas reais, respeitando a especificação do  $P_{t,APP}$  na Tabela 10.

Após o redimensionamento dos elementos transparentes no modelo de referência, deve ser considerada uma abertura para ventilação de 45 % para cada elemento. A multiplicação do  $P_{t,APP}$ , na condição de referência, pelo fator de ventilação (FV) de 45 % deve levar ao percentual de abertura para ventilação ( $P_{v,APP}$ ) estabelecido na Tabela 11. O percentual de abertura para ventilação ( $P_{v,APP}$ ) deve ser calculado pela seguinte equação:

$$P_{v,APP} = 100 \cdot \frac{(A_{v,APP})}{(A_{p,APP})}$$

onde

$P_{v,APP}$  é o percentual de abertura para ventilação do APP, expresso em porcentagem (%);

$A_{v,APP}$  é a área efetiva de abertura para ventilação do APP, expressa em metros quadrados (m<sup>2</sup>);

$A_{p,APP}$  é a área de piso do APP, expressa em metros quadrados (m<sup>2</sup>).

Para o cálculo da área efetiva de abertura para ventilação do APP, devem ser consideradas as aberturas que permitam a livre circulação do ar, devendo ser descontadas as áreas de perfis, de vidros e de qualquer outro obstáculo.

No cálculo da área efetiva de abertura para ventilação do APP, não podem ser consideradas as áreas de portas internas.

**ABNT NBR 15575-1:2021**

Quando o APP possuir portas balcão ou semelhantes, com elementos transparentes e fixadas na parede externa, toda a área de abertura resultante do deslocamento da folha móvel da porta deve ser considerada.

A modelagem da forma de abertura (pivotante, de correr, entre outras) de janelas e portas deve ser considerada igualmente para o modelo real e para o modelo de referência, respeitando os limites descritos para a condição de referência.

Nas portas externas, constituídas por elementos transparentes e pertencentes aos APP, devem-se utilizar os percentuais descritos na Tabela 10 para modelar a abertura na condição de referência, mesmo que as suas proporções finais resultem em dimensões incompatíveis com as de uma porta usual.

As portas constituídas exclusivamente por elementos opacos devem apresentar a mesma geometria e as propriedades térmicas das portas do modelo real. A existência de outras aberturas para a ventilação do APP, como grelhas e chaminés, deve ser considerada apenas no modelo real.

No modelo de referência, o fator solar e a transmitância térmica dos elementos transparentes do APP devem ser considerados com os valores da Tabela 10. O modelo de referência deve preservar o  $P_{t,APP}$  da Tabela 10 e modelar os perfis da esquadria ao redor de cada elemento transparente, considerando as características da Tabela 12. A esquadria deve ser representada por uma única folha, considerando somente montantes e travessas adjacentes ao vão de abertura. Definições dos tipos de esquadrias e de suas partes devem ser verificadas na ABNT NBR 10821-1.

**Tabela 10 – Características dos elementos transparentes nas esquadrias para o modelo de referência**

Elemento	Fator solar (FS)	Transmitância térmica ( $U_t$ ) W/(m <sup>2</sup> .K)	Percentual de elementos transparentes ( $P_{t,APP}$ ) %
Elementos transparentes	0,87	5,70	17,00

**Tabela 11 – Percentual de abertura para ventilação nas esquadrias para o modelo de referência**

Elemento	Percentual de abertura para ventilação ( $P_{v,APP}$ ) %
Abertura para ventilação	7,65

**Tabela 12 – Características dos perfis das esquadrias para o modelo de referência**

Elemento	Absortância à radiação solar dos perfis	Emissividade de onda longa dos perfis	Condutância térmica W/(m <sup>2</sup> .K)	Largura dos perfis da esquadria mm
Perfis das esquadrias	0,58	0,90	56,00	50,00

O percentual de elementos transparentes, percentual de abertura para ventilação, transmitância térmica e fator solar dos elementos transparentes de ambientes de permanência transitória (APT) devem ser modelados da mesma maneira para o modelo real e para o modelo de referência, considerando as características do modelo real.

Os dados de entrada não mencionados nesta subseção devem ser modelados da mesma maneira para o modelo real e para o modelo de referência, respeitando as características do modelo real.

#### 11.4.7.3 Modelagem da ocupação e das cargas internas

A modelagem da edificação deve considerar a ocorrência de cargas internas por meio da ocupação dos usuários nos APP e do uso de iluminação artificial e de equipamentos. A modelagem da ocupação e das cargas internas deve ser realizada igualmente para o modelo real e para o modelo de referência, conforme os padrões de uso estabelecidos nas Tabelas 13 a 17.

O padrão de ocupação de salas e dormitórios, o calor dissipado por cada ocupante e a sua fração radiante devem ser os mesmos para todos os dias do ano, incluindo finais de semana, conforme os valores apresentados nas Tabelas 13 e 14.

Quando um APP for utilizado como sala e como dormitório (por exemplo, quitinetes, *lofts* e similares), este deve ser modelado considerando o uso misto. Nos APP com uso misto, o padrão de ocupação corresponde à união, dentro do mesmo modelo de simulação, dos períodos ocupados em ambientes do tipo sala e do tipo dormitório (ver Tabela 13), considerando duas taxas metabólicas que dependem do horário (ver Tabela 14). O APP com uso misto também considera a utilização da iluminação artificial conforme as Tabelas 15 e 16, assim como considera o uso de equipamentos (ver Tabela 17).

**Tabela 13 – Padrões de ocupação diários dos APP (continua)**

Horário	Ocupação		
	Dormitório %	Sala %	Uso misto %
00:00 – 00:59	100	0	100
01:00 – 01:59	100	0	100
02:00 – 02:59	100	0	100
03:00 – 03:59	100	0	100
04:00 – 04:59	100	0	100
05:00 – 05:59	100	0	100
06:00 – 06:59	100	0	100
07:00 – 07:59	100	0	100
08:00 – 08:59	0	0	0
09:00 – 09:59	0	0	0
10:00 – 10:59	0	0	0
11:00 – 11:59	0	0	0
12:00 – 12:59	0	0	0



## ABNT NBR 15575-1:2021

Tabela 13 (conclusão)

Horário	Ocupação		
	Dormitório %	Sala %	Uso misto %
13:00 – 13:59	0	0	0
14:00 – 14:59	0	50	50
15:00 – 15:59	0	50	50
16:00 – 16:59	0	50	50
17:00 – 17:59	0	50	50
18:00 – 18:59	0	100	100
19:00 – 19:59	0	100	100
20:00 – 20:59	0	100	100
21:00 – 21:59	0	100	100
22:00 – 22:59	100	0	100
23:00 – 23:59	100	0	100

NOTA 1 Considerar a quantidade de dois ocupantes (100 % da ocupação) por dormitório existente na edificação, excluindo-se as dependências de empregados.

NOTA 2 O valor total (100 %) de ocupantes da sala é determinado em função do número de dormitórios. Para cada dormitório, considerar dois ocupantes na sala, respeitando o limite máximo de quatro ocupantes. Na ocorrência de maior número de ocupantes, estes são desconsiderados no período de ocupação da sala, respeitando-se o limite de quatro ocupantes.

NOTA 3 Na condição de uso misto, o valor de ocupação igual a 100 % é equivalente a dois ocupantes no APP.

Tabela 14 – Taxa metabólica e fração radiante para os usuários

Ambiente	Período de uso	Atividade realizada	Calor produzido por área de superfície corporal W/m <sup>2</sup>	Calor produzido por uma pessoa com 1,80 m <sup>2</sup> de área de superfície corporal W	Fração radiante
Dormitório	00:00 – 07:59 e 22:00 – 23:59	Dormindo ou descansando	45	81	0,30
Sala	14:00 – 21:59	Sentado ou assistindo TV	60	108	0,30
Uso misto	00:00 – 07:59 e 22:00 – 23:59	Dormindo ou descansando	45	81	0,30
	14:00 – 21:59	Sentado ou assistindo TV	60	108	0,30

O padrão de uso do sistema de iluminação artificial deve ser o mesmo para todos os dias do ano, incluindo finais de semana, conforme os valores apresentados na Tabela 15. O valor de densidade de potência instalada de iluminação (DPI) e os valores de fração radiante e visível devem estar de acordo com a Tabela 16.

**Tabela 15 – Padrões de uso do sistema de iluminação artificial dos APP (continua)**

Horário	Iluminação		
	Dormitório %	Sala %	Uso misto %
00:00 – 00:59	0	0	0
01:00 – 01:59	0	0	0
02:00 – 02:59	0	0	0
03:00 – 03:59	0	0	0
04:00 – 04:59	0	0	0
05:00 – 05:59	0	0	0
06:00 – 06:59	100	0	100
07:00 – 07:59	100	0	100
08:00 – 08:59	0	0	0
09:00 – 09:59	0	0	0
10:00 – 10:59	0	0	0
11:00 – 11:59	0	0	0
12:00 – 12:59	0	0	0
13:00 – 13:59	0	0	0
14:00 – 14:59	0	0	0
15:00 – 15:59	0	0	0
16:00 – 16:59	0	100	100
17:00 – 17:59	0	100	100
18:00 – 18:59	0	100	100
19:00 – 19:59	0	100	100
20:00 – 20:59	0	100	100
21:00 – 21:59	0	100	100
22:00 – 22:59	100	0	100
23:00 – 23:59	100	0	100

## ABNT NBR 15575-1:2021

**Tabela 16 – Densidade de potência instalada, fração radiante e fração visível para o sistema de iluminação**

<b>Ambiente</b>	<b>DPI W/m<sup>2</sup></b>	<b>Fração radiante</b>	<b>Fração visível</b>
Dormitório	5,00	0,32	0,23
Sala	5,00	0,32	0,23
Uso misto	5,00	0,32	0,23

A carga interna dos equipamentos deve ser adicionada apenas nos APP referentes às salas, ou quando considerados de uso misto, conforme o período de uso. Os valores de densidade de cargas internas e da fração radiante são apresentados na Tabela 17. O padrão de uso de equipamentos deve ser considerado para todos os dias do ano, incluindo finais de semana.

**Tabela 17 – Período de uso, densidade de cargas internas e fração radiante para equipamentos dos APP**

<b>Ambiente</b>	<b>Período de uso</b>	<b>Potência W</b>	<b>Fração radiante</b>
Sala	14:00 – 21:59	120	0,30
Uso misto	14:00 – 21:59	120	0,30

**11.4.7.4 Modelagem com e sem o uso da ventilação natural**

O modelo real e o modelo de referência podem ser simulados com duas maneiras de utilização dos APP:

- com o uso da ventilação natural, para a determinação do PHFT<sub>UH</sub> e das temperaturas operativas anuais máxima (Tomáx<sub>UH</sub>) e mínima (Tomín<sub>UH</sub>), necessários para as avaliações de todos os níveis de desempenho térmico;
- sem o uso da ventilação natural, para o cálculo das cargas térmicas anuais de refrigeração (CgTR<sub>UH</sub>) e de aquecimento (CgTA<sub>UH</sub>), necessárias para as avaliações dos níveis de desempenho térmico intermediário e superior.

Para o modelo simulado com o uso da ventilação natural, deve-se permitir a abertura das janelas apenas quando o APP estiver ocupado, e de acordo com dois critérios de temperatura:

- quando a temperatura de bulbo seco interna do APP for igual ou superior a 19 °C; e
- quando a temperatura de bulbo seco interna for superior à temperatura de bulbo seco externa.

As janelas dos APP devem considerar a infiltração por frestas, quando fechadas, adotando-se os coeficientes da Tabela 18. O modelo real pode adotar valores relativos às esquadrias estabelecidas em projeto, para os parâmetros da Tabela 18, quando estes forem disponibilizados pelo fabricante.

As janelas dos ambientes de permanência transitória (APT), com exceção dos banheiros, são consideradas fechadas e com infiltração por frestas, durante todo o ano, de acordo com a Tabela 18. Para os APT destinados a banheiros, devem-se considerar as janelas sempre abertas, com percentual de abertura para ventilação igual ao estabelecido em projeto.

**Tabela 18 – Descrição dos parâmetros da ventilação natural para portas e janelas nos APP e APT**

Parâmetros	Portas	Janelas
Coeficiente de fluxo de ar por frestas, quando a abertura está fechada kg/(s.m)	0,002 4	0,000 63
Expoente de fluxo de ar por frestas quando a abertura está fechada (adimensional)	0,59	0,63
Coeficiente de descarga ( $C_d$ ) da abertura (adimensional)	0,60	0,60

As portas internas dos modelos simulados com o uso da ventilação natural devem ser consideradas abertas entre os APP e os APT, com exceção de portas de banheiros, que devem ser consideradas sempre fechadas. As portas externas devem ser consideradas fechadas e com infiltração por frestas, durante todo o ano, de acordo com a Tabela 18. Portas externas de sacadas, que sejam constituídas por elementos transparentes, devem seguir a mesma operação das janelas. Portas externas de varandas e de áreas de serviço podem adotar a operação das janelas, caso não representem a porta de acesso principal da unidade habitacional. Portas externas de varandas e de sacadas devem adotar parâmetros de ventilação iguais aos das demais portas.

Os valores adotados para os coeficientes de pressão nas aberturas da envoltória da edificação devem ser os mesmos para o modelo real e para o modelo de referência.

Os modelos simulados sem o uso da ventilação natural devem manter todas as portas e janelas fechadas durante todo o ano, com exceção da janela do banheiro, que deve ser mantida aberta. Nessas portas e janelas devem ser utilizados os mesmos coeficientes de infiltração utilizados para o modelo com o uso da ventilação natural.

Os modelos simulados sem o uso da ventilação natural devem utilizar, nos APP, um sistema de cálculo da carga térmica de refrigeração que seja considerado ideal, ou seja, que opere sem perdas de energia na retirada de calor do APP. O cálculo da carga térmica de refrigeração deve possuir temperatura de *setpoint* de 23 °C, com acionamento somente nos períodos em que o APP estiver ocupado. Em climas compreendidos pelo Intervalo 1 da Tabela 2, além de adotada a refrigeração dos APP, o mesmo sistema ideal de cálculo de carga térmica também deve ser considerado para o aquecimento. Este sistema deve considerar temperatura de *setpoint* de aquecimento igual a 21 °C, com acionamento condicionado à ocorrência de ocupação do APP. O cálculo da carga térmica deve ser equivalente à soma das cargas térmicas sensíveis e latentes.

Quando incluídas venezianas no projeto da edificação, estas devem ser inseridas apenas no modelo real, considerando os modelos com e sem o uso da ventilação natural. A operação das venezianas deve permitir proteger ou expor os elementos transparentes aos quais estão vinculadas, por meio do seu fechamento ou abertura, respectivamente. Nos APT, quando existentes, as venezianas devem ser consideradas sempre fechadas, enquanto nos APP devem ser considerados os seguintes critérios:

- a) as venezianas devem abrir quando a temperatura externa de bulbo seco for menor ou igual a 26 °C;
- b) as venezianas devem fechar quando a temperatura externa de bulbo seco for maior que 26 °C.

#### **11.4.7.5 Dados de saída dos modelos simulados com e sem o uso de ventilação natural**

Os dados de saída da simulação devem ser solicitados a cada hora, para todos os modelos analisados, apresentando um total de 8 760 valores para cada variável.

**ABNT NBR 15575-1:2021**

O modelo com o uso da ventilação natural deve solicitar, como variável de saída, a temperatura operativa horária de cada APP da edificação. A partir desta variável deve-se calcular, para cada APP, o  $PHFT_{APP}$ , conforme a seguinte equação:

$$PHFT_{APP} = \frac{Nh_{FT}}{Nh_{Ocup}} \cdot 100$$

onde

$PHFT_{APP}$  é o percentual de horas de ocupação do APP dentro da faixa de temperatura operativa, expresso em porcentagem (%);

$Nh_{FT}$  é o número de horas em que o APP se encontra ocupado e com temperaturas operativas dentro da faixa de temperatura operativa, estabelecida na Tabela 3, ao longo do ano;

$Nh_{Ocup}$  é o número de horas em que o APP é ocupado ao longo do ano, equivalente a 2 920 h para salas e 3 650 h para dormitórios.

O  $PHFT_{APP}$  deve ser calculado, separadamente, para todos os APP do modelo real e do modelo de referência. Deve-se considerar o arredondamento destes valores, adotando uma casa decimal.

O modelo com o uso da ventilação natural deve identificar o valor de temperatura operativa máxima de cada APP ( $Tomáx_{APP}$ ), durante o seu respectivo período de ocupação. Nas zonas bioclimáticas 1, 2, 3 ou 4, também deve-se identificar o valor de temperatura operativa anual mínima de cada APP ( $Tomín_{APP}$ ), durante o seu respectivo período de ocupação. Deve-se considerar o arredondamento dos valores de  $Tomáx_{APP}$  e  $Tomín_{APP}$ , adotando uma casa decimal.

O modelo sem ventilação natural deve solicitar, como variável de saída horária, as cargas térmicas de refrigeração para cada APP da edificação. Deve ser realizado o somatório anual dos valores de carga térmica de refrigeração ( $CgTR_{APP}$ ), do modelo sem ventilação natural, para os horários que atenderem às seguintes condições:

- a) o APP encontra-se com ocupação;
- b) a temperatura operativa do APP, no modelo com ventilação natural, encontra-se dentro dos limites de temperaturas operativas estabelecidas na Tabela 5.

O mesmo procedimento deve ser adotado para o somatório anual da carga térmica de aquecimento ( $CgTA_{APP}$ ), considerada apenas para as edificações localizadas em climas do Intervalo 1, conforme a Tabela 2.

A Figura 3 ilustra a análise horária a ser desenvolvida, a partir dos dados de saída dos modelos com e sem ventilação natural, para o cálculo do  $PHFT_{APP}$ , da  $CgTR_{APP}$  e da  $CgTA_{APP}$ . Este processo deve ser adotado para todos os APP da UH.

Hora do ano	Horário	Ocupação do APP	Modelo <b>com</b> o uso da ventilação natural		Modelo <b>sem</b> o uso da ventilação natural	
			To APP	PHFT <sub>APP</sub>	CgTR <sub>APP</sub>	CgTA <sub>APP</sub>
1	00:00 – 00:59	Sim	18°C < To < 26°C	<b>Sim</b>	Não	Não
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
6	05:00 – 05:59	Sim	To ≥ 26°C	Não	<b>Sim</b>	Não
7	06:00 – 06:59	Sim	To ≥ 26°C	Não	<b>Sim</b>	Não
8	07:00 – 07:59	Não	To ≥ 26°C	Não	Não	Não
9	08:00 – 08:59	Não	To ≥ 26°C	Não	Não	Não
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
4345	00:00 – 00:59	Sim	To ≤ 18°C	Não	Não	<b>Sim</b>
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
8760	23:00 – 23:59	Sim	18°C < To < 26°C	<b>Sim</b>	Não	Não

**Figura 3 – Ilustração esquemática da análise horária dos dados de saída dos modelos com e sem o uso da ventilação natural, para o cálculo do PHFT<sub>APP</sub>, da CgTR<sub>APP</sub> e da CgTA<sub>APP</sub>**

#### 11.4.7.6 Determinação do percentual de horas de ocupação da UH dentro da faixa de temperatura operativa (PHFT<sub>UH</sub>)

Deve ser calculado o PHFT<sub>UH</sub> do modelo real e do modelo de referência pela seguinte equação:

$$\text{PHFT}_{UH} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{PHFT}_{APP,i}}{n}$$

onde

PHFT<sub>UH</sub> é o percentual de horas de ocupação da UH dentro da faixa de temperatura operativa, expresso em porcentagem (%);

PHFT<sub>APP,i</sub> é o percentual de horas de ocupação do APP *i* dentro da faixa de temperatura operativa, expresso em porcentagem (%);

*n* é o número de ambientes de permanência prolongada da UH.

#### 11.4.7.7 Determinação das temperaturas operativas anuais máxima (Tomáx<sub>UH</sub>) e mínima (Tomín<sub>UH</sub>) da UH

Deve ser determinada a temperatura operativa anual máxima (Tomáx<sub>UH</sub>) da UH, dentro dos períodos de ocupação, a partir da comparação da Tomáx<sub>APP</sub> de cada APP desta UH, adotando-se o maior valor entre os APP.

Deve ser determinada a temperatura operativa anual mínima (Tomín<sub>UH</sub>) da UH, dentro dos períodos de ocupação, a partir da comparação da Tomín<sub>APP</sub> de cada APP desta UH, adotando-se o menor valor entre os APP. A avaliação da Tomín<sub>UH</sub> deve ser realizada apenas para as edificações localizadas nas zonas bioclimáticas 1, 2, 3 ou 4.

**ABNT NBR 15575-1:2021****11.4.7.8 Determinação da carga térmica total (CgTT<sub>UH</sub>) da UH**

Deve-se calcular a carga térmica de refrigeração (CgTR<sub>UH</sub>) da UH, para os modelos real e de referência, pela seguinte equação:

$$CgTR_{UH} = \sum_{i=1}^n CgTR_{APP,i}$$

onde

CgTR<sub>UH</sub> é a carga térmica de refrigeração da UH, expressa em quilowatts-hora por ano (kWh/ano);

CgTR<sub>APP,i</sub> é a carga térmica de refrigeração do APP *i*, expressa em quilowatts-hora por ano (kWh/ano);

*n* é o número de ambientes de permanência prolongada da UH.

Para os climas compreendidos pelo Intervalo 1 da Tabela 2, a carga térmica de aquecimento (CgTA<sub>UH</sub>) da UH, para o modelo real e para o modelo de referência, deve ser calculada pela seguinte equação:

$$CgTA_{UH} = \sum_{i=1}^n CgTA_{APP,i}$$

onde

CgTA<sub>UH</sub> é a carga térmica de aquecimento da UH, expressa em quilowatts-hora por ano (kWh/ano);

CgTA<sub>APP,i</sub> é a carga térmica de aquecimento do APP *i*, expressa em quilowatts-hora por ano (kWh/ano);

*n* é o número de ambientes de permanência prolongada da UH.

A carga térmica total (CgTT<sub>UH</sub>) da UH deve ser obtida conforme as equações a seguir.

Para o Intervalo 1 da Tabela 2:

$$CgTT_{UH} = CgTR_{UH} + CgTA_{UH}$$

Para os Intervalos 2 e 3 da Tabela 2:

$$CgTT_{UH} = CgTR_{UH}$$

onde

CgTT<sub>UH</sub> é a carga térmica total da UH, expressa em quilowatts-hora por ano (kWh/ano).

**11.4.7.9 Níveis de desempenho térmico intermediário e superior**

O atendimento aos critérios estabelecidos para os níveis de desempenho térmico intermediário e superior é de caráter não obrigatório. A avaliação destes níveis baseia-se na capacidade de incremento do PHFT<sub>UH,real</sub> (ΔPHFT) e de redução da carga térmica total (RedCgTT) do modelo real em relação ao modelo de referência. O ΔPHFT e a RedCgTT são analisados em comparação com os valores mínimos

estabelecidos, determinados como  $\Delta\text{PHFT}_{\text{mín}}$  e  $\text{RedCgTT}_{\text{mín}}$ , conforme a Tabela 19. Assim como na análise de desempenho mínimo, o critério de temperaturas operativas anuais máxima ( $\text{Tomáx}_{\text{UH}}$ ) e mínima ( $\text{Tomín}_{\text{UH}}$ ) também deve ser atendido para a obtenção dos níveis intermediário e superior.

O incremento do  $\text{PHFT}_{\text{UH,real}}$  do modelo real em relação ao  $\text{PHFT}_{\text{UH,ref}}$  do modelo de referência é determinado pela seguinte equação:

$$\Delta\text{PHFT} = \text{PHFT}_{\text{UH,real}} - \text{PHFT}_{\text{UH,ref}}$$

onde

$\Delta\text{PHFT}$  é o incremento do  $\text{PHFT}_{\text{UH,real}}$  em relação ao  $\text{PHFT}_{\text{UH,ref}}$ , expresso em porcentagem (%);

$\text{PHFT}_{\text{UH,real}}$  é o percentual de horas de ocupação da UH no modelo real dentro da faixa de temperatura operativa, expresso em porcentagem (%);

$\text{PHFT}_{\text{UH,ref}}$  é o percentual de horas de ocupação da UH no modelo de referência dentro da faixa de temperatura operativa, expresso em porcentagem (%).

A redução da  $\text{CgTT}_{\text{UH,real}}$  do modelo real em relação à  $\text{CgTT}_{\text{UH,ref}}$  do modelo de referência é dada pela seguinte equação:

$$\text{RedCgTT} = \left[ 1 - \frac{(\text{CgTT}_{\text{UH,real}})}{(\text{CgTT}_{\text{UH,ref}})} \right] \cdot 100$$

onde

$\text{RedCgTT}$  é a redução da carga térmica total da UH no modelo real em relação ao modelo de referência, expressa em porcentagem (%);

$\text{CgTT}_{\text{UH,real}}$  é a carga térmica total da UH no modelo real, expressa em quilowatts-hora por ano (kWh/ano);

$\text{CgTT}_{\text{UH,ref}}$  é a carga térmica total da UH no modelo de referência, expressa em quilowatts-hora por ano (kWh/ano).

Os valores de  $\Delta\text{PHFT}_{\text{mín}}$  e  $\text{RedCgTT}_{\text{mín}}$  são apresentados na Tabela 20, para o nível intermediário, e na Tabela 21, para o nível superior. As Tabelas 20 e 21 devem ser analisadas a partir dos valores de  $\text{PHFT}_{\text{UH,ref}}$  e de  $\text{CgTT}_{\text{UH,ref}}$  do modelo de referência.



## ABNT NBR 15575-1:2021

Tabela 19 – Critérios para o atendimento dos níveis de desempenho térmico intermediário e superior

Nível de desempenho	Critérios
Intermediário (I)	$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{mín}^a$ , $Tomáx_{UH,real} \leq Tomáx_{UH,ref} + \Delta Tomáx$ , $Tomín_{UH,real} \geq Tomín_{UH,ref} - \Delta Tomín$ e $RedCgTT \geq RedCgTT_{mín}^b$
Superior (S)	$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{mín}$ , $Tomáx_{UH,real} \leq Tomáx_{UH,ref} + \Delta Tomáx$ , $Tomín_{UH,real} \geq Tomín_{UH,ref} - \Delta Tomín$ e $RedCgTT \geq RedCgTT_{mín}$

<sup>a</sup>  $\Delta PHFT_{mín}$  é obtido pela Tabela 20, para o nível intermediário, e pela Tabela 21, para o nível superior.

<sup>b</sup>  $RedCgTT_{mín}$  é obtido pela Tabela 20, para o nível intermediário, e pela Tabela 21, para o nível superior.

Deve-se adotar  $\Delta Tomáx$  igual a 2 °C para as UH unifamiliares e UH em edificações multifamiliares localizadas no pavimento de cobertura. Para as UH em edificações multifamiliares localizadas nos pavimentos térreo ou tipo, deve-se adotar  $\Delta Tomáx$  igual a 1 °C.

Deve-se adotar  $\Delta Tomín$  igual a 1 °C para todas as UH avaliadas.

Para a obtenção do nível intermediário, o incremento do  $PHFT_{UH}$  do modelo real ( $\Delta PHFT$ ) deve atender ao incremento mínimo ( $\Delta PHFT_{mín}$ ), determinado na Tabela 20.

A obtenção do nível intermediário também está condicionada a um critério de carga térmica, delimitado por um percentual mínimo de redução da carga térmica total ( $RedCgTT_{mín}$ ). Para um modelo de referência com  $PHFT_{UH,ref}$  inferior a 70 %, a  $RedCgTT_{mín}$  é igual a zero, ou seja, a  $CgTT_{UH,real}$  do modelo real deve ser menor ou igual à  $CgTT_{UH,ref}$  do modelo de referência. Se o modelo de referência possuir  $PHFT_{UH,ref}$  igual ou superior a 70 %, o modelo real deve obter redução da  $CgTT_{UH,real}$  ( $RedCgTT$ ), de modo a atender à  $RedCgTT_{mín}$ , estabelecida na Tabela 20.

A avaliação do nível de desempenho térmico superior é realizada com base no incremento do  $PHFT_{UH,real}$  ( $\Delta PHFT$ ) e na redução da carga térmica total ( $RedCgTT$ ), que devem atender aos limites estabelecidos pela Tabela 21.

Tabela 20 – Incremento mínimo do  $PHFT_{UH,real}$  e redução mínima da  $CgTT_{UH,real}$  para o atendimento ao nível de desempenho térmico intermediário (continua)

Critério		Tipologia			
		Unifamiliar	Multifamiliar		
		–	Pavimento térreo	Pavimento tipo	Pavimento cobertura
$PHFT_{UH,ref}$ %	$CgTT_{UH,ref} / A_{p,UH}$ kWh / (ano.m <sup>2</sup> )	$\Delta PHFT_{mín}$ %			
$PHFT_{UH,ref} < 70$ %	Todos os valores	Obtido a partir do ábaco ou das equações da Figura 4			
$PHFT_{UH,ref} \geq 70$ %	Todos os valores	0	0	0	0

Tabela 20 (conclusão)

Critério		Tipologia			
		Unifamiliar	Multifamiliar		
		–	Pavimento térreo	Pavimento tipo	Pavimento cobertura
$PHFT_{UH,ref}$ %	$CgTT_{UH,ref} / A_{p,UH}$ kWh / (ano.m <sup>2</sup> )	RedCgTT <sub>min</sub> %			
$PHFT_{UH,ref} < 70\%$	Todos os valores	0	0	0	0
$PHFT_{UH,ref} \geq 70\%$	$CgTT_{UH,ref} / A_{p,UH} < 100$	17	15	22	15
	$CgTT_{UH,ref} / A_{p,UH} \geq 100$	27	20	25	20

Tabela 21 – Incremento mínimo do  $PHFT_{UH,real}$  e redução mínima da  $CgTT_{UH,real}$  para o atendimento ao nível de desempenho térmico superior

Critério		Tipologia			
		Unifamiliar	Multifamiliar		
		–	Pavimento térreo	Pavimento tipo	Pavimento cobertura
$PHFT_{UH,ref}$ %	$CgTT_{UH,ref} / A_{p,UH}$ kWh / (ano.m <sup>2</sup> )	$\Delta PHFT_{min}$ %			
$PHFT_{UH,ref} < 70\%$	Todos os valores	Obtido a partir do ábaco ou das equações da Figura 4			
$PHFT_{UH,ref} \geq 70\%$	Todos os valores	0	0	0	0
$PHFT_{UH,ref}$ %	$CgTT_{UH,ref} / A_{p,UH}$ kWh / (ano.m <sup>2</sup> )	RedCgTT <sub>min</sub> %			
Todos os valores	$CgTT_{UH,ref} / A_{p,UH} < 100$	35	30	45	30
	$CgTT_{UH,ref} / A_{p,UH} \geq 100$	55	40	50	40

NOTA O nível superior também pode ser obtido se o  $PHFT_{UH,real}$  do modelo real for maior ou igual a 95 %, juntamente com o atendimento ao critério de temperaturas anuais máxima e mínima ( $Tomáx_{UH}$  e  $Tomín_{UH}$ ).

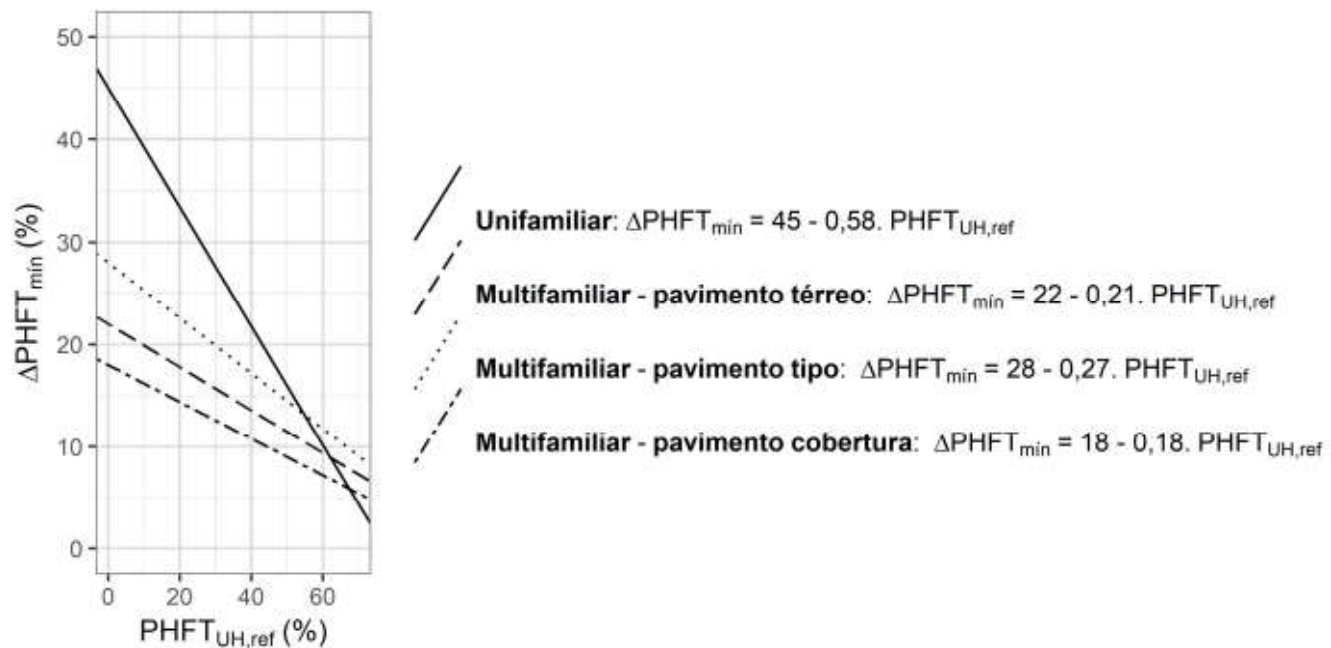
Nas Tabelas 20 e 21, a  $CgTT_{UH,ref}$  deve ser analisada em relação à  $A_{p,UH}$ , que representa a soma das áreas de piso de todos os APP da UH ( $A_{p,APP}$ ), em metros quadrados.

A aplicação das Tabelas 20 e 21 e da Figura 4, em edificações multifamiliares, deve considerar:

- a) os valores de  $\Delta PHFT_{min}$  e RedCgTT<sub>min</sub> do pavimento térreo somente para as UH posicionadas em contato com o solo;

**ABNT NBR 15575-1:2021**

- b) as UH localizadas em pavimento térreo sobre pilotis, ou que possuam pavimentos no subsolo abaixo delas, devem considerar os valores de  $\Delta\text{PHFT}_{\min}$  e  $\text{RedCgTT}_{\min}$  do pavimento tipo;
- c) os valores de  $\Delta\text{PHFT}_{\min}$  e  $\text{RedCgTT}_{\min}$  do pavimento de cobertura para as UH localizadas no último andar da edificação, assim como em pavimentos tipo com cobertura parcialmente exposta.



**Figura 4 – Ábaco e equações para a obtenção do  $\Delta\text{PHFT}_{\min}$  quando o  $\text{PHFT}_{\text{UH,ref}}$  for inferior a 70 %**

## 12 Desempenho acústico

### 12.1 Generalidades

A edificação habitacional deve apresentar isolamento acústico adequado das vedações externas, no que se refere aos ruídos aéreos provenientes do exterior da edificação habitacional, e isolamento acústico adequado entre as áreas comuns e privativas e entre as áreas privativas de unidades autônomas diferentes.

### 12.2 Requisito – Isolamento acústico de vedações externas

Propiciar condições mínimas de isolamento acústico da fachada e da cobertura da edificação. Este requisito aplica-se também às fachadas e coberturas com função estrutural.

#### 12.2.1 Critério – Isolamento a ruído aéreo de sistemas de vedações externas

As vedações externas da edificação devem atender pelo menos aos critérios mínimos de desempenho estabelecidos nas ABNT NBR 15575-4 e ABNT NBR 15575-5. Este critério aplica-se também às fachadas e coberturas com função estrutural.

#### 12.2.2 Método de avaliação

Os métodos de avaliação são especificados nas ABNT NBR 15575-4 e ABNT NBR 15575-5.

## Anexo A (informativo)

### Parâmetros informativos para a análise do desempenho térmico

#### A.1 Degradação da absorvância à radiação solar

O estabelecimento da curva de absorvância em relação ao tempo de exposição pode ser realizado de duas formas:

- por meio do estudo de produtos em uso, com inspeção sistemática de amostra representativa do estoque construído, em condições de exposição semelhantes ou relevantes para o edifício projetado; e
- por meio do estudo de envelhecimento natural de corpos de prova de pequenas dimensões do revestimento, aplicado sobre o substrato para o qual foi desenvolvido. Estes corpos de prova devem ser expostos em estações de envelhecimento natural, na inclinação de 45° Norte, em condições climáticas semelhantes às observadas no local de implantação do edifício projetado.

A Tabela A.1 apresenta valores teóricos de absorvância à radiação solar, obtidos a partir da equação empírica apresentada a seguir, supondo três anos de envelhecimento natural ( $\alpha_t = 3$ ). A Tabela A.1 ilustra o possível impacto do envelhecimento natural nos valores da absorvância solar da superfície exposta.

$$\alpha_{t=3} = 0,07 \cdot (\alpha_{t=0})^2 + 0,59 \cdot \alpha_{t=0} + 0,27$$

onde

$\alpha_{t=3}$  é a absorvância à radiação solar da superfície externa após degradação de três anos (adimensional);

$\alpha_{t=0}$  é a absorvância à radiação solar inicial da superfície externa (adimensional);

t é o tempo de exposição da superfície, expresso em anos.

**Tabela A.1 – Exemplo teórico de alteração da absorvância solar da superfície após envelhecimento natural por um período de exposição de três anos**

Absorvância à radiação solar inicial da superfície externa $\alpha_t = 0$	Absorvância à radiação solar da superfície externa após degradação de três anos $\alpha_t = 3$
0,1	0,33
0,2	0,39
0,3	0,45
0,4	0,52
0,5	0,58
0,6	0,65
0,7	0,72
0,8	0,79
0,9	0,86

## A.2 Parâmetros informativos do procedimento de simulação computacional

Para uma análise complementar do desempenho térmico da habitação, de caráter informativo, são estabelecidos os seguintes parâmetros:

- percentual de horas de ocupação com temperaturas superiores à faixa de temperatura operativa (PHsFT);
- percentual de horas de ocupação com temperaturas inferiores à faixa de temperatura operativa (PHiFT).

O PHsFT<sub>APP</sub> representa a fração de horas, ao longo do ano, em que o APP encontra-se ocupado e com temperaturas operativas superiores às estabelecidas pela faixa de temperaturas da Tabela 3. O PHsFT<sub>APP</sub> é determinado pela seguinte equação:

$$\text{PHsFT}_{\text{APP}} = \frac{\text{Nh}_{\text{sFT}}}{\text{Nh}_{\text{Ocup}}} \cdot 100$$

onde

PHsFT<sub>APP</sub> é o percentual de horas de ocupação do APP com temperaturas superiores à faixa de temperatura operativa da Tabela 3;

Nh<sub>sFT</sub> é o número de horas em que o APP encontra-se ocupado e com temperaturas superiores à faixa de temperatura operativa, estabelecida na Tabela 3, ao longo do ano;

Nh<sub>Ocup</sub> é o número de horas em que o APP é ocupado ao longo do ano, equivalente a 2 920 h para salas e a 3 650 h para dormitórios.

**ABNT NBR 15575-1:2021**

O  $PHiFT_{APP}$  representa a fração de horas, ao longo do ano, em que o APP encontra-se ocupado e com temperaturas operativas inferiores às estabelecidas pela faixa de temperaturas da Tabela 3. O  $PHiFT_{APP}$  pode ser calculado apenas para os climas que se enquadrarem no Intervalo 1, com média anual da temperatura externa de bulbo seco ( $TBS_m$ ) inferior a 25 °C. Nestes casos, o  $PHiFT_{APP}$  representa o percentual de horas de ocupação em que o APP apresentou temperaturas operativas iguais ou inferiores a 18 °C. O  $PHiFT_{APP}$  é determinado pela seguinte equação:

$$PHiFT_{APP} = \frac{N_{hiFT}}{N_{hOcup}} \cdot 100$$

onde

$PHiFT_{APP}$  é o percentual de horas de ocupação do APP com temperaturas inferiores à faixa de temperatura operativa da Tabela 3;

$N_{hiFT}$  é o número de horas em que o APP encontra-se ocupado e com temperaturas inferiores à faixa de temperatura operativa, estabelecida na Tabela 3, ao longo do ano;

$N_{hOcup}$  é o número de horas em que o APP é ocupado ao longo do ano, equivalente a 2 920 h para salas e a 3 650 h para dormitórios.

O  $PHsFT_{UH}$  e o  $PHiFT_{UH}$  da unidade habitacional devem ser obtidos por meio da média aritmética dos valores de  $PHsFT_{APP}$  e  $PHiFT_{APP}$  de todos os APP da UH, respectivamente.

### A.3 Diagnóstico de desempenho térmico da unidade habitacional de acordo com o procedimento de simulação computacional

A Tabela A.2 indica o diagnóstico de desempenho térmico da unidade habitacional segundo o procedimento de simulação computacional.

**Tabela A.2 – Diagnóstico de desempenho térmico segundo o procedimento de simulação computacional (continua)**

Características da unidade habitacional (UH)				
Tipologia	Identificação da UH	Número de APP	Superfícies expostas	
<input type="checkbox"/> Unifamiliar <input type="checkbox"/> Multifamiliar			<input type="checkbox"/> Fachada Norte	<input type="checkbox"/> Fachada Oeste
	<b>Pavimento</b>	$A_{p,UH}$ m <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> Fachada Leste	<input type="checkbox"/> Cobertura
			<input type="checkbox"/> Fachada Sul	<input type="checkbox"/> Piso
Características dos ambientes de permanência prolongada (APP)				
Número do APP	1	2	3	
Tipo de uso	<input type="checkbox"/> Sala <input type="checkbox"/> Dormitório	<input type="checkbox"/> Sala <input type="checkbox"/> Dormitório	<input type="checkbox"/> Sala <input type="checkbox"/> Dormitório	
$A_{p,APP}$ (m <sup>2</sup> )				

Tabela A.2 (continuação)

Diagnóstico de desempenho térmico dos APP				
Modelo real				
Número do APP	1	2	3	
PHFT <sub>APP</sub> (%)				
Tomáx <sub>APP</sub> (°C)				
Tomín <sub>APP</sub> (°C)				
CgTR <sub>APP</sub> (kWh/ano)				
CgTA <sub>APP</sub> (kWh/ano)				
CgTT <sub>APP</sub> (kWh/ano)				
Modelo de referência				
Número do APP	1	2	3	
PHFT <sub>APP</sub> (%)				
Tomáx <sub>APP</sub> (°C)				
Tomín <sub>APP</sub> (°C)				
CgTR <sub>APP</sub> (kWh/ano)				
CgTA <sub>APP</sub> (kWh/ano)				
CgTT <sub>APP</sub> (kWh/ano)				
Diagnóstico de desempenho térmico da UH				
	Modelo real	Modelo de referência	Atendimento do nível mínimo	
PHFT <sub>UH</sub> (%)			( ) Sim	( ) Não
Tomáx <sub>UH</sub> (°C)			( ) Sim	( ) Não
Tomín <sub>UH</sub> (°C)			( ) Sim	( ) Não
CgTR <sub>UH</sub> (kWh/ano)			Não se aplica	
CgTA <sub>UH</sub> (kWh/ano)			Não se aplica	
CgTT <sub>UH</sub> (kWh/ano)			Não se aplica	
CgTT <sub>uh</sub> /A <sub>p,UH</sub> (kWh/ano.m <sup>2</sup> )			Não se aplica	

## ABNT NBR 15575-1:2021

Tabela A.2 (conclusão)

Diagnóstico do nível de desempenho térmico da UH				
Nível Intermediário				
<b>Critério:</b> $\Delta\text{PHFT} \geq \Delta\text{PHFT}_{\text{mín}}$	$\Delta\text{PHFT}$ (%)	$\Delta\text{PHFT}_{\text{mín}}$ (%)	<b>Atendimento</b>	
			<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
<b>Critério:</b> $\text{RedCgTT} \geq \text{RedCgTT}_{\text{mín}}$	<b>RedCgTT</b> (%)	<b>RedCgTT</b> <sub>mín</sub> (%)	<b>Atendimento</b>	
			<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Nível Superior				
<b>Critério:</b> $\Delta\text{PHFT} \geq \Delta\text{PHFT}_{\text{mín}}$	$\Delta\text{PHFT}$ (%)	$\Delta\text{PHFT}_{\text{mín}}$ (%)	<b>Atendimento</b>	
			<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
<b>Critério:</b> $\text{RedCgTT} \geq \text{RedCgTT}_{\text{mín}}$	<b>RedCgTT</b> (%)	<b>RedCgTT</b> <sub>mín</sub> (%)	<b>Atendimento</b>	
			<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
<b>Nível de desempenho térmico obtido pela UH</b>			<input type="checkbox"/> Mínimo <input type="checkbox"/> Intermediário <input type="checkbox"/> Superior	
Parâmetros informativos do desempenho térmico dos APP				
Modelo real				
<b>Número do APP</b>	1	2	3	
<b>PHsFT<sub>APP</sub></b> (%)				
<b>PHiFT<sub>APP</sub></b> (%)				
Modelo de referência				
<b>Número do APP</b>	1	2	3	
<b>PHsFT<sub>APP</sub></b> (%)				
<b>PHiFT<sub>APP</sub></b> (%)				
Parâmetros informativos do desempenho térmico da UH				
	<b>Modelo real</b>		<b>Modelo de referência</b>	
<b>PHsFT<sub>UH</sub></b> (%)				
<b>PHiFT<sub>UH</sub></b> (%)				