

MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E COMUNICAÇÕES

Decreto-Lei n.º 40/90

de 6 de Fevereiro

A necessidade de um instrumento legal que regulamente as condições térmicas dos edifícios vinha de há muito a ser sentida no nosso país por razões que se predem com a aspiração legítima das populações a melhores condições de salubridade, de higiene e de conforto nos edifícios em geral e na habitação, em particular, e que têm a ver, também, com o consumo actual e potencial da energia para o conforto térmico (aquecimento e arrefecimento) e para o conforto visual (iluminação), bem assim como com a qualidade da construção em geral.

O Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios constitui uma primeira base regulamentar e pressuposto essencial à adopção de outras medidas quanto à utilização da energia nos edifícios e corresponde ao imperativo de aproximação às políticas comunitárias neste domínio, tendo em conta as especificidades da situação no nosso país.

O Regulamento agora adoptado reflecte a experiência adquirida noutros países ao longo dos últimos 15 anos quanto à conservação de energia e à utilização da energia bioclimática nos edifícios e tira partido das condições do clima do nosso país, para integrar no próprio edifício, através da arquitectura e das tecnologias construtivas, as formas mais adequadas de aproveitamento da energia solar ou energia ambiente.

Embora a parcela da energia consumida nos edifícios não atinja em Portugal os valores de outros países, este Regulamento constituirá um instrumento de conservação de energia nos edifícios através da promoção generalizada da melhoria das condições de conforto sem acréscimo do consumo de energia, ou da satisfação rigorosa das condições de conforto, nos casos em que estas venham a ser exigidas, com um consumo mais moderado de energia por unidade de área de construção.

A chave do sucesso deste Regulamento está na sua aplicação na fase de licenciamento e na abertura à possibilidade da auditoria energética e da acção fiscalizadora ao nível do projecto. Só com a experiência prática e a valorização tecnológica dos agentes licenciadores se poderá, em fase posterior, passar à auditoria *in situ*. Até lá, e como primeiro passo que assegure a transição numa perspectiva correcta, a prazo, há que tirar partido das possibilidades que oferecem algumas determinações regulamentares que têm a sua expressão em condicionantes construtivas. Neste caso, o seu cumprimento poderá ser facilmente verificado na obra por agentes sem preparação especial no domínio térmico desde que conhecedores dos materiais e suas propriedades e das técnicas construtivas.

Tais condicionantes construtivas, porém, careceriam de ser referidas a uma situação tipo. Por isso, o Regulamento elege como parâmetros básicos dois valores etiqueta ou índices correspondentes aos valores das necessidades em energia por estação de aquecimento e de arrefecimento por metro quadrado de construção e por ano. Estes valores são característicos do edifício, independentemente do comportamento dos utilizadores, de-

finidos em condições convencionadas do ambiente interior (as quais são genericamente aceites como correspondendo às condições mínimas de conforto) e do clima exterior (zonas climáticas).

Aqueles valores etiqueta serão valores base a assinalar um padrão mínimo de qualidade térmica dos edifícios e reflectindo o efeito combinado da solução arquitectónica e das diferentes componentes construtivas. Uma vez que os valores etiqueta regulamentares assim definidos não asseguram a caracterização total das condições térmicas em aspectos mais específicos como o da formação das condensações, prescrevem-se, em complemento àqueles valores etiqueta e em associação com eles, outras limitações referidas aos elementos construtivos.

Houve na elaboração deste Regulamento a preocupação de o libertar das complexidades que, em nome do rigor, se pudessem transformar em obstáculos ao objectivo imediato da sua fácil aceitação e à estratégia implícita do seu progressivo refinamento a prazo.

Enquanto a inexistência de qualquer diploma regulamentar anterior neste domínio cria uma situação favorável à formulação do presente Regulamento, por outro lado, a ausência de prática da aplicação de um regulamento deste tipo comporta dificuldades acrescidas para a implementação de novos métodos de cálculo, de novas políticas de projecto e de novos critérios de licenciamento, sobretudo tendo em conta a multiplicidade dos seus destinatários e a grande diversidade de formações destes. Esta realidade não pôde deixar de ter influenciado o conteúdo e a forma do Regulamento.

A aparente complexidade do método de regulamentação adoptado decorre do seu carácter sintético e da novidade da sua formulação mais do que da sua complexidade intrínseca.

A preparação dos instrumentos apropriados à execução do método, o fornecimento de exemplos típicos de aplicação e as acções de informação que não deixarão de ser promovidas tornarão a aplicação deste Regulamento fácil e rapidamente familiar, nos seus números mais típicos, nos parâmetros que mais os influenciam e nas suas potencialidades como instrumento de melhoria progressiva do parque construído nacional.

Assim:

Nos termos da alínea *a*) do n.º 1 do artigo 201.º da Constituição, o Governo decreta o seguinte:

Artigo 1.º É aprovado o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios e seus anexos I a VI, que fazem parte integrante do presente diploma.

Art. 2.º Este diploma entra em vigor no dia 1 de Janeiro de 1991.

Visto e aprovado em Conselho de Ministros de 14 de Dezembro de 1989. — *Antbal António Cavaco Silva* — *Luís Francisco Valente de Oliveira* — *José António da Silveira Godinho* — *Luís Fernando Mira Amaral* — *João Maria Leitão de Oliveira Martins*.

Promulgado em 13 de Janeiro de 1990.

Publique-se.

O Presidente da República, MÁRIO SOARES.

Referendado em 16 de Janeiro de 1990.

O Primeiro-Ministro, *Antbal António Cavaco Silva*.

Anexo ao Decreto-Lei n.º 40/90

**REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DE COMPORTAMENTO
TÉRMICO DOS EDIFÍCIOS**

SUMÁRIO

Capítulo I — Objecto e âmbito de aplicação.

Artigo 1.º — Objecto.

Artigo 2.º — Âmbito de aplicação.

Capítulo II — Princípios gerais, definições e referências.

Artigo 3.º — Índices e parâmetros de caracterização.

Artigo 4.º — Definições e referências.

Capítulo III — Requisitos energéticos.

Artigo 5.º — Limitação das necessidades nominais de aquecimento.

Artigo 6.º — Limitação das necessidades nominais de arrefecimento.

Artigo 7.º — Requisitos mínimos de qualidade térmica dos edifícios.

Capítulo IV — Licenciamento, fiscalização e sanções.

Artigo 8.º — Licenciamento.

Artigo 9.º — Fiscalização.

CAPÍTULO I

Objecto e âmbito de aplicação

Artigo 1.º

Objecto

O presente Regulamento estabelece as regras a observar no projecto de edifícios de modo que:

- a) As exigências de conforto térmico no seu interior possam vir a ser asseguradas sem dispêndio excessivo de energia;
- b) Os elementos de construção não sofram efeitos patológicos derivados de condensações.

Artigo 2.º

Âmbito de aplicação

1 — O presente Regulamento aplica-se a todas as zonas independentes dos edifícios sujeitos a licenciamento no território nacional, com excepção das situações previstas nos n.ºs 6 e 7 deste artigo.

2 — Este Regulamento apenas visa o edifício propriamente dito, não tratando das instalações energéticas para o conforto, que serão objecto de regulamentação separada.

3 — Por zona independente de um edifício entende-se, para os efeitos deste Regulamento, cada uma das partes de um edifício dotadas de contador individual de consumo de energia e cujo direito de propriedade ou fruição seja transmissível autonomamente.

4 — Ficam também sujeitos a este Regulamento todos os edifícios que, nos termos de legislação específica, não careçam de licenciamento municipal.

5 — Ficam ainda sujeitas a este Regulamento as remodelações ou alterações em edifícios que representem mais de metade do valor destes e que careçam de licenciamento municipal ou estejam nas condições previstas no número anterior.

6 — Excluem-se do âmbito de aplicação deste Regulamento os edifícios a construir que, pelas suas características de utilização, se destinem a permanecer frequentemente abertos ao contacto com o exterior.

7 — Excluem-se ainda do âmbito deste Regulamento as remodelações e recuperações de edifícios em zonas históricas ou de edifícios classificados, sempre que se verifiquem incompatibilidades com as exigências deste Regulamento.

CAPÍTULO II

Princípios gerais, definições e referências

Artigo 3.º

Índices e parâmetros de caracterização

1 — A caracterização do comportamento térmico dos edifícios faz-se, para efeitos do presente Regulamento, através da quantificação de um certo número de índices e parâmetros.

2 — Os índices térmicos fundamentais a quantificar neste Regulamento são os valores das necessidades nominais de energia útil por estação de aquecimento, N_I , e por estação de arrefecimento, N_R , por metro quadrado da área útil de cada zona independente de um edifício.

3 — São parâmetros térmicos adicionais a quantificar sob condições específicas neste Regulamento:

- a) Os coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente;
- b) A classe de inércia térmica do edifício;
- c) O factor solar dos envidraçados.

Artigo 4.º

Definições e referências

1 — As definições necessárias à correcta aplicação deste Regulamento constam do anexo I.

2 — Os valores de grandezas, coeficientes ou parâmetros a utilizar na aplicação deste Regulamento, e que nele não venham expressamente indicados, poderão ter como referência, por ordem de precedência, o seguinte:

- a) Regulamentos específicos;
- b) Regulamentos gerais;
- c) Normas portuguesas;
- d) Publicações oficiais do LNEC, LNETI e outras instituições nacionais de reconhecida idoneidade;
- e) Publicações oficiais de instituições estrangeiras de reconhecida idoneidade.

CAPÍTULO III

Requisitos energéticos

Artigo 5.º

Limitação das necessidades nominais de aquecimento

1 — Cada zona independente de um edifício não poderá, como resultado do nível de isolamento térmico da envolvente e do aproveitamento dos ganhos solares, exceder o valor, N_I , das necessidades nominais de energia útil por metro quadrado de área útil de pavimento, A_p , por estação de aquecimento, estabelecido no número seguinte.

2 — O valor das necessidades nominais de energia útil por metro quadrado de área útil de pavimento, A_p , por estação de aquecimento, N_{IC} , não deverá ser superior ao definido pela expressão:

$$N_I = \left\{ \frac{1,3K_p A_f + K_{hr} A_h + K_{env} A_{env}}{A_p} + 0,34P_d \right\} (0,024).GD \quad (\text{kWh/m}^2.\text{ano})$$

em que os valores dos coeficientes de transmissão térmica de referência K_{fp} , K_{hr} e K_{env} são os dados no quadro II.1 do anexo II, o valor dos graus-dias de aquecimento, GD , são os dados no anexo III e em que o valor de N_{IC} deve ser calculado pela metodologia que consta do anexo IV, que também contém o significado de todos os parâmetros contidos na expressão definidora de N_I .

3 — Se a área de envidraçados, A_{env} , for superior a 15 % da área útil de pavimento, A_p , o valor máximo de A_{env} a utilizar na expressão definidora de N_I é $A_{env} = 0,15 A_p$.

4 — Para efeitos do cálculo de N_I , a área da fachada opaca envolvente do espaço útil ocupado, A_f , é calculada somando a área de fachada opaca exterior com a área de paredes e envidraçados que separem o espaço útil de espaços anexos pouco ventilados do tipo

garagens, armazéns, caixas de escada, circulações, etc., e a área da envolvente horizontal do espaço útil, A_h , é calculada somando as áreas de pavimento e de cobertura exteriores com as áreas de pavimento e de cobertura que separem o espaço útil de espaços anexos do tipo garagens, armazéns, caixas de escada, circulações, etc., pouco ventiladas.

5 — Considera-se que uma zona independente de um edifício satisfaz automaticamente este Regulamento, no que respeita às exigências de aquecimento, se, em simultâneo:

- Utilizar soluções da envolvente cujos coeficientes de transmissão térmica sejam iguais ou inferiores aos valores de referência indicados no quadro II.1 do anexo II;
- Utilizar soluções de fachada cujo factor de concentração de perdas térmicas, de acordo com o disposto no anexo VI, seja igual ou inferior a 1,3;
- A área de envidraçados não ultrapassar os 15% da área útil de pavimento.

6 — Outras soluções construtivas poderão ser utilizadas desde que haja ganhos solares por envidraçados não sombreados orientados a sul e ou sejam adoptados coeficientes de transmissão térmica menos elevados em zonas específicas da envolvente. Estas soluções não poderão ter qualidade inferior aos requisitos mínimos impostos no artigo 7.º deste Regulamento e a sua adopção deve ser justificada mediante preenchimento e apresentação das folhas de cálculo FCIV.1 e FCIV.2 do anexo IV ou apresentação de nota explicativa dos cálculos demonstrando a satisfação dos requisitos deste Regulamento.

7 — Sempre que a área útil de uma zona independente de um edifício seja superior a 300 m², é obrigatório o cálculo do valor das necessidades nominais de energia útil de aquecimento dessa zona do edifício mediante o preenchimento e apresentação das folhas de cálculo FCIV.1 e FCIV.2, que constam do anexo IV.

Artigo 6.º

Limitação das necessidades nominais de arrefecimento

1 — Cada zona independente de um edifício não poderá, como resultado do grau de protecção solar dos envidraçados e da cobertura e do nível de isolamento térmico da envolvente, exceder o valor, N_v , das necessidades nominais de energia útil por metro quadrado de área útil de pavimento por estação de arrefecimento, estabelecido no número seguinte.

2 — O valor das necessidades nominais de energia útil por metro quadrado de área útil de pavimento, A_p , por estação de arrefecimento, N_w , calculado pela metodologia que consta do anexo V não deverá ser superior ao definido pela expressão:

$$N_v = \frac{0,36 (1,3\Delta T_f K_{fj} A_{fj} + \Delta T_h K_{hv} A_h) + G_{enf} A_{env}}{A_p} M \quad (\text{kWh/m}^2 \cdot \text{ano})$$

em que o significado dos parâmetros é apresentado nos anexos III, IV e V, os valores de referência dos coeficientes de transmissão térmica K_{fj} e K_{hv} são os definidos no quadro II.1 do anexo II, os valores das áreas A_{fj} , A_h e A_{env} são os correspondentes à envolvente exterior, conforme as folhas de cálculo FCIV.1a e FCIV.1c, os ganhos solares de referência G_{enf} e as diferenças efectivas de temperatura de referência ΔT_f e ΔT_h são os dados no quadro II.2 do anexo II e a duração média da insolação local na estação de arrefecimento, M , é tabelada no anexo III.

3 — Se a área de envidraçados, A_{env} , for superior a 15% da área útil de pavimento, A_p , o valor máximo de A_{env} a utilizar na expressão definidora de N_v é $A_{env} = 0,15 A_p$.

4 — Considera-se que uma zona independente de um edifício satisfaz automaticamente este Regulamento no que respeita às exigências de arrefecimento se, em simultâneo:

- Utilizar soluções da envolvente que satisfaçam o n.º 3 do artigo 5.º;
- Tiver coberturas de cor clara (quadro V.3 do anexo V);
- Tiver inércia média ou forte (quadro VI.7 do anexo VI);
- Tiver envidraçados cujo factor solar, dado no quadro VI.8 do anexo VI, seja igual ou inferior a 0,15.

5 — Se determinada solução construtiva para um edifício não satisfizer uma qualquer das exigências referidas nas alíneas a) a d) do número anterior, ela poderá ainda ser utilizada desde que os correspondentes ganhos adicionais de calor sejam compensados por melhoria das restantes exigências.

6 — As soluções referidas no número anterior não poderão ter qualidade inferior aos requisitos mínimos impostos no artigo 7.º deste Regulamento e a sua adopção deve ser justificada mediante preen-

chimento das folhas de cálculo FCV.1 e FCV.2 do anexo V ou apresentação de nota explicativa dos cálculos demonstrando a satisfação dos requisitos deste Regulamento.

7 — Sempre que a área útil de uma zona independente de um edifício seja superior a 300 m², é obrigatório o cálculo do valor das necessidades nominais de energia útil de arrefecimento dessa zona do edifício mediante o preenchimento e apresentação das folhas de cálculo FCV.1 e FCV.2, que constam do anexo V.

Artigo 7.º

Requisitos mínimos de qualidade térmica dos edifícios

1 — Os valores das necessidades energéticas nominais especificadas nos artigos 5.º e 6.º deverão ser conseguidos sem que sejam ultrapassados os valores limites dos parâmetros de qualidade térmica a seguir indicados:

- Coefficiente de transmissão térmica através da envolvente opaca — a fim de se reduzir o risco de condensações na face interior dos elementos opacos da envolvente, não podem ser excedidos os valores máximos deste coeficiente em zona corrente indicados no quadro II.4 do anexo II;
- Protecções solares dos envidraçados no Verão — a fim de se reduzir o risco de sobreaquecimento interior, o factor solar dos vãos envidraçados não orientados a norte (entre noroeste e nordeste) não deve ser superior aos valores indicados no quadro II.4 do anexo II.

2 — O cálculo dos parâmetros especificados no número anterior deve fazer-se segundo a metodologia que consta do anexo VI.

CAPÍTULO IV

Licenciamento, fiscalização e sanções

Artigo 8.º

Licenciamento

1 — Todo o pedido de licenciamento junto da entidade licenciadora competente deverá incluir as folhas de cálculo FCIV.1 e FCIV.2 do anexo IV (incluindo as FCIV.1a a 1d) e FCV.1 e FCV.2 do anexo V devidamente preenchidas, ou nota explicativa dos cálculos demonstrando a satisfação dos requisitos deste Regulamento.

2 — No caso de a zona independente do edifício se encontrar nas condições de verificação automática das exigências de aquecimento, conforme especificado no n.º 3 do artigo 5.º, as folhas de cálculo FCIV.1 e FCIV.2 serão substituídas por declaração de que o edifício cumpre as referidas exigências.

3 — No caso de a zona independente do edifício se encontrar nas condições de verificação automática das exigências de Verão, conforme especificado no n.º 3 do artigo 6.º, as folhas de cálculo FCV.1 e FCV.2 serão substituídas por declaração de que o edifício cumpre as referidas exigências.

Artigo 9.º

Fiscalização

1 — Cabe aos competentes serviços da administração central e das Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira e, bem assim, às autarquias locais fazer cumprir o disposto neste Regulamento.

2 — A todo o momento, as entidades competentes para autorizar licenciamentos podem proceder a vistorias em fase de construção ou a auditorias aos edifícios já construídos.

3 — No exercício das competências referidas poderão as entidades licenciadoras e ou fiscalizadoras recorrer ao apoio técnico de quaisquer organizações do Estado ou outras desde que devidamente reconhecidas.

ANEXO I

Definições

Amplitude térmica diária (Verão). — É o valor médio das diferenças registadas entre as temperaturas máxima e mínima diárias no mês mais quente.

Área de cobertura. — É a área dos elementos opacos da envolvente horizontais ou com inclinação inferior a 60° que separam superiormente o espaço útil do exterior ou de espaços não úteis adjacentes, medida pelo exterior.

Área de envidraçados. — É a área das zonas não opacas da envolvente de um edifício (ou zona independente), incluindo os respectivos caixilhos, medida pelo exterior.

Área de fachada. — É a área dos elementos opacos da envolvente verticais ou com inclinação superior a 60° que separam o espaço útil do exterior ou de espaços não úteis adjacentes, medida pelo exterior.

Área de pavimento. — É a área dos elementos da envolvente que separam inferiormente o espaço útil do exterior ou de espaços não úteis adjacentes, medida pelo exterior.

Área útil. — É a soma das áreas, medidas em planta, de todos os compartimentos de uma zona independente de um edifício, incluindo vestíbulos, circulações internas, instalações sanitárias, arrumos e outros compartimentos de função similar e armários nas paredes, medidas pelo perímetro interior das paredes que limitam a zona, quer se trate ou não de um edifício de habitação.

Coefficiente de transmissão térmica de um elemento da envolvente. — É a quantidade de calor por unidade de tempo que atravessa uma superfície de área unitária desse elemento da envolvente por unidade de diferença de temperatura entre os ambientes que ele separa.

Coefficiente de transmissão térmica médio dia-noite de um vão envidraçado. — É a média dos coeficientes de transmissão térmica de um vão envidraçado com a protecção aberta (posição típica durante o dia) e fechada (posição típica durante a noite) e que se toma como o valor de base para o cálculo das perdas térmicas pelos envidraçados durante a estação de aquecimento de uma zona independente de um edifício em que haja ocupação nocturna importante, por exemplo, habitações, hotéis, zonas de internamento de hospitais, etc.

Condutibilidade térmica. — É uma propriedade térmica típica de um material que é igual à quantidade de calor por unidade de tempo que atravessa uma camada de espessura e área unitárias desse material por unidade de diferença de temperatura entre as suas duas faces.

Diferença efectiva de temperatura. — É a diferença de temperatura que deveria existir em regime estacionário entre o ar de ambos os lados de um elemento da envolvente, para que, na ausência da radiação solar, os ganhos de calor fossem os mesmos da situação real.

Duração média de insolação na estação de arrefecimento. — É a duração dos períodos de sol descoberto que ocorrem em média na estação de arrefecimento.

Energia útil, de aquecimento ou de arrefecimento. — É a energia-calor libertada ou retirada do local. É, portanto, independente da forma de energia disponível ou final (electricidade, gás, sol, etc.).

Espaço fortemente ventilado. — É um local que dispõe de aberturas que permitem a renovação do ar com uma taxa média de pelo menos seis renovações por hora.

Espaço não útil. — É o conjunto dos locais fechados, fortemente ventilados ou não, que não se encontram englobados na definição de área útil, e que não se destinam à ocupação humana em termos permanentes. Incluem-se aqui armazéns, garagens, sótãos não habitados, caves, circulações comuns a outras zonas independentes do mesmo edifício, etc.

Espaço útil. — É o espaço correspondente à área útil.

Estação de aquecimento. — É o conjunto dos períodos do ano nos quais a temperatura média diária do ar exterior é, em média, inferior ou igual a 13°C.

Estação de arrefecimento. — É o conjunto dos períodos do ano nos quais a temperatura média diária do ar exterior é, em média, igual ou superior a 18,5°C.

Factor de concentração de perdas térmicas. — É o quociente entre o valor médio pesado do coeficiente de transmissão térmica de uma zona da envolvente e o coeficiente de transmissão térmica da sua zona corrente. Quantifica a influência das heterogeneidades — pilares, vigas, caixas de estore, etc. — nas perdas térmicas dessa zona da envolvente.

Factor de inércia. — É o quociente entre as necessidades nominais de arrefecimento do espaço e as que corresponderiam a um espaço idêntico, mas com inércia térmica média.

Factor de utilização dos ganhos solares. — É a fracção dos ganhos solares captados que contribuem de forma útil para o aquecimento ambiente durante a estação de aquecimento.

Factor solar de um envidraçado. — É o quociente entre a energia que entra através de um vão envidraçado e a energia da radiação solar que nele incide.

Factor solar de um vidro. — É o quociente entre a energia solar que atravessa o vidro e a energia solar nele incidente.

Graus-dias de aquecimento (base 15°C). — É um número que caracteriza a severidade de um clima durante a estação de aquecimento e que é igual ao somatório das diferenças positivas registadas entre

uma dada temperatura de base (15°C) e a temperatura do ar exterior durante a estação de aquecimento. As diferenças são calculadas com base nos valores horários da temperatura do ar (termómetro seco).

Necessidades nominais de energia útil. — É o parâmetro que exprime a quantidade de energia útil necessária para manter em permanência um local a um nível de temperatura de referência durante uma estação de aquecimento ou de arrefecimento.

Necessidades nominais específicas de aquecimento. — São a quantidade de energia útil que é necessário fornecer a um local para manter a sua temperatura superior à temperatura exterior em 1°C.

Pé-direito. — É a altura média entre o pavimento e o tecto de uma zona independente de um edifício, medida pelo interior.

Resistência térmica de um elemento de construção. — É o inverso da quantidade de calor por unidade de tempo e por unidade de área que atravessa o elemento de construção por unidade de diferença de temperatura entre as suas duas faces.

Resistência térmica total. — É o inverso do coeficiente de transmissão térmica.

Temperatura exterior de projecto no Verão. — É a temperatura exterior do termómetro seco correspondente, num Verão típico, à probabilidade acumulada de ocorrência de 97,5% dos valores horários da temperatura do ar nos meses de Junho a Setembro.

ANEXO II

Valores de referência

Quadro II.1

Coefficientes de transmissão térmica de referência (K—W/m²°C)

	Zona climática (*)		
	I ₁	I ₂	I ₃
<i>K_{fr}</i>	1,4	1,2	0,95
<i>K_{hr}</i>	1,1	0,85	0,75
<i>K_{env}</i>	(a) 4,2	4,2	4,2
	(b) 5,8	5,8	5,8

(*) V. anexo III.

(a) Edifícios em que haja ocupação nocturna importante, por exemplo, habitações, hotéis, zonas de internamento de hospitais, etc., aos quais é, por isso, aplicável o conceito de coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite.

(b) Restantes casos.

Quadro II.2

Ganhos solares (*G_{ref}* — kWh/mês.m²_{env}) e diferenças efectivas de temperatura (Δ*T*.°C) de referência

Classe de inércia térmica (*)	Zona climática (**)		
	V ₁	V ₂	V ₃
<i>G_{ref}</i> { Fraca	6,5	6,5	5,5
	16	16	12,5
	25	17,5	14
Δ <i>T_f</i> } Todas	6	7,5	8,5
	1,5	4	5,5

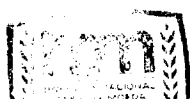
(*) V. anexo III.

(**) V. anexo VI.

Quadro II.3

Coefficientes de transmissão térmica máximos admissíveis (K—W/m²°C)

Elemento da envolvente	Zona climática (*)		
	I ₁	I ₂	I ₃
Elementos exteriores:			
Zonas opacas horizontais	1,25	1	0,9
Zonas opacas verticais	1,8	1,6	1,45



Elemento da envolvente	Zona climática (*)		
	I ₁	I ₂	I ₃
Elementos interiores (**):			
Zonas opacas verticais	2	2	1,9
Zonas opacas horizontais	1,65	1,3	1,2

(*) V. anexo III.

(**) Para zonas anexas não úteis.

Quadro II.4

Factores solares máximos admissíveis

Classe de inércia térmica (**):	Zona climática (*)		
	V ₁	V ₂	V ₃
	Factor solar		
Fraca	0,15	0,15	0,1
Média	0,56	0,56	0,5
Forte	0,56	0,56	0,5

(*) V. anexo III.

(**) V. anexo VI.

ANEXO III

Dados climáticos

1 — Zonamento climático

O País é dividido em três zonas climáticas de Inverno, I₁, I₂, I₃, e em três zonas climáticas de Verão, V₁, V₂, V₃.

A delimitação destas zonas, ajustada à divisão administrativa do País, é a seguinte:

- Continente — v. quadro III.1, com o zonamento discriminado por concelhos;
 Açores — I₁-V₁;
 Madeira — I₁-V₁.

2 — Dados climáticos de referência

2.1 — Dados climáticos de Inverno. — Apresentam-se no quadro III.2 os dados climáticos de referência a considerar.

2.2 — Dados climáticos de Verão:

- a) Temperatura do ar. — Apresentam-se no quadro III.3 os valores da temperatura exterior de projecto e da amplitude térmica diária a considerar;
 b) Insolação. — Os valores da duração média da insolação na estação de arrefecimento (M) estão indicados a seguir, expressos em meses:

Continente:

Região Norte:

Zona V ₁	1,6
Zona V ₂	2,2
Zona V ₃	2,8

Região Sul

Açores	2,2
Madeira	3,4

A Região Sul abrange toda a área a sul do rio Tejo e ainda os seguintes concelhos dos distritos de Lisboa e Santarém: Lisboa, Oeiras, Cascais, Amadora, Loures, Vila Franca de Xira, Azambuja, Cartaxo e Santarém.

Quadro III.1

Distribuição dos concelhos de Portugal continental segundo as zonas climáticas

Concelho	Zonas climáticas
Abrantes	I ₂ -V ₃
Águeda	I ₂ -V ₁

Concelho	Zonas climáticas
Aguiar da Beira	I ₃ -V ₂
Alandroal	I ₂ -V ₃
Albergaria-a-Velha	I ₂ -V ₁
Albufeira	I ₁ -V ₂
Alcácer do Sal	I ₁ -V ₂
Alcanena	I ₂ -V ₂
Alcobaça	I ₂ -V ₁
Alcochete	I ₂ -V ₂
Alcoutim	I ₂ -V ₃
Alenquer	I ₁ -V ₂
Alfândega da Fé	I ₃ -V ₂
Alijó	I ₂ -V ₃
Aljezur	I ₁ -V ₂
Aljustrel	I ₂ -V ₃
Almada	I ₁ -V ₁
Almeida	I ₃ -V ₂
Almeirim	I ₂ -V ₃
Almodôvar	I ₂ -V ₃
Alpiarça	I ₂ -V ₃
Alter do Chão	I ₂ -V ₃
Alvaiázere	I ₃ -V ₁
Alvito	I ₂ -V ₃
Amadora	I ₁ -V ₂
Amarante	I ₂ -V ₁
Amares	I ₃ -V ₁
Anadia	I ₂ -V ₂
Ansião	I ₃ -V ₁
Arcos de Valdevez	I ₃ -V ₁
Arganil	I ₃ -V ₁
Armamar	I ₃ -V ₂
Arouca	I ₂ -V ₁
Arraiolos	I ₂ -V ₃
Arronches	I ₂ -V ₃
Arruda dos Vinhos	I ₁ -V ₂
Aveiro	I ₂ -V ₁
Avis	I ₂ -V ₃
Azambuja	I ₁ -V ₂
Baião	I ₂ -V ₁
Barcelos	I ₂ -V ₂
Barrancos	I ₂ -V ₃
Barreiro	I ₁ -V ₂
Batalha	I ₂ -V ₂
Beja	I ₂ -V ₃
Belmonte	I ₃ -V ₂
Benavente	I ₂ -V ₂
Bombarral	I ₂ -V ₁
Borba	I ₂ -V ₃
Boticas	I ₃ -V ₁
Braga	I ₂ -V ₂
Bragança	I ₃ -V ₂
Cabeceiras de Basto	I ₃ -V ₁
Cadaval	I ₂ -V ₂
Caldas da Rainha	I ₂ -V ₁
Caminha	I ₂ -V ₁
Campo Maior	I ₂ -V ₃
Cantanhede	I ₃ -V ₁
Carraceda de Ansiães	I ₂ -V ₃
Carregal do Sal	I ₃ -V ₁
Cartaxo	I ₁ -V ₂
Cascais	I ₁ -V ₁
Castanheira de Pera	I ₃ -V ₂
Castelo Branco	I ₂ -V ₃
Castelo de Paiva	I ₂ -V ₁
Castelo de Vide	I ₃ -V ₃
Castro Daire	I ₃ -V ₁
Castro Marim	I ₂ -V ₃
Castro Verde	I ₂ -V ₃
Celorico de Basto	I ₃ -V ₁
Celorico da Beira	I ₃ -V ₁
Chamusca	I ₂ -V ₃
Chaves	I ₃ -V ₂
Cinfães	I ₂ -V ₁
Coimbra	I ₂ -V ₂
Condeixa-a-Nova	I ₂ -V ₂
Constância	I ₂ -V ₃
Coruche	I ₂ -V ₃
Covilhã	I ₃ -V ₁
Crato	I ₂ -V ₃
Cuba	I ₂ -V ₃

Concelho	Zonas climáticas	Concelho	Zonas climáticas
Elvas	I ₂ -V ₃	Odemira	I ₁ -V ₂
Entroncamento	I ₂ -V ₂	Oeiras	I ₁ -V ₁
Espinho	I ₂ -V ₁	Oleiros	I ₂ -V ₂
Esposende	I ₂ -V ₁	Olhão	I ₁ -V ₂
Estarreja	I ₂ -V ₁	Oliveira de Azeméis	I ₂ -V ₁
Estremoz	I ₂ -V ₃	Oliveira do Bairro	I ₂ -V ₁
Évora	I ₂ -V ₃	Oliveira de Frades	I ₂ -V ₁
Fafe	I ₃ -V ₁	Oliveira do Hospital	I ₃ -V ₁
Faro	I ₁ -V ₂	Ourique	I ₂ -V ₃
Feira	I ₂ -V ₁	Ovar	I ₂ -V ₁
Felgueiras	I ₂ -V ₁	Paços de Ferreira	I ₂ -V ₂
Ferreira do Alentejo	I ₂ -V ₃	Palmela	I ₁ -V ₂
Ferreira do Zêzere	I ₂ -V ₂	Pampilhosa da Serra	I ₃ -V ₁
Figueira de Castelo Rodrigo	I ₃ -V ₂	Paredes	I ₂ -V ₂
Figueira da Foz	I ₂ -V ₁	Paredes de Coura	I ₂ -V ₁
Figueiró dos Vinhos	I ₃ -V ₁	Pedrógão Grande	I ₃ -V ₁
Fornos de Algodres	I ₃ -V ₁	Penacova	I ₂ -V ₂
Freixo de Espada à Cinta	I ₃ -V ₃	Penafiel	I ₂ -V ₁
Fronteira	I ₂ -V ₃	Penalva do Castelo	I ₃ -V ₂
Fundão	I ₂ -V ₂	Penamacor	I ₂ -V ₃
Gavião	I ₂ -V ₃	Penedono	I ₃ -V ₂
Góis	I ₃ -V ₁	Penela	I ₃ -V ₁
Gondomar	I ₂ -V ₁	Peniche	I ₁ -V ₁
Gouveia	I ₃ -V ₁	Peso da Régua	I ₂ -V ₃
Grândola	I ₁ -V ₂	Pinhel	I ₃ -V ₂
Guarda	I ₃ -V ₁	Pombal	I ₂ -V ₁
Guimarães	I ₂ -V ₂	Ponte da Barca	I ₃ -V ₁
Idanha-a-Nova	I ₂ -V ₃	Ponte de Lima	I ₂ -V ₁
Ílhavo	I ₂ -V ₁	Ponte de Sor	I ₂ -V ₃
Lagoa	I ₁ -V ₂	Portalegre	I ₂ -V ₃
Lagos	I ₁ -V ₂	Portel	I ₂ -V ₃
Lamego	I ₃ -V ₂	Portimão	I ₁ -V ₂
Leiria	I ₂ -V ₂	Porto	I ₂ -V ₂
Lisboa	I ₁ -V ₂	Porto de Mós	I ₂ -V ₂
Loulé	I ₁ -V ₂	Póvoa de Lanhoso	I ₃ -V ₂
Loures	I ₁ -V ₂	Póvoa de Varzim	I ₂ -V ₁
Lourinhã	I ₁ -V ₁	Proença-a-Nova	I ₂ -V ₃
Lousã	I ₃ -V ₁	Redondo	I ₂ -V ₃
Lousada	I ₂ -V ₂	Reguengos de Monsaraz	I ₂ -V ₃
Mação	I ₂ -V ₃	Resende	I ₂ -V ₁
Macedo de Cavaleiros	I ₃ -V ₂	Ribeira de Pena	I ₃ -V ₁
Mafra	I ₁ -V ₁	Rio Maior	I ₂ -V ₂
Maia	I ₂ -V ₁	Sabrosa	I ₂ -V ₃
Mangualde	I ₃ -V ₁	Sabugal	I ₃ -V ₂
Manteigas	I ₃ -V ₁	Salvaterra de Magos	I ₂ -V ₃
Marco de Canaveses	I ₂ -V ₁	Santa Comba Dão	I ₂ -V ₂
Marinha Grande	I ₂ -V ₁	Santa Marta de Penaguião	I ₂ -V ₂
Marvão	I ₃ -V ₃	Santarém	I ₂ -V ₂
Matosinhos	I ₂ -V ₁	Santiago do Cacém	I ₂ -V ₂
Mealhada	I ₂ -V ₁	Santo Tirso	I ₂ -V ₂
Meda	I ₃ -V ₂	São Brás de Alportel	I ₁ -V ₂
Melgaço	I ₃ -V ₁	São João da Madeira	I ₂ -V ₁
Mértola	I ₂ -V ₃	São João da Pesqueira	I ₃ -V ₂
Mesão Frio	I ₂ -V ₂	São Pedro do Sul	I ₂ -V ₁
Mira	I ₂ -V ₁	Sardoal	I ₂ -V ₃
Miranda do Corvo	I ₃ -V ₁	Sátão	I ₃ -V ₂
Miranda do Douro	I ₃ -V ₂	Seia	I ₃ -V ₁
Mirandela	I ₃ -V ₃	Seixal	I ₁ -V ₂
Mogadouro	I ₃ -V ₂	Sernancelhe	I ₃ -V ₂
Moimenta da Beira	I ₃ -V ₂	Serpa	I ₂ -V ₃
Moita	I ₂ -V ₂	Sertã	I ₂ -V ₂
Monção	I ₂ -V ₁	Sesimbra	I ₁ -V ₁
Monchique	I ₁ -V ₃	Setúbal	I ₂ -V ₁
Mondim de Basto	I ₃ -V ₁	Sever do Vouga	I ₂ -V ₁
Monforte	I ₂ -V ₃	Silves	I ₁ -V ₂
Montalegre	I ₃ -V ₁	Sines	I ₁ -V ₂
Montemor-o-Novo	I ₂ -V ₃	Sintra	I ₁ -V ₁
Montemor-o-Velho	I ₂ -V ₁	Sobral de Monte Agraço	I ₁ -V ₂
Montijo	I ₂ -V ₂	Soure	I ₂ -V ₁
Mora	I ₂ -V ₃	Sousel	I ₂ -V ₃
Mortágua	I ₂ -V ₂	Tábua	I ₃ -V ₁
Moura	I ₂ -V ₃	Tabuaço	I ₃ -V ₂
Mourão	I ₂ -V ₃	Tarouca	I ₃ -V ₂
Murça	I ₃ -V ₃	Tavira	I ₁ -V ₂
Murtosa	I ₂ -V ₁	Terras de Bouro	I ₃ -V ₁
Nazaré	I ₂ -V ₁	Tomar	I ₂ -V ₂
Nelas	I ₃ -V ₁	Tondela	I ₂ -V ₂
Nisa	I ₂ -V ₃	Torre de Moncorvo	I ₃ -V ₃
Óbidos	I ₂ -V ₁	Torres Novas	I ₂ -V ₂

ANEXO IV

Método de cálculo das necessidades nominais de aquecimento

1 — Justificação da metodologia de cálculo

As necessidades nominais de aquecimento de uma zona independente de um edifício são a energia útil que é necessário fornecer-lhe para manter a temperatura no seu interior a 18°C — temperatura limiar de conforto — durante uma estação de aquecimento. Aquele valor não representa necessariamente o consumo real dessa zona de edifício, já que, normalmente, os seus ocupantes não impõem permanentemente situações exactamente iguais às de referência (18°C), podendo mesmo ocorrer diferenças substanciais por excesso ou por defeito entre as condições reais de funcionamento e as admitidas ou convencionadas como de referência para efeitos deste Regulamento.

No entanto, mais do que um método de prever necessidades energéticas reais de um edifício (ou de uma zona de um edifício), o valor das necessidades nominais, calculado para condições de referência, constitui uma forma objectiva de comparar edifícios desde a fase do licenciamento, do ponto de vista do comportamento térmico: quanto maior for o seu valor, mais frio será o edifício no Inverno, ou mais energia será necessário consumir para o aquecer até atingir uma temperatura confortável.

As necessidades nominais de aquecimento resultam do valor integrado na estação de aquecimento da soma algébrica de três parcelas:

1) Perdas de calor pela envolvente, isto é, pelas paredes, pelos envidraçados e pela cobertura, devidas à diferença de temperatura entre o interior e o exterior do edifício.

Estas perdas são calculadas, para cada um desses três elementos, pela expressão:

$$Q_1 = K_t A (T_i - T_a) \quad (W) \quad (W)$$

em que:

K_t — coeficiente de transmissão térmica do elemento da envolvente (em $W/m^2 \text{ } ^\circ C$);

A — área do elemento da envolvente medida pelo exterior (em metros quadrados);

T_i — temperatura do ar no interior do edifício (tomada como 18°C para efeitos do cálculo das necessidades nominais de aquecimento);

T_a — temperatura do ar exterior ao elemento da envolvente (em °C).

ii) Os valores dos coeficientes de transmissão térmica dos elementos da envolvente são calculados pela expressão:

$$K_t = K \cdot f_c$$

em que:

K — coeficiente de transmissão térmica dos elementos de construção em zona corrente.

O método de cálculo destes coeficientes é descrito no anexo VI e os valores de K para os elementos construtivos mais comuns encontram-se compilados na publicação do LNEC *Coefficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios*.

f_c — factor de concentração de perdas, que contabiliza os efeitos dos pilares, vigas, caixas de estore, etc., no valor efectivo do coeficiente de transmissão térmica dos elementos de fachada em zona corrente. Toma-se $f_c = 1$ para envidraçados, coberturas e pavimentos desde que não haja heterogeneidades significativas em cada um destes elementos.

Caso ocorram tais heterogeneidades, pode ser utilizada a expressão indicada na secção 2 do anexo VI. Em alternativa, podem também considerar-se separadamente as diferentes zonas nas folhas de cálculo das perdas pelas coberturas (FCIV.1a e 2) e perdas pelos pavimentos (FCIV.1a e 3).

ii) A temperatura do ar exterior ao elemento da envolvente pode tomar dois valores distintos:

a) Ou se trata de um elemento da envolvente em contacto directo com a atmosfera, e T_a toma o valor da temperatura ambiente exterior (T_{atm});

b) Ou se trata de um elemento da envolvente em contacto com outras zonas do edifício (ou outros edifícios) cuja temperatura é intermédia entre a temperatura atmosférica exterior e a temperatura da zona a que se aplica o Regulamento (por exemplo, armazéns, garagens, corredores ou escadas de acesso a outras zonas independentes dentro do mesmo edifício, só-tão não habitados, etc.).

Nestes casos considera-se que a temperatura T_a toma o valor:

$$T_a = T_{atm} + 0,25 (18 - T_{atm})$$

pelo que, na FCIV.1b é efectuada uma correcção ao valor do K_t correspondente:

$$K_t = (0,75) \cdot K \cdot f_c$$

Concelho	Zonas climáticas
Torres Vedras	I ₁ -V ₁
Trancoso	I ₃ -V ₂
Vale de Cambra	I ₂ -V ₁
Valença	I ₂ -V ₁
Valongo	I ₂ -V ₁
Valpaços	I ₃ -V ₃
Vendas Novas	I ₂ -V ₃
Viana do Alentejo	I ₂ -V ₃
Viana do Castelo	I ₂ -V ₁
Vidigueira	I ₂ -V ₃
Vieira do Minho	I ₃ -V ₁
Vila de Rei	I ₂ -V ₂
Vila do Bispo	I ₁ -V ₂
Vila do Conde	I ₂ -V ₁
Vila Flor	I ₂ -V ₃
Vila Franca de Xira	I ₂ -V ₂
Vila Nova da Barquinha	I ₂ -V ₂
Vila Nova de Cerveira	I ₂ -V ₁
Vila Nova de Famalicão	I ₂ -V ₂
Vila Nova de Foz Côa	I ₃ -V ₂
Vila Nova de Gaia	I ₂ -V ₁
Vila Nova de Ourém	I ₂ -V ₂
Vila Nova de Paiva	I ₃ -V ₂
Vila Nova de Poiares	I ₃ -V ₁
Vila Pouca de Aguiar	I ₃ -V ₂
Vila Real	I ₃ -V ₂
Vila Real de Santo António	I ₁ -V ₂
Vila Velha de Ródão	I ₂ -V ₃
Vila Verde	I ₂ -V ₁
Vila Viçosa	I ₂ -V ₃
Vimioso	I ₃ -V ₂
Vinhais	I ₃ -V ₂
Viseu	I ₂ -V ₂
Vouzela	I ₂ -V ₁

Quadro III.2

Dados climáticos de Inverno

Zonas de Inverno	Número médio de graus-dias de aquecimento na estação de aquecimento (*) GD (°C dia.ano)	Energia solar média incidente numa superfície vertical orientada a sul na estação de aquecimento E _{sol} (kWh/m ² .ano)
I ₁ :		
Continente	400	400
Açores	100	50
Madeira	50	50
I ₂	800	500
I ₃	1 600 (**)	700

(*) Graus-dias na base 15°C. A estação de aquecimento é constituída pelo conjunto dos períodos do ano cuja temperatura média é inferior a 13°C.

(**) Para altitudes superiores a 1000 m, devem tomar-se os valores obtidos pela expressão $GD = H + 800$, onde H representa a altitude em metros.

Quadro III.3

Temperaturas exteriores de projecto e amplitudes térmicas diárias

Zonas de Verão	Temperatura exterior (*) de projecto T _{pe} (°C)	Amplitude térmica diária D(°C)
V ₁ :		
Continente	28	10
Açores	26	6
Madeira	26	5
V ₂	32	13
V ₃	35	16

(*) A temperatura exterior de projecto corresponde àquela com uma probabilidade acumulada de ocorrência de 97,5 %.

2) Perdas de calor resultantes da entrada de ar frio atmosférico através de frinchas e aberturas existentes na envolvente dos edifícios.

Estas perdas de calor por unidade de tempo são calculadas por:

$$Q_2 = \rho C_p V (T_i - T_a) \quad (W) \quad (1)$$

em que:

- ρ — massa volúmica do ar (em kg/m³);
- C_p — calor específico do ar (em J/kg.°C);
- V — caudal de ar frio que entra no edifício (em m³/s). Este caudal, para efeitos deste Regulamento, é considerado igual ao volume interior do edifício (ou da zona independente a que se aplica) durante uma hora, ou seja:

$$V = A_p \cdot Pd / 3600$$

com:

- A_p — área útil de pavimento (em metros quadrados);
- P_d — pé-direito médio (em metros).

O termo $\frac{\rho C_p}{3600}$ toma o valor de 0,34 W/m³.°C.

3) Ganhos de calor resultantes da iluminação, electrodomésticos, ocupantes e, sobretudo, dos ganhos solares que entram pelos envidraçados.

Com excepção dos ganhos solares pelos envidraçados, que dependem obviamente da concepção da envolvente do edifício, e que podem ser quantificados caso a caso, os restantes são muito variáveis e, para efeitos deste Regulamento, admite-se que tomam um valor fixo uniforme para todos os edifícios.

É apenas necessário, em consequência, calcular para cada edifício os ganhos solares, que são considerados úteis apenas através dos envidraçados orientados no quadrante sul. Para as outras orientações os ganhos são substancialmente menores e são incluídos no valor uniforme dos ganhos internos atrás referidos. Os ganhos por cada envidraçado orientado no quadrante sul podem ser calculados pela expressão:

$$Q_3 = A_{env} \cdot E \cdot S_v \cdot \phi \cdot \eta \quad (W) \quad (2)$$

em que:

- A_{env} — Área do envidraçado, incluindo caixilharia (em metros quadrados);
- E — intensidade da radiação solar (irradiância solar) incidente no envidraçado (em W/m²);
- S_v — fracção da energia incidente no vidro que penetra no interior do edifício (factor solar do vidro — v. quadro vi.9 do anexo vi);
- ϕ — factor que traduz o efeito de obstrução resultante das caixilhariás, da parede no contorno do vão envidraçado e dos obstáculos exteriores. Nos casos correntes em que não haja sombreamentos por obstáculos exteriores, este factor toma o valor de 0,7, devendo ser quantificado com maior precisão sempre que tal for necessário ou desejável (v. fig. iv.1);
- η — factor de utilização dos ganhos solares, que traduz o facto de que nem toda a energia solar que entra no edifício é utilizável em termos de conforto, traduzindo-se por vezes em sobreaquecimento do ar interior. Este factor aumenta com a inércia da construção e diminui com o aumento da relação ganhos/necessidades brutas de aquecimento (v. fig. iv.2).

As necessidades nominais de energia útil, N_I , por estação de aquecimento, por metro quadro de área útil de pavimento, são então calculadas pelo integral da soma algébrica dos valores instantâneos de Q_1 , Q_2 e Q_3 ao longo de toda a estação de aquecimento dividido pela área útil de pavimento, A_p :

$$N_I = (\Sigma Q_1 + Q_2 - \Sigma Q_3) / A_p \cdot dt$$

em que t exprime o tempo e o integral se estende à estação de aquecimento.

Os somatórios Σ em Q_1 e Q_3 resultam do facto de haver zonas da envolvente com diferentes características que precisam de ser tratadas separadamente.

Resulta do exposto atrás que:

$$N_I = [\Sigma K_i A_i \delta (T_i - T_a) dt + 0,34 V \delta (T_i - T_a) dt - \Sigma A_{env} S_v \phi \eta E dt] / A_p \quad (Wh/m^2 \cdot ano) \quad (3)$$

onde:

δ é um parâmetro que toma valor nulo sempre que a temperatura exterior é superior a 15°C — caso em que se admite não ser necessário aquecimento — e valor unitário nos restantes casos;

$\delta (T_i - T_a) dt = GD \cdot 24$ (°C.h/ano), em que GD corresponde aos valores dos graus-dias tabelados no quadro III.2 em °C.dia/ano e 24 ao número de horas do dia;

$\int E dt = 1000 \cdot E_{sul} \cdot f$ (W/m².ano), em que E_{sul} corresponde aos valores da energia solar média incidente numa superfície vertical orientada a sul tabelados no quadro III.2 em kWh/m².ano e f é um factor de orientação que permite converter a energia incidente numa superfície vertical a sul na correspondente a outras orientações.

Assim, resulta a seguinte expressão final para o cálculo do valor de N_I (em kWh/m².ano):

$$N_I = \frac{(\Sigma f_i k_i A_i + \Sigma f_c k_c A_c + \Sigma k_{env} A_{env} + 0,75 \Sigma f_c k_{int} A_{int})}{A_p} + \frac{0,34 A_p P_d \cdot 0,024 \cdot GD - \Sigma A_{env} \cdot G_v \cdot S_v \cdot \phi \cdot \eta \cdot f}{A_p}$$

em que:

- i — número de tipos construtivos diferentes nas fachadas exteriores;
- j — número de tipos construtivos diferentes nas coberturas e nos pavimentos colocados sobre passagens abertas ou espaços fortemente ventilados;
- l — número de tipos diferentes de envidraçados;
- r — número de tipos construtivos diferentes na envolvente interior.

2 — Folhas de cálculo

As folhas de cálculo FCIV.1 e FCIV.2 que se seguem pretendem esquematizar a metodologia de cálculo descrita no n.º 1, de forma sequencial, e permitir uma comparação com o valor máximo admissível nos termos deste Regulamento (artigo 5.º), por forma a demonstrar o cumprimento do mesmo.

A folha de cálculo FCIV.1 estabelece o cálculo do valor das necessidades nominais de energia útil para aquecimento correspondente à solução projectada, de acordo com a metodologia descrita na primeira parte deste anexo. O seu preenchimento faz chamada a cinco folhas de cálculo parcelares, FCIV.1a a FVIC.1e, que servem para calcular, respectivamente, as perdas correspondentes à envolvente opaca exterior, à envolvente interior, aos envidraçados e à renovação do ar e os ganhos solares úteis. A folha de cálculo FCIV.1 soma as perdas e deduz-lhes o valor dos ganhos solares, calculado na folha de cálculo FCIV.1e, resultando o valor de N_{IC} .

A folha de cálculo FCIV.2 estabelece o cálculo do valor máximo regulamentar, conforme a expressão constante do n.º 2 do artigo 5.º do Regulamento, N_I , comparando-o com o valor calculado de N_{IC} .

Uma zona independente de um edifício só é regulamentar se N_{IC} for menor ou igual a N_I .

Folha de Cálculo FCIV.1
Cálculo das Necessidades Nominais de Aquecimento do Edifício

Necessidades Nominais Específicas de Aquecimento (W/°C)	
Envolvente Opaca Exterior (da FCIV.1a)	
Envolvente Interior (da FCIV.1b)	
Envidraçados (da FCIV.1c)	
Renovação de ar (da FCIV.1d)	
TOTAL	

Graus-Dias de Aquecimento na Base 15°C para a Zona Climática Respetiva (Quadro III.2 do Anexo III)	_____	x	_____
		x	0,024
		=	_____
Necessidades Brutas de Aquecimento (Para o Cálculo do Factor de Utilização dos Ganhos Solares - FCIV.1e)	_____	(kWh/ano)	
		=	_____
Ganhos Solares Úteis (da FCIV.1e)	_____	(kWh/ano)	
		=	_____
N_a = Necessidades Nominais de Energia útil por Estação de Aquecimento	_____	(kWh/ano)	
		=	_____
N_{no} =	$\frac{N_a}{A_p}$	=	_____ = _____ (kWh/m ² .ano)



Folha de Cálculo FCIV.1a

Cálculo das Necessidades Nominais Específicas de Aquecimento devidas à Envolvente Opaca Exterior

1) Perdas pelas Paredes:

	A (m²)	K (W/m²°C)	f _c (-)	KA (W/°C)
Paredes	x	x	=	
	x	x	=	
	x	x	=	
	TOTAL			

2) Perdas pelas Coberturas:

	A (m²)	K (W/m²°C)	f _c (-)	KA (W/°C)
Coberturas	x	x	=	
	x	x	=	
	TOTAL			

3) Perdas pelos Pavimentos:

	A (m²)	K (W/m²°C)	f _c (-)	KA (W/°C)
Pavimentos	x	x	=	
	x	x	=	
	TOTAL			

TOTAL da envolvente opaca exterior (Para a FCIV.1) (W/°C)

A - Área de cada zona distinta da envolvente em contacto com o exterior, medida pelo exterior.

K - coeficiente de transmissão térmica em zona corrente de cada zona distinta da envolvente. (ver na publicação do LNEC "Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios" os valores das soluções mais comuns; caso o elemento em apreço não conste desta publicação, deverá ser calculado o respectivo K pelo método descrito no Anexo VI, secção 1).

f_c - factor de concentração de perdas (ver Anexo VI, secção 2).

Folha de Cálculo FCIV.1b

Cálculo das Necessidades Nominais Específicas de Aquecimento devidas à Envolvente Interior*

	A (m²)	f _c (-)	K (W/m²°C)	KA (W/°C)
envidraçados	x	x	=	
	x	x	=	
	x	x	=	
paredes	x	x	=	
	x	x	=	
	x	x	=	
coberturas	x	x	=	
	x	x	=	
pavimentos	x	x	=	
	TOTAL			

TOTAL da envolvente interior (Para a FCIV.1) (W/°C)

A - Área de cada zona distinta da envolvente, medida pelo exterior.

K - Coeficiente de transmissão térmica de cada zona distinta da envolvente. (ver na publicação do LNEC "Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios" os valores das soluções mais comuns; caso o elemento em apreço não conste desta publicação, deverá ser calculado o respectivo K pelo método descrito no Anexo VI, secção 1).

f_c - Factor de Concentração de Perdas (ver Anexo VI, secção 2).

*Englobam-se aqui as paredes que separam o espaço útil dos armazéns, garagens, escadas e outras circulações comuns exteriores à zona independente de edifício.

Folha de Cálculo FCIV.1c

Cálculo das Necessidades Nominais Específicas de Aquecimento devidas aos Envidraçados

Tipo de Envidraçado	A (m²)	K (W/m²°C)	KA (W/°C)
	x	=	
	x	=	
	x	=	
	x	=	

TOTAL de Perdas pelos Envidraçados (Para a FCIV.1) (W/°C)

A - Área total de cada tipo de envidraçado utilizado (p.ex., vidro simples, vidro duplo, vidro com protecção nocturna, etc.).

K - coeficiente de transmissão térmica de cada tipo de envidraçado (ver publicação do LNEC "Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios").

Deve usar-se o valor de K correspondente ao valor médio dia-noite quando for aplicável, conforme o ponto 2 do Artigo 5º do Regulamento e o Quadro III.1 do Anexo II.

Folha de Cálculo FCIV.1d

Cálculo das Necessidades Nominais Específicas de Aquecimento devidas à Renovação do Ar.

Área útil de pavimento (m²)	x
Pé direito médio (m)	x
Taxa de Renovação Nominal	1
	x
	0,34
	=
TOTAL das Perdas para renovação do ar (Para a FCIV.1) (W/°C)	

Folha de Cálculo FCIV.1e

Cálculo dos Ganhos Solares Úteis

Orientação	Tipo de envid.	A (m²)	S _v (-)	ρ (-)	f (-)	A _e (m²)
SE		x	x	x	0,70	=
		x	x	x	0,70	=
		x	x	x	0,70	=
S		x	x	x	1,00	=
		x	x	x	1,00	=
		x	x	x	1,00	=
SW		x	x	x	0,70	=
		x	x	x	0,70	=
		x	x	x	0,70	=
Horizontal		x	x	x	0,85	=
		x	x	x	0,85	=
		x	x	x	0,85	=

Área Equivalente total de vidro a Sul (m²)

Energia solar média incidente (kWh/m².ano) (Quadro III.2 do Anexo II)

Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)

Factor de Utilização dos Ganhos Solares (ver Fig.IV.2 ou Expressão IV.1)

Ganhos Solares Úteis (kWh/ano) (Para a FCIV.1)

A - Área de cada tipo de envidraçado por orientação (m²) Só podem ser considerados os envidraçados não sombreados por obstáculos exteriores (ver Fig.IV.1)

A_v - Área equivalente de vidro vertical a sul.

S_v - Factor solar do vidro (Quadro VI.9 do Anexo VI).

ρ - Factor de obstrução - percentagem da área do envidraçado que é transparente e não sombreada e recebe radiação solar directa incidente. (tomar o valor 0,7 nos casos correntes de envidraçados não sombreados por obstáculos exteriores - ver Fig.IV.1).

f - factor de orientação.

Folha de Cálculo FCIV.2

Verificação da Satisfação das Exigências do Regulamento (Inverno)

1) Valor Máximo Imposto no Artigo 5º do Regulamento:

$$N_s = \left[\frac{1,2 K_{tr} A_e + K_{tr} A_{in} + K_{tr} A_{env} + 0,34 p_w}{A_u} \right] (0,024) \cdot 60$$

com

	I_1	I_2	I_3	
K_{tr}	1,40	1,20	0,95	
K_{in}	1,10	0,85	0,75	
K_{env}	a)	4,2	4,2	4,2
	b)	5,8	5,8	5,8

(W/m².°C)

$N_s =$

em que

K_{tr} - coeficiente de transmissão térmica das fachadas $K_{tr} =$ W/m².°C
 Área $A_e =$ m²

K_{in} - coeficiente de transmissão térmica das coberturas e pavimentos $K_{in} =$ W/m².°C
 Área $A_{in} =$ m²

K_{env} - coeficiente de transmissão térmica dos envidraçados $K_{env} =$ W/m².°C
 Área $A_{env} =$ m²

- a) zonas de edifícios com ocupação nocturna;
- b) zonas de edifícios de ocupação diurna dominante.

Nota 1: se $A_{env} > 0,15 A_{in}$, então usar $A_{env} = 0,15 A_{in}$ na expressão definidora de N_s .

$A_{in} =$ m²

$A_{env} =$ m² < $(0,15) A_{in} = 0,15 \times$ = m²

Nota 2: A área da fachada opaca envolvente do espaço útil ocupado (A_e) é calculada somando a área de fachada opaca exterior com a área de paredes e envidraçados que separam o espaço útil de espaços anexos do tipo garagens, armazéns, caixas de escada, circulações, etc., pouco ventilados.

A área de envolvente horizontal do espaço útil ocupado (A_{in}) é calculada somando as áreas de pavimento e de cobertura exteriores e as áreas de pavimento e de cobertura que separam o espaço útil de espaços anexos do tipo garagens, armazéns, caixas de escada, circulações, etc., pouco ventilados.

Os espaços fortemente ventilados devem ser tratados como se fossem espaços exteriores.

2) Verificação da satisfação das exigências do Regulamento

Valor calculado (>FCIV.1) $N_{cal} =$ ≤ $N_s =$

Fig. IV.1

Envidraçados em que é possível captar ganhos solares

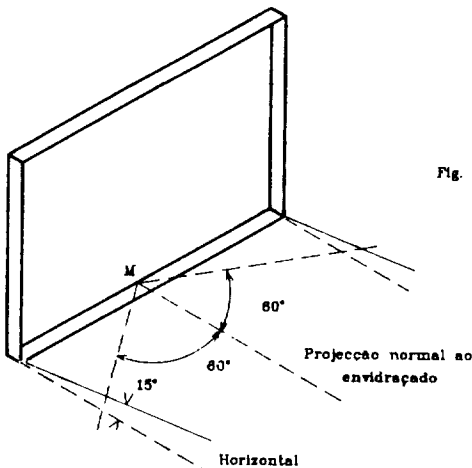


Fig. IV.1a

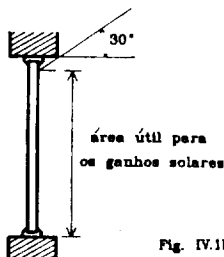


Fig. IV.1b

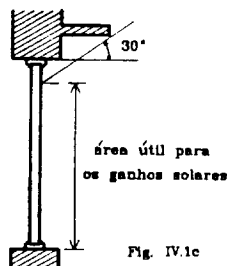


Fig. IV.1c

A menos que haja justificação devidamente fundamentada, para que um envidraçado possa ser considerado para efeito da contabilização dos ganhos solares é necessário que não haja quaisquer obstáculos acima de um plano que passa pela base do envidraçado e que tem uma inclinação de 15° com a horizontal, num ângulo de 60° para cada lado da projecção da normal ao envidraçado — em planta (fig. IV.1a).

Nota 1 — Se houver obstáculos apenas num dos lados da normal ao envidraçado, pode ser considerado que o envidraçado tem 50% da sua área global para efeitos de captação de energia solar.

Se não houver obstáculos apenas num ângulo com 30° de abertura relativamente à normal, considerar um envidraçado com 75% da sua área global.

Nota 2 — Só deve ser considerada para efeitos de ganhos solares a área envidraçada que é insolada quando o sol incide de frente e está a uma altura de 30°, como se mostra nas figs. IV.1b e IV.1c.

Fig. IV.2

Factor de utilização dos ganhos solares

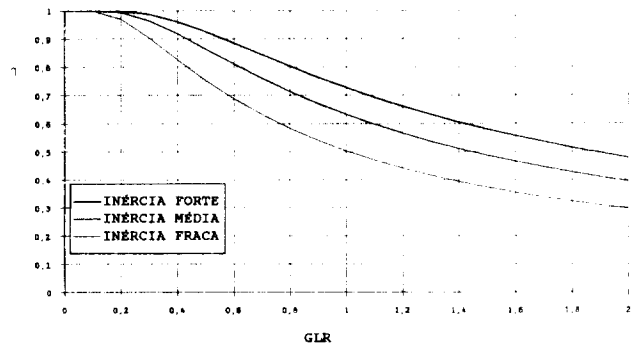
$$\eta = 1 - \exp\left\{-\frac{K}{GLR}\right\} \quad (\text{Expressão IV.1})$$

com:

$$K = \begin{cases} 0,7 & \text{— edifícios com inércia fraca.} \\ 1 & \text{— edifícios com inércia média.} \\ 1,3 & \text{— edifícios com inércia forte.} \end{cases}$$

$$GLR = \frac{\text{Ganhos solares brutos}}{\text{Necessidades brutas de aquecimento}}$$

Da expressão IV.1 ou da fig. IV.2: $\eta = (0 < \eta < 1)$.



ANEXO V

Método de cálculo das necessidades nominais de arrefecimento

1 — Justificação da metodologia de cálculo

As necessidades nominais de arrefecimento de uma zona independente de um edifício correspondem à energia útil que é necessário extrair para manter a temperatura no seu interior a não mais de 25°C (valor convencionado) durante a estação de arrefecimento. Tal como as necessidades de aquecimento, e aqui por maioria de razão, as necessidades de arrefecimento não representam necessariamente um consumo real. No entanto, também o valor calculado das necessidades energéticas de arrefecimento serve como um índice de qualificação do comportamento térmico do edifício durante o Verão, nomeadamente quanto à eventualidade de sobreaquecimento nos dias mais quentes, e constitui portanto uma forma objectiva de comparar edifícios do ponto de vista de conforto térmico no Verão.

As necessidades nominais de arrefecimento resultam do valor integrado na estação de arrefecimento da soma algébrica de várias parcelas:

- 1) Os ganhos por condução através das paredes e da cobertura exterior, por acção combinada da diferença de temperatura entre o exterior e o interior e da radiação solar incidente sobre as superfícies exteriores desses elementos da envolvente;
- 2) Os ganhos solares através dos envidraçados;
- 3) Os ganhos correspondentes à renovação de ar interior por ar exterior;
- 4) Os ganhos resultantes de fontes internas de calor (pessoas, equipamentos, iluminação, etc.).

Os ganhos internos, quando são importantes, obrigam quase sempre ao recurso a meios mecânicos de refrigeração. Como, porém, não são uma consequência directa da envolvente, tais ganhos não são considerados, para efeitos deste Regulamento.

Dado que, no Verão, a diferença entre as temperaturas interior e exterior é geralmente, e em média, pequena, também se considera desprezável a contribuição da renovação de ar para as necessidades de arrefecimento.

Restam, assim, as duas primeiras componentes. No caso dos edifícios com bom comportamento térmico no Verão, os ganhos solares pelos envidraçados são reduzidos por sombreamentos eficazes e, assim, os ganhos por condução pela envolvente podem tomar valores da mesma ordem de grandeza dos ganhos solares pelos envidraçados, pelo que se torna necessário considerar ambos para efeitos deste Regulamento. A não serem tomados cuidados especiais com os sombreamentos, os ganhos solares dominam o valor global das necessidades energéticas de arrefecimento, o que conduzirá normalmente a valores que não satisfazem o Regulamento.

O cálculo destas parcelas das necessidades energéticas de arrefecimento é feito da seguinte forma:

1) *Ganhos por condução através da envolvente exterior:*

a) *Paredes exteriores:*

$$E = \sum_i f_c A_i K_i (\Delta T_e)_i \cdot I \cdot 360 \cdot M \quad (\text{Wh})$$

em que:

- A_i — área de cada tipo de parede exterior;
- K_i — coeficiente de transmissão térmica de cada tipo de parede;
- ΔT_e — diferença efectiva de temperatura através de cada tipo de parede, que engloba os efeitos da temperatura ambiente e da radiação solar incidente;
- f_c — factor de concentração de perdas (v. anexo VI, secção 2);
- M — duração média de insolação durante uma estação de arrefecimento ($M = F \cdot N$);
- F — insolação local média durante a estação de arrefecimento;
- N — número de meses da estação de arrefecimento;
- I — factor de inércia. Os valores de ΔT_e dependem do nível de inércia térmica da parede e da sua orientação, conforme se mostra no quadro V.1.

b) *Coberturas exteriores.* — A formulação é idêntica à usada para as paredes, mas ΔT_e é agora função do tipo de cobertura e da sua cor, tal como indicado no quadro V.3.

Quadro V.1

Diferenças efectivas de temperatura (paredes) (°C)

Orientação	Tipo de parede		
	Leve — Massa < 200 kg/m ²	Média	Pesada — Massa > 400 kg/m ²
N.	5,5	2,5	2
N. E.	10,5	7	5,5
E.	12,5	10,5	8
S. E.	11,5	9,5	7,5
S.	8	6	5,5
S. W.	11,5	6,5	6,5
W.	10	7	7
N. W.	5	4,5	4,5

Quadro V.2

Correcção de ΔT_e para paredes

Zonas	Correcção de ΔT_e (°C)
V_1 :	
Continente	— 2,5
Açores	— 2,5
Madeira	— 2
V_2	0
V_3	+ 1,5

Quadro V.3

Diferenças efectivas de temperatura

Cor	Coberturas (°C)		
	Terraço sem tecto falso	Terraço com tecto falso ou cobertura em desvão não ventilado	Cobertura em desvão ventilado
Clara (inclui telha vermelha)	4	3	2
Escura (preto, cinzento-escuro, etc.)	11,5	10	7,5

2) *Ganhos solares através dos envidraçados:*

$$E = \sum_j A_j G_j S \cdot I \cdot M \quad (\text{Wh})$$

em que:

- A_j — área de cada tipo de envidraçado em cada orientação;
- G_j — ganhos solares mensais médios em períodos de sol descoberto durante a estação de arrefecimento, para cada orientação, para um factor solar de 100 %;
- S — factor solar de cada tipo de envidraçado (v. secção 4 do anexo VI);
- I — factor de inércia do edifício;
- M — duração média de insolação durante uma estação de arrefecimento.

Os valores de G_j são os indicados no quadro V.4 e os valores de I são os indicados no quadro V.5.

Quadro V.4

Ganhos solares mensais médios por estação de arrefecimento nos períodos de sol descoberto (kWh/m²)

	Orientação	G_j
Envidraçados verticais	N.	26
	N. E.	37
	E.	67
	S. E.	75
	S	67
	S. W.	83
	W.	77
	N. W.	43
Envidraçados horizontais	—	135

Quadro V.5

Factor de inércia do edifício

Classe de inércia (*)	I
Fraca	1,2
Média	1
Forte	0,9

(*) V. anexo VI.

As necessidades nominais de arrefecimento por metro quadrado de área útil de uma zona independente de um edifício são então calculadas pela expressão:

$$N_v = \frac{(0,36) \sum_i A_i K_i (\Delta T_e)_i + \sum_j A_j G_j S}{A_p} \cdot I \cdot M$$

onde:

- i — número de tipos e orientações distintas de paredes e coberturas;
- j — número de tipos e orientações distintas dos envidraçados;
- M — duração média de insolação durante uma estação de arrefecimento.

2 — Folhas de cálculo

O processo de cálculo de N_{ve} correspondente à solução projectada para um edifício está esquematizado na folha de cálculo FCV.1. Para efeitos deste Regulamento, admitem-se as seguintes hipóteses simplificativas adicionais:

- 1) A área transparente útil (isto é, não sombreada) de um vão envidraçado é de 70%. Valores mais correctos podem ser adoptados, à semelhança do que já foi especificado no anexo IV para o cálculo das necessidades nominais de aquecimento. Neste caso, o valor de 0,7 inscrito na folha de cálculo FCV.1 deve ser alterado de acordo com o valor calculado real;
- 2) Se as paredes de um dado edifício tiverem uma orientação particular, devem ser utilizados os valores indicados no quadro v.1 correspondentes a essa orientação. Se o edifício tiver várias orientações distintas (por exemplo, num edifício de várias frentes ou num apartamento com duas ou mais frentes), e se não se pretender medir as áreas em cada uma das orientações, admite-se a adopção dos valores médios de ΔT_e indicados na tabela seguinte, corrigidos pelo valor indicado no quadro v.2:

	Paredes leves	Paredes médias	Paredes pesadas
ΔT_e (°C)	9,5	7	6,5

A verificação da situação das exigências do Regulamento sob o ponto de vista de Verão pode ser feita mediante o preenchimento da folha de cálculo FCV.2, onde o valor máximo regulamentar, N_{ve} , conforme expressão constante do n.º 2 do artigo 6.º do Regulamento, é comparado com o valor calculado na folha de cálculo FCV.1, N_{vc} .

Folha de Cálculo FCV.1

Cálculo das Necessidades Nominais de Aquecimento Resultantes da Transmissão de Calor através do Envolvente.

Orientação	Área (m²)	S Factor Solar (Anexo VI)	Genhos Solares Médios (Quadro V.4) (kWh/m²)	Genho Solar Mensal (kWh)
Envidraçados	N	x 0,7 =	x	=
		x 0,7 =	x	=
	NE	x 0,7 =	x	=
		x 0,7 =	x	=
	E	x 0,7 =	x	=
		x 0,7 =	x	=
	SE	x 0,7 =	x	=
		x 0,7 =	x	=
	S	x 0,7 =	x	=
		x 0,7 =	x	=
	SW	x 0,7 =	x	=
		x 0,7 =	x	=
W	x 0,7 =	x	=	
	x 0,7 =	x	=	
NW	x 0,7 =	x	=	
	x 0,7 =	x	=	
Horiz.	x 0,7 =	x	=	
	x 0,7 =	x	=	

	Área (FCIV.1a) (m²)	f _v (Quadro VI.5)	K (FCIV.1a) (W/m²°C)	ΔT_e (Quadros V.1 e V.3) (kWh°C/W)
Paredes	x	x	x	x 0,36 =
	x	x	x	x 0,36 =
	x	x	x	x 0,36 =
Coberturas	x	x	x	x 0,36 =
	x	x	x	x 0,36 =
TOTAL				

Factor de Inércia (Quadro V-5)

Duração Média da Insolação na Estação de Aquecimento (M-Anexo III)

Necessidades globais kWh/ano

Necessidades nominais, N_{ve} = $\frac{Nec. globais}{A_p}$ = kWh/m².ano

Folha de Cálculo FCV.2

Verificação da Situação das Exigências do Regulamento (Verão)

1) Valor Máximo imposto no artigo 6º do Regulamento:

$$N_{ve} = \frac{0,36 (1,3 \Delta T_e K_{tr} A_{tr} + \Delta T_e K_{cov} A_{cov}) + G_{ext} A_{env}}{A_p} \text{ M}$$

com

	I_1	I_2	I_3	
K_{tr}	1,40	1,20	0,95	(W/m².°C)
K_{cov}	1,10	0,85	0,75	

N_{ve} = kWh/m².ano

	Classe de Inércia Térmica	Zona Climática		
		V ₁	V ₂	V ₃
G_{ext} (kWh/m².mês)	Fraca	6,5	6,5	5,5
	Média	16	16	12,5
	Forte	25	17,5	14
ΔT_e (°C)	todas	6,0	7,5	8,5
		1,5	4	5,5

em que

K_{tr} — coeficiente de transmissão térmica das fachadas exteriores (da FCIV.1a) K_{tr} = W/m².°C

Área A_{tr} = m²

K_{cov} — coeficiente de transmissão térmica das coberturas (da FCIV.1a) K_{cov} = W/m².°C

Área A_{cov} = m²

Área A_{env} = m² (da FCIV.1c)

Nota: se $A_{env} > 0,15 A_{tr}$, então usar $A_{tr} = 0,15 A_{tr}$ na expressão definidora de N_{ve} .

A_p = m²

$A_{env} = \text{input} \text{ m}^2 < (0,15) A_{tr} = 0,15 \times \text{input} = \text{input} \text{ m}^2$

2) Verificação da situação das exigências do Regulamento

Valor calculado (FC V.1) N_{vc} = $\leq N_{ve}$ =

ANEXO VI

Quantificação dos parâmetros térmicos

1 — Cálculo do coeficiente de transmissão térmica (K)

1.1 — Princípio de cálculo. — O coeficiente de transmissão térmica, K, de elementos compostos constituídos por um ou vários materiais, em camadas de espessura constante, é calculado pela seguinte fórmula:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{h_i} + \sum_j R_j + R_{ar} + \frac{1}{h_e}$$

em que:

- $R_j = e_j/\lambda_j$ — resistência térmica da camada j, em m²°C/W;
- e_j — espessura da camada j, em metros;
- λ_j — condutibilidade térmica da camada j, em W/m.°C;
- $1/h_i, 1/h_e$ — resistências térmicas superficiais interior e exterior, respectivamente, em m²°C/W;
- R_{ar} — resistência térmica de espaços de ar não ventilados, em m²°C/W.

Os valores da condutibilidade térmica dos materiais de construção mais utilizados e os valores das resistências térmicas das camadas não homogêneas mais utilizadas constam da publicação do LNEC *Coefficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios*.

Os valores das resistências térmicas superficiais em função da posição do elemento construtivo e do sentido do fluxo de calor constam do quadro VI.1.

Quadro VI.1

Resistências térmicas superficiais

Sentido do fluxo de calor	Resistência térmica superficial (m².°C/W)	
	Exterior $1/h_e$	Interior $1/h_i$
Horizontal (**)	0,04	0,12
Vertical (**):		
Ascendente	0,04	0,1
Descendente	0,04	0,17

(*) Paredes.
(**) Coberturas e pavimentos.



Os valores das resistências térmicas dos espaços de ar não ventilados ou ventilados são tratados nas secções 1.2 e 1.3 deste anexo, respectivamente.

A publicação do LNEC *Coefficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios* contém uma listagem extensa do valor dos coeficientes de transmissão térmica dos elementos de construção mais comuns, obtidos segundo este método de cálculo. Quando um edifício utilize uma solução construtiva não tabelada nesta publicação, o respectivo valor de K deve ser obtido usando o princípio de cálculo anteriormente descrito.

1.2 — Resistência térmica dos espaços de ar não ventilados (R_{ar}). — A resistência térmica de um espaço de ar, R_{ar} , será considerada no cálculo do coeficiente de transmissão térmica para espaços de ar com espessuras superiores a 5 mm, no caso de elementos pré-fabricados, e a 15 mm, no caso de elementos construtivos realizados em obra.

No quadro VI.2 apresentam-se os valores da resistência térmica dos espaços de ar não ventilados, que devem ser adoptados para o cálculo do coeficiente de transmissão térmica, em função da posição, espessura do espaço de ar e do sentido do fluxo de calor.

Quadro VI.2

Resistência térmica dos espaços de ar não ventilados

Sentido do fluxo do calor	Espessura do espaço de ar (milímetros)	Resistência térmica R_{ar} ($m^2 \cdot ^\circ C/W$)
Horizontal (*)	10	0,14
	20	0,16
	50 a 100	0,17
Vertical (**)	10	0,13
	20	0,14
	50 a 100	0,14
Vertical (**)	10	0,15
	20	0,18
	150 a 100	0,21

(*) Paredes.
(**) Coberturas e pavimentos.

1.3 — Coeficiente de transmissão térmica dos elementos com espaços de ar ventilados. — Se o elemento de construção compreender espaços de ar ventilados, o valor do seu coeficiente de transmissão térmica dependerá então do grau de ventilação desses espaços.

A caracterização da ventilação dos espaços de ar faz-se da seguinte forma:

Para as paredes verticais, a partir do quociente entre a área total de orifícios de ventilação, s , em metros quadrados, e o comprimento da parede, L , em metros;

Para as coberturas e elementos inclinados, a partir do quociente entre a área total de orifícios de ventilação, s , em metros quadrados, e a superfície do elemento estudado, A , em metros quadrados.

No quadro VI.3 são definidos os diversos graus de ventilação em função de s/L e s/A .

Quadro VI.3

Grau de ventilação de espaços de ar

Grau de ventilação	Elementos verticais	Elementos horizontais (*)
Muito pouco ventilado...	$0 < s/L < 0,002 m^2/m$	$0 < s/A < 0,0003 m^2/m^2$
Pouco ventilado	$0,002 < s/L < 0,05 m^2/m$	$0,0003 < s/A < 0,003 m^2/m^2$
Fortemente ventilado...	$s/L > 0,05 m^2/m$	$s/A > 0,003 m^2/m^2$

(*) No caso de coberturas, quando o seu revestimento seja de telhas (ou de outros elementos descontínuos cujas sobreposições não estejam vedadas com nenhum complemento de estanquidade) e não se apoie num suporte contínuo, o espaço de ar (desvão) considera-se sempre fortemente ventilado.

O valor do coeficiente de transmissão térmica, K , de um elemento de construção que contenha um espaço de ar ventilado será então dado por:

i) Elemento com espaço de ar muito ventilado.

Supõe-se que o espaço de ar não é ventilado e o valor do coeficiente K será determinado como se referiu na secção 1.1, considerando a resistência térmica do espaço de ar indicada no quadro VI.2.

ii) Elemento com espaço de ar pouco ventilado.

O valor do coeficiente K será dado pela expressão:

$$K = K_1 + a (K_2 - K_1)$$

em que:

K_1 é o coeficiente K considerando o espaço de ar não ventilado;
 K_2 é o coeficiente K do elemento de construção supondo inexistente o pano exterior, isto é:

$$\frac{1}{K_2} = \frac{1}{h_e} + R_i + \frac{1}{h_i}$$

onde R_i é a resistência térmica do pano interior da parede; a é um coeficiente que, no caso dos elementos horizontais, toma o valor de 0,4 e no caso de elementos verticais toma os valores dados no quadro VI.4, em função do quociente entre a resistência do elemento exterior, R_e , e o da resistência do elemento interior, R_i , e da relação s/L .

Quadro VI.4
Valores do coeficiente a

R_e/R_i	$s/L (m^2/m)$	
	$0,002 \leq s/L < 0,02$	$0,02 \leq s/L \leq 0,05$
$R_e/R_i < 0,1$	0,1	0,25
$0,1 < R_e/R_i < 0,6$	0,2	0,45
$0,6 < R_e/R_i < 1,2$	0,3	0,6

iii) Elemento com espaço de ar fortemente ventilado.

Supõe-se que o pano exterior é inexistente sendo $K = K_2$ do caso ii).

2 — Cálculo do factor de concentração de perdas

O factor de concentração de perdas, f_c , de um elemento de construção heterogéneo em superfície pode calcular-se pela expressão seguinte:

$$f_c = \frac{\sum K_i A_i}{K_{cr} \Sigma A_i}$$

em que K_i e A_i são, respectivamente, os coeficientes de transmissão térmica e as áreas de cada zona parcial homogénea em superfície em que se subdivide o elemento de construção e K_{cr} é o coeficiente de transmissão térmica em superfície corrente.

O coeficiente de concentração de perdas pretende traduzir a heterogeneidade dos elementos verticais opacos da envolvente, sendo as heterogeneidades devidas, nomeadamente, às caixas de estores, vigas, topo das lajes e pilares.

Os valores dos coeficientes de transmissão térmica, K_i , na expressão anterior podem ser obtidos da publicação do LNEC *Coefficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios* ou podem ser determinados segundo a metodologia descrita na fig. VI.1.

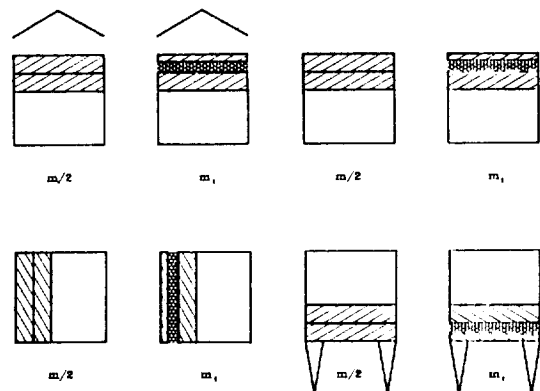


Fig. VI.1

As áreas são medidas pelo exterior. No caso das caixas de estore, cujo efeito deve ser considerado quando as caixas forem interiores, admitir-se-á que o ar no seu interior está à temperatura exterior. Nas situações correntes de paredes exteriores e desde que a área das heterogeneidades não seja superior a 30% da área total das paredes, podem adoptar-se os valores convencionais do factor de concentração das perdas fixados no quadro VI.5.

Quadro VI.5

Valores convencionais do factor de concentração de perdas (f_c)

Tipos de paredes	f_c
Paredes sem isolante leve:	
Com correcção simples nas zonas dos pilares e das vigas, incluindo o topo das lajes ⁽¹⁾ ⁽²⁾	1,3
Com correcção dupla nas zonas dos pilares e das vigas, não incluindo necessariamente o topo das lajes ⁽²⁾ ⁽³⁾	1,3
Sem correcção	1,5
Paredes duplas com isolante leve entre panos (interrompido nas zonas dos elementos estruturais):	
Com correcção dupla nas zonas dos pilares e das vigas, que pode ser simples no topo das lajes, e ainda com caixas de estore interiores, caso existam, isoladas ⁽¹⁾ ⁽²⁾ ⁽³⁾ ⁽⁴⁾ :	
Com 20 mm de isolante leve	1,3
Com 50 mm de isolante leve	1,8
Sem correcção:	
Com 20 mm de isolante leve	1,6
Com 50 mm de isolante leve	2
Paredes com isolante leve pelo interior (interrompido na espessura das lajes e das divisórias interiores):	
Com correcção simples pelo exterior nas zonas dos pilares e das vigas, incluindo o topo das lajes, e ainda com caixas de estore interiores, caso existam, isoladas ⁽¹⁾ ⁽²⁾ ⁽⁴⁾	1,3
Sem correcção:	
Com 20 mm de isolante leve	1,4
Com 50 mm de isolante leve	1,6
Paredes com isolante leve pelo exterior (contínuo)...	1

⁽¹⁾ Correcção simples nas zonas de betão (pilares, vigas, topo das lajes) corresponde a uma resistência térmica adicional de 0,06 m².°C/W.

⁽²⁾ Correcção dupla nas zonas de betão corresponde a uma resistência térmica adicional de 0,12 m².°C/W.

⁽³⁾ Admite-se que um revestimento de tijoleira cerâmica furada (espessura da ordem dos 25 mm a 40 mm e uma única fiada de furos) assegura uma resistência térmica adicional de 0,06 m².°C/W e que um revestimento com tijolo furado de 0,07 m assegura uma resistência térmica adicional de 0,12 m².°C/W.

⁽⁴⁾ Considera-se que uma caixa de estore interior é isolada quando os elementos que a separam do ambiente interior apresentam uma resistência térmica não inferior a 0,44 m².°C/W (valor correspondente a 0,02 m de isolante leve com $\lambda=0,045$ W/m°C).

Para as paredes interiores poderá admitir-se, sem necessidade de justificação complementar, que o factor de concentração das perdas é igual a 1,3.

Nos casos correntes de coberturas e pavimentos admitir-se-á que esse factor é igual à unidade. Contudo, se houver heterogeneidades importantes, deve ser seguido o procedimento indicado no anexo IV.

3 — Quantificação da inércia térmica interior

3.1 — Princípio de cálculo. — A inércia térmica de um edifício é função da capacidade de armazenamento de calor que os locais apresentam e depende da massa superficial útil de cada um dos elementos da construção.

A massa superficial útil, M_i , de cada elemento interveniente na inércia térmica é função da sua localização no edifício e da sua constituição, nomeadamente do posicionamento do isolamento térmico. Podem ser definidos os seguintes casos:

a) Elemento da envolvente exterior, elemento de construção em contacto com outra habitação ou com locais fechados não enterrados (v. fig. VI.1).

Se estes elementos não possuem isolamento térmico, contabiliza-se metade da sua massa, $M_i = m/2$. No entanto, se existir um isolamento térmico (material de condutibilidade térmica inferior a 0,065 W/m².°C, com uma espessura que conduza a uma resistência térmica superior a 0,5 m².°C/W) considera-se somente a massa situada do lado interior do isolamento $M_i = m_i$.

Os valores n_i ou $m/2$ nunca podem ser superiores a 150 kg/m².
b) Elementos em contacto com o solo (v. fig. VI.2).

Se estes elementos não possuem isolamento térmico, contabiliza-se uma massa M_i de 150 kg/m². Caso contrário, não se toma em consideração senão a massa interior ao isolamento $M_i = m_i$, sem ultrapassar o limite de 150 kg/m².

c) Elementos interiores (paredes e pavimentos — v. fig. VI.3).

Considera-se a massa total do elemento $M_i = m$, sem ultrapassar os 300 kg/m².

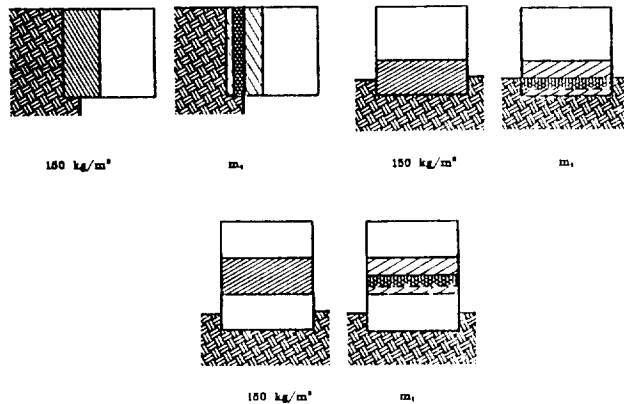


Fig. VI.2

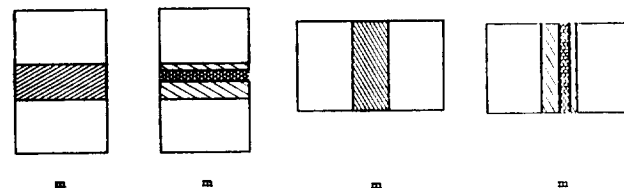


Fig. VI.3

Para os elementos de construção em que o revestimento apresente uma resistência térmica, R , compreendida entre 0,14 e 0,5 m².°C/W, devemos reduzir a massa superficial útil, M_i , anteriormente calculada de 50%.

A título de exemplo apresentam-se, em seguida, ordens de grandeza da resistência térmica de alguns revestimentos correntes:

Parquet de madeira	$R < 0,14$ m ² .°C/W
Revestimento cerâmico	$R < 0,14$ m ² .°C/W
Alcatifa espessa com base de borracha	$0,14 < R < 0,50$ m ² .°C/W
Soalho sobre laje com espaço de ar	$0,14 < R < 0,50$ m ² .°C/W

A massa superficial útil por metro quadrado de área de pavimento, I , é então calculada pela seguinte expressão:

$$I = \frac{\sum M_i S_i}{A_p}$$

em que:

- M_i — massa superficial útil do elemento i (kg/m²);
- S_i — superfície do elemento i (metro quadrado);
- A_p — área de pavimento (metro quadrado);

O processo de cálculo está esquematizado no quadro VI.6. As massas dos diferentes elementos de construção podem ser obtidos em tabelas técnicas ou nas seguintes publicações do LNEC:

- Caracterização Térmica de Paredes de Alvenaria — ITE 12 (1986);
- Caracterização Térmica de Pavimentos Pré-Fabricados — ITE 11 (1986);

ou ainda em outra documentação técnica disponível.

Nota. — As massas indicadas para pavimentos nas publicações acima referidas do LNEC correspondem aos pavimentos em tosco.

As massas correspondentes aos revestimentos podem ser obtidas em tabelas técnicas.

Quadro VI.6

Cálculo da massa superficial útil por metro quadrado da área de pavimento

Elemento de construção	M_i (kg/m ²)	S_i (m ²)	$M_i S_i$ (kg)
Laje de tecto	-	-	-
Laje de pavimento	-	-	-
Paredes exteriores	-	-	-
Paredes interiores	-	-	-
Paredes enterradas	-	-	-
Pavimentos enterrados	-	-	-

Total:

$$I = \frac{\sum M_i S_i}{A_p}$$

Uma zona independente de um edifício apresenta inércia média desde que a massa superficial útil total do pavimento e do tecto seja superior a 150 kg/m² (v. a secção 3.1).

Uma zona independente de um edifício apresenta inércia forte desde que a massa superficial útil total do pavimento e do tecto seja superior a 300 kg/m² e a massa superficial útil total por metro quadrado de área de pavimento das divisórias e fachadas seja superior a 100 kg/m² (v. a secção 3.1).

Segundo o valor encontrado para I , definem-se três classes de inércia de acordo com o quadro vi.7.

Quadro VI.7

Inércia térmica

Classe de inércia	Massa superficial útil por metro quadrado da área de pavimento (kg/m ²)
Fraca	$I < 150$
Média	$150 \leq I \leq 400$
Forte	$I > 400$

Nota. — Nas construções correntes de edifícios de habitação a inércia é forte.

4 — Valores do factor solar de alguns tipos de vãos envidraçados

O factor solar de um vão envidraçado, com ou sem protecção solar, é igual ao quociente entre a energia que entra através do vão envidraçado e a energia da radiação solar que nele incide.

Apresentam-se no quadro vi.8 os valores do factor solar de vãos envidraçados e suas protecções no Verão. Assume-se a utilização de vidro corrente com um factor solar de 0,85. Caso seja utilizado um vidro com características diferentes, o factor solar, S , para os vãos com protecção interior ou com protecção exterior não opaca é obtido pelo produto do valor indicado no quadro vi.8, S' , pelo valor do factor solar do vidro sem protecção, indicado no quadro vi.9, dividido por 0,85:

$$S = \frac{S' \cdot S_v}{(0,85)}$$

com:

S' — factor solar da protecção solar, obtido do quadro vi.8;
 S_v — factor solar do vidro obtido do quadro vi.9.

Nos restantes casos de utilização de vidro não corrente, o factor solar é o indicado no quadro vi.9.

Quadro VI.8

Valores do factor solar de alguns tipos de protecção solar de vãos envidraçados correntemente utilizados

Tipo	Vidro simples — Cor da protecção			Vidro duplo — Cor da protecção		
	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura
Portada de madeira ...	0,04	0,07	0,09	0,03	0,05	0,06
Persiana de madeira ...	0,05	0,08	0,1	0,04	0,05	0,07
Persiana metálica ou plástica	0,07	0,1	0,13	0,04	0,07	0,09
Estore veneziano de madeira	-	0,11	-	-	0,08	-
Estore veneziano metálico	-	0,14	-	-	0,09	-
Estore de lona opaco	0,07	0,09	0,12	0,04	0,06	0,08
Estore de lona pouco transparente	0,14	0,17	0,19	0,1	0,12	0,14
Estore de lona muito transparente	0,21	0,23	0,25	0,16	0,18	0,2
Protecções interiores:						
Estores de lâminas ...	0,45	0,56	0,65	0,47	0,59	0,69
Cortinas opacas	0,34	0,45	0,57	0,39	0,54	0,63
Cortinas ligeiramente transparentes	0,36	0,47	0,59	0,39	0,54	0,63
Cortinas muito transparentes	0,39	0,5	0,61	0,42	0,55	0,68
Portadas de madeira ...	0,3	0,4	0,5	0,35	0,46	0,58
Persianas de madeira ...	0,35	0,45	0,57	0,4	0,55	0,65

Quadro VI.9

Factor solar para alguns tipos de vidro sem protecção

Tipo	Factor solar
Vidro simples:	
Incolor (6 mm)	0,85
Bronze (5 mm)	0,63
Bronze (8 mm)	0,51
Cinzento (5 mm)	0,64
Cinzento (8 mm)	0,54
Verde (6 mm)	0,57
Reflectante bronze (6 mm)	0,39
Reflectante claro (6 mm)	0,56
Rosa (6 mm)	0,78
Vidro duplo:	
Incolor + incolor (5 mm + 5 mm)	0,75
Rosa + incolor (5 mm + 5 mm)	0,65
Bronze + incolor (5 mm + 5 mm)	0,54
Cinzento + incolor (5 mm + 5 mm)	0,54
Reflectante claro + incolor (6 mm + 6 mm)	0,49
Reflectante bronze + incolor (6 mm + 6 mm)	0,32

