

# Norma Portuguesa

---

**NP**  
**EN 1991-1-5**  
**2009**

**Eurocódigo 1 – Acções em estruturas**  
**Parte 1-5: Acções gerais**  
**Acções térmicas**

Eurocode 1 – Actions sur les structures  
Partie 1-5: Actions générales  
Actions thermiques

Eurocode 1 – Actions on structures  
Part 1-5: General actions  
Thermal actions

**ICS**  
91.010.30; 93.010

**DESCRIPTOR**  
Construção civil; materiais de construção; estruturas; cálculos matemáticos; edifícios; pontes; revestimentos; temperatura; medições térmicas; eurocódigos

**CORRESPONDÊNCIA**  
Versão portuguesa da EN 1991-1-5:2003 + AC:2009

**HOMOLOGAÇÃO**  
Termo de Homologação n.º 522/2009, de 2009-12-29


**ELABORAÇÃO**  
CT 115 (LNEC)

**EDIÇÃO**  
Dezembro de 2009

**CÓDIGO DE PREÇO**  
XEC012

© IPQ reprodução proibida

---

Instituto Português da  Qualidade

Rua António Gião, 2  
2829-513 CAPARICA PORTUGAL

Tel. + 351-212 948 100 Fax + 351-212 948 101  
E-mail: [ipq@mail.ipq.pt](mailto:ipq@mail.ipq.pt) Internet: [www.ipq.pt](http://www.ipq.pt)

## **Preâmbulo nacional**

À Norma Europeia EN 1991-1-5:2003 foi dado estatuto de Norma Portuguesa em 2004-02-19 (Termo de Adopção nº 372/2004, de 2004-02-19).

A presente Norma é a versão portuguesa da EN 1991-1-5:2003 + AC:2009, a qual faz parte de um conjunto de normas integrantes do Eurocódigo 1: Acções em estruturas.

Esta Norma constitui a Parte 1-5 do Eurocódigo 1 fornecendo orientações para o cálculo de acções térmicas resultantes de condições climáticas e de funcionamento em edifícios e em outras obras de engenharia civil. Nas restantes Partes do mesmo Eurocódigo são tratadas outras acções que interessam ao projecto de estruturas. As acções geotécnicas e a acção sísmica são tratadas nos Eurocódigos 7 e 8, respectivamente.

A aplicação desta Norma em Portugal deve obedecer às disposições constantes do respectivo Anexo Nacional NA, que dela faz parte integrante. Neste Anexo são nomeadamente concretizadas as prescrições explicitamente deixadas em aberto no corpo do Eurocódigo para escolha nacional, denominadas Parâmetros Determinados a nível Nacional (NDP).

**Versão portuguesa**

Eurocódigo 1 – Acções em estruturas  
Parte 1-5: Acções gerais  
Acções térmicas

Eurocode 1 – Einwirkungen auf  
Tragwerke  
Teil 1-5: Allgemeine  
Einwirkungen  
Temperatureinwirkungen

Eurocode 1 – Actions sur les  
structures  
Partie 1-5: Actions générales  
Actions thermiques

Eurocode 1 – Actions on  
structures  
Part 1-5: General actions  
Thermal actions

A presente Norma é a versão portuguesa da Norma Europeia EN 1991-1-5:2003 + AC:2009 e tem o mesmo estatuto que as versões oficiais. A tradução é da responsabilidade do Instituto Português da Qualidade. Esta Norma Europeia e a sua Errata foram ratificadas pelo CEN em 2003-09-18 e 2009-03-11, respectivamente.

Os membros do CEN são obrigados a submeter-se ao Regulamento Interno do CEN/CENELEC que define as condições de adopção desta Norma Europeia, como norma nacional, sem qualquer modificação.

Podem ser obtidas listas actualizadas e referências bibliográficas relativas às normas nacionais correspondentes junto do Secretariado Central ou de qualquer dos membros do CEN.

A presente Norma Europeia existe nas três versões oficiais (alemão, francês e inglês). Uma versão noutra língua, obtida pela tradução, sob responsabilidade de um membro do CEN, para a sua língua nacional, e notificada ao Secretariado Central, tem o mesmo estatuto que as versões oficiais.

Os membros do CEN são os organismos nacionais de normalização dos seguintes países: Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, Eslováquia, Espanha, Finlândia, França, Grécia, Hungria, Irlanda, Islândia, Itália, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Baixos, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suécia e Suíça.

**CEN**

Comité Européen de Normalização  
Europäisches Komitee für Normung  
Comité Européen de Normalisation  
European Committee for Standardization

**Secretariado Central: Avenue Marnix 17, B-1000 Bruxelas**

## Sumário

## Página

<b>Preâmbulo nacional.....</b>	<b>2</b>
<b>Preâmbulo .....</b>	<b>6</b>
Antecedentes do programa dos Eurocódigos.....	6
Estatuto e campo de aplicação dos Eurocódigos .....	7
Normas nacionais de implementação dos Eurocódigos.....	7
Ligações entre os Eurocódigos e as especificações técnicas harmonizadas (EN e ETA) relativas aos produtos.....	8
Informações adicionais específicas da EN 1991-1-5.....	8
Anexo Nacional da EN 1991-1-5 .....	8
<b>1 Generalidades.....</b>	<b>10</b>
1.1 Objectivo e campo de aplicação .....	10
1.2 Referências normativas.....	10
1.3 Pressupostos.....	10
1.4 Distinção entre Princípios e Regras de Aplicação .....	10
1.5 Termos e definições.....	10
1.6 Símbolos .....	11
<b>2 Classificação das acções .....</b>	<b>13</b>
<b>3 Situações de projecto .....</b>	<b>13</b>
<b>4 Representação das acções.....</b>	<b>13</b>
<b>5 Variações de temperatura em edifícios.....</b>	<b>14</b>
5.1 Generalidades .....	14
5.2 Determinação das temperaturas.....	15
5.3 Determinação dos perfis de temperatura .....	15
<b>6 Variações de temperatura em pontes.....</b>	<b>17</b>
6.1 Tabuleiros de pontes.....	17
6.1.1 Tipos de tabuleiro .....	17
6.1.2 Consideração das acções térmicas.....	17
6.1.3 Componente da variação uniforme de temperatura .....	17
6.1.4 Componentes da variação diferencial de temperatura .....	19
6.1.5 Simultaneidade das componentes da variação uniforme e diferencial de temperatura.....	25
6.1.6 Elementos estruturais com diferentes componentes da variação uniforme de temperatura .....	25
6.2 Pilares de pontes.....	26

6.2.1 Consideração das acções térmicas.....	26
6.2.2 Variações diferenciais de temperatura.....	26
<b>7 Variações da temperatura em chaminés industriais, condutas, silos, reservatórios e torres de arrefecimento.....</b>	<b>26</b>
7.1 Generalidades .....	26
7.2 Componentes da temperatura .....	27
7.2.1 Temperatura do ar à sombra .....	27
7.2.2 Temperatura de gases de combustão, de líquidos aquecidos e de materiais aquecidos.....	27
7.2.3 Temperatura dos elementos.....	27
7.3 Consideração das componentes da temperatura .....	27
7.4 Determinação das componentes da temperatura .....	27
7.5 Valores das componentes da temperatura (valores indicativos).....	28
7.6 Simultaneidade das componentes da temperatura .....	28
<b>Anexo A (normativo) Isotérmicas das temperaturas nacionais mínima e máxima do ar à sombra ..</b>	<b>30</b>
A.1 Generalidades .....	30
A.2 Valores máximo ou mínimo da temperatura do ar à sombra com uma probabilidade anual de, respectivamente, serem ou não serem excedidos, p, diferente de 0,02 .....	30
<b>Anexo B (normativo) Variações diferenciais de temperatura para diversas espessuras de revestimento.....</b>	<b>32</b>
<b>Anexo C (informativo) Coeficientes de dilatação linear.....</b>	<b>35</b>
<b>Anexo D (informativo) Perfis de temperatura em edifícios e outras construções.....</b>	<b>36</b>
<b>Bibliografia .....</b>	<b>38</b>
<b>Anexo Nacional NA .....</b>	<b>39</b>
<b>Introdução.....</b>	<b>39</b>
<b>NA.1 – Objectivo e campo de aplicação.....</b>	<b>39</b>
<b>NA.2 – Parâmetros Determinados a nível Nacional (NDP) .....</b>	<b>39</b>
NA.2.1 – Generalidades .....	39
NA.2.2 – Princípios e Regras de Aplicação sem prescrições a nível nacional.....	39
NA.2.3 – Princípios e Regras de Aplicação com prescrições a nível nacional .....	40
<b>NA.3 – Utilização dos Anexos informativos .....</b>	<b>48</b>
<b>NA.4 – Correspondência entre as normas europeias referidas na presente Norma e as normas nacionais .....</b>	<b>48</b>

## **Preâmbulo**

A presente Norma foi elaborada pelo Comité Técnico CEN/TC 250 "*Structural Eurocodes*", cujo secretariado é assegurado pela BSI.

A esta Norma Europeia deve ser atribuído o estatuto de Norma Nacional, seja por publicação de um texto idêntico, seja por adopção, o mais tardar em Maio de 2004, e as normas nacionais divergentes devem ser anuladas o mais tardar em Março de 2010.

Os Anexos A e B são normativos. Os Anexos C e D são informativos.

A presente Norma substitui a ENV 1991-2-5:1997.

De acordo com o Regulamento Interno do CEN/CENELEC, a presente Norma Europeia deve ser implementada pelos organismos nacionais de normalização dos seguintes países: Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, Eslováquia, Espanha, Finlândia, França, Grécia, Hungria, Irlanda, Islândia, Itália, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Baixos, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suécia e Suíça.

## **Antecedentes do programa dos Eurocódigos**

Em 1975, a Comissão da Comunidade Europeia optou por um programa de acção na área da construção, baseado no artigo 95º do Tratado. O objectivo do programa era a eliminação de entraves técnicos ao comércio e a harmonização das especificações técnicas.

No âmbito deste programa de acção, a Comissão tomou a iniciativa de elaborar um conjunto de regras técnicas harmonizadas para o projecto de obras de construção, as quais, numa primeira fase, serviriam como alternativa para as regras nacionais em vigor nos Estados-Membros e que, posteriormente, as substituiriam.

Durante quinze anos, a Comissão, com a ajuda de uma Comissão Directiva com representantes dos Estados-Membros, orientou o desenvolvimento do programa dos Eurocódigos, que conduziu à primeira geração de regulamentos europeus na década de 80.

Em 1989, a Comissão e os Estados-Membros da UE e da EFTA decidiram, com base num acordo entre a Comissão e o CEN, transferir, através de uma série de mandatos, a preparação e a publicação dos Eurocódigos para o CEN, tendo em vista conferir-lhes no futuro a categoria de Norma Europeia (EN). Tal, liga, *de facto*, os Eurocódigos às disposições de todas as directivas do Conselho e/ou decisões da Comissão em matéria de normas europeias (por exemplo, a Directiva 89/106/CEE do Conselho relativa a produtos de construção – DPC – e as Directivas 93/37/CEE, 92/50/CEE e 89/440/CEE do Conselho relativas a obras públicas e serviços, assim como as Directivas da EFTA equivalentes destinadas à instituição do mercado interno).

O programa relativo aos Eurocódigos Estruturais inclui as seguintes normas, cada uma das quais é, geralmente, constituída por diversas Partes:

EN 1990	Eurocódigo: Bases para o projecto de estruturas
EN 1991	Eurocódigo 1: Acções em estruturas
EN 1992	Eurocódigo 2: Projecto de estruturas de betão
EN 1993	Eurocódigo 3: Projecto de estruturas de aço
EN 1994	Eurocódigo 4: Projecto de estruturas mistas aço-betão
EN 1995	Eurocódigo 5: Projecto de estruturas de madeira
EN 1996	Eurocódigo 6: Projecto de estruturas de alvenaria
EN 1997	Eurocódigo 7: Projecto geotécnico

EN 1998      Eurocódigo 8: Projecto de estruturas para resistência aos sismos

EN 1999      Eurocódigo 9: Projecto de estruturas de alumínio

Os Eurocódigos reconhecem a responsabilidade das autoridades regulamentadoras de cada Estado-Membro e salvaguardaram o seu direito de estabelecer os valores relacionados com questões de regulamentação da segurança, a nível nacional, nos casos em que estas continuem a variar de Estado para Estado.

### **Estatuto e campo de aplicação dos Eurocódigos**

Os Estados-Membros da UE e da EFTA reconhecem que os Eurocódigos servem de documentos de referência para os seguintes efeitos:

- como meio de comprovar a conformidade dos edifícios e de outras obras de engenharia civil com as exigências essenciais da Directiva 89/106/CEE do Conselho, particularmente a Exigência Essencial n.º 1 – Resistência mecânica e estabilidade – e a Exigência Essencial n.º 2 – Segurança contra incêndios;
- como base para a especificação de contratos de trabalhos de construção e de serviços de engenharia a eles associados;
- como base para a elaboração de especificações técnicas harmonizadas para os produtos de construção (EN e ETA).

Os Eurocódigos, dado que dizem respeito às obras de construção, têm uma relação directa com os documentos interpretativos referidos no artigo 12º da DPC, embora sejam de natureza diferente das normas harmonizadas relativas aos produtos. Por conseguinte, os aspectos técnicos decorrentes dos Eurocódigos devem ser considerados de forma adequada pelos Comitês Técnicos do CEN e/ou pelos Grupos de Trabalho da EOTA envolvidos na elaboração das normas relativas aos produtos, tendo em vista a obtenção de uma compatibilidade total destas especificações técnicas com os Eurocódigos.

Os Eurocódigos fornecem regras comuns de cálculo estrutural para a aplicação corrente no projecto de estruturas e dos seus componentes, de natureza quer tradicional quer inovadora. Elementos construtivos ou condições de cálculo não usuais não são especificamente incluídos, devendo o projectista, nestes casos, assegurar o apoio especializado necessário.

### **Normas nacionais de implementação dos Eurocódigos**

As normas nacionais de implementação dos Eurocódigos incluirão o texto completo do Eurocódigo (incluindo anexos), conforme publicado pelo CEN, o qual poderá ser precedido de uma página de título e de um preâmbulo nacionais, e ser também seguido de um Anexo Nacional.

O Anexo Nacional só poderá conter informações sobre os parâmetros deixados em aberto no Eurocódigo para escolha nacional, designados por Parâmetros Determinados a nível Nacional, a utilizar no projecto de edifícios e de outras obras de engenharia civil no país em questão, nomeadamente:

- valores e/ou classes, nos casos em que são apresentadas alternativas no Eurocódigo;
- valores para serem utilizados nos casos em que apenas um símbolo é apresentado no Eurocódigo;
- dados específicos do país (geográficos, climáticos, etc.), por exemplo, mapa de zonamento da neve;
- o procedimento a utilizar nos casos em que sejam apresentados procedimentos alternativos no Eurocódigo.

Poderá ainda conter:

- decisões sobre a aplicação dos anexos informativos;
- informações complementares não contraditórias para auxílio do utilizador na aplicação do Eurocódigo.

**Ligações entre os Eurocódigos e as especificações técnicas harmonizadas (EN e ETA) relativas aos produtos**

É necessária uma consistência entre as especificações técnicas harmonizadas relativas aos produtos de construção e as regras técnicas relativas às obras. Além disso, todas as informações que acompanham a marcação CE dos produtos de construção que fazem referência aos Eurocódigos devem indicar, claramente, quais os Parâmetros Determinados a nível Nacional que foram tidos em conta.

**Informações adicionais específicas da EN 1991-1-5**

A presente Norma apresenta linhas de orientação para o cálculo de acções térmicas resultantes de condições climáticas e de funcionamento em edifícios e em outras obras de engenharia civil.

Na EN 1991-1-2 encontram-se informações sobre as acções térmicas devidas ao fogo.

A presente Norma destina-se a donos de obra, projectistas, construtores e autoridades competentes.

A presente Norma destina-se a ser utilizada, para o projecto de estruturas, em conjunto com a EN 1990, as outras Partes da EN 1991 e as EN 1992 a EN 1999.

No caso de pontes, os Anexos Nacionais especificam se devem ser utilizadas, para efeitos de cálculo, as componentes não lineares gerais ou as lineares simplificadas da temperatura.

No caso de chaminés, deve atender-se à EN 13084-1 relativamente às acções térmicas resultantes das condições de funcionamento.

**Anexo Nacional da EN 1991-1-5**

Esta Norma estabelece procedimentos alternativos e valores, recomenda classes e inclui notas indicando onde poderão ter de ser feitas opções nacionais. Por este motivo, a Norma Nacional de implementação da EN 1991-1-5 deverá ter um Anexo Nacional que contenha todos os Parâmetros Determinados a nível Nacional para utilizar no projecto de edifícios e de outras obras de engenharia civil a serem construídos no país a que diz respeito.

A opção nacional é permitida na EN 1991-1-5 em:

- 5.3(2) (Quadros 5.1, 5.2 e 5.3)
- 6.1.1(1)
- 6.1.2(2)
- 6.1.3.1(4)
- 6.1.3.2(1)P
- 6.1.3.3(3)
- 6.1.4(3)
- 6.1.4.1(1)
- 6.1.4.2(1)
- 6.1.4.3(1)
- 6.1.4.4(1)
- 6.1.5(1)
- 6.1.6(1)



- 6.2.1(1)P
- 6.2.2(1)
- 6.2.2(2)
- 7.2.1(1)P
- 7.5(3)
- 7.5(4)
- A.1(1)
- A.1(3)
- A.2(2)
- B(1) (Quadros B.1, B.2 e B.3)

## 1 Generalidades

### 1.1 Objectivo e campo de aplicação

(1) A presente Norma apresenta princípios e regras para o cálculo de acções térmicas em edifícios, pontes e outras estruturas, e nos respectivos elementos estruturais. São igualmente indicados os princípios relativos a revestimentos e outros elementos de construção de edifícios.

(2) Esta Norma descreve as variações de temperatura nos elementos estruturais. São apresentados valores característicos das acções térmicas para utilização no cálculo de estruturas expostas a variações climáticas diárias e sazonais. Nas estruturas não expostas a estas variações, poderá não ser necessário considerar as acções térmicas.

(3) As estruturas nas quais as acções térmicas resultam, principalmente, da respectiva utilização (por exemplo, torres de arrefecimento, silos, reservatórios, instalações de aquecimento e frigoríficas, redes de quente e de frio, etc.) são tratadas na secção 7. As chaminés são tratadas na EN 13084-1.

### 1.2 Referências normativas

A presente Norma inclui, por referência, datada ou não, disposições relativas a outras normas. Estas referências normativas são citadas nos lugares apropriados do texto e as normas são listadas a seguir. Para as referências datadas, as emendas ou revisões subsequentes de qualquer destas normas só se aplicam à presente Norma se nela incorporadas por emenda ou revisão. Para as referências não datadas, aplica-se a última edição da norma referida (incluindo as emendas).

EN 1990:2002 <sup>*)</sup>	<i>Eurocode – Basis of structural design</i>
EN 1991-1-6	<i>Eurocode 1 – Actions on structures – Part 1-6: General actions – Actions during execution</i>
EN 13084-1	<i>Free-standing industrial chimneys – Part 1: General requirements</i>
ISO 2394	<i>General principles on reliability for structures</i>
ISO 3898	<i>Bases of design of structures – Notations – General symbols</i>
ISO 8930	<i>General principles on reliability for structures – List of equivalent terms</i>

### 1.3 Pressupostos

(1)P Os pressupostos gerais da EN 1990 aplicam-se igualmente à presente Norma.

### 1.4 Distinção entre Princípios e Regras de Aplicação

(1)P As regras indicadas na EN 1990:2002, 1.4, aplicam-se à presente Norma.

### 1.5 Termos e definições

Para os fins desta Norma, utilizam-se os termos e as definições indicados nas EN 1990, ISO 2394, ISO 3898 e ISO 8930, bem como os seguintes.

---

<sup>\*)</sup> No Anexo Nacional NA é indicada a norma portuguesa equivalente (nota nacional).

### 1.5.1 acções térmicas

Acções térmicas numa estrutura ou num elemento estrutural que decorrem das variações dos campos de temperatura num determinado período de tempo.

### 1.5.2 temperatura do ar à sombra

A temperatura do ar à sombra é a temperatura medida por termómetros colocados numa caixa de madeira pintada de branco com persianas de ventilação, conhecida por “abrigo de Stevenson”.

### 1.5.3 temperatura máxima do ar à sombra $T_{\max}$

Valor da temperatura máxima do ar à sombra com uma probabilidade anual de ser excedida de 0,02 (equivalente a um período médio de retorno de 50 anos), com base nos valores horários máximos registados.

### 1.5.4 temperatura mínima do ar à sombra $T_{\min}$

Valor da temperatura mínima do ar à sombra com uma probabilidade anual de não ser excedida de 0,02 (equivalente a um período médio de retorno de 50 anos), com base nos valores horários mínimos registados.

### 1.5.5 temperatura inicial $T_0$

A temperatura de um elemento estrutural na respectiva fase relevante de introdução de constrangimentos (conclusão).

### 1.5.6 revestimento

A parte do edifício que forma uma membrana resistente às condições atmosféricas. Em geral, o revestimento está apenas sujeito ao seu peso próprio e/ou às acções do vento.

### 1.5.7 componente da variação uniforme de temperatura

A temperatura, constante ao longo da secção transversal, de que resulta a dilatação ou a contracção de um elemento ou estrutura (em pontes, é frequentemente definida como sendo a temperatura “efectiva”, mas o termo “uniforme” foi adoptado na presente Norma).

### 1.5.8 componente da variação diferencial de temperatura

A parte de um perfil de temperatura num elemento estrutural que representa a diferença de temperatura entre a face exterior de um elemento e um qualquer ponto do seu interior.

## 1.6 Símbolos

(1) Para os fins da presente Norma, utilizam-se os seguintes símbolos.

*NOTA:* As notações utilizadas baseiam-se na ISO 3898.

(2) Na EN 1990 apresenta-se uma lista básica de notações, sendo as notações adicionais apresentadas a seguir específicas desta Norma.

Letras maiúsculas latinas

$R$	resistência térmica do elemento estrutural
$R_{\text{in}}$	resistência térmica ao nível da superfície interior
$R_{\text{out}}$	resistência térmica ao nível da superfície exterior
$T_{\max}$	temperatura máxima do ar à sombra com uma probabilidade anual de ser excedida de 0,02 (equivalente a um período médio de retorno de 50 anos)
$T_{\min}$	temperatura mínima do ar à sombra com uma probabilidade anual de não ser excedida de 0,02 (equivalente a um período médio de retorno de 50 anos)

$T_{\max,p}$	temperatura máxima do ar à sombra com uma probabilidade anual de ser excedida $p$ (equivalente a um período médio de retorno de $1/p$ )
$T_{\min,p}$	temperatura mínima do ar à sombra com uma probabilidade anual de não ser excedida $p$ (equivalente a um período médio de retorno de $1/p$ )
$T_{e,\max}$	componente da variação uniforme de temperatura máxima em pontes
$T_{e,\min}$	componente da variação uniforme de temperatura mínima em pontes
$T_0$	temperatura inicial do elemento estrutural no momento em que são introduzidos constrangimentos
$T_{\text{in}}$	temperatura do ar ambiente interior
$T_{\text{out}}$	temperatura do ar ambiente exterior
$\Delta T_1, \Delta T_2, \Delta T_3, \Delta T_4$	valores das diferenças a considerar nas variações diferenciais de temperatura
$\Delta T_U$	componente de variação uniforme de temperatura
$\Delta T_{N, \text{exp}}$	amplitude máxima das variações positivas (dilatação) da componente de temperatura uniforme em pontes ( $T_{e,\max} \geq T_0$ )
$\Delta T_{N, \text{con}}$	amplitude máxima das variações negativas (contração) da componente de temperatura uniforme em pontes ( $T_0 \geq T_{e,\min}$ )
$\Delta T_N$	amplitude total da componente de variação uniforme de temperatura em pontes
$\Delta T_M$	componente linear da variação diferencial de temperatura
$\Delta T_{M,\text{heat}}$	componente linear da variação diferencial positiva de temperatura (aquecimento)
$\Delta T_{M,\text{cool}}$	componente linear da variação diferencial negativa de temperatura (arrefecimento)
$\Delta T_E$	componente não linear da variação diferencial de temperatura
$\Delta T$	soma das componentes linear e não linear da variação diferencial de temperatura
$\Delta T_p$	diferença entre as temperaturas médias das várias partes de uma estrutura

#### Letras minúsculas latinas

$h$	altura da secção transversal
$k_1, k_2, k_3, k_4$	coeficientes para o cálculo da temperatura máxima (mínima) do ar à sombra com uma probabilidade anual de ser excedida (não ser excedida), $p$ , diferente de 0,02
$k_{\text{sur}}$	factor de acabamento da superfície para o cálculo da componente linear de variação diferencial de temperatura
$p$	probabilidade anual da temperatura máxima (mínima) do ar à sombra ser excedida (não ser excedida), correspondente a um período médio de retorno de $1/p$ anos
$u, c$	parâmetro de modo e de escala da distribuição anual da temperatura máxima (mínima) do ar à sombra

Letras minúsculas gregas

$\alpha_T$	coeficiente de dilatação linear (1/°C)
$\lambda$	condutibilidade térmica
$\omega_N$	factor de redução da componente da variação uniforme de temperatura para a combinação com a componente da variação diferencial de temperatura
$\omega_M$	factor de redução da componente da variação diferencial de temperatura para a combinação com a componente da variação uniforme de temperatura

## 2 Classificação das acções

(1)P As acções térmicas devem ser classificadas como acções variáveis e indirectas, ver a EN 1990:2002, 1.5.3 e 4.1.1.

(2) Salvo indicação em contrário, todos os valores das acções térmicas indicados nesta Norma são valores característicos.

(3) Os valores característicos das acções térmicas indicados nesta Norma são valores com uma probabilidade anual de ocorrência não superior a 0,02, salvo indicação em contrário, por exemplo, para situações de projecto transitórias.

**NOTA:** Para situações de projecto transitórias, os correspondentes valores das acções térmicas poderão ser determinados utilizando o método de cálculo indicado em A.2.

## 3 Situações de projecto

(1)P As acções térmicas devem ser determinadas para cada situação de projecto relevante, identificada de acordo com a EN 1990.

**NOTA:** Nas estruturas que não estejam expostas a variações da temperatura climática, diárias e sazonais, ou operacionais, poderá não ser necessário considerar as acções térmicas.

(2)P Os elementos de estruturas resistentes devem ser verificados de modo a assegurar que os movimentos de origem térmica não provoquem solicitações excessivas na estrutura, ou pela adopção de disposições construtivas, como juntas de dilatação, ou incluindo no cálculo os respectivos efeitos.

## 4 Representação das acções

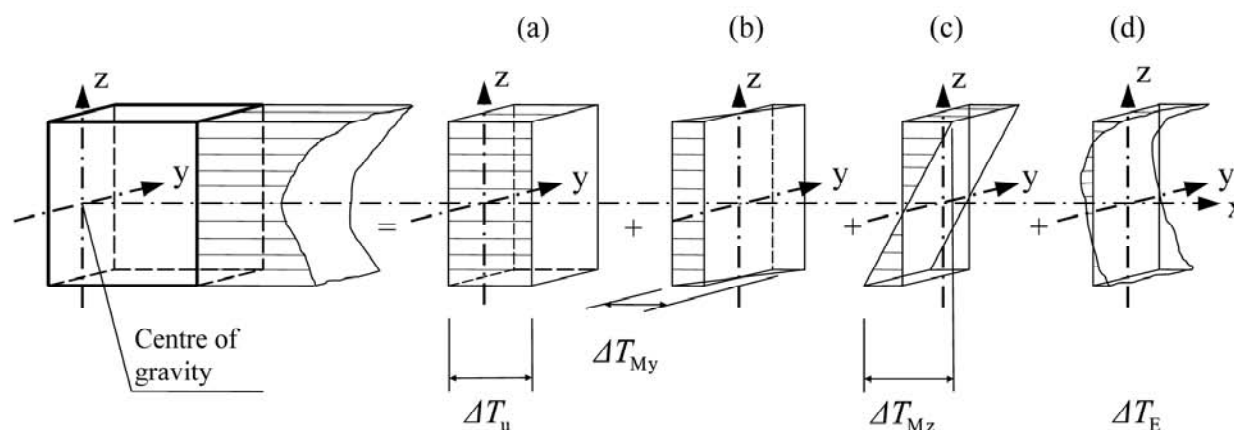
(1) As variações diárias e sazonais da temperatura do ar à sombra, a radiação solar, a radiação reemitida, etc., provocam variações na distribuição da temperatura nos elementos individuais de uma estrutura.

(2) A intensidade dos efeitos térmicos depende das condições climáticas locais, assim como da orientação da estrutura, da sua massa total, dos seus acabamentos (por exemplo, o revestimento dos edifícios) e, no caso de estruturas de edifícios, das condições de aquecimento e ventilação e do isolamento térmico.

(3) A distribuição da temperatura num dado elemento estrutural poderá ser decomposta nas seguintes quatro componentes essenciais, como se representa na Figura 4.1:

- a) uma componente da variação uniforme de temperatura,  $\Delta T_u$  ;
- b) uma componente linear da variação diferencial de temperatura ao longo do eixo z,  $\Delta T_{MY}$  ;
- c) uma componente linear da variação diferencial de temperatura ao longo do eixo y,  $\Delta T_{MZ}$  ;

- d) uma componente não linear da variação diferencial de temperatura,  $\Delta T_E$ . A esta componente corresponde um sistema de tensões auto-equilibradas com esforços resultantes nulos no elemento.



### Legenda:

Centre of gravity

Centro de gravidade

Figura 4.1 – Diagramas das componentes de um perfil de temperatura

(4) As extensões e, por conseguinte, quaisquer tensões delas resultantes, dependem da geometria e das condições de fronteira do elemento em consideração e das propriedades físicas do material utilizado. No caso de elementos constituídos por materiais com diferentes coeficientes de dilatação linear, deverá ter-se em consideração os efeitos daqui decorrentes para o cálculo dos esforços devidos à acção térmica.

(5) Para a determinação dos efeitos da acção térmica, deverão utilizar-se os coeficientes de dilatação linear dos materiais.

**NOTA:** Os coeficientes de dilatação linear para um conjunto de materiais de uso corrente são indicados no Anexo C.

## 5 Variações de temperatura em edifícios

### 5.1 Generalidades

(1)P As acções térmicas em edifícios, devidas a variações de temperatura climáticas e operacionais, devem ser consideradas no seu cálculo quando os estados limites últimos ou de utilização possam ser excedidos em consequência de movimentos e/ou de tensões de origem térmica.

**NOTA 1:** As variações de volume e/ou de tensões devidas a variações de temperatura também poderão ser influenciadas por:

- a) sombra dos edifícios adjacentes;
- b) diferentes materiais com diferentes coeficientes de dilatação térmica e de transmissão térmica;
- c) diferentes formas de secção transversal com temperaturas uniformes diferentes.

**NOTA 2:** A humidade e outros factores ambientais também poderão afectar as variações de volume dos elementos.

## 5.2 Determinação das temperaturas

(1) As acções térmicas em edifícios devidas a variações de temperatura climáticas e operacionais, deverão ser determinadas de acordo com os princípios e as regras indicados nesta secção, tendo em conta a experiência e os dados nacionais (regionais).

(2)P Os efeitos climáticos devem ser determinados considerando as variações da temperatura do ar à sombra e da radiação solar. Os efeitos das condições de exploração (devidos ao aquecimento, ou a processos tecnológicos ou industriais) devem ser considerados de acordo com o projecto em causa.

(3)P De acordo com as componentes da temperatura indicadas na secção 4, as acções térmicas climáticas e operacionais, num dado elemento estrutural, devem ser especificadas utilizando as seguintes grandezas básicas:

- a) uma componente da variação uniforme de temperatura  $\Delta T_u$ , obtida pela diferença entre a temperatura média  $T$  de um elemento e a sua temperatura inicial  $T_0$ ;
- b) uma componente linear da variação diferencial de temperatura, obtida pela diferença  $\Delta T_M$  entre as temperaturas nas superfícies exterior e interior de uma secção transversal, ou nas superfícies de camadas individuais;
- c) uma diferença de temperatura  $\Delta T_p$  entre diversas partes de uma estrutura, obtida pela diferença entre as temperaturas médias dessas partes.

**NOTA:** Poderão ser fornecidos valores de  $\Delta T_M$  e  $\Delta T_p$  para o projecto em causa.

(4) Além de  $\Delta T_u$ ,  $\Delta T_M$  e  $\Delta T_p$ , os efeitos locais das acções térmicas deverão ser considerados sempre que for pertinente (por exemplo, nos apoios ou fixações de elementos estruturais e de revestimento). A representação adequada das acções térmicas deverá ser feita tendo em conta a localização do edifício e a pormenorização estrutural.

(5) A componente da variação uniforme de temperatura de um elemento estrutural,  $\Delta T_u$ , é definida por:

$$\Delta T_u = T - T_0 \quad (5.1)$$

em que:

$T$  temperatura média de um elemento estrutural resultante das temperaturas climáticas, no Inverno ou no Verão, e das temperaturas operacionais.

(6) As grandezas  $\Delta T_u$ ,  $\Delta T_M$ ,  $\Delta T_p$  e  $T$  deverão ser determinadas de acordo com os princípios indicados em 5.3 utilizando dados regionais. Na falta de dados regionais, poderão aplicar-se as regras indicadas em 5.3.

## 5.3 Determinação dos perfis de temperatura

(1) A temperatura  $T$  na expressão (5.1) deverá ser determinada como sendo a temperatura média de um elemento estrutural, no Inverno ou no Verão, utilizando um perfil de temperatura. No caso de um elemento composto,  $T$  é a temperatura média de uma determinada camada.

**NOTA 1:** No Anexo D são indicados métodos baseados na teoria da transmissão térmica.

**NOTA 2:** Quando se trata de elementos com uma única camada e quando as condições ambientais em ambos os lados são semelhantes,  $T$  poderá ser determinado, aproximadamente, como sendo a média das temperaturas do ambiente interior e exterior,  $T_{in}$  e  $T_{out}$ .

(2) A temperatura do ambiente interior,  $T_{in}$ , deverá ser determinada de acordo com o Quadro 5.1. A temperatura do ambiente exterior,  $T_{out}$ , deverá ser determinada de acordo com:

- a) o Quadro 5.2 para as zonas acima do solo;

b) o Quadro 5.3 para as zonas enterradas.

**NOTA:** As temperaturas  $T_{out}$  relativas ao Verão, indicadas no Quadro 5.2, dependem, entre outros, da absorvidade da superfície e da sua orientação:

– o valor máximo é normalmente atingido nas superfícies viradas a oeste, sudoeste ou horizontais;

– o valor mínimo é normalmente atingido nas superfícies viradas a norte (em °C cerca de metade do valor máximo).

Quadro 5.1 – Temperaturas indicativas  $T_{in}$  para ambientes interiores

Estação	Temperatura $T_{in}$
Verão	$T_1$
Inverno	$T_2$
<b>NOTA:</b> Os valores de $T_1$ e $T_2$ poderão ser especificados no Anexo Nacional. Não havendo dados disponíveis, recomendam-se os valores $T_1 = 20$ °C e $T_2 = 25$ °C.	

Quadro 5.2 – Temperaturas indicativas  $T_{out}$  para zonas de edifícios acima do solo

Estação	Factor significativo		Temperatura $T_{out}$ em °C
Verão	Absorvidade relativa dependente da cor da superfície	0,5 superfície clara brilhante	$T_{max} + T_3$
		0,7 superfície de cor clara	$T_{max} + T_4$
		0,9 superfície escura	$T_{max} + T_5$
Inverno			$T_{min}$
<b>NOTA:</b> Os valores da temperatura máxima do ar à sombra $T_{max}$ , da temperatura mínima do ar à sombra $T_{min}$ e dos efeitos da radiação solar $T_3$ , $T_4$ e $T_5$ poderão ser especificados no Anexo Nacional. Não havendo dados disponíveis para as regiões entre as latitudes 45° N e 55° N, recomendam-se os valores $T_3 = 0$ °C, $T_4 = 2$ °C e $T_5 = 4$ °C, para os elementos virados a nordeste, e $T_3 = 18$ °C, $T_4 = 30$ °C e $T_5 = 42$ °C para os elementos virados a sudoeste ou horizontais.			

Quadro 5.3 – Temperaturas indicativas  $T_{out}$  para zonas de edifícios enterradas

Estação	Profundidade abaixo do solo	Temperatura $T_{out}$ em °C
Verão	Inferior a 1 m	$T_6$
	Superior a 1 m	$T_7$
Inverno	Inferior a 1 m	$T_8$
	Superior a 1 m	$T_9$
<b>NOTA:</b> Os valores $T_6$ , $T_7$ , $T_8$ e $T_9$ poderão ser especificados no Anexo Nacional. Não havendo dados disponíveis para as regiões entre as latitudes 45° N e 55° N, recomendam-se os valores $T_6 = 8$ °C, $T_7 = 5$ °C, $T_8 = -5$ °C e $T_9 = -3$ °C.		



## **6 Variações de temperatura em pontes**

### **6.1 Tabuleiros de pontes**

#### **6.1.1 Tipos de tabuleiro**

(1) Para os fins desta Norma, os tabuleiros das pontes são agrupados da seguinte forma:

- Tipo 1      Tabuleiro de aço:
- viga em caixão
  - viga reticulada ou viga de alma cheia
- Tipo 2      Tabuleiro misto aço-betão
- Tipo 3      Tabuleiro de betão:
- laje
  - laje vigada
  - viga em caixão

*NOTA 1: Ver também a Figura 6.2.*

*NOTA 2: O Anexo Nacional poderá especificar valores da componente da variação uniforme de temperatura e da componente da variação diferencial de temperatura para outros tipos de pontes.*

#### **6.1.2 Consideração das acções térmicas**

(1) Os valores representativos das acções térmicas deverão ser avaliados a partir da componente da variação uniforme de temperatura (ver 6.1.3) e das componentes da variação diferencial de temperatura (ver 6.1.4).

(2) A componente vertical da variação diferencial de temperatura indicada em 6.1.4, deverá incluir, geralmente, a componente não linear, ver 4(3). Deverá utilizar-se a Abordagem 1 (ver 6.1.4.1) ou a Abordagem 2 (ver 6.1.4.2).

*NOTA: A escolha da abordagem a utilizar num determinado país poderá ser definida no respectivo Anexo Nacional.*

(3) Nos casos em que seja necessário considerar uma componente horizontal da variação diferencial de temperatura, poderá admitir-se, na ausência de outras informações, uma variação diferencial linear de temperatura (ver 6.1.4.3).

#### **6.1.3 Componente da variação uniforme de temperatura**

##### **6.1.3.1 Generalidades**

(1) A componente da variação uniforme de temperatura depende das temperaturas mínima e máxima que uma ponte pode atingir. Daqui resulta uma gama de amplitudes das variações uniformes de temperatura, que induz numa estrutura isostática uma variação de comprimento dos seus elementos.

(2) Sempre que for relevante, os seguintes efeitos deverão ser considerados:

- restrição de dilatação ou de contracção, devido ao tipo de construção (por exemplo, pórtico, arco, apoios elastoméricos);
- atrito em apoios de rolos ou deslizantes;
- efeitos geometricamente não lineares (efeitos de segunda ordem);

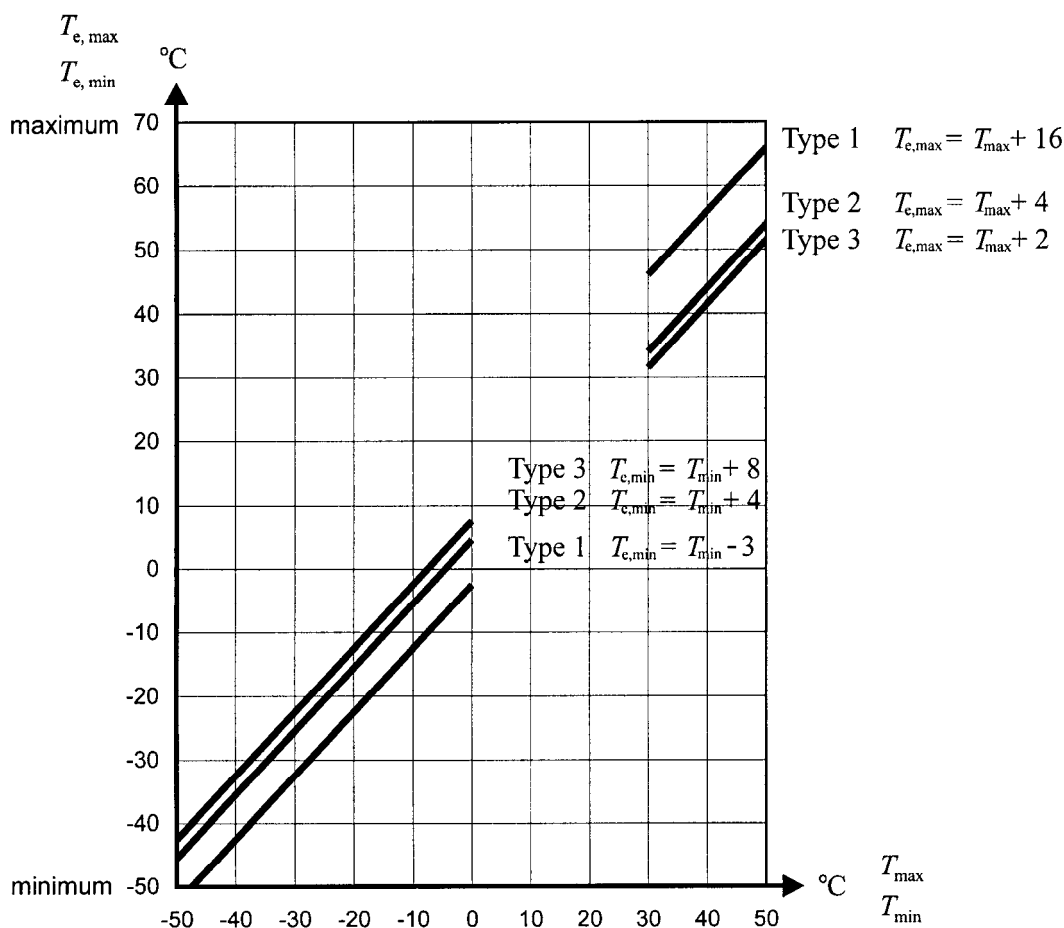
- para pontes ferroviárias, os efeitos da interacção entre a via férrea e a ponte, devidos à variação da temperatura do tabuleiro e dos carris, poderão induzir forças horizontais adicionais nos apoios (e forças adicionais nos carris).

**NOTA:** Para mais informações, ver a EN 1991-2.

(3)P A temperatura mínima do ar à sombra ( $T_{\min}$ ) e a temperatura máxima do ar à sombra ( $T_{\max}$ ) do local devem ser determinadas a partir de isotérmicas, de acordo com 6.1.3.2.

(4) Deverão ser determinadas as componentes das variações uniformes de temperatura mínima e máxima das pontes,  $T_{e,\min}$  e  $T_{e,\max}$ .

**NOTA:** O Anexo Nacional poderá especificar  $T_{e,\min}$  e  $T_{e,\max}$ . Na Figura 6.1 indicam-se os valores recomendados.



**Legenda:**

maximum máximo  
minimum mínimo  
type tipo

**NOTA 1:** Os valores indicados na Figura 6.1 baseiam-se em amplitudes de temperaturas diárias de  $10^{\circ}\text{C}$ . Esta amplitude poderá ser considerada adequada para a maioria dos Estados-Membros.

**NOTA 2:** Para as vigas reticuladas e vigas de alma cheia, os valores máximos indicados para o tipo 1 poderão ser reduzidos de  $3^{\circ}\text{C}$ .

Figura 6.1 – Correlação entre a temperatura mínima/máxima do ar à sombra ( $T_{\min}/T_{\max}$ ) e a componente da variação uniforme de temperatura mínima/máxima em pontes ( $T_{e,\min}/T_{e,\max}$ )

### 6.1.3.2 Temperatura do ar à sombra

(1)P Os valores característicos das temperaturas mínima e máxima do ar à sombra no local da obra devem obter-se, por exemplo, dos mapas nacionais de isotérmicas.

*NOTA:* A informação (por exemplo, mapas de isotérmicas) sobre temperaturas mínima e máxima do ar à sombra, a utilizar num determinado país, poderá constar no respectivo Anexo Nacional.

(2) Estes valores característicos deverão representar temperaturas máxima e mínima do ar à sombra, ao nível médio do mar e em campo aberto, com uma probabilidade anual de, respectivamente, serem ou não excedidas de 0,02. Para outros valores da probabilidade anual ( $p$  diferente de 0,02), da altitude e de outras condições locais (por exemplo, bolsas de gelo), os valores deverão ser ajustados de acordo com o Anexo A.

(3) Nos casos em que se considera inadequada a probabilidade anual de 0,02, as temperaturas mínima e máxima do ar à sombra deverão ser modificadas de acordo com o Anexo A.

### 6.1.3.3 Amplitude da componente da variação uniforme de temperatura em pontes

(1)P Os valores das componentes das variações uniformes de temperatura mínima e máxima em pontes, a utilizar no cálculo das forças de fixação, devem ser determinados a partir das temperaturas mínima ( $T_{\min}$ ) e máxima ( $T_{\max}$ ) do ar à sombra (ver 6.1.3.1(3) e 6.1.3.1(4)).

(2) Poderá obter-se no Anexo A a temperatura inicial da ponte  $T_0$ , no momento da introdução de constrangimentos na estrutura, para o cálculo da contracção, correspondente à componente da variação uniforme de temperatura mínima da ponte, e para o cálculo da dilatação, correspondente à componente da variação uniforme de temperatura máxima da ponte.

(3) Assim, o valor característico da amplitude de contracção máxima da componente da variação uniforme de temperatura da ponte,  $\Delta T_{N,\text{con}}$ , deverá ser considerado como:

$$\Delta T_{N,\text{con}} = T_0 - T_{e,\text{min}} \quad (6.1)$$

e o valor característico da amplitude de dilatação máxima da componente da variação uniforme de temperatura da ponte,  $\Delta T_{N,\text{exp}}$ , deverá ser considerado como:

$$\Delta T_{N,\text{exp}} = T_{e,\text{max}} - T_0 \quad (6.2)$$

*NOTA 1:* A amplitude total da componente da variação uniforme de temperatura da ponte é  $\Delta T_N = T_{e,\text{max}} - T_{e,\text{min}}$

*NOTA 2:* Para apoios e juntas de dilatação, poderá especificar-se, no Anexo Nacional, as amplitudes de dilatação máxima e de contracção máxima correspondentes às componentes da variação uniforme de temperatura da ponte, caso não sejam necessárias outras especificações. Os valores recomendados são, respectivamente,  $(\Delta T_{N,\text{exp}} + 20)^\circ\text{C}$  e  $(\Delta T_{N,\text{con}} + 20)^\circ\text{C}$ . Se for especificada a temperatura à qual os apoios e as juntas de dilatação são colocados, os valores recomendados são, respectivamente,  $(\Delta T_{N,\text{exp}} + 10)^\circ\text{C}$  e  $(\Delta T_{N,\text{con}} + 10)^\circ\text{C}$ .

*NOTA 3:* Para o cálculo de apoios e juntas de dilatação, os valores do coeficiente de dilatação indicados no Quadro C.1 do Anexo C poderão ser modificados desde que os valores alternativos tenham sido verificados por ensaios ou estudos mais pormenorizados.

### 6.1.4 Componentes da variação diferencial de temperatura

(1) Durante um determinado intervalo de tempo e, relativamente à variação diferencial de temperatura, o aquecimento e o arrefecimento da superfície superior do tabuleiro de uma ponte, provocam, respectivamente, valores máximos positivos (superfície superior mais quente) e valores máximos negativos (superfície inferior mais quente) dessa variação diferencial.

(2) A componente vertical da variação diferencial de temperatura poderá produzir efeitos numa estrutura devidos a:

– restrição de livre curvatura, devido à forma da estrutura (por exemplo: pórtico, vigas contínuas, etc.);

- atrito em apoios articulados;
- efeitos geometricamente não lineares (efeitos de segunda ordem).

(3) No caso de uma construção por avanços sucessivos, poderá ser necessário ter em conta uma variação diferencial da temperatura inicial no momento da betonagem do fecho.

**NOTA:** Os valores da variação diferencial da temperatura inicial poderão ser indicados no Anexo Nacional.

#### 6.1.4.1 Componente linear vertical (Abordagem 1)

(1) O efeito das variações diferenciais de temperatura na direcção vertical deverá ser considerado utilizando uma componente linear equivalente da variação diferencial de temperatura (ver 6.1.2(2)) para  $\Delta T_{M,heat}$  e  $\Delta T_{M,cool}$ . Estes valores deverão ser considerados entre as faces superior e inferior do tabuleiro da ponte.

**NOTA:** Os valores de  $\Delta T_{M,heat}$  e  $\Delta T_{M,cool}$  a utilizar num determinado país poderão encontrar-se no respectivo Anexo Nacional. Os valores recomendados de  $\Delta T_{M,heat}$  e  $\Delta T_{M,cool}$  estão indicados no Quadro 6.1.

Quadro 6.1 – Valores recomendados da componente linear da variação diferencial de temperatura para diferentes tipos de tabuleiro de pontes rodoviárias, pedonais e ferroviárias

Tipo de tabuleiro	Face superior mais quente do que a face inferior	Face inferior mais quente do que a face superior
	$\Delta T_{M,heat}$ ( $^{\circ}C$ )	$\Delta T_{M,cool}$ ( $^{\circ}C$ )
Tipo 1: Tabuleiro de aço	18	13
Tipo 2: Tabuleiro misto aço-betão	15	18
Tipo 3: Tabuleiro de betão: - viga em caixão - laje vigada - laje	10 15 15	5 8 8
<p><b>NOTA 1:</b> Os valores indicados no Quadro são limites superiores da componente linear da variação diferencial de temperatura para uma amostra representativa de geometrias de pontes.</p> <p><b>NOTA 2:</b> Os valores indicados no Quadro baseiam-se numa espessura do revestimento da superfície de 50 mm para pontes rodoviárias e ferroviárias. Para outras espessuras do revestimento da superfície, estes valores deverão ser multiplicados pelo factor <math>k_{sur}</math>. Os valores recomendados para o factor <math>k_{sur}</math> estão indicados no Quadro 6.2.</p>		

Quadro 6.2 – Valores recomendados de  $k_{\text{sur}}$  a considerar para diferentes espessuras do revestimento da superfície

Pontes rodoviárias, pedonais e ferroviárias						
Espessura da superfície	Tipo 1		Tipo 2		Tipo 3	
	Face superior mais quente do que a face inferior	Face inferior mais quente do que a face superior	Face superior mais quente do que a face inferior	Face inferior mais quente do que a face superior	Face superior mais quente do que a face inferior	Face inferior mais quente do que a face superior
[mm]	$k_{\text{sur}}$	$k_{\text{sur}}$	$k_{\text{sur}}$	$k_{\text{sur}}$	$k_{\text{sur}}$	$k_{\text{sur}}$
sem revestimento	0,7	0,9	0,9	1,0	0,8	1,1
impermeabilizada <sup>1)</sup>	1,6	0,6	1,1	0,9	1,5	1,0
50	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
100	0,7	1,2	1,0	1,0	0,7	1,0
150	0,7	1,2	1,0	1,0	0,5	1,0
Balastro (750 mm)	0,6	1,4	0,8	1,2	0,6	1,0
<sup>1)</sup> Estes valores representam limites superiores para revestimentos de cor escura.						

#### 6.1.4.2 Componentes verticais da variação diferencial de temperatura com efeitos não lineares (Abordagem 2)

(1) O efeito na direcção vertical das variações diferenciais de temperatura deverá ser considerado incluindo uma componente não linear da variação diferencial de temperatura (ver 6.1.2.2).

**NOTA 1:** Os valores das componentes das variações diferenciais de temperatura na direcção vertical de tabuleiros de pontes a utilizar num determinado país poderão encontrar-se no respectivo Anexo Nacional. Os valores recomendados estão indicados nas Figuras 6.2a - 6.2c e são válidos para um revestimento de 40 mm, para tabuleiros do tipo 1 e de 100 mm para tabuleiros dos tipos 2 e 3. Para outras espessuras do revestimento, consulte-se o Anexo B. Nestas figuras, “aquecimento” refere-se a condições em que a radiação solar e outros efeitos produzem um ganho de calor através da superfície superior do tabuleiro da ponte. Reciprocamente, “arrefecimento” refere-se a condições em que o calor se perde pela superfície superior do tabuleiro da ponte, em resultado da radiação reemitida e de outros efeitos.

**NOTA 2:** A variação diferencial de temperatura  $\Delta T$  engloba  $\Delta T_M$  e  $\Delta T_E$  (ver 4(3)) juntamente com uma pequena fracção da componente  $\Delta T_N$ ; esta última fracção está incluída na componente da variação uniforme de temperatura da ponte (ver 6.1.3).

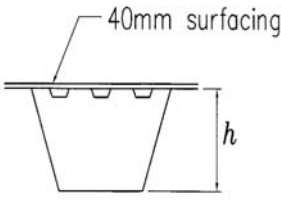
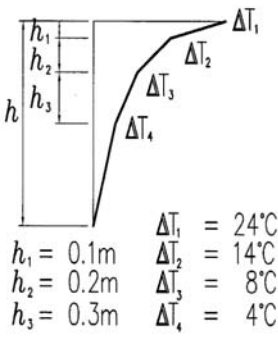
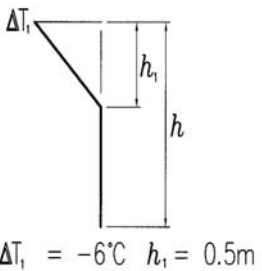
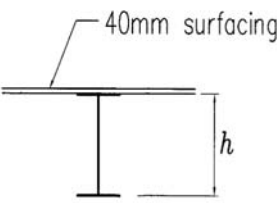
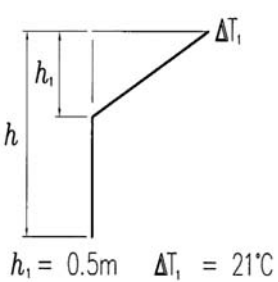
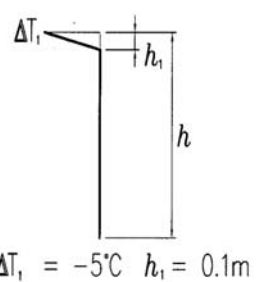
Type of Construction	Temperature Difference ( $\Delta T$ )	
	(a) Heating	(b) Cooling
 1a. Steel deck on steel box girders	 $h_1 = 0.1\text{m}$ $\Delta T_1 = 24^\circ\text{C}$ $h_2 = 0.2\text{m}$ $\Delta T_2 = 14^\circ\text{C}$ $h_3 = 0.3\text{m}$ $\Delta T_3 = 8^\circ\text{C}$ $\Delta T_4 = 4^\circ\text{C}$	 $\Delta T_1 = -6^\circ\text{C}$ $h_1 = 0.5\text{m}$
 1b. Steel deck on steel truss or plate girders	 $h_1 = 0.5\text{m}$ $\Delta T_1 = 21^\circ\text{C}$	 $\Delta T_1 = -5^\circ\text{C}$ $h_1 = 0.1\text{m}$

Figure 6.2a: Temperature differences for bridge decks – Type 1 : Steel Decks

\*Note: The temperature difference  $\Delta T$  incorporates  $\Delta T_w$  and  $\Delta T_E$  (see 4.3) together with a small part of component  $\Delta T_N$ ; this latter part has been included in the uniform bridge temperature component (see 6.1.3).

## Legenda:

Type of Construction

Temperature Difference ( $\Delta T$ )

Heating

Cooling

40 mm surfacing

Steel deck on steel box girders

Steel deck on steel truss or plate girders

Tipo de construção

Variação diferencial de temperatura ( $\Delta T$ )

Aquecimento

Arrefecimento

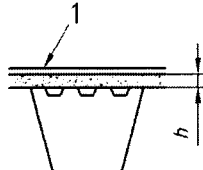
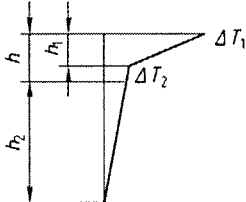
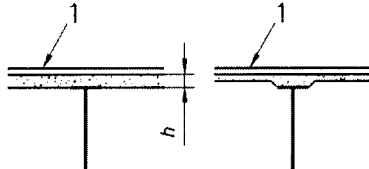
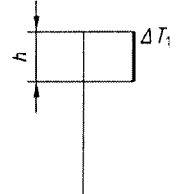
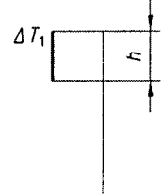
Espessura de revestimento de 40 mm

Tabuleiro de aço sobre vigas em caixão de aço

Tabuleiro de aço sobre asnas metálicas ou vigas compostas

Figura 6.2a – Variações diferenciais de temperatura para tabuleiros de pontes – Tipo 1: Tabuleiros de aço

**NOTA:** A variação diferencial de temperatura  $\Delta T$  engloba  $\Delta T_M$  e  $\Delta T_E$  (ver 4(3)) juntamente com uma pequena fracção da componente  $\Delta T_N$ ; esta última fracção está incluída na componente da variação uniforme de temperatura da ponte (ver 6.1.3).

2	3										
	4	5									
	6	<div><math>h_1 = 0,6\ h</math> <math>h_2 = 0,4\ m</math></div>  <table><tr><th><math>h</math> m</th><th><math>\Delta T_1</math> °C</th><th><math>\Delta T_2</math> °C</th></tr><tr><td>0,2</td><td>13</td><td>4</td></tr><tr><td>0,3</td><td>16</td><td>4</td></tr></table>	$h$ m	$\Delta T_1$ °C	$\Delta T_2$ °C	0,2	13	4	0,3	16	4
$h$ m	$\Delta T_1$ °C	$\Delta T_2$ °C									
0,2	13	4									
0,3	16	4									
	7	 <p><math>\Delta T_1 = 10^\circ\text{C}</math></p>  <p><math>\Delta T_1 = -10^\circ\text{C}</math></p>									
8											

Legenda:

- 1 Espessura de revestimento de 100 mm
- 2 Tipo de construção
- 3 Variação diferencial de temperatura ( $\Delta T$ )
- 4 Aquecimento
- 5 Arrefecimento
- 6 Procedimento normal
- 7 Procedimento simplificado
- 8 Tipo 2. Tabuleiro de betão sobre vigas em caixão de aço, asnas metálicas ou vigas compostas

**NOTA:** Para pontes mistas, poderá ser utilizado o procedimento simplificado acima indicado, dando efeitos térmicos máximos. Os valores de  $\Delta T$  neste procedimento são indicativos e poderão ser utilizados, a não ser que, no Anexo Nacional, sejam apresentados valores específicos.

**NOTA:** A variação diferencial de temperatura  $\Delta T$  engloba  $\Delta T_M$  e  $\Delta T_E$  (ver 4(3)) juntamente com uma pequena fracção da componente  $\Delta T_N$ ; esta última fracção está incluída na componente da variação uniforme de temperatura da ponte (ver 6.1.3).

Figura 6.2b – Variações diferenciais de temperatura para tabuleiros de pontes – Tipo 2: Tabuleiros mistos

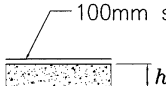
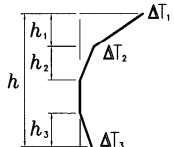
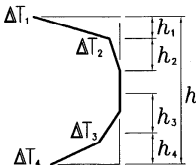
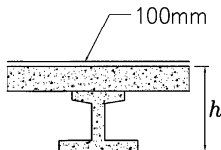
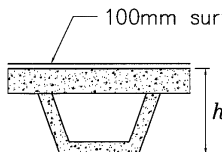
Type of Construction	Temperature Difference ( $\Delta T$ )																																																																	
	(a) Heating	(b) Cooling																																																																
<div></div> <p>3a. Concrete slab</p>	<div></div> <p><math>h_1 = 0.3h</math> but <math>\leq 0.15m</math> <math>h_2 = 0.3h</math> but <math>\geq 0.10m</math> but <math>\leq 0.25m</math> <math>h_3 = 0.3h</math> but <math>\leq (0.10m + \text{surfacing depth in metres})</math> (for thin slabs, <math>h_3</math> is limited by <math>h - h_1 - h_2</math>)</p>	<div></div> <p><math>h_1 = h_4 = 0.20h</math> but <math>\leq 0.25m</math> <math>h_2 = h_3 = 0.25h</math> but <math>\leq 0.20m</math></p>																																																																
<div></div> <p>3b. Concrete beams</p>																																																																		
<div></div> <p>3c. Concrete box girder</p>	<table><tr><th><math>h</math></th><th><math>\Delta T_1</math></th><th><math>\Delta T_2</math></th><th><math>\Delta T_3</math></th></tr><tr><td>m</td><td></td><td>°C</td><td></td></tr><tr><td><math>\leq 0.2</math></td><td>8.5</td><td>3.5</td><td>0.5</td></tr><tr><td>0.4</td><td>12.0</td><td>3.0</td><td>1.5</td></tr><tr><td>0.6</td><td>13.0</td><td>3.0</td><td>2.0</td></tr><tr><td><math>\geq 0.8</math></td><td>13.0</td><td>3.0</td><td>2.5</td></tr></table>	$h$	$\Delta T_1$	$\Delta T_2$	$\Delta T_3$	m		°C		$\leq 0.2$	8.5	3.5	0.5	0.4	12.0	3.0	1.5	0.6	13.0	3.0	2.0	$\geq 0.8$	13.0	3.0	2.5	<table><tr><th><math>h</math></th><th><math>\Delta T_1</math></th><th><math>\Delta T_2</math></th><th><math>\Delta T_3</math></th><th><math>\Delta T_4</math></th></tr><tr><td>m</td><td></td><td>°C</td><td></td><td></td></tr><tr><td><math>\leq 0.2</math></td><td>-2.0</td><td>-0.5</td><td>-0.5</td><td>-1.5</td></tr><tr><td>0.4</td><td>-4.5</td><td>-1.4</td><td>-1.0</td><td>-3.5</td></tr><tr><td>0.6</td><td>-6.5</td><td>-1.8</td><td>-1.5</td><td>-5.0</td></tr><tr><td>0.8</td><td>-7.6</td><td>-1.7</td><td>-1.5</td><td>-6.0</td></tr><tr><td>1.0</td><td>-8.0</td><td>-1.5</td><td>-1.5</td><td>-6.3</td></tr><tr><td><math>\geq 1.5</math></td><td>-8.4</td><td>-0.5</td><td>-1.0</td><td>-6.5</td></tr></table>	$h$	$\Delta T_1$	$\Delta T_2$	$\Delta T_3$	$\Delta T_4$	m		°C			$\leq 0.2$	-2.0	-0.5	-0.5	-1.5	0.4	-4.5	-1.4	-1.0	-3.5	0.6	-6.5	-1.8	-1.5	-5.0	0.8	-7.6	-1.7	-1.5	-6.0	1.0	-8.0	-1.5	-1.5	-6.3	$\geq 1.5$	-8.4	-0.5	-1.0	-6.5
$h$	$\Delta T_1$	$\Delta T_2$	$\Delta T_3$																																																															
m		°C																																																																
$\leq 0.2$	8.5	3.5	0.5																																																															
0.4	12.0	3.0	1.5																																																															
0.6	13.0	3.0	2.0																																																															
$\geq 0.8$	13.0	3.0	2.5																																																															
$h$	$\Delta T_1$	$\Delta T_2$	$\Delta T_3$	$\Delta T_4$																																																														
m		°C																																																																
$\leq 0.2$	-2.0	-0.5	-0.5	-1.5																																																														
0.4	-4.5	-1.4	-1.0	-3.5																																																														
0.6	-6.5	-1.8	-1.5	-5.0																																																														
0.8	-7.6	-1.7	-1.5	-6.0																																																														
1.0	-8.0	-1.5	-1.5	-6.3																																																														
$\geq 1.5$	-8.4	-0.5	-1.0	-6.5																																																														

Figure 6.2c: Temperature differences for bridge decks – Type 3 : Concrete Decks

\*Note: The temperature difference  $\Delta T$  incorporates  $\Delta T_M$  and  $\Delta T_E$  (see 4.3) together with a small part of component  $\Delta T_N$ ; this latter part has been included in the uniform bridge temperature component (see 6.1.3).

## Legenda:

Type of Construction

Temperature Difference ( $\Delta T$ )

Heating

Cooling

100 mm surfacing

Tipo de construção

Variação diferencial de temperatura ( $\Delta T$ )

Aquecimento

Arrefecimento

Espessura de revestimento de 100 mm

3a. Laje de betão

3b. Laje vigada de betão

3c. Viga em caixão de betão

 $h_1 = 0,3h$  mas  $\leq 0,15$  m $h_2 = 0,3h$  mas  $\geq 0,10$  mmas  $\leq 0,25$  m $h_3 = 0,3h$  mas  $\leq (0,10$  m + espessura de revestimento em metros)(para lajes finas,  $h_3$  é limitado por  $h - h_1 - h_2$ ) $h_1 = h_4 = 0,20h$  mas  $\leq 0,25$  m $h_2 = h_3 = 0,25h$  mas  $\leq 0,20$  m

Figura 6.2c – Variações diferenciais de temperatura para tabuleiros de pontes – Tipo 3: Tabuleiros de betão

**NOTA:** A variação diferencial de temperatura  $\Delta T$  engloba  $\Delta T_M$  e  $\Delta T_E$  (ver 4(3)) juntamente com uma pequena fracção da componente  $\Delta T_N$ ; esta última fracção está incluída na componente de variação uniforme de temperatura da ponte (ver 6.1.3).



### 6.1.4.3 Componentes horizontais

(1) De uma forma geral, só é necessário considerar a componente vertical da variação diferencial de temperatura. Porém, em casos particulares (por exemplo, quando a orientação ou a configuração da ponte fizer com que um dos lados fique mais exposto à luz solar do que o outro), deverá considerar-se uma componente horizontal da variação diferencial de temperatura.

**NOTA:** Os valores numéricos para a variação diferencial de temperatura poderão ser especificados no Anexo Nacional. Na ausência de outras informações e se não houver indicações sobre a ocorrência de valores mais elevados, poderá recomendar-se 5 °C para a variação diferencial linear de temperatura entre os bordos exteriores da ponte, independentemente da largura da ponte.

### 6.1.4.4 Componentes da variação diferencial de temperatura nas paredes de vigas em caixão de betão

(1) Deverá ser dada particular atenção no projecto de grandes pontes com vigas em caixão de betão, nas quais podem ocorrer diferenças de temperatura significativas entre as faces interiores e exteriores dessas almas.

**NOTA:** Os valores numéricos para a variação diferencial de temperatura poderão ser especificados no Anexo Nacional. O valor recomendado para uma variação linear de temperatura é 15 °C.

### 6.1.5 Simultaneidade das componentes da variação uniforme e diferencial de temperatura

(1) Se for necessário considerar em simultâneo a variação diferencial de temperatura  $\Delta T_{M,heat}$  (ou  $\Delta T_{M,cool}$ ) com a amplitude máxima da componente da variação uniforme de temperatura da ponte  $\Delta T_{N,exp}$  (ou  $\Delta T_{N,con}$ ) (por exemplo, no caso de estruturas em pórtico), poderá utilizar-se a seguinte expressão (que deverá ser interpretada como combinação de acções):

$$\Delta T_{M,heat} \text{ (ou } \Delta T_{M,cool}) + \omega_N \Delta T_{N,exp} \text{ (ou } \Delta T_{N,con}) \quad (6.3)$$

ou

$$\omega_M \Delta T_{M,heat} \text{ (ou } \Delta T_{M,cool}) + \Delta T_{N,exp} \text{ (ou } \Delta T_{N,con}) \quad (6.4)$$

em que deverá ser escolhida a que conduz ao efeito mais desfavorável.

**NOTA 1:** Os valores de  $\omega_N$  e  $\omega_M$  poderão ser especificados no Anexo Nacional. Na ausência de outras informações, os valores recomendados para  $\omega_N$  e  $\omega_M$  são:

$$\omega_N = 0,35;$$

$$\omega_M = 0,75.$$

**NOTA 2:** No caso em que sejam consideradas as variações diferenciais verticais lineares e não lineares de temperatura (ver 6.1.4.2),  $\Delta T_M$  deverá ser substituído por  $\Delta T$  que inclui  $\Delta T_M$  e  $\Delta T_E$ .

### 6.1.6 Elementos estruturais com diferentes componentes da variação uniforme de temperatura

(1) Nas estruturas em que as componentes da variação uniforme de temperatura são diferentes nos vários tipos de elementos, podendo provocar efeitos desfavoráveis, estes efeitos deverão ser considerados.

**NOTA:** O Anexo Nacional poderá indicar valores para as diferenças entre as componentes da variação uniforme de temperatura. Os valores recomendados são:

- 15 °C entre elementos estruturais principais (por exemplo, tirantes e arcos);
- 10 °C e 20 °C, respectivamente para cor clara e escura, entre os cabos de pontes suspensas (ou atirantadas) e o tabuleiro (ou torre).

(2) Estes efeitos deverão ser somados aos efeitos que resultam da componente da variação uniforme de temperatura em todos os elementos, determinados com base em 6.1.3.

## 6.2 Pilares de pontes

### 6.2.1 Consideração das acções térmicas

(1)P Devem ser consideradas no projecto as variações diferenciais de temperatura entre as faces exteriores opostas de pilares de pontes, vazados ou maciços.

*NOTA:* O método de cálculo a utilizar num determinado país poderá ser indicado no respectivo Anexo Nacional. Se não for indicado nenhum método, poderá admitir-se uma variação diferencial linear de temperatura.

(2) A acção da temperatura nos pilares deverá, em geral, ser considerada quando possa induzir forças de coacção ou deslocamentos nas estruturas adjacentes.

### 6.2.2 Variações diferenciais de temperatura

(1) Para pilares de betão (vazados ou maciços), deverão ser consideradas as variações diferenciais lineares de temperatura entre faces exteriores opostas.

*NOTA:* Os valores para as variações diferenciais lineares de temperatura poderão ser especificados no Anexo Nacional. Na ausência de informações pormenorizadas, o valor recomendado é de 5 °C.

(2) Para paredes de pilares com secção vazada, deverão ser consideradas as variações diferenciais lineares de temperatura entre faces interiores e exteriores.

*NOTA 1:* Os valores para as variações diferenciais lineares de temperatura poderão ser especificados no Anexo Nacional. Na ausência de informações pormenorizadas, o valor recomendado é de 15 °C.

*NOTA 2:* No caso de variações diferenciais de temperatura em pilares metálicos, poderá ser necessário um parecer especializado.

## 7 Variações da temperatura em chaminés industriais, condutas, silos, reservatórios e torres de arrefecimento

### 7.1 Generalidades

(1)P As estruturas que estão em contacto com fluxos gasosos, com líquidos ou com materiais com diferentes temperaturas (por exemplo: chaminés industriais, condutas, silos, reservatórios e torres de arrefecimento) devem ser projectadas, nos casos pertinentes, para as seguintes situações:

- acções térmicas resultantes de efeitos climáticos devidos à variação da temperatura do ar à sombra e da radiação solar;
- distribuição da temperatura relativa a condições de funcionamento, normais e anormais;
- efeitos da interacção entre a estrutura e o seu conteúdo durante as variações da temperatura (por exemplo, a retracção da estrutura com um conteúdo sólido e rígido ou a dilatação de um conteúdo sólido durante o aquecimento ou o arrefecimento).

*NOTA 1:* Os valores da temperatura operacional poderão obter-se a partir do projecto em consideração.

*NOTA 2:* Para as temperaturas operacionais de chaminés, ver a EN 13084-1.

*NOTA 3:* Os silos e os reservatórios poderão ser submetidos a alterações de forma induzidas por fenómenos térmicos causados pelo aquecimento/arrefecimento, quer dos seus conteúdos quer do ambiente exterior envolvente.

*NOTA 4:* Nesta Norma não são fornecidas quaisquer outras indicações sobre o impedimento da retracção por um conteúdo sólido rígido. Para este efeito nos silos, ver a EN 1991-4.

## **7.2 Componentes da temperatura**

### **7.2.1 Temperatura do ar à sombra**

(1)P Os valores característicos das temperaturas mínima e máxima do ar à sombra no local da obra devem obter-se, por exemplo, dos mapas nacionais de isotérmicas.

*NOTA:* A informação (por exemplo, mapas de isotérmicas) sobre temperaturas mínima e máxima do ar à sombra a utilizar num determinado país poderá constar no respectivo Anexo Nacional.

(2) As temperaturas máxima e mínima do ar à sombra deverão ser definidas em campo aberto e ao nível médio do mar, com uma probabilidade anual de, respectivamente, serem ou não serem excedidas de 0,02. O Anexo A inclui correcções para outros valores da probabilidade, da altitude e para outras condições locais, por exemplo, bolsas de gelo.

(3) Nas situações em que se considera inadequada a probabilidade anual de 0,02, por exemplo durante a execução (ver a EN 1991-1-6, “Actions during execution”), os valores da temperatura mínima (ou máxima) do ar à sombra deverão ser modificados de acordo com o Anexo A.

### **7.2.2 Temperatura de gases de combustão, de líquidos aquecidos e de materiais aquecidos**

(1) Os valores da temperatura máxima e mínima dos gases de combustão, de líquidos e de materiais com diferentes temperaturas deverão ser especificados para o projecto em questão.

### **7.2.3 Temperatura dos elementos**

(1) A determinação dos valores da temperatura de um elemento depende da configuração, da orientação e da localização do elemento e é função da temperatura máxima e mínima do ar à sombra, da radiação solar exterior e da temperatura interior operacional.

*NOTA:* No Anexo D encontram-se regras gerais para a determinação de perfis de temperatura. Ver também 7.5.

## **7.3 Consideração das componentes da temperatura**

(1)P Na distribuição da temperatura devem ser consideradas, para cada camada, tanto a componente da variação uniforme de temperatura (ver a Figura 4.1(a)) como a componente linear da variação diferencial de temperatura (ver a Figura 4.1(b)).

(2)P Deve ser considerado no projecto o efeito da radiação solar.

(3) Este efeito poderá ser traduzido por uma distribuição em escada da temperatura ao longo do perímetro da estrutura.

(4)P Para cada camada, devem ser consideradas a componente da variação uniforme de temperatura e a componente da variação diferencial linear de temperatura, devidas à temperatura operacional.

## **7.4 Determinação das componentes da temperatura**

(1)P A componente da variação uniforme e a componente linear da variação diferencial de temperatura devem ser determinadas tendo em conta os efeitos climáticos e as condições operacionais.

(2) Se existirem informações específicas sobre a correlação entre a temperatura do elemento e a radiação solar e a temperatura do ar à sombra, essas informações deverão ser tidas em consideração para se obterem valores da temperatura do elemento.

(3)P Os valores da componente da variação uniforme de temperatura resultante de fluxo de gases aquecidos, de líquidos e de materiais aquecidos devem ser obtidos das especificações do projecto. No que se refere a chaminés, estes valores encontram-se na EN 13084-1.

(4)P A componente linear da variação diferencial de temperatura na parede ou em camadas desta, deve ser considerada como sendo resultante da diferença entre a temperatura mínima (ou máxima) do ar à sombra na sua face exterior e o valor da temperatura do líquido ou do gás na sua face interior, tendo em conta os efeitos do isolamento.

*NOTA:* Os perfis de temperatura poderão ser determinados utilizando o Anexo D.

### 7.5 Valores das componentes da temperatura (valores indicativos)

(1) Na ausência de informações específicas sobre os valores característicos da temperatura dos elementos, poderão utilizar-se os seguintes valores indicativos.

*NOTA:* Estes valores poderão ser verificados, com base noutros dados disponíveis, de modo a assegurar que se trata de limites superiores plausíveis, para o local e para o tipo de elemento em questão.

(2) Os valores da componente da variação uniforme das temperaturas máxima e mínima deverão ser considerados como os valores da temperatura máxima e mínima do ar à sombra (ver 7.2.1).

(3) Para condutas de betão, deverá ser considerada a componente linear da variação diferencial de temperatura entre as faces interior e exterior da parede.

*NOTA 1:* Os valores para a componente linear da variação diferencial de temperatura poderão ser especificados no Anexo Nacional. O valor recomendado é de 15 °C.

*NOTA 2:* Para chaminés, ver a EN 13084-1.

(4) Para condutas de betão, deverá considerar-se uma distribuição em escada da temperatura ao longo do perímetro (causando efeitos térmicos globais e locais), admitindo que um quadrante do perímetro está a uma temperatura média superior à dos restantes.

*NOTA:* O valor da diferença de temperatura poderá ser indicado no Anexo Nacional. O valor recomendado é de 15 °C.

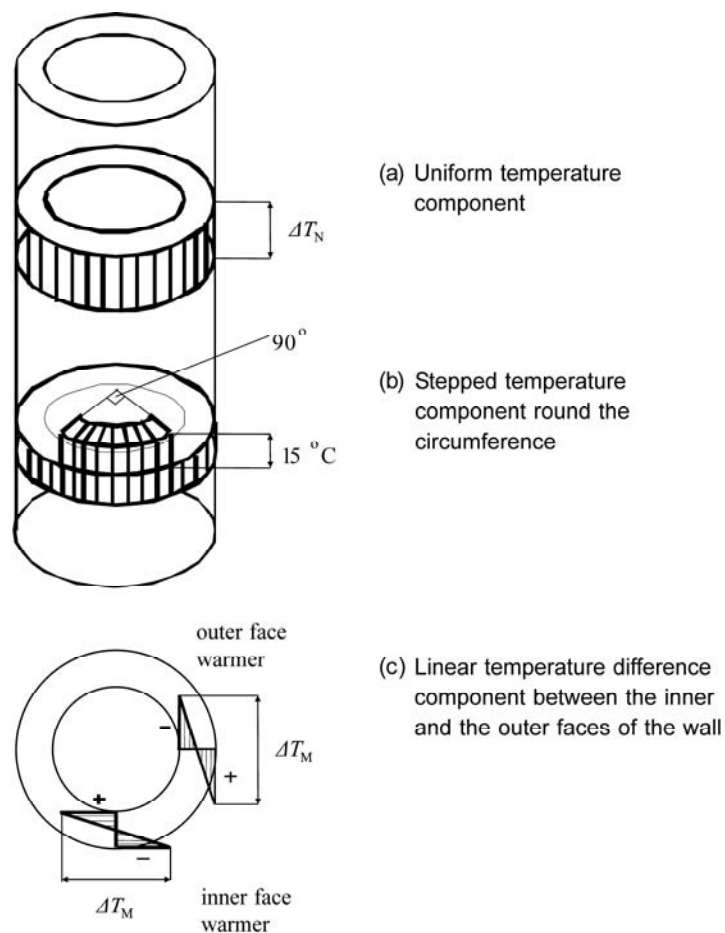
(5) No caso de condutas de aço, a componente linear da variação diferencial de temperatura e a componente da distribuição em escada da temperatura ao longo do perímetro da estrutura deverão ser calculadas tendo em conta as condições de funcionamento especificadas no projecto em questão.

*NOTA:* As regras para as chaminés de aço encontram-se na EN 13084-1.

### 7.6 Simultaneidade das componentes da temperatura

(1) Quando se consideram as acções térmicas devidas apenas aos efeitos climáticos, as seguintes componentes têm em conta a simultaneidade daqueles efeitos:

- componente da variação uniforme de temperatura (ver 7.5(2) e a Figura 7.1(a));
- componente da distribuição em escada da temperatura (ver 7.5(4) e a Figura 7.1(b));
- componente linear da variação diferencial de temperatura entre as faces interior e exterior da parede (ver 7.5(3) e a Figura 7.1(c)).



**Legenda:**

- (a) Componente da variação uniforme de temperatura
- (b) Componente da distribuição em escada da temperatura ao longo do perímetro
- (c) Componente linear da variação diferencial de temperatura entre as faces interior e exterior da parede

Outer face warmer

Face exterior mais quente

Inner face warmer

Face interior mais quente

Figura 7.1 – Principais componentes da temperatura para condutas, silos, reservatórios e torres de arrefecimento

(2) Quando se considera uma combinação das acções térmicas devidas aos efeitos climáticos com as devidas aos efeitos do processo industrial (fluxo de gases aquecidos, líquidos ou materiais aquecidos), deverão combinar-se as seguintes componentes:

- componente da variação uniforme de temperatura (ver 7.4(3));
- componente linear da variação diferencial de temperatura (ver 7.4(4));
- componente da distribuição em escada da temperatura (ver 7.5(4)).

(3) Deverá considerar-se que a componente da distribuição em escada da temperatura actua simultaneamente com o vento.

## Anexo A

### (normativo)

### Isotérmicas das temperaturas nacionais mínima e máxima do ar à sombra

#### A.1 Generalidades

(1) Os valores das temperaturas mínima anual e máxima anual do ar à sombra correspondem a valores com uma probabilidade anual de, respectivamente, não serem ou serem excedidos de 0,02.

**NOTA 1:** As informações (por exemplo, mapas ou tabelas de isotérmicas) relativas às temperaturas mínima anual e máxima anual do ar à sombra a utilizar num determinado país poderão encontrar-se no respectivo Anexo Nacional.

**NOTA 2:** Estes valores poderão ter que ser ajustados em função da altitude. O método de ajuste é indicado no Anexo Nacional. Se não existirem informações, os valores da temperatura do ar à sombra poderão ser ajustados em função da altitude, subtraindo 0,5 °C por cada 100 m de altura, para as temperaturas mínimas do ar à sombra, e 1,0 °C por cada 100 m de altura, para as temperaturas máximas do ar à sombra.

(2) Nos locais em que os valores mínimos divergem dos valores indicados, como, por exemplo, bolsas de gelo e zonas baixas protegidas, em que o mínimo poderá ser substancialmente inferior, ou em grandes regiões urbanas e zonas costeiras, em que o mínimo poderá ser superior aos valores de referência, deverão ser tidas em conta essas divergências utilizando os dados meteorológicos locais.

(3) A temperatura inicial  $T_0$  deverá ser considerada como a temperatura de um elemento estrutural no momento da introdução de constrangimentos (conclusão). Se esta temperatura não for previsível, deverá adoptar-se a temperatura média durante o período da construção.

**NOTA:** O valor de  $T_0$  poderá ser especificado no Anexo Nacional ou no projecto em questão. Se não existirem informações,  $T_0$  poderá ser considerado igual a 10 °C. No caso de existir incerteza quanto à sensibilidade de resposta da ponte relativamente à adopção do valor de  $T_0$ , recomenda-se que se estabeleça um limite superior e um limite inferior para esse valor de  $T_0$ .

#### A.2 Valores máximo ou mínimo da temperatura do ar à sombra com uma probabilidade anual de, respectivamente, serem ou não serem excedidos, $p$ , diferente de 0,02

(1) Se o valor da temperatura máxima (ou mínima) do ar à sombra,  $T_{\max,p}$  ( $T_{\min,p}$ ), se basear numa probabilidade anual de ser excedido (ou não ser excedido),  $p$ , diferente de 0,02, a relação  $T_{\max,p}/T_{\max}$  ( $T_{\min,p}/T_{\min}$ ) poderá ser determinada através da Figura A.1.

(2) Em geral,  $T_{\max,p}$  (ou  $T_{\min,p}$ ) poderá ser determinado a partir das seguintes expressões baseadas numa distribuição de valores extremos do tipo 1:

$$\text{– para o máximo: } T_{\max,p} = T_{\max} \{ k_1 - k_2 \ln [ - \ln (1-p) ] \} \quad (\text{A.1})$$

$$\text{– para o mínimo: } T_{\min,p} = T_{\min} \{ k_3 + k_4 \ln [ - \ln (1-p) ] \} \quad (\text{A.2})$$

em que:

$T_{\max}$  ( $T_{\min}$ )      valor da temperatura máxima (mínima) do ar à sombra com uma probabilidade anual de ser excedido (não ser excedido) de 0,02;

$$k_1 = (uc) / \{ (uc) + 3,902 \} \quad (\text{A.3})$$

$$k_2 = 1 / \{ (uc) + 3,902 \} \quad (\text{A.4})$$

em que:

$u, c$  parâmetros de modo e de escala das distribuições da temperatura máxima e mínima anual do ar à sombra

$$k_3 = (uc) / \{ (uc) - 3,902 \} \quad (\text{A.5})$$

$$k_4 = 1 / \{ (uc) - 3,902 \} \quad (\text{A.6})$$

Os parâmetros  $u$  e  $c$  dependem do valor médio,  $m$ , e do desvio padrão,  $\sigma$ , da distribuição de valores extremos do tipo 1:

$$\begin{aligned} \text{para o máximo} \quad u &= m - 0,57722 / c \\ c &= 1,2825 / \sigma \end{aligned} \quad (\text{A.7})$$

$$\begin{aligned} \text{para o mínimo} \quad u &= m + 0,57722 / c \\ c &= 1,2825 / \sigma \end{aligned} \quad (\text{A.8})$$

As relações  $T_{\max,p} / T_{\max}$  e  $T_{\min,p} / T_{\min}$  poderão, respectivamente, obter-se da Figura A.1, que se baseia nos valores  $k_1 - k_4$  indicados na Nota 1.

**NOTA 1:** O Anexo Nacional poderá especificar os valores dos coeficientes  $k_1, k_2, k_3$  e  $k_4$  resultantes dos valores dos parâmetros  $u$  e  $c$ . Na falta de outra informação, recomendam-se os seguintes valores:

$$k_1 = 0,781;$$

$$k_2 = 0,056;$$

$$k_3 = 0,393;$$

$$k_4 = -0,156.$$

**NOTA 2:** A expressão (A.2) e a Figura A.1 só podem ser utilizadas no caso de  $T_{\min}$  ser negativo.

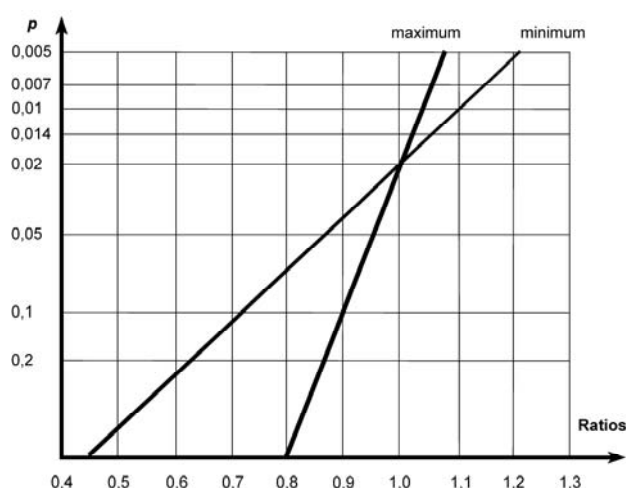


Figura A.1 – Relações  $T_{\max,p} / T_{\max}$  e  $T_{\min,p} / T_{\min}$

## Anexo B

(normativo) <sup>\*)</sup>

### Variações diferenciais de temperatura para diversas espessuras de revestimento

(1) Os perfis da variação diferencial de temperatura indicados nas Figuras 6.2a - 6.2c são válidos para espessuras de revestimento de 40 mm, para tabuleiros do tipo 1, e espessuras de revestimento de 100 mm, para tabuleiros dos tipos 2 e 3.

**NOTA:** O Anexo Nacional poderá indicar valores para outras espessuras. Encontram-se valores recomendados nos seguintes quadros:

- Quadro B.1 para tabuleiros do tipo 1;
- Quadro B.2 para tabuleiros do tipo 2;
- Quadro B.3 para tabuleiros do tipo 3.

Quadro B.1 – Valores recomendados de  $\Delta T$  para tabuleiros do tipo 1

Espessura do revestimento	Variação diferencial de temperatura				
	Aquecimento				Arrefecimento
	$\Delta T_1$	$\Delta T_2$	$\Delta T_3$	$\Delta T_4$	$\Delta T_1$
mm	°C	°C	°C	°C	°C
sem revestimento	30	16	6	3	8
20	27	15	9	5	6
40	24	14	8	4	6

<sup>\*)</sup> Este Anexo não se refere à "Abordagem 1", pelo que se prescinde da sua utilização em Portugal (ver o Anexo Nacional NA) (nota nacional).



*Quadro B.2 – Valores recomendados de  $\Delta T$  para tabuleiros do tipo 2*

<i>Espessura da laje (h)</i>	<i>Espessura do revestimento</i>	<i>Variação diferencial de temperatura</i>	
		<i>Aquecimento</i>	<i>Arrefecimento</i>
		$\Delta T_1$	$\Delta T_1$
<i>m</i>	<i>mm</i>	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$
0,2	<i>sem revestimento impermeabilizado</i> <sup>1)</sup>	16,5	5,9
	50	23,0	5,9
	100	18,0	4,4
	150	13,0	3,5
	200	10,5	2,3
		8,5	1,6
0,3	<i>sem revestimento impermeabilizado</i> <sup>1)</sup>	18,5	9,0
	50	26,5	9,0
	100	20,5	6,8
	150	16,0	5,0
	200	12,5	3,7
		10,0	2,7
<sup>1)</sup> <i>Estes valores representam limites superiores para uma cor escura.</i>			

Quadro B.3 – Valores recomendados de  $\Delta T$  para tabuleiros do tipo 3

Espessura da laje (h)	Espessura do revestimento	Variação diferencial de temperatura						
		Aquecimento			Arrefecimento			
		$\Delta T_1$	$\Delta T_2$	$\Delta T_3$	$\Delta T_1$	$\Delta T_2$	$\Delta T_3$	$\Delta T_4$
m	mm	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
0,2	sem revestimento impermeabilizado <sup>1)</sup>	12,0	5,0	0,1	4,7	1,7	0,0	0,7
		19,5	8,5	0,0	4,7	1,7	0,0	0,7
	50	13,2	4,9	0,3	3,1	1,0	0,2	1,2
	100	8,5	3,5	0,5	2,0	0,5	0,5	1,5
	150	5,6	2,5	0,2	1,1	0,3	0,7	1,7
	200	3,7	2,0	0,5	0,5	0,2	1,0	1,8
0,4	sem revestimento impermeabilizado <sup>1)</sup>	15,2	4,4	1,2	9,0	3,5	0,4	2,9
		23,6	6,5	1,0	9,0	3,5	0,4	2,9
	50	17,2	4,6	1,4	6,4	2,3	0,6	3,2
	100	12,0	3,0	1,5	4,5	1,4	1,0	3,5
	150	8,5	2,0	1,2	3,2	0,9	1,4	3,8
	200	6,2	1,3	1,0	2,2	0,5	1,9	4,0
0,6	sem revestimento impermeabilizado <sup>1)</sup>	15,2	4,0	1,4	11,8	4,0	0,9	4,6
		23,6	6,0	1,4	11,8	4,0	0,9	4,6
	50	17,6	4,0	1,8	8,7	2,7	1,2	4,9
	100	13,0	3,0	2,0	6,5	1,8	1,5	5,0
	150	9,7	2,2	1,7	4,9	1,1	1,7	5,1
	200	7,2	1,5	1,5	3,6	0,6	1,9	5,1
0,8	sem revestimento impermeabilizado <sup>1)</sup>	15,4	4,0	2,0	12,8	3,3	0,9	5,6
		23,6	5,0	1,4	12,8	3,3	0,9	5,6
	50	17,8	4,0	2,1	9,8	2,4	1,2	5,8
	100	13,5	3,0	2,5	7,6	1,7	1,5	6,0
	150	10,0	2,5	2,0	5,8	1,3	1,7	6,2
	200	7,5	2,1	1,5	4,5	1,0	1,9	6,0
1,0	sem revestimento impermeabilizado <sup>1)</sup>	15,4	4,0	2,0	13,4	3,0	0,9	6,4
		23,6	5,0	1,4	13,4	3,0	0,9	6,4
	50	17,8	4,0	2,1	10,3	2,1	1,2	6,3
	100	13,5	3,0	2,5	8,0	1,5	1,5	6,3
	150	10,0	2,5	2,0	6,2	1,1	1,7	6,2
	200	7,5	2,1	1,5	4,3	0,9	1,9	5,8
1,5	sem revestimento impermeabilizado <sup>1)</sup>	15,4	4,5	2,0	13,7	1,0	0,6	6,7
		23,6	5,0	1,4	13,7	1,0	0,6	6,7
	50	17,8	4,0	2,1	10,6	0,7	0,8	6,6
	100	13,5	3,0	2,5	8,4	0,5	1,0	6,5
	150	10,0	2,5	2,0	6,5	0,4	1,1	6,2
	200	7,5	2,1	1,5	5,0	0,3	1,2	5,6

<sup>1)</sup> Estes valores representam limites superiores para uma cor escura.

## Anexo C (informativo)

### Coeficientes de dilatação linear

(1) Para a determinação dos efeitos das acções devidas às componentes da temperatura, o Quadro C.1 indica valores do coeficiente de dilatação linear para um conjunto de materiais de uso corrente.

Quadro C.1 – Coeficientes de dilatação linear

Material	$\alpha_T (\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C})$
Alumínio, liga de alumínio	24
Aço inoxidável	16
Aço de construção, ferro forjado ou fundido	12 (ver Nota 6)
Betão, excepto de inertes leves	10
Betão de inertes leves	7
Alvenaria	6-10 (ver Notas)
Vidro	(ver Nota 4)
Madeira, paralelamente ao fio	5
Madeira, perpendicularmente ao fio	30-70 (ver Notas)
<p><b>NOTA 1:</b> Para outros materiais deverá ser solicitado um parecer especializado.</p> <p><b>NOTA 2:</b> Os valores indicados deverão ser os utilizados na determinação das acções térmicas, a não ser que outros valores utilizados tenham sido verificados por ensaios ou estudos mais pormenorizados.</p> <p><b>NOTA 3:</b> Os valores relativos à alvenaria variam de acordo com o tipo de alvenaria; os valores relativos à madeira perpendicular ao fio podem variar consideravelmente de acordo com o tipo de madeira.</p> <p><b>NOTA 4:</b> Para informações mais pormenorizadas, ver:</p> <p>EN 572-1: Glass in building – Basic soda lime silicate glass – Part 1: Definitions and general physical and mechanical properties;</p> <p>prEN 1748-1-1: Glass in building – Special basic products – Part 1-1: Borosilicate glass – Definition and description;</p> <p>prEN 1748-2-1: Glass in building – Special basic products – Part 2-1: Glass ceramics – Definition and description;</p> <p>prEN 14178-1: Glass in building – Basic alkaline earth silicate glass products – Part 1: Float glass.</p> <p><b>NOTA 5:</b> Para certos materiais, como, por exemplo, alvenaria e madeira, é também necessário considerar outros parâmetros (por exemplo, o teor de água). Ver a EN 1995 e a EN 1996.</p> <p><b>NOTA 6:</b> Para estruturas mistas, o coeficiente de dilatação linear dos elementos metálicos poderá ser considerado igual a <math>10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}</math>, a fim de não se considerar os efeitos de coacção resultantes de valores diferentes de <math>\alpha_T</math>.</p>	

## Anexo D

(informativo)

### Perfis de temperatura em edifícios e outras construções

(1) Os perfis de temperatura poderão ser determinados a partir da teoria da transmissão térmica. No caso de um elemento em camada simples (por exemplo: laje, parede, casca), na hipótese de não existirem pontes térmicas locais e admitindo um equilíbrio térmico estável, a temperatura  $T(x)$  a uma distância  $x$  da superfície interior da secção transversal é obtida por:

$$T(x) = T_{\text{in}} - \frac{R(x)}{R_{\text{tot}}} (T_{\text{in}} - T_{\text{out}}) \quad (\text{D.1})$$

em que:

$T_{\text{in}}$  temperatura do ar ambiente interior;

$T_{\text{out}}$  temperatura do ar ambiente exterior;

$R_{\text{tot}}$  resistência térmica total do elemento incluindo a resistência de ambas as superfícies;

$R(x)$  resistência térmica na superfície interior adicionada à resistência térmica do elemento medida desde a superfície interior até ao ponto  $x$  (ver a Figura D.1).

(2) Os valores das resistências,  $R_{\text{tot}}$  e  $R(x)$  [ $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ], poderão ser determinados utilizando o coeficiente de transmissão térmica e os coeficientes de condutibilidade térmica indicados na EN ISO 6946 (1996) e na EN ISO 13370 (1998):

$$R_{\text{tot}} = R_{\text{in}} + \sum_i \frac{h_i}{\lambda_i} + R_{\text{out}} \quad (\text{D.2})$$

em que:

$R_{\text{in}}$  resistência térmica ao nível da superfície interior [ $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ];

$R_{\text{out}}$  resistência térmica ao nível da superfície exterior [ $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ];

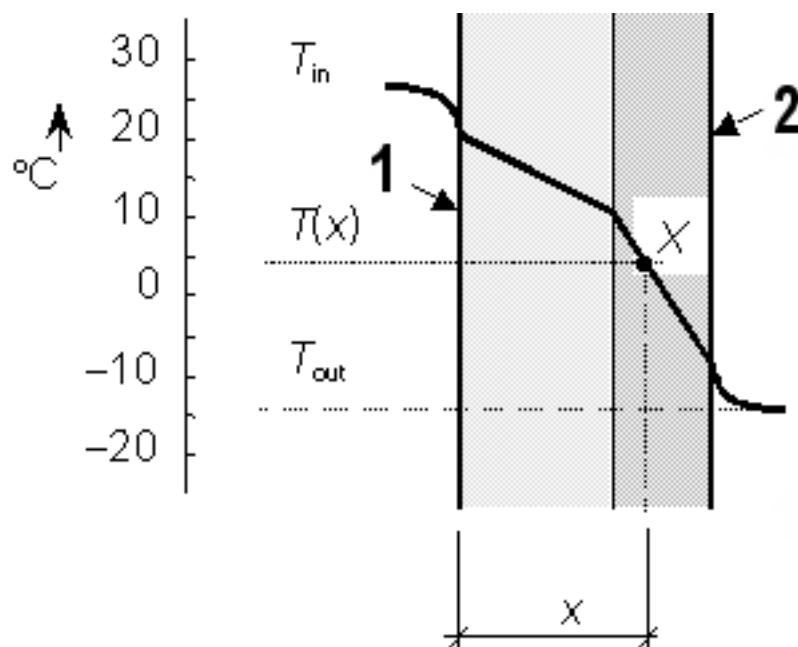
$\lambda_i$  condutibilidade térmica [ $\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$ ];

$h_i$  espessura da camada  $i$  [m].

$$R(x) = R_{\text{in}} + \sum_i \frac{h_i}{\lambda_i} \quad (\text{D.3})$$

em que são consideradas apenas as camadas (ou parte de uma camada) desde a superfície interior até ao ponto  $x$  (ver a Figura D.1).

**NOTA:** Em edifícios, a resistência térmica  $R_{\text{in}}$  varia de 0,10 [ $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ] a 0,17 [ $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ] (dependendo da orientação do fluxo de calor), e  $R_{\text{out}}$  é igual a 0,04 (para todas as orientações). A condutibilidade térmica  $\lambda_1$  do betão (com peso específico de 21  $\text{kN}/\text{m}^3$  a 25  $\text{kN}/\text{m}^3$ ) varia de 1,16 [ $\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$ ] a 1,71 [ $\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$ ].



**Legenda:**

- 1 Superfície interior
- 2 Superfície exterior

Figura D.1 – Perfil térmico de um elemento de duas camadas

**NP**

**EN 1991-1-5**

**2009**

p. 38 de 48

---

## **Bibliografia**

EN 1991-2    *Eurocode 1 – Actions on structures – Part 2: Traffic loads on bridges*

EN 1991-4    *Eurocode 1 – Basis of design and actions on structures – Part 4: Silos and tanks*

## **Anexo Nacional NA**

### **Introdução**

O presente Anexo Nacional foi elaborado no âmbito da actividade da Comissão Técnica Portuguesa de Normalização CT 115 – Eurocódigos Estruturais, cuja coordenação é assegurada pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) na sua qualidade de Organismo de Normalização Sectorial (ONS) no domínio dos Eurocódigos Estruturais.

A inclusão de um Anexo Nacional na NP EN 1991-1-5:2009 decorre do disposto no Preâmbulo desta Norma.

### **NA.1 – Objectivo e campo de aplicação**

Este Anexo Nacional estabelece as condições para a implementação, em Portugal, da NP EN 1991-1-5:2009 – “Eurocódigo 1 – Acções em estruturas – Parte 1-5: Acções gerais – Acções térmicas”, as quais se referem aos seguintes aspectos:

- a) Parâmetros Determinados a nível Nacional (NDP);
- b) utilização dos Anexos informativos.

### **NA.2 – Parâmetros Determinados a nível Nacional (NDP)**

#### **NA.2.1 – Generalidades**

Os Parâmetros Determinados a nível Nacional (NDP) relativos aos Princípios e às Regras de Aplicação onde são permitidas opções nacionais são estabelecidos no Preâmbulo da presente Norma.

Nas secções NA.2.2 e NA.2.3 referem-se, respectivamente, os Princípios e as Regras de Aplicação sem prescrições a nível nacional e com prescrições a nível nacional. As prescrições a nível nacional, indicadas na secção NA.2.3, são referenciadas do mesmo modo que no corpo da Norma mas precedidas de “NA–”.

#### **NA.2.2 – Princípios e Regras de Aplicação sem prescrições a nível nacional**

Relativamente a:

- 6.1.1(1)
- 6.1.3.3(3)
- 6.1.4.3(1)
- 6.1.6(1)
- 6.2.1(1)P
- 6.2.2(1)
- 7.5(3)
- 7.5(4)

prescinde-se de introduzir prescrições a nível nacional, devendo adoptar-se as correspondentes prescrições constantes desta Norma e, se tal for o caso, os procedimentos ou os valores aí recomendados.

### NA.2.3 – Princípios e Regras de Aplicação com prescrições a nível nacional

#### a) NA-5.3(2) (Quadros 5.1, 5.2 e 5.3)

Devem adoptar-se os Quadros NA-5.1, NA-5.2 e NA-5.3, em vez dos Quadros 5.1, 5.2 e 5.3, respectivamente.

Quadro NA-5.1 – Temperaturas indicativas  $T_{in}$  para ambientes interiores

Estação	Temperatura $T_{in}$
Verão	$T_1 = 25\text{ °C}$
Inverno	$T_2 = 18\text{ °C}$

Quadro NA-5.2 – Temperaturas indicativas  $T_{out}$  para zonas de edifícios acima do solo

Estação	Factor significativo		Temperatura $T_{out}$ em °C
Verão	Absorvidade relativa dependente da cor da superfície	0,5 superfície clara brilhante	$T_{max} + T_3$
		0,7 superfície de cor clara	$T_{max} + T_4$
		0,9 superfície escura	$T_{max} + T_5$
Inverno			$T_{min}$

Devem utilizar-se os seguintes valores:

$$T_3 = 0\text{ °C}; T_4 = 2\text{ °C}; T_5 = 5\text{ °C}$$

Os valores de  $T_{out}$  assim obtidos, são válidos para superfícies horizontais ou viradas a Oeste. Para ter em conta outras orientações da superfície, o valor  $T_{out}$  pode ser multiplicado pelo coeficiente  $\eta$  obtido a partir da seguinte expressão empírica:

$$\eta = 0,9 + 0,1 \times \text{sen}[(\beta / 360^\circ)^{2,5} \times 360^\circ - 90^\circ]$$

onde  $\beta$  representa o ângulo, em graus, que a normal exterior do elemento estrutural faz com o Norte, medido no sentido horário (ex.: N  $\rightarrow \beta = 0^\circ$ ; S  $\rightarrow \beta = 180^\circ$ ; SO  $\rightarrow \beta = 225^\circ$ ).



Quadro NA-5.3 – Temperaturas indicativas  $T_{out}$  para zonas de edifícios enterradas

Estação	Profundidade abaixo do solo	Temperatura $T_{out}$
Verão	Inferior a 1m	$T_6 = 18\text{ °C}$
	Superior a 1m	$T_7 = 15\text{ °C}$
Inverno	Inferior a 1m	$T_8$
	Superior a 1m	$T_9$
No Inverno os valores de $T_8$ e $T_9$ dependem da zona em que se encontra o edifício. A delimitação das zonas A, B e C encontra-se definida em NA-A.1(1).		
Profundidade:		Zona A      Zona B      Zona C
Inferior a 1 m ( $T_8$ )		0 °C      5 °C      10 °C
Superior a 1 m ( $T_9$ )		3 °C      8 °C      13 °C

**b) NA-6.1.2(2)**

Em Portugal deve ser utilizada a “Abordagem 1”, pelo que se deve prescindir de utilizar o Anexo B.

**c) NA-6.1.3.1(4)**

Em Portugal deve ser utilizada a “Abordagem 1”.

Para estruturas de betão (tipo 3) e para as condições climáticas de Portugal os valores de  $T_{e,max}$  e  $T_{e,min}$  podem ser considerados iguais, respectivamente, a  $T_{max}$  e a  $T_{min}$ , (definidas em NA-A.1(1)), ou seja:

$$T_{e,max}(\text{tipo 3}) = T_{max}$$

$$T_{e,min}(\text{tipo 3}) = T_{min}$$

Os valores para estruturas de aço (tipo 1) ou mistas (tipo 2) podem ser obtidos a partir dos valores de  $T_{e,max}$  e  $T_{e,min}$ , aplicando as translações entre os valores relativos às estruturas do tipo 3 e às estruturas dos tipos 1 ou 2, que constam da Figura 6.1 e que são as seguintes:

Para a componente da variação uniforme máxima:

$$T_{e,max}(\text{tipo 1}) = T_{max} + 15\text{ °C}$$

$$T_{e,max}(\text{tipo 2}) = T_{max} + 3\text{ °C}$$

Para a componente da variação uniforme mínima:

$$T_{e,min}(\text{tipo 1}) = T_{min} - 10\text{ °C}$$

$$T_{e,min}(\text{tipo 2}) = T_{min} - 3\text{ °C}$$

No que diz respeito ao valor da temperatura inicial de um elemento estrutural no momento em que são introduzidos constrangimentos ( $T_0$ ), deve consultar-se NA-A.1(3).

**d) NA-6.1.3.2(1)P**

Ver NA-A.1(1).

**e) NA-6.1.4(3)**

Nesta secção quantificam-se as variações diferenciais de temperatura a considerar no instante da betonagem do fecho, em tabuleiros de pontes construídas por avanços sucessivos, a partir dos pilares.

Em Portugal verifica-se que os valores dos diferenciais positivos (superfície superior mais quente que a inferior), em tabuleiros de betão, são muito superiores, em termos absolutos, aos valores dos diferenciais negativos. Por este motivo, se se pretender restringir os movimentos relativos entre as extremidades das consolas, durante a betonagem do fecho, deve considerar-se a acção de uma variação diferencial de temperatura de 15 °C nessas consolas.

**f) NA-6.1.4.1(1)**

A quantificação das variações térmicas diferenciais, na direcção vertical, deve ser feita com base numa Abordagem 1. Para o efeito, definem-se nesta secção os valores das variações diferenciais positivas ( $\Delta T_{M,heat}$  - superfície superior mais quente) e negativas ( $\Delta T_{M,cool}$  - superfície superior mais fria).

Os valores a adoptar para tabuleiros de betão (tipo 3) são os seguintes:

$$\Delta T_{M,heat}: 15 \text{ °C}$$

$$\Delta T_{M,cool}: 5 \text{ °C}$$

Os valores para tabuleiros mistos aço-betão (tipo 2) e para tabuleiros de aço (tipo 1) foram calculados a partir dos valores indicados para tabuleiros de betão, tendo em conta as relações apresentadas no Quadro 6.1 do corpo da presente Norma, entre os 3 tipos de estruturas.

Deste modo, os valores a adoptar para os tabuleiros dos tipos 1 e 2 são os seguintes:

Tabuleiros de aço:

$$\Delta T_{M,heat}: 18 \text{ °C}$$

$$\Delta T_{M,cool}: 12 \text{ °C}$$

Tabuleiros mistos aço-betão:

$$\Delta T_{M,heat}: 15 \text{ °C}$$

$$\Delta T_{M,cool}: 15 \text{ °C}$$

Deve também referir-se que os valores fornecidos para  $\Delta T_{M,heat}$  e  $\Delta T_{M,cool}$  são adequados para tabuleiros com 50 mm de revestimento betuminoso; para outras espessuras de revestimento, esses valores deverão ser multiplicados pelo coeficiente  $k_{sur}$  fornecido no Quadro 6.2.

**g) NA-6.1.4.2(1)**

O disposto nesta secção não se aplica em Portugal, face à opção pela “Abordagem 1” (ver alíneas b e c).

**h) NA-6.1.4.4(1)**

Em tabuleiros com vigas em caixão de betão, o valor a adoptar para a variação diferencial de temperatura na direcção horizontal, entre as faces externa e interna das almas das vigas caixão, nos casos em que a laje superior se prolonga em consola, por um comprimento superior à altura do tabuleiro, é de 5 °C; nos restantes casos é de 10 °C.

**i) NA-6.1.5(1)**

Para efectuar a combinação das acções correspondentes às variações uniforme ( $\omega_N$ ) e diferencial ( $\omega_M$ ) de temperatura devem adoptar-se os seguintes factores:

$$\omega_N = 0,8$$

$$\omega_M = 0,8$$

Consoante se trate de condições de Verão, ou de condições de Inverno, devem ser consideradas as seguintes combinações de acções:

Condições de Verão:

$$\begin{aligned} \Delta T_{M,heat} + \omega_N \Delta T_{N,exp} \\ \Delta T_{N,exp} + \omega_M \Delta T_{M,heat} \end{aligned}$$

Condições de Inverno:

$$\begin{aligned} \Delta T_{M,cool} + \omega_N \Delta T_{N,con} \\ \Delta T_{N,con} + \omega_M \Delta T_{M,cool} \end{aligned}$$

**j) NA-6.2.2(2)**

Deve ser considerado o valor de 10 °C para as variações lineares de temperatura entre as faces interiores e exteriores das paredes de pilares com secção vazada.

**k) NA-7.2.1(1)P**

Ver NA-A.1(1).

**l) NA-A.1(1)**

As temperaturas máxima ( $T_{max}$ ) e mínima ( $T_{min}$ ) do ar à sombra são definidas, para o território nacional, nos Quadros NA.I e NA.II e nas Figuras NA.I e NA.II, por zonas. Os valores apresentados encontram-se referidos à cota zero. Para obter os valores a cotas diferentes deve utilizar-se o preconizado na presente Norma, e que consiste em subtrair 0,5 °C, por cada 100 m de altitude, ao valor fornecido para  $T_{min}$ , para as condições de Inverno, e 1,0 °C, por cada 100 m de altitude, ao valor fornecido para  $T_{max}$ , para as condições de Verão.

Quadro NA.I – Zonamento térmico para as condições de Inverno ( $T_{\min}$ ) por concelhos**Zona A –  $T_{\min} = -5\text{ }^{\circ}\text{C}$** **Continente:**

Abrantes, Aguiar da Beira, Alandroal, Alcácer do Sal, Alcanena, Alfândega da Fé, Alijó, Almeida, Almeirim, Alpiarça, Alter do Chão, Alvaiázere, Alvito, Amarante, Amares, Anadia, Ansião, Arcos de Valdevez, Arganil, Armamar, Arouca, Arraiolos, Arronches, Avis, Baião, Barrancos, Belmonte, Borba, Boticas, Braga, Bragança, Cabeceiras de Basto, Campo Maior, Carrazeda de Ansiães, Carregal do Sal, Castanheira de Pêra, Castelo Branco, Castelo de Paiva, Castelo de Vide, Castro Daire, Celorico da Beira, Celorico de Basto, Chamusca, Chaves, Cinfães, Coimbra, Condeixa-a-Nova, Constância, Coruche, Covilhã, Crato, Elvas, Entroncamento, Estremoz, Évora, Fafe, Felgueiras, Ferreira do Zêzere, Figueira de Castelo Rodrigo, Figueiró dos Vinhos, Fornos de Algodres, Freixo de Espada à Cinta, Fronteira, Fundão, Gavião, Góis, Golegã, Gouveia, Grândola, Guarda, Guimarães, Idanha-a-Nova, Lamego, Lousã, Lousada, Mação, Macedo de Cavaleiros, Mangualde, Manteigas, Marco de Canaveses, Marvão, Mealhada, Meda, Melgaço, Mesão Frio, Miranda do Corvo, Miranda do Douro, Mirandela, Mogadouro, Moimenta da Beira, Monção, Mondim de Basto, Monforte, Montalegre, Montemor-o-Novo, Mora, Mortágua, Moura, Mourão, Murça, Nelas, Nisa, Oleiros, Oliveira de Frades, Oliveira do Hospital, Ourém, Pampilhosa da Serra, Paredes de Coura, Pedrógão Grande, Penacova, Penafiel, Penalva do Castelo, Penamacor, Penedono, Penela, Peso da Régua, Pinhel, Ponte da Barca, Ponte de Lima, Ponte de Sor, Portalegre, Portel, Póvoa de Lanhoso, Proença-a-Nova, Redondo, Reguengos de Monsaraz, Resende, Ribeira de Pena, Sabrosa, Sabugal, Santa Comba, Dão, Santa Marta de Penaguião, Santarém, São João da Pesqueira, São Pedro do Sul, Sardoal, Sátão, Seia, Sernancelhe, Sertã, Souzel, Tábua, Tabuaço, Tarouca, Terras de Bouro, Tomar, Tondela, Torre de Moncorvo, Torres Novas, Trancoso, Valença, Valpaços, Vendas Novas, Viana do Alentejo, Vieira do Minho, Vila de Rei, Vila Flor, Vila Nova da Barquinha, Vila Nova de Foz Côa, Vila Nova de Paiva, Vila Nova de Poiares, Vila Pouca de Aguiar, Vila Real, Vila Velha de Ródão, Vila Verde, Vila Viçosa, Vimioso, Vinhais, Viseu, Vizela, Vouzela

**Zona B –  $T_{\min} = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$** **Continente:**

Águeda, Albergaria-a-Velha, Albufeira, Alcobaça, Alcochete, Alcoutim, Alenquer, Aljezur, Aljustrel, Almada, Almodôvar, Amadora, Arruda dos Vinhos, Aveiro, Azambuja, Barcelos, Barreiro, Batalha, Beja, Benavente, Bombarral, Cadaval, Caldas da Rainha, Caminha, Cantanhede, Cartaxo, Cascais, Castro Marim, Castro Verde, Cuba, Espinho, Esposende, Estarreja, Faro, Ferreira do Alentejo, Figueira da Foz, Gondomar, Ílhavo, Lagoa, Lagos, Leiria, Lisboa, Loulé, Loures, Lourinhã, Mafra, Maia, Marinha Grande, Matosinhos, Mértola, Mira, Moita, Monchique, Montemor-o-Velho, Montijo, Murtosa, Nazaré, Óbidos, Odemira, Odivelas, Oeiras, Olhão, Oliveira de Azeméis, Oliveira do Bairro, Ourique, Ovar, Paços de Ferreira, Palmela, Paredes, Peniche, Pombal, Portimão, Porto, Porto de Mós, Póvoa de Varzim, Rio Maior, Salvaterra de Magos, Santa Maria da Feira, Santiago do Cacém, Santo Tirso, São Brás de Alportel, São João da Madeira, Seixal, Serpa, Sesimbra, Setúbal, Sever do Vouga, Silves, Sines, Sintra, Sobral de Monte Agraço, Soure, Tavira, Torres Vedras, Trofa, Vagos, Vale de Cambra, Valongo, Viana do Castelo, Vidigueira, Vila do Bispo, Vila do Conde, Vila Franca de Xira, Vila Nova de Cerveira, Vila Nova de Famalicão, Vila Nova de Gaia, Vila Real de Santo António

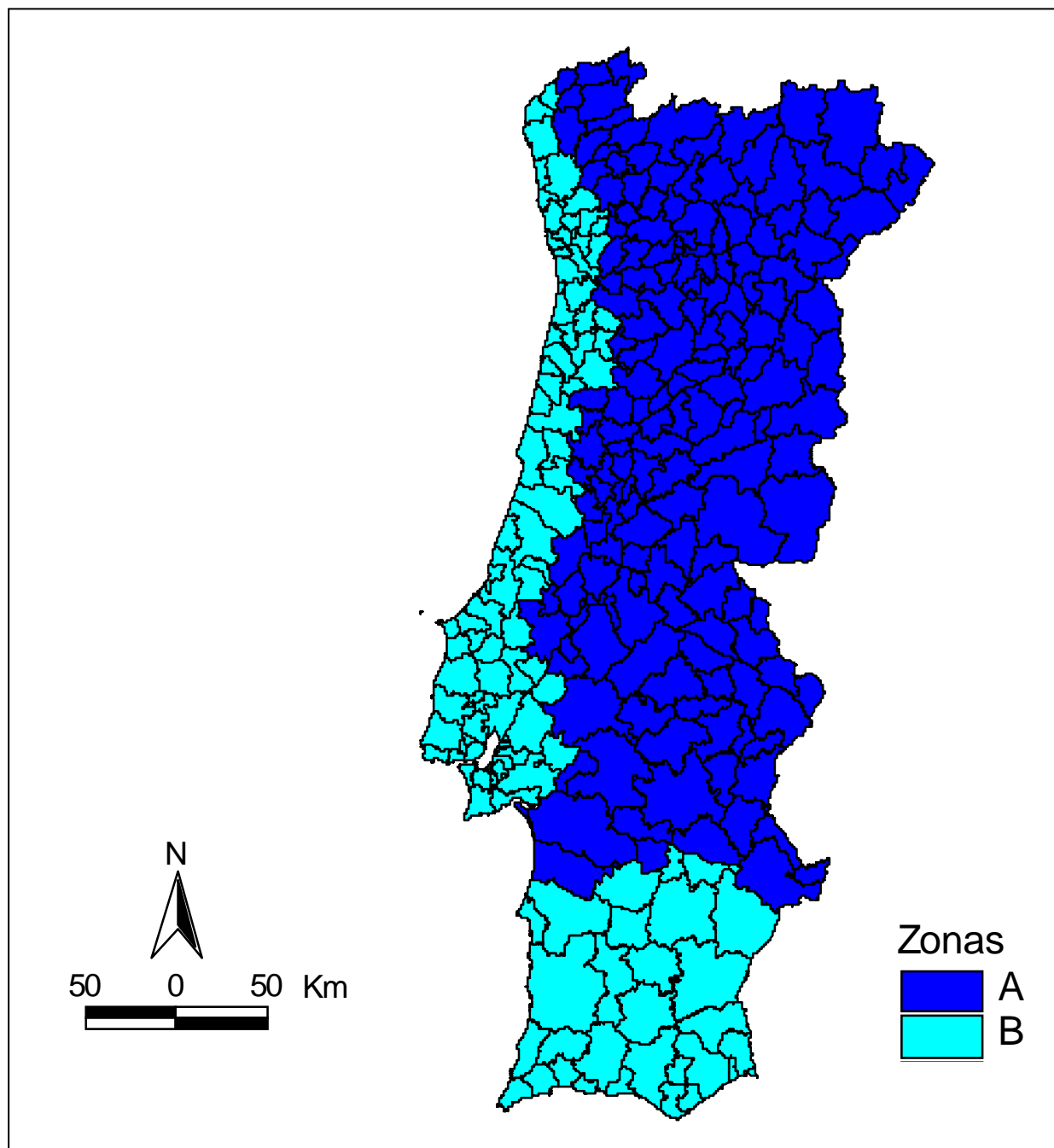
**Zona C –  $T_{\min} = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$** **Açores:**

A totalidade do arquipélago

**Madeira:**

A totalidade do arquipélago

**NOTA:** Aos valores de  $T_{\min}$  indicados para cada zona deve-se subtrair  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  por cada 100 m de altitude.

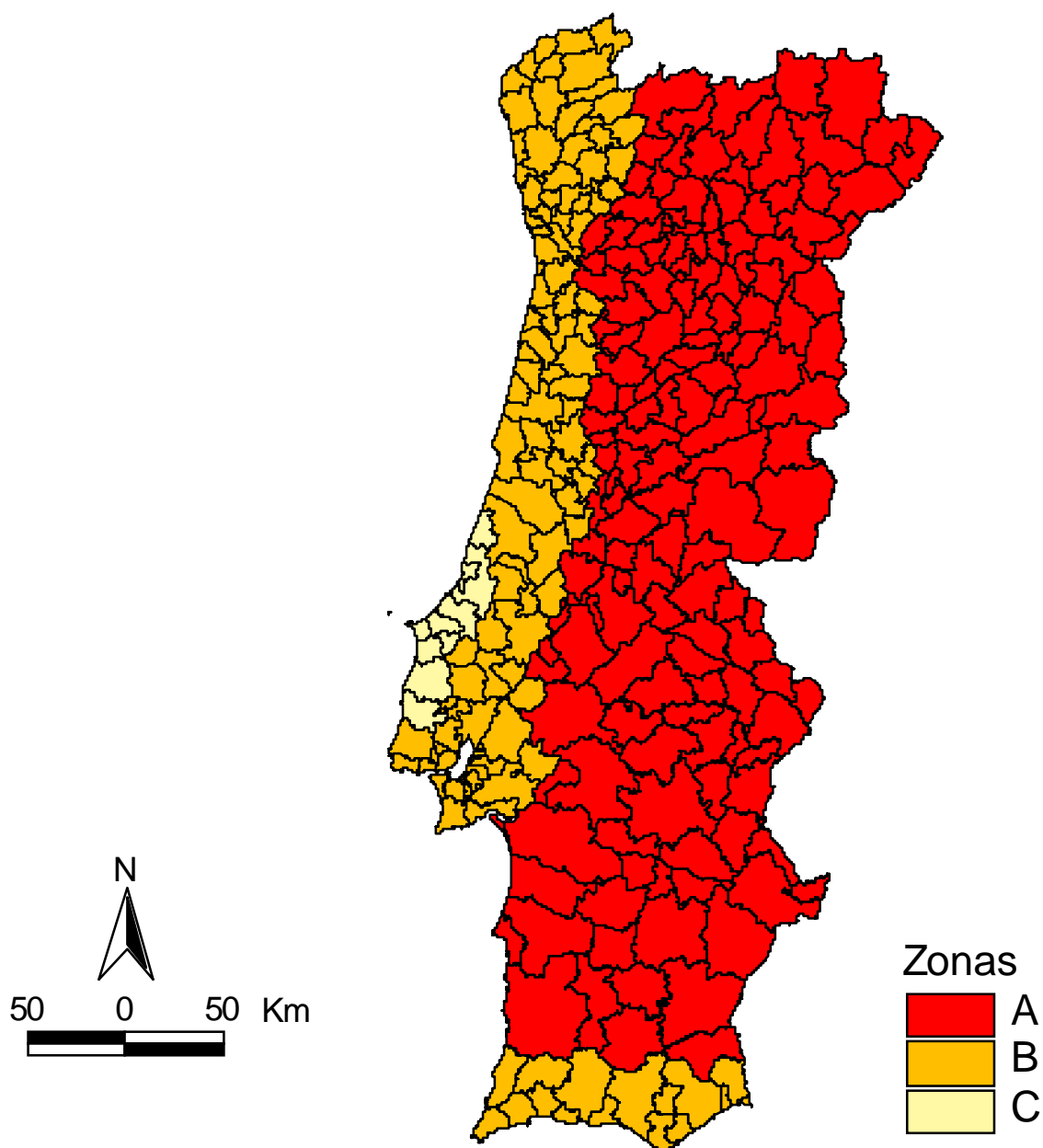


**NOTA:** Aos valores de  $T_{\min}$  indicados para cada zona deve-se subtrair  $0,5^{\circ}\text{C}$  por cada 100 m de altitude.

Figura NA.I – Zonamento térmico para as condições de Inverno ( $T_{\min}$ ) no Continente

Quadro NA.II – Zonamento térmico para as condições de Verão ( $T_{\max}$ ) por concelhos

<p style="text-align: center;"><b>Zona A – <math>T_{\max} = 45\text{ }^{\circ}\text{C}</math></b></p> <p><b>Continente:</b>  Abrantes, Aguiar da Beira, Alandroal, Alcácer do Sal, Alcoutim, Alfândega da Fé, Alijó, Aljustrel, Almeida, Almeirim, Almodôvar, Alpiarça, Alter do Chão, Alvito, Amarante, Arganil, Armamar, Arouca, Arraiolos, Arronches, Avis, Baião, Barrancos, Beja, Belmonte, Borba, Boticas, Bragança, Cabeceiras de Basto, Campo Maior, Carrazeda de Ansiães, Carregal do Sal, Castanheira de Pêra, Castelo Branco, Castelo de Paiva, Castelo de Vide, Castro Daire, Castro Verde, Celorico da Beira, Celorico de Basto, Chamusca, Chaves, Cinfães, Constância, Coruche, Covilhã, Crato, Cuba, Elvas, Entroncamento, Estremoz, Évora, Ferreira do Alentejo, Ferreira do Zêzere, Figueira de Castelo Rodrigo, Figueiró dos Vinhos, Fornos de Algodres, Freixo de Espada à Cinta, Fronteira, Fundão, Gavião, Góis, Golegã, Gouveia, Grândola, Guarda, Idanha-a-Nova, Lamego, Lousã, Mação, Macedo de Cavaleiros, Mangualde, Manteigas, Marco de Canaveses, Marvão, Meda, Mértola, Mesão Frio, Miranda do Douro, Mirandela, Mogadouro, Moimenta da Beira, Mondim de Basto, Monforte, Montalegre, Montemor-o-Novo, Mora, Mortágua, Moura, Mourão, Murça, Nelas, Nisa, Odemira, Oleiros, Oliveira de Frades, Oliveira do Hospital, Ourique, Pampilhosa da Serra, Pedrógão Grande, Penacova, Penafiel, Penalva do Castelo, Penamacor, Penedono, Peso da Régua, Pinhel, Ponte de Sor, Portalegre, Portel, Proença-a-Nova, Redondo, Reguengos de Monsaraz, Resende, Ribeira de Pena, Sabrosa, Sabugal, Santa Comba Dão, Santa Marta de Penaguião, Santiago do Cacém, São João da Pesqueira, São Pedro do Sul, Sardoal, Sátão, Seia, Sernancelhe, Serpa, Sertã, Sines, Sousel, Tábua, Tabuaço, Tarouca, Tomar, Tondela, Torre de Moncorvo, Trancoso, Valpaços, Vendas Novas, Viana do Alentejo, Vidigueira, Vila de Rei, Vila Flor, Vila Nova da Barquinha, Vila Nova de Foz Côa, Vila Nova de Paiva, Vila Nova de Poiares, Vila Pouca de Aguiar, Vila Real, Vila Velha de Ródão, Vila Viçosa, Vimioso, Vinhais, Viseu, Vouzela</p>
<p style="text-align: center;"><b>Zona B – <math>T_{\max} = 40\text{ }^{\circ}\text{C}</math></b></p> <p><b>Continente:</b>  Águeda, Albergaria-a-Velha, Albufeira, Alcanena, Alcochete, Alenquer, Aljezur, Almada, Alvaiázere, Amadora, Amares, Anadia, Ansião, Arcos de Valdevez, Arruda dos Vinhos, Aveiro, Azambuja, Barcelos, Barreiro, Batalha, Benavente, Braga, Cadaval, Caminha, Cantanhede, Cartaxo, Cascais, Castro Marim, Coimbra, Condeixa-a-Nova, Espinho, Esposende, Estarreja, Fafe, Faro, Felgueiras, Figueira da Foz, Gondomar, Guimarães, Ílhavo, Lagoa, Lagos, Leiria, Lisboa, Loulé, Loures, Lousada, Maia, Matosinhos, Mealhada, Melgaço, Mira, Miranda do Corvo, Moita, Monção, Monchique, Montemor-o-Velho, Montijo, Murtosa, Odivelas, Oeiras, Olhão, Oliveira de Azeméis, Oliveira do Bairro, Ourém, Ovar, Paços de Ferreira, Palmela, Paredes, Paredes de Coura, Penela, Pombal, Ponte da Barca, Ponte de Lima, Portimão, Porto, Porto de Mós, Póvoa de Lanhoso, Póvoa de Varzim, Rio Maior, Salvaterra de Magos, Santa Maria da Feira, Santarém, Santo Tirso, São Brás de Alportel, São João da Madeira, Seixal, Sesimbra, Setúbal, Sever do Vouga, Silves, Sintra, Sobral de Monte Agraço, Soure, Tavira, Terras de Bouro, Torres Novas, Trofa, Vagos, Vale de Cambra, Valença, Valongo, Viana do Castelo, Vieira do Minho, Vila do Bispo, Vila do Conde, Vila Franca de Xira, Vila Nova de Cerveira, Vila Nova de Famalicão, Vila Nova de Gaia, Vila Real de Santo António, Vila Verde, Vizela</p> <p><b>Madeira:</b>  A totalidade do arquipélago</p>
<p style="text-align: center;"><b>Zona C – <math>T_{\max} = 35\text{ }^{\circ}\text{C}</math></b></p> <p><b>Continente:</b>  Alcobaça, Bombarral, Caldas da Rainha, Lourinhã, Mafra, Marinha Grande, Nazaré, Óbidos, Peniche, Torres Vedras</p> <p><b>Açores:</b>  A totalidade do arquipélago</p>
<p><b>NOTA:</b> Aos valores de <math>T_{\max}</math> indicados para cada zona deve-se subtrair <math>1,0\text{ }^{\circ}\text{C}</math> por cada 100 m de altitude.</p>



**NOTA:** Aos valores de  $T_{\max}$  indicados para cada zona deve-se subtrair 1,0 °C por cada 100 m de altitude.

Figura NA.II – Zonamento térmico para as condições de Verão ( $T_{\max}$ ) no Continente

**m) NA–A.1(3)**

No que diz respeito ao valor da temperatura inicial de um elemento estrutural no momento em que são introduzidos constrangimentos ( $T_0$ ), pode referir-se que o valor da temperatura média de uma estrutura é muito semelhante ao valor da temperatura média do ar no local da obra, o que, na falta de outros dados, permite adoptar, para  $T_0$ , o valor da temperatura média do ar.

Não sendo possível prever a temperatura inicial  $T_0$  de um elemento estrutural na fase relevante do seu travamento (conclusão), deve considerar-se a temperatura média durante o período de construção. Se não existirem informações,  $T_0$  pode ser considerado como 15 °C.

**n) NA–A.2(2)**

A relação entre os valores das temperaturas máxima ( $T_{\max}$ ) ou mínima ( $T_{\min}$ ) do ar à sombra que têm uma probabilidade igual a 0,02 de, respectivamente, serem ou não excedidos, e os valores das temperaturas máxima ( $T_{\max,p}$ ) ou mínima ( $T_{\min,p}$ ) do ar que têm uma probabilidade igual a  $p$  de serem ou não excedidos, deve ser calculada com base nas seguintes expressões:

$$T_{\min,p} = T_{\min} + \frac{\ln[-\ln(1-p)] + 3,902}{c}$$

$$T_{\max,p} = T_{\max} - \frac{\ln[-\ln(1-p)] + 3,902}{c}$$

onde  $c$  é função do desvio padrão ( $s$ ) das distribuições de extremos, e o seu valor é obtido utilizando a expressão:

$$c = \frac{\pi}{\sqrt{6} s}$$

Para o território nacional pode considerar-se que o desvio padrão ( $s$ ) tem o valor de 1,5 °C, tanto para a distribuição de máximos anuais, como para a distribuição de mínimos anuais, da temperatura do ar.

**o) NA–B(1), (Quadros B.1, B.2 e B.3)**

Os Quadros B.1, B.2 e B.3 não se aplicam em Portugal, face à opção pela “Abordagem 1” (ver alínea b).

**NA.3 – Utilização dos Anexos informativos**

Em Portugal, os Anexos C e D mantêm o carácter informativo.

**NA.4 – Correspondência entre as normas europeias referidas na presente Norma e as normas nacionais**

Norma europeia	Norma nacional	Título
EN 1990:2002	NP EN 1990:2009	<i>Eurocódigo – Bases para o projecto de estruturas</i>