

Norma Portuguesa

NP
EN 1991-1-2
2010

Eurocódigo 1 – Acções em estruturas
Parte 1-2: Acções gerais
Acções em estruturas expostas ao fogo

Eurocode 1 – Actions sur les structures
Partie 1-2: Actions générales
Actions sur les structures exposées

Eurocode 1 – Actions on structures
Part 1-2: General actions
Actions on structures exposed to fire

ICS
13.220.50; 91.010.30; 91.080.40

DESCRIPTORIOS
Eurocódigos; betões; estruturas de betão; edifícios; ensaios de resistência ao fogo; segurança contra incêndios; edifícios; resistência mecânica; segurança contra incêndios em edifícios; resistência térmica

CORRESPONDÊNCIA
Versão portuguesa da EN 1991-1-2:2002 + AC:2009


HOMOLOGAÇÃO
Termo de Homologação n.º 44/2010, de 2010-03-09
A presente Norma resulta da revisão da NP ENV 1991-1-2:2000

ELABORAÇÃO
CT 115 (LNEC)

EDIÇÃO
Março de 2010

CÓDIGO DE PREÇO
XEC016

© 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 Internet: www.ipq.pt

Preâmbulo nacional

À Norma Europeia EN 1991-1-2:2002, foi dado estatuto de Norma Portuguesa em 2003-03-21 (Termo de Adopção nº 836/2003, de 2003-03-21).

A presente Norma substitui a NP ENV 1991-2-2:2000 e constitui a versão portuguesa da EN 1991-1-2:2002 + AC:2009, a qual faz parte de um conjunto de normas integrantes do Eurocódigo 1: Acções em estruturas.

Esta Norma constitui a Parte 1-2 do Eurocódigo 1 fornecendo orientações relativas às acções térmicas e mecânicas sobre estruturas expostas ao fogo. 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 1-2: Acções gerais
Acções em estruturas expostas ao fogo

Eurocode 1 – Einwirkungen
auf Tragwerke
Teil 1-2: Allgemeine
Einwirkungen
Brandeinwirkungen auf
Tragwerke

Eurocode 1 – Actions sur les
structures
Partie 1-2: Actions générales
Actions sur les structures
exposées

Eurocode 1 – Actions on
structures
Part 1-2: General actions
Actions on structures exposed
to fire

A presente Norma é a versão portuguesa da Norma Europeia EN 1991-1-2:2002 + 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 2002-09-01 e 2009-03-04, 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, Espanha, Finlândia, França, Grécia, Irlanda, Islândia, Itália, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Baixos, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suécia e Suíça.

CEN

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

Secretariado Central: Avenue Marnix 17, B-1000 Bruxelas

Sumário	Página
Preâmbulo nacional.....	2
Preâmbulo	7
Antecedentes do Programa dos Eurocódigos	7
Estatuto e campo de aplicação dos Eurocódigos	8
Normas nacionais de implementação dos Eurocódigos.....	9
Ligações entre os Eurocódigos e as especificações técnicas harmonizadas (EN e ETA) relativas aos produtos.....	9
Informações adicionais específicas da EN 1991-1-2.....	9
Anexo Nacional da EN 1991-1-2	11
1 Generalidades.....	13
1.1 Objectivo e campo de aplicação	13
1.2 Referências normativas.....	13
1.3 Pressupostos.....	14
1.4 Distinção entre Princípios e Regras de Aplicação	14
1.5 Termos e definições.....	14
1.5.1 Termos comuns usados nas Partes dos Eurocódigos relativas ao fogo	14
1.5.2 Termos especiais relacionados com o projecto em geral.....	16
1.5.3 Termos relacionados com as acções térmicas.....	16
1.5.4 Termos relacionados com a análise da transferência de calor	18
1.6 Símbolos	18
2 Método de cálculo estrutural em relação ao fogo	23
2.1 Generalidades	23
2.2 Cenário de incêndio de cálculo.....	23
2.3 Incêndio de cálculo.....	23
2.4 Análise térmica	23
2.5 Análise mecânica.....	24
3 Acções térmicas para análise de temperaturas	24
3.1 Regras gerais.....	24
3.2 Curvas de incêndio nominais.....	26
3.2.1 Curva de incêndio padrão	26
3.2.2 Curva de incêndio para elementos exteriores	26
3.2.3 Curva de incêndio de hidrocarbonetos	26
3.3 Modelos de incêndio natural.....	26

3.3.1 Modelos de incêndio simplificados	26
3.3.2 Modelos de incêndio avançados	27
4 Acções mecânicas para análise estrutural	28
4.1 Generalidades	28
4.2 Simultaneidade de acções	28
4.2.1 Acções em condições de temperatura normal	28
4.2.2 Acções adicionais	29
4.3 Regras de combinação para acções	29
4.3.1 Regra geral	29
4.3.2 Regras simplificadas	29
4.3.3 Nível de carregamento	30
Anexo A (informativo) Curvas de incêndio paramétricas	31
Anexo B (informativo) Acções térmicas para os elementos exteriores - Método de cálculo simplificado	34
B.1 Objectivo e campo de aplicação	34
B.2 Condições de utilização	34
B.3 Efeitos do vento	35
B.3.1 Modo de ventilação	35
B.3.2 Deflexão da chama pelo vento	35
B.4 Características do incêndio e das chamas	36
B.4.1 Sem tiragem forçada	36
B.4.2 Tiragem forçada	38
B.5 Factores de vista globais	40
Anexo C (informativo) Incêndios localizados	42
Anexo D (informativo) Modelos de incêndio avançados	45
D.1 Modelos de uma zona	45
D.2 Modelos de duas zonas	46
D.3 Modelos computacionais de dinâmica dos fluidos	46
Anexo E (informativo) Densidade de carga de incêndio	47
E.1 Generalidades	47
E.2 Determinação das densidades de carga de incêndio	49
E.2.1 Generalidades	49
E.2.2 Definições	49
E.2.3 Cargas de incêndio protegidas	49

NP
EN 1991-1-2
2010

p. 6 de 64

E.2.4 Poderes caloríficos efectivos	50
E.2.5 Classificação das densidades de carga de incêndio segundo o tipo de ocupação	52
E.2.6 Avaliação das densidades de carga de incêndio caso a caso	52
E.3 Condições de combustão	53
E.4 Taxa de libertação de calor Q	53
Anexo F (informativo) Tempo equivalente de exposição ao fogo	55
Anexo G (informativo) Factor de vista	57
G.1 Generalidades	57
G.2 Efeitos de sombra	58
G.3 Elementos exteriores	58
Bibliografia	61
Anexo Nacional NA	62
Introdução	62
NA.1 – Objectivo e campo de aplicação	62
NA.2 – Parâmetros Determinados a nível Nacional (NDP)	62
NA.2.1 – Generalidades	62
NA.2.2 – Regras de Aplicação sem prescrições a nível nacional	62
NA.2.3 – Regras de Aplicação com prescrições a nível nacional	63
NA.3 – Utilização dos Anexos informativos	63
NA.4 – Correspondência entre as normas europeias referidas na presente Norma e as normas nacionais	64

Preâmbulo

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

O CEN/TC 250/SC 1 é responsável pelo Eurocódigo 1.

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 2003, e as normas nacionais divergentes devem ser anuladas o mais tardar em Dezembro de 2009.

A presente Norma substitui a ENV 1991-2-2:1995.

Os Anexos A, B, C, D, E, F e G são informativos^{*)}.

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, Espanha, Finlândia, França, Grécia, 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 acordo¹⁾ 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

^{*)} Ver o disposto no Anexo Nacional NA relativamente à aplicação em Portugal destes Anexos (nota nacional).

¹⁾ Acordo entre a Comissão das Comunidades Europeias e o Comité Europeu de Normalização (CEN) relativo ao trabalho sobre os Eurocódigos para o projecto de edifícios e de outras obras de engenharia civil (BC/CEN/03/89).

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 incêndio;
- 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 interpretativos²⁾ referidos no artigo 12º da DPC, embora sejam de natureza diferente das normas harmonizadas relativas aos produtos³⁾. 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.

²⁾ De acordo com o n.º 3 do artigo 3º da DPC, as exigências essenciais (EE) traduzir-se-ão em documentos interpretativos que estabelecem as ligações necessárias entre as exigências essenciais e os mandatos para a elaboração de normas europeias (EN) harmonizadas e guias de aprovação técnica europeia (ETAG), e das próprias aprovações técnicas europeias (ETA).

³⁾ De acordo com o artigo 12º da DPC, os documentos interpretativos devem:

- a) concretizar as exigências essenciais harmonizando a terminologia e as bases técnicas e indicando, sempre que necessário, classes ou níveis para cada exigência;
- b) indicar métodos de correlação entre essas classes ou níveis de exigências e as especificações técnicas, por exemplo, métodos de cálculo e de ensaio, regras técnicas de concepção de projectos, etc.;
- c) servir de referência para o estabelecimento de normas europeias harmonizadas e de guias de aprovação técnica europeia.

Os Eurocódigos, de facto, desempenham um papel semelhante na área da EE 1 e de uma parte da EE 2.

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 obras⁴⁾. 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 1991-1-2

A presente Norma descreve as acções térmicas e mecânicas para o projecto estrutural de edifícios expostos ao fogo, incluindo os seguintes aspectos:

Exigências de segurança

A presente Norma destina-se a donos de obra (por exemplo, para a formulação dos seus requisitos específicos), projectistas, construtores e autoridades competentes.

Os objectivos gerais da protecção contra incêndio são a limitação dos riscos para as pessoas e para a sociedade, para os bens vizinhos e, quando requerido, para o ambiente ou para os bens directamente expostos, caso ocorra um incêndio.

A Directiva dos Produtos de Construção 89/106/CEE estipula a seguinte Exigência Essencial para a limitação dos riscos de incêndio:

“As construções devem ser concebidas e realizadas de modo que, no caso de se declarar um incêndio:

- a capacidade resistente das estruturas com função de suporte possa ser considerada durante um período de tempo determinado;
- a produção e a propagação do fogo e do fumo no interior da construção sejam limitadas;
- a propagação do fogo às construções vizinhas seja limitada;

⁴⁾ Ver n.º 3 do artigo 3º e artigo 12º da DPC, e também 4.2, 4.3.1, 4.3.2 e 5.2 do Documento Interpretativo n.º 1.

- os ocupantes possam abandonar o local ou ser socorridos por outros meios;
- a segurança das equipas de socorro seja tomada em consideração”.

De acordo com o Documento Interpretativo n.º 2 "Segurança contra incêndio"⁵⁾, poderá cumprir-se esta exigência essencial adoptando diversas estratégias de segurança contra incêndio em vigor nos Estados-Membros, tais como cenários de incêndio convencionais (fogos nominais) ou cenários de incêndio "naturais" (paramétricos), as quais incluem medidas passivas e/ou activas de protecção contra incêndio.

As Partes relativas ao fogo dos Eurocódigos Estruturais tratam aspectos específicos das medidas passivas de protecção contra incêndio no que se refere à concepção de estruturas e partes das estruturas, que visam assegurar uma capacidade resistente adequada e limitar a propagação do fogo.

As funções e os níveis de desempenho requeridos podem ser especificados em termos de classes de resistência ao fogo (padrão) nominal, geralmente indicadas nos regulamentos nacionais de segurança contra incêndio ou, quando permitido nesses regulamentos, recorrendo à engenharia de segurança contra incêndio para avaliação das medidas passivas e activas.

Requisitos suplementares que dizem respeito, por exemplo:

- à possível instalação e manutenção de sistemas de extinção de incêndios;
- às condições de ocupação do edifício ou do compartimento de incêndio;
- à utilização de materiais aprovados de isolamento ou de revestimento, incluindo a sua manutenção;

não constam da presente Norma, porque são objecto de especificações das autoridades competentes.

São recomendados valores numéricos para os coeficientes parciais e para outros parâmetros de fiabilidade, de modo a proporcionarem um nível de fiabilidade aceitável, os quais foram seleccionados admitindo a aplicação de um nível adequado de mão-de-obra e de gestão da qualidade.

Métodos de cálculo

Um método totalmente analítico para a verificação da resistência ao fogo teria em conta o comportamento do sistema estrutural a temperaturas elevadas, as condições de exposição ao calor potencial e os efeitos benéficos dos sistemas activos e passivos de protecção contra incêndio, juntamente com as incertezas associadas a estes três factores e a importância da estrutura (consequências de um colapso).

Actualmente, é possível definir um procedimento para determinar o desempenho adequado, englobando alguns desses parâmetros, se não mesmo todos, e demonstrar que a estrutura ou os seus componentes terão um desempenho adequado numa situação de incêndio real. No entanto, no caso em que o método se baseie num fogo (padrão) nominal, o sistema de classificação, que estipula períodos específicos de resistência ao fogo, tem em conta (embora de forma não explícita) os aspectos e as incertezas atrás descritos.

A aplicação da presente Norma está ilustrada na Figura 1. São identificadas a abordagem prescritiva e a abordagem baseada no desempenho. A abordagem prescritiva utiliza fogos nominais para produzir acções térmicas. A abordagem baseada no desempenho, que utiliza a engenharia de segurança contra incêndio, refere-se a acções térmicas baseadas em parâmetros físicos e químicos.

⁵⁾ Ver 2.2, 3.2(4) e 4.2.3.3 do Documento Interpretativo n.º 2.

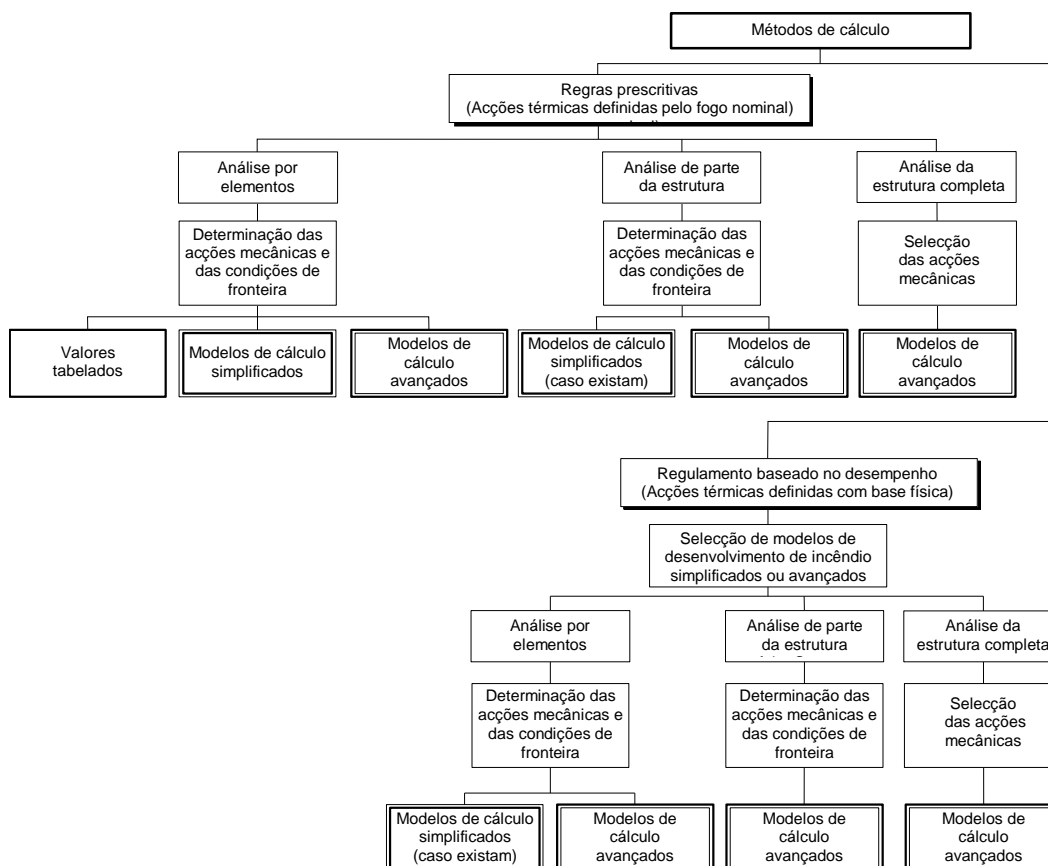


Figura 1 – Métodos de cálculo alternativos

Meios auxiliares de projecto

Espera-se que meios auxiliares de projecto baseados nos métodos de cálculo indicados na presente Norma sejam elaborados por organizações externas interessadas.

O texto do corpo da presente Norma inclui a maioria dos principais conceitos e regras necessários para descrever as acções térmicas e mecânicas em estruturas.

Anexo Nacional da EN 1991-1-2

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 1991-1-2 deverá ter um Anexo Nacional que contenha todos os Parâmetros Determinados a nível Nacional para o 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 1991-1-2 em:

- 2.4(4)
- 3.1(10)
- 3.3.1.1(1)

NP
EN 1991-1-2
2010

p. 12 de 64

- 3.3.1.2(1)
- 3.3.1.2(2)
- 3.3.1.3(1)
- 3.3.2(1)
- 3.3.2(2)
- 4.2.2(2)
- 4.3.1(2)

1 Generalidades

1.1 Objectivo e campo de aplicação

- (1) Os métodos indicados na presente Norma aplicam-se a edifícios, com uma carga de incêndio relacionada com o edifício e a sua ocupação.
- (2) A presente Norma diz respeito às acções térmicas e mecânicas sobre estruturas expostas ao fogo. Destina-se a ser utilizada em conjunto com as Partes sobre dimensionamento ao fogo das EN 1992 a EN 1996 e da EN 1999, que apresentam regras para o cálculo da resistência ao fogo de estruturas.
- (3) A presente Norma contém acções térmicas relacionadas com acções térmicas nominais e com base física. Mais dados e modelos para as acções térmicas com base física são indicados em anexos.
- (4) Na presente Norma são apresentados os princípios gerais e as regras de aplicação relativos às acções térmicas e mecânicas a utilizar em conjunto com as EN 1990, EN 1991-1-1, EN 1991-1-3 e EN 1991-1-4.
- (5) A avaliação dos danos de uma estrutura após um incêndio não está abrangida pela presente Norma.

1.2 Referências normativas

(1)P 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 de norma referida (incluindo as emendas).

NOTA: As seguintes Normas Europeias, que estão publicadas ou em fase de preparação, são citadas em secções normativas^{*)}:

EN 13501-2	<i>Fire classification of construction products and building elements – Part 2: Classification using data from fire resistance tests, excluding ventilation services</i>
EN 1990:2002 ^{**)}	<i>Eurocode – Basis of structural design</i>
EN 1991-1-1 ^{**)}	<i>Eurocode 1 – Actions on structures – Part 1-1: General actions – Densities, self-weight, imposed loads for buildings</i>
EN 1991-1-3 ^{**)}	<i>Eurocode 1 – Actions on structures – Part 1-3: General actions – Snow loads</i>
EN 1991-1-4 ^{**)}	<i>Eurocode 1 – Actions on structures – Part 1-4: General actions – Wind actions</i>
EN 1992 ^{**)}	<i>Eurocode 2 – Design of concrete structures</i>
EN 1993 ^{**)}	<i>Eurocode 3 - Design of steel structures</i>
EN 1994	<i>Eurocode 4 – Design of composite steel and concrete structures</i>
EN 1995	<i>Eurocode 5 – Design of timber structures</i>
EN 1996	<i>Eurocode 6 – Design of masonry structures</i>
EN 1999	<i>Eurocode 9 – Design of aluminium structures</i>

^{*)} À data de publicação da EN 1991-1-2, algumas das normas citadas estavam ainda em fase de projecto (prEN); no entanto, à data de publicação da presente Norma, as versões definitivas daquelas normas já tinham sido publicadas e o presente texto foi adaptado em conformidade (nota nacional).

^{**)} No Anexo Nacional NA são indicadas as normas portuguesas equivalentes (nota nacional).

1.3 Pressupostos

(1)P Além dos pressupostos gerais indicados na EN 1990, pressupõe-se o seguinte:

- quaisquer sistemas de protecção contra incêndio activa e passiva considerados no projecto serão objecto de manutenção adequada;
- a escolha do cenário de incêndio de cálculo relevante é feita por técnicos com qualificação e experiência apropriadas, ou é indicada no regulamento nacional aplicável.

1.4 Distinção entre Princípios e Regras de Aplicação

(1) Aplicam-se as regras indicadas na secção 1.4 da EN 1990:2002.

1.5 Termos e definições

(1)P Para os fins desta Norma, utilizam-se os termos e definições indicados na secção 1.5 da EN 1990:2002 e também os termos e definições seguintes.

1.5.1 Termos comuns usados nas Partes dos Eurocódigos relativas ao fogo

1.5.1.1 tempo equivalente de exposição ao fogo

Tempo de exposição à curva de incêndio padrão supostamente com o mesmo efeito de aquecimento de um incêndio real no compartimento.

1.5.1.2 elemento exterior

Elemento estrutural localizado no exterior do edifício, que poderá estar exposto ao fogo através de aberturas na envolvente do edifício.

1.5.1.3 compartimento de incêndio

Espaço no interior de um edifício abrangendo um ou mais pisos, que está envolvido por elementos de compartimentação que impedem a propagação do fogo para o exterior do compartimento durante o período relevante de exposição ao fogo.

1.5.1.4 resistência ao fogo

Capacidade de uma estrutura, de parte de uma estrutura ou de um elemento para desempenhar as funções pretendidas (função de suporte de cargas e/ou função de compartimentação) para um nível de carga específico, quando sujeita a uma situação de incêndio específica e durante um período de tempo especificado.

1.5.1.5 incêndio totalmente desenvolvido

Estado de desenvolvimento de um incêndio correspondente à inflamação generalizada de todas as superfícies combustíveis no interior de um espaço especificado.

1.5.1.6 análise estrutural global (para a acção de incêndio)

Análise estrutural de toda a estrutura quando, quer a estrutura completa, quer apenas parte dela, está exposta ao fogo. As acções indirectas de incêndio são tidas em conta em toda a estrutura.

1.5.1.7 acções indirectas de incêndio

Esforços internos (forças e momentos) resultantes da dilatação térmica.

1.5.1.8 estanquidade (E)

Capacidade de um elemento de compartimentação de um edifício, quando exposto ao fogo de um lado, para impedir a passagem de chamas e de gases quentes através de si e para impedir a ocorrência de chamas no lado não exposto.

1.5.1.9 isolamento térmico (I)

Capacidade de um elemento de compartimentação de um edifício, quando exposto ao fogo de um lado, para limitar o aumento de temperatura da face não exposta abaixo de valores especificados.

1.5.1.10 função de resistência estrutural (R)

Capacidade de uma estrutura ou de um elemento para resistir a acções específicas durante o incêndio relevante, de acordo com um critério definido.

1.5.1.11 elemento

Parte fundamental de uma estrutura (como, por exemplo, uma viga, um pilar, mas também um conjunto como uma parede de painéis, uma viga reticulada,...) considerada isoladamente e com as condições de apoio e de fronteira adequadas.

1.5.1.12 análise por elementos (para a acção de incêndio)

Análise térmica e mecânica de um elemento estrutural exposto ao fogo, na qual se presume que esse elemento está isolado e com as condições de apoio e de fronteira adequadas. Não se consideram as acções indirectas de incêndio, a não ser as que resultam de gradientes térmicos.

1.5.1.13 cálculo à temperatura ambiente

Cálculo aos estados limites últimos para a temperatura ambiente, de acordo com a Parte 1-1 das EN 1992 a EN 1996 ou da EN 1999.

1.5.1.14 função de compartimentação

Capacidade de um elemento de compartimentação para impedir a propagação do fogo (por exemplo, pela passagem de chamas ou de gases quentes – ver estanquidade) ou por ignição para além da superfície exposta (ver isolamento térmico) durante a situação de incêndio relevante.

1.5.1.15 elemento de compartimentação

Elemento resistente ou não resistente (por exemplo, uma parede) que faz parte da envolvente de um compartimento de incêndio.

1.5.1.16 resistência ao fogo padrão

Capacidade de uma estrutura ou de parte de uma estrutura (normalmente apenas os elementos) para desempenhar as funções pretendidas (função de resistência estrutural e/ou função de compartimentação) relativamente à exposição ao calor, de acordo com a curva de incêndio padrão para uma combinação de acções especificada e durante um período de tempo específico.

1.5.1.17 elementos estruturais

Elementos resistentes de uma estrutura, incluindo os contraventamentos.

1.5.1.18 análise térmica

Método utilizado para determinar o desenvolvimento da temperatura no interior dos elementos com base nas acções térmicas (fluxo de calor efectivo) e nas propriedades térmicas dos materiais constituintes dos elementos e das superfícies de protecção, nos casos relevantes.

1.5.1.19 acções térmicas

Acções sobre a estrutura, descritas pelo fluxo de calor efectivo para os elementos.

1.5.2 Termos especiais relacionados com o projecto em geral

1.5.2.1 modelo de incêndio avançado

Incêndio de cálculo baseado em equações de conservação de massa e de conservação de energia.

1.5.2.2 modelo computacional de dinâmica dos fluidos

Modelo de incêndio capaz de resolver numericamente as equações diferenciais de derivadas parciais fornecendo, em todos os pontos do compartimento, as variáveis termodinâmicas e aerodinâmicas.

1.5.2.3 parede corta-fogo

Elemento de compartimentação que consiste numa parede de separação entre dois espaços (por exemplo, dois edifícios), que foi dimensionada para resistir ao fogo e ser estável, incluindo eventualmente a resistência a acções horizontais, de tal forma que seja evitada a propagação do fogo através da parede, em caso de incêndio e de colapso da estrutura num dos lados da parede.

1.5.2.4 modelo de uma zona

Modelo de incêndio em que se pressupõe a existência de temperaturas homogêneas do gás no compartimento.

1.5.2.5 modelo de incêndio simplificado

Incêndio de cálculo baseado num campo de aplicação limitado de parâmetros físicos específicos.

1.5.2.6 modelo de duas zonas

Modelo de incêndio em que são definidas diferentes zonas num compartimento: a camada superior, a camada inferior, o incêndio e a sua pluma, o gás exterior e as paredes. Na camada superior pressupõe-se uma temperatura do gás uniforme.

1.5.3 Termos relacionados com as acções térmicas

1.5.3.1 factor de combustão

O factor de combustão representa a eficiência da combustão, variando entre 1 para combustão completa e 0 para combustão totalmente inibida.

1.5.3.2 incêndio de cálculo

Desenvolvimento de incêndio admitido para efeitos de cálculo.

1.5.3.3 valor de cálculo da densidade de carga de incêndio

Densidade de carga de incêndio considerada para quantificar as acções térmicas no dimensionamento ao fogo; o seu valor inclui uma margem para as incertezas.

1.5.3.4 cenário de incêndio de cálculo

Cenário de incêndio específico com base no qual será efectuada uma análise.

1.5.3.5 curva de incêndio para elementos exteriores

Relação temperatura-tempo nominal aplicável à face exterior de paredes exteriores, que podem ser expostas ao fogo a partir de diferentes zonas da fachada, isto é, directamente a partir do interior do respectivo compartimento de incêndio ou a partir de um compartimento localizado por baixo ou ao lado da parede exterior considerada.

1.5.3.6 risco de activação de incêndio

Parâmetro que tem em conta a probabilidade de ignição, função da área do compartimento e da ocupação.

1.5.3.7 densidade de carga de incêndio

Carga de incêndio por unidade de área da superfície do pavimento, q_f , ou por unidade de área da superfície da envolvente total, incluindo as aberturas, q_t .

1.5.3.8 carga de incêndio

Soma da energia térmica libertada pela combustão de todos os materiais combustíveis existentes num espaço (o recheio do edifício e os elementos de construção).

1.5.3.9 cenário de incêndio

Descrição qualitativa da evolução de um incêndio com o tempo, identificando os principais acontecimentos que caracterizam o incêndio e o diferenciam de outros incêndios possíveis. Define, tipicamente, a ignição e o processo de crescimento do incêndio, a fase do incêndio totalmente desenvolvido, a fase de arrefecimento, assim como as condições ambientes e os sistemas do edifício que terão impacto na evolução do incêndio.

1.5.3.10 combustão generalizada (*flash-over*)

Ignição simultânea de todos os elementos combustíveis num compartimento.

1.5.3.11 curva de incêndio de hidrocarbonetos

Relação nominal temperatura-tempo destinada a representar os efeitos de um incêndio do tipo hidrocarbonetos.

1.5.3.12 incêndio localizado

Incêndio envolvendo apenas uma área limitada da carga de incêndio existente no compartimento.

1.5.3.13 factor de abertura

Factor que representa a quantidade de ventilação em função da área das aberturas nas paredes do compartimento, da altura destas aberturas e da área total das superfícies da envolvente.

1.5.3.14 taxa de libertação de calor

Quantidade de calor (energia) libertado por um produto combustível por unidade de tempo.

1.5.3.15 curva de incêndio padrão

Curva nominal, definida na EN 13501-2, destinada a representar um modelo de um incêndio totalmente desenvolvido num compartimento.

1.5.3.16 curvas de incêndio

Variação no tempo da temperatura dos gases na vizinhança das superfícies dos elementos. Poderão ser:

- **nominais**: curvas convencionais, adoptadas para a classificação ou verificação da resistência ao fogo, por exemplo, a curva de incêndio padrão, a curva de incêndio para elementos exteriores, a curva de incêndio de hidrocarbonetos;
- **paramétricas**: definidas com base em modelos de incêndio e nos parâmetros físicos específicos que definem as condições no compartimento de incêndio.

1.5.4 Termos relacionados com a análise da transferência de calor

1.5.4.1 factor de vista

O factor de vista para a transferência de calor por radiação da superfície A para a superfície B é definido como a fracção de energia irradiada de forma difusa que emana da superfície A e que incide na superfície B.

1.5.4.2 coeficiente de transferência de calor por convecção

Quantidade de calor por unidade de tempo que atravessa por convecção uma superfície de área unitária do elemento, em função da diferença entre a temperatura global do gás envolvendo a superfície considerada no elemento e a temperatura dessa superfície.

1.5.4.3 emissividade

Igual à absorvidade de uma superfície, ou seja, a relação entre o calor por radiação absorvido por uma dada superfície e o absorvido pela superfície de um corpo negro.

1.5.4.4 fluxo de calor efectivo

Energia efectivamente absorvida pelos elementos por unidade de tempo e de área.

1.6 Símbolos

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

Letras maiúsculas latinas

A	área do compartimento de incêndio
$A_{ind,d}$	valor de cálculo da acção indirecta devido ao incêndio
A_f	área do pavimento do compartimento de incêndio
A_{fi}	área do incêndio
A_h	área das aberturas horizontais no tecto do compartimento
$A_{h,v}$	área total das aberturas na superfície envolvente ($A_{h,v} = A_h + A_v$)
A_j	área da superfície envolvente j , não incluindo as aberturas
A_t	área total da superfície envolvente (paredes, tecto e pavimento, incluindo aberturas)
A_v	área total das aberturas verticais em todas as paredes ($A_v = \sum_i A_{v,i}$)
$A_{v,i}$	área da abertura vertical " i "
C_i	coeficiente de protecção da face i do elemento
D	profundidade do compartimento de incêndio, diâmetro do incêndio
E_d	valor de cálculo dos efeitos relevantes das acções resultante da combinação fundamental, de acordo com a EN 1990
$E_{fi,d}$	valor de cálculo constante dos efeitos relevantes das acções em situação de incêndio
$E_{fi,d,t}$	valor de cálculo dos efeitos relevantes das acções em situação de incêndio, no instante t
E_g	energia interna do gás
H	distância entre a origem do incêndio e o tecto

H_u	poder calorífico efectivo, incluindo o teor de água
H_{u0}	poder calorífico efectivo do material seco
H_{ui}	poder calorífico efectivo do material i
L_c	comprimento do núcleo
L_f	comprimento da chama segundo o eixo
L_H	projecção horizontal da chama (a partir da fachada)
L_h	comprimento horizontal da chama
L_L	altura da chama (a partir da parte superior da abertura)
L_x	distância axial entre a abertura e o ponto onde o cálculo é efectuado
$M_{k,i}$	quantidade de material combustível i
O	factor de abertura do compartimento de incêndio $\left(O = A_v \sqrt{h_{eq}} / A_t\right)$
O_{lim}	factor de abertura reduzido no caso de incêndio controlado por combustível
P_{int}	pressão interna
Q	taxa de libertação de calor do incêndio
Q_c	parcela da taxa de libertação de calor Q transmitida por convecção
$Q_{fi,k}$	valor característico da carga de incêndio
$Q_{fi,k,i}$	valor característico da carga de incêndio do material i
Q_D^*	taxa de libertação de calor relacionado com o diâmetro D do incêndio localizado
Q_H^*	taxa de libertação de calor relacionado com a altura H do compartimento
$Q_{k,1}$	valor característico da acção variável de base
Q_{max}	taxa máxima de libertação de calor
Q_{in}	taxa de libertação de calor que entra pelas aberturas por meio do fluxo de gás
Q_{out}	taxa de libertação de calor perdido pelas aberturas por meio do fluxo de gás
Q_{rad}	taxa de libertação de calor perdido por radiação pelas aberturas
Q_{wall}	taxa de libertação de calor perdido por radiação e por convecção para as superfícies do compartimento
R	constante específica do gás perfeito ($= 287$ [J/kgK])
R_d	valor de cálculo da resistência do elemento à temperatura normal
$R_{fi,d,t}$	valor de cálculo da resistência do elemento em situação de incêndio, no instante t
RHR_f	taxa máxima de libertação de calor por metro quadrado
T	temperatura [K]
T_{amb}	temperatura ambiente [K]
T_0	temperatura inicial ($= 293$ [K])
T_f	temperatura do compartimento de incêndio [K]

T_g	temperatura do gás [K]
T_w	temperatura da chama na abertura [K]
T_z	temperatura da chama segundo o eixo [K]
W	largura da parede que contém a(s) abertura(s) (W_1)
W_1	largura da parede 1, considerada como contendo a maior área de aberturas
W_2	largura da parede do compartimento de incêndio, perpendicular à parede 1
W_a	projecção horizontal de uma pala ou varanda
W_c	largura do núcleo

Letras minúsculas latinas

b	absortividade térmica da superfície envolvente total ($b = \sqrt{(\rho c \lambda)}$)
b_i	absortividade térmica da camada i de uma superfície envolvente
b_j	absortividade térmica de uma superfície envolvente j
c	calor específico
d_{eq}	dimensão característica de um elemento estrutural exterior (diâmetro ou lado)
d_f	espessura da chama
d_i	dimensão da secção transversal da face i do elemento
g	aceleração devida à gravidade
h_{eq}	média ponderada dos valores da altura das aberturas em todas as paredes $\left(h_{eq} = \left(\sum_i (A_{v,i} h_i) \right) / A_v \right)$
h_i	altura da abertura i
\dot{h}	fluxo de calor por unidade de área
\dot{h}_{net}	fluxo de calor efectivo por unidade de área
$\dot{h}_{net,c}$	fluxo de calor efectivo por convecção por unidade de área
$\dot{h}_{net,r}$	fluxo de calor efectivo por radiação por unidade de área
\dot{h}_{tot}	fluxo de calor total por unidade de área
\dot{h}_i	fluxo de calor devido ao incêndio i por unidade de área
k	factor de correcção
k_b	factor de conversão
k_c	factor de correcção
m	massa, factor de combustão
\dot{m}	taxa de variação de massa
\dot{m}_{in}	taxa de entrada de massa de gás através das aberturas
\dot{m}_{out}	taxa de saída de massa de gás através das aberturas

\dot{m}_{fi}	taxa de produção de produtos da pirólise
q_f	carga de incêndio por unidade de área do pavimento
$q_{f,d}$	valor de cálculo da densidade de carga de incêndio por unidade de área do pavimento
$q_{f,k}$	valor característico da densidade de carga de incêndio por unidade de área do pavimento
q_t	carga de incêndio por unidade de área da envolvente
$q_{t,d}$	valor de cálculo da densidade de carga de incêndio por unidade de área da envolvente
$q_{t,k}$	valor característico da densidade de carga de incêndio por unidade de área da envolvente
r	distância horizontal entre o eixo vertical do incêndio e o ponto no tecto em que é calculado o fluxo térmico
s_i	espessura da camada i
s_{lim}	espessura limite
t	tempo
$t_{e,d}$	tempo equivalente de exposição ao fogo
$t_{fi,d}$	valor de cálculo da resistência ao fogo (propriedade do elemento ou da estrutura)
$t_{fi,requ}$	tempo requerido de resistência ao fogo
t_{lim}	instante de tempo em que ocorre a temperatura máxima dos gases no caso de incêndio controlado por combustível
t_{max}	instante de tempo em que ocorre a temperatura máxima dos gases
t_α	coeficiente relacionado com a taxa de crescimento de incêndio
u	velocidade do vento, teor de água
w_i	largura da abertura " i "
w_t	soma das larguras das aberturas em todas as paredes ($w_t = \sum w_i$); factor de ventilação referido a A_t
w_f	largura da chama; factor de ventilação
y	parâmetro
z	altura
z_0	origem virtual da altura z
z'	posição vertical da fonte de calor virtual

Letras maiúsculas gregas

Φ	factor de vista
Φ_f	factor de vista global de um elemento, para a transferência de calor por radiação proveniente de uma abertura
$\Phi_{f,i}$	factor de vista da face i do elemento, para uma dada abertura
Φ_z	factor de vista global de um elemento, para a transferência de calor por radiação proveniente de uma chama
$\Phi_{z,i}$	factor de vista da face i do elemento, para uma dada chama

Γ	factor de conversão do tempo, função do factor de abertura O e da absortividade térmica b
Γ_{lim}	factor de conversão do tempo, função do factor de abertura O_{lim} e da absortividade térmica b
Θ	temperatura [°C]; $\Theta [^{\circ}\text{C}] = T [\text{K}] - 273$
$\Theta_{\text{cr,d}}$	valor de cálculo da temperatura crítica dos materiais [°C]
Θ_{d}	valor de cálculo da temperatura dos materiais [°C]
Θ_{g}	temperatura dos gases no compartimento de incêndio, ou na proximidade do elemento [°C]
Θ_{m}	temperatura da superfície do elemento [°C]
Θ_{max}	temperatura máxima [°C]
Θ_{r}	temperatura de radiação efectiva do ambiente de incêndio [°C]
Ω	$(A_{\text{f}} \cdot q_{\text{f,d}}) / (A_{\text{v}} \cdot A_{\text{t}})^{1/2}$
Ψ_1	factor para carga de incêndio protegida

Letras minúsculas gregas

α_{c}	coeficiente de transferência de calor por convecção
α_{h}	área das aberturas horizontais referida à área do pavimento
α_{v}	área das aberturas verticais referida à área do pavimento
δ_{ni}	factor que tem em conta a existência de uma medida de combate a incêndios específica i
δ_{q1}	factor que tem em conta o risco de activação de incêndio devido às dimensões do compartimento
δ_{q2}	factor que tem em conta o risco de activação de incêndio devido ao tipo de ocupação
ε_{m}	emissividade da superfície do elemento
ε_{f}	emissividade das chamas, do fogo
η_{fi}	factor de redução
$\eta_{\text{fi,t}}$	nível de carregamento para o cálculo em relação à acção do fogo
λ	condutibilidade térmica
ρ	massa volúmica
ρ_{g}	massa volúmica do gás interior
σ	constante de Stephan Boltzmann ($= 5,67 \cdot 10^{-8} [\text{W}/\text{m}^2\text{K}^4]$)
τ_{F}	duração do incêndio em combustão livre (admitida como sendo 1200 [s])
ψ_0	coeficiente de combinação para o valor característico de uma acção variável
ψ_1	coeficiente de combinação para o valor frequente de uma acção variável
ψ_2	coeficiente de combinação para o valor quase-permanente de uma acção variável

2 Método de cálculo estrutural em relação ao fogo

2.1 Generalidades

(1) A análise estrutural para a verificação da resistência ao fogo deverá ter em conta os seguintes passos, conforme for relevante:

- a selecção dos cenários de incêndio de cálculo relevantes;
- a determinação dos incêndios de cálculo correspondentes;
- o cálculo da evolução da temperatura no interior dos elementos estruturais;
- o cálculo do comportamento mecânico da estrutura exposta ao fogo.

NOTA: O comportamento mecânico de uma estrutura depende das acções térmicas e do seu efeito térmico sobre as propriedades dos materiais e as acções mecânicas indirectas, e também do efeito directo das acções mecânicas.

(2) O cálculo estrutural em relação à acção do fogo envolve a aplicação de acções para análise de temperaturas e de acções para análise mecânica, de acordo com a presente Norma e com outras Partes da EN 1991.

(3)P As acções sobre as estruturas decorrentes da exposição ao fogo são classificadas como acções de acidente, ver 6.4.3.3(4) da EN 1990:2002.

2.2 Cenário de incêndio de cálculo

(1) Para caracterizar a situação de projecto accidental, os cenários de incêndio de cálculo relevantes e os incêndios de cálculo a eles associados deverão ser determinados com base numa avaliação do risco de incêndio.

(2) Para as estruturas em que determinados riscos de incêndio possam ocorrer em consequência de outras acções de acidente, estes riscos deverão ser considerados na determinação do conceito de segurança global.

(3) Não é necessário considerar o comportamento estrutural dependente do tempo e de sobrecargas anterior à situação de projecto accidental, a não ser que se aplique o disposto em (2).

2.3 Incêndio de cálculo

(1) Para cada cenário de incêndio de cálculo, deverá ser avaliado um incêndio de cálculo, num compartimento de incêndio, de acordo com o disposto na secção 3 desta Norma.

(2) O incêndio de cálculo deverá ser aplicado a um único compartimento de incêndio do edifício, de cada vez, salvo indicação em contrário no cenário de incêndio de cálculo.

(3) Nos casos em que as autoridades nacionais especifiquem exigências de resistência ao fogo para os elementos estruturais, poderá admitir-se, salvo indicação em contrário, que o incêndio de cálculo relevante é o incêndio padrão.

2.4 Análise térmica

(1)P Ao efectuar a análise térmica de um elemento, deve ser tida em consideração a posição do incêndio de cálculo em relação ao elemento.

(2) Para os elementos exteriores, deverá considerar-se a exposição ao fogo através de aberturas em fachadas e coberturas.

(3) Para as paredes de separação exteriores, deverá considerar-se a exposição ao fogo do interior (a partir do respectivo compartimento de incêndio) e, quando necessário, em alternativa, do exterior (a partir de outros compartimentos de incêndio).

(4) Conforme o incêndio de cálculo escolhido na secção 3, deverão ser utilizados os seguintes métodos:

– a análise térmica dos elementos estruturais é efectuada com uma curva de incêndio nominal, para um período de tempo especificado, sem qualquer fase de arrefecimento;

NOTA 1: O período de tempo especificado poderá ser indicado nos regulamentos nacionais ou obtido no Anexo F seguindo as especificações do Anexo Nacional.

– a análise térmica dos elementos estruturais é efectuada com um modelo de incêndio, para a duração total do incêndio, incluindo a fase de arrefecimento.

NOTA 2: No Anexo Nacional poderão ser definidos períodos limitados de resistência ao fogo.

2.5 Análise mecânica

(1) P A análise mecânica deve ser efectuada para a mesma duração utilizada na análise térmica.

(2) A verificação da resistência ao fogo deverá ser feita no domínio do tempo:

$$t_{fi,d} \geq t_{fi,requ} \quad (2.1)$$

ou no domínio da resistência:

$$R_{fi,d,t} \geq E_{fi,d,t} \quad (2.2)$$

ou no domínio da temperatura:

$$\Theta_d \leq \Theta_{cr,d} \quad (2.3)$$

em que:

$t_{fi,d}$ valor de cálculo da resistência ao fogo;

$t_{fi,requ}$ tempo requerido de resistência ao fogo;

$R_{fi,d,t}$ valor de cálculo da resistência do elemento em situação de incêndio, no instante t ;

$E_{fi,d,t}$ valor de cálculo dos efeitos relevantes das acções em situação de incêndio, no instante t ;

Θ_d valor de cálculo da temperatura dos materiais;

$\Theta_{cr,d}$ valor de cálculo da temperatura crítica dos materiais.

3 Acções térmicas para análise de temperaturas

3.1 Regras gerais

(1) P As acções térmicas são definidas pelo fluxo de calor efectivo \dot{h}_{net} [W/m²] na superfície do elemento.

(2) Nas superfícies expostas ao fogo, o fluxo de calor efectivo \dot{h}_{net} deverá ser determinado, considerando a transferência de calor por convecção e radiação, através de:

$$\dot{h}_{net} = \dot{h}_{net,c} + \dot{h}_{net,r} \quad [\text{W/m}^2] \quad (3.1)$$

em que:

$\dot{h}_{net,c}$ obtido pela expressão (3.2);

$\dot{h}_{net,r}$ obtido pela expressão (3.3).

(3) A componente do fluxo de calor efectivo por convecção deverá ser determinada por:

$$\dot{h}_{\text{net,c}} = \alpha_c \cdot (\Theta_g - \Theta_m) \quad [\text{W/m}^2] \quad (3.2)$$

em que:

α_c coeficiente de transferência de calor por convecção [$\text{W/m}^2\text{K}$];

Θ_g temperatura dos gases na proximidade do elemento exposto ao fogo [$^{\circ}\text{C}$];

Θ_m temperatura da superfície do elemento [$^{\circ}\text{C}$].

(4) Ver 3.2 para o coeficiente de transferência de calor por convecção, α_c , relevante para as curvas de incêndio nominais.

(5) No lado não exposto dos elementos de compartimentação, o fluxo de calor efectivo \dot{h}_{net} deverá ser determinado utilizando a expressão (3.1), com $\alpha_c = 4 [\text{W/m}^2\text{K}]$. O coeficiente de transferência de calor por convecção deverá ser tomado como $\alpha_c = 9 [\text{W/m}^2\text{K}]$, quando se admite que inclui os efeitos da transferência de calor por radiação.

(6) A componente do fluxo de calor efectivo por radiação, por unidade de área da superfície, é determinada por:

$$\dot{h}_{\text{net,r}} = \Phi \cdot \varepsilon_m \cdot \varepsilon_f \cdot \sigma \cdot [(\Theta_r + 273)^4 - (\Theta_m + 273)^4] \quad [\text{W/m}^2] \quad (3.3)$$

em que:

Φ factor de vista;

ε_m emissividade da superfície do elemento;

ε_f emissividade do fogo;

σ constante de Stephan Boltzmann ($= 5,67 \cdot 10^{-8} [\text{W/m}^2\text{K}^4]$);

Θ_r temperatura de radiação efectiva do ambiente de incêndio [$^{\circ}\text{C}$];

Θ_m temperatura da superfície do elemento [$^{\circ}\text{C}$].

NOTA 1: A não ser que haja valor indicado nas Partes das EN 1992 a EN 1996 e da EN 1999 sobre dimensionamento ao fogo relacionado com os materiais, poderá utilizar-se $\varepsilon_m = 0,8$.

NOTA 2: A emissividade do fogo é geralmente tomada como $\varepsilon_f = 1,0$.

(7) O factor de vista deverá ser considerado como $\Phi = 1,0$ sempre que esta Norma ou as Partes sobre dimensionamento ao fogo das EN 1992 a EN 1996 e da EN 1999 não forneçam valores específicos. Poderá optar-se por um valor inferior para ter em conta os chamados efeitos de posição e de sombra.

NOTA: No Anexo G apresenta-se um método para o cálculo do factor de vista Φ .

(8) No caso de elementos totalmente envolvidos pelo fogo, a temperatura de radiação Θ_r poderá ser representada pela temperatura dos gases Θ_g que os envolvem.

(9) A temperatura da superfície Θ_m resulta da análise de temperaturas do elemento de acordo com as Partes 1-2 sobre dimensionamento ao fogo das EN 1992 a EN 1996 e da EN 1999, conforme o caso.

(10) As temperaturas dos gases Θ_g poderão ser adoptadas como curvas de incêndio nominais de acordo com a secção 3.2 ou de acordo com os modelos de incêndio indicados na secção 3.3.

NOTA: A utilização das curvas de incêndio nominais de acordo com a secção 3.2 ou, em alternativa, a utilização dos modelos de incêndio natural de acordo com a secção 3.3, poderá ser especificada no Anexo Nacional.

3.2 Curvas de incêndio nominais

3.2.1 Curva de incêndio padrão

(1) A curva de incêndio padrão é definida por:

$$\Theta_g = 20 + 345 \log_{10} (8 t + 1) \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (3.4)$$

em que:

Θ_g temperatura dos gases no compartimento de incêndio [$^{\circ}\text{C}$];

t tempo [min] .

(2) O coeficiente de transferência de calor por convecção é:

$$\alpha_c = 25 \text{ W/m}^2\text{K}$$

3.2.2 Curva de incêndio para elementos exteriores

(1) A curva de incêndio para elementos exteriores é definida por:

$$\Theta_g = 660 (1 - 0,687 e^{-0,32 t} - 0,313 e^{-3,8 t}) + 20 \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (3.5)$$

em que:

Θ_g temperatura dos gases na proximidade do elemento [$^{\circ}\text{C}$];

t tempo [min] .

(2) O coeficiente de transferência de calor por convecção é:

$$\alpha_c = 25 \text{ W/m}^2\text{K}$$

3.2.3 Curva de incêndio de hidrocarbonetos

(1) A curva de incêndio de hidrocarbonetos é definida por:

$$\Theta_g = 1080 (1 - 0,325 e^{-0,167 t} - 0,675 e^{-2,5 t}) + 20 \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (3.6)$$

em que:

Θ_g temperatura dos gases no compartimento de incêndio [$^{\circ}\text{C}$];

t tempo [min] .

(2) O coeficiente de transferência de calor por convecção é:

$$\alpha_c = 50 \text{ W/m}^2\text{K} \quad (3.7)$$

3.3 Modelos de incêndio natural

3.3.1 Modelos de incêndio simplificados

3.3.1.1 Generalidades

(1) Os modelos de incêndio simplificados baseiam-se em parâmetros físicos específicos com um domínio de aplicação limitado.

NOTA: No Anexo E apresenta-se um método para a determinação do valor de cálculo da densidade de carga de incêndio $q_{f,d}$.

(2) Para os incêndios em compartimentos, admite-se uma distribuição de temperatura uniforme, função do tempo. No caso de incêndios localizados, admite-se uma distribuição de temperatura não uniforme, função do tempo.

(3) Quando se utilizam modelos de incêndio simplificados, o coeficiente de transferência de calor por convecção deverá ser considerado como $\alpha_c = 35 \text{ [W/m}^2\text{K]}$.

3.3.1.2 Incêndios em compartimentos

(1) As temperaturas dos gases deverão ser determinadas com base em parâmetros físicos considerando, pelo menos, a densidade de carga de incêndio e as condições de ventilação.

NOTA 1: O método de cálculo das condições de aquecimento poderá ser especificado no Anexo Nacional.

NOTA 2: Para os elementos interiores de compartimentos de incêndio, apresenta-se, no Anexo A, um método de cálculo da temperatura dos gases no compartimento.

(2) Para os elementos exteriores, a componente do fluxo de calor por radiação deverá ser calculada como a soma das contribuições do compartimento de incêndio e das chamas que emergem das aberturas.

NOTA: Para os elementos exteriores expostos ao fogo através das aberturas existentes na fachada, apresenta-se, no Anexo B, um método de cálculo das condições de aquecimento.

3.3.1.3 Incêndios localizados

(1) Nos casos em que seja improvável a ocorrência de combustão generalizada (*flash-over*), as ações térmicas de um incêndio localizado deverão ser tidas em conta.

NOTA: O método de cálculo das condições de aquecimento poderá ser especificado no Anexo Nacional. No Anexo C apresenta-se um método de cálculo das ações térmicas provenientes de incêndios localizados.

3.3.2 Modelos de incêndio avançados

(1) Os modelos de incêndio avançados deverão ter em conta:

- as propriedades dos gases;
- as transferências de massa;
- as transferências de energia.

NOTA 1: Os métodos de cálculo disponíveis incluem, normalmente, procedimentos iterativos.

NOTA 2: No Anexo E apresenta-se um método para a determinação do valor de cálculo da densidade de carga de incêndio $q_{f,d}$.

NOTA 3: No Anexo E apresenta-se um método para o cálculo da taxa de libertação de calor Q .

(2) Deverá utilizar-se um dos seguintes modelos:

- modelos de uma zona, admitindo uma distribuição de temperatura uniforme no compartimento dependente do tempo;
- modelos de duas zonas, admitindo uma camada superior com uma espessura dependente do tempo e com uma temperatura uniforme dependente do tempo, e também uma camada inferior com uma temperatura menor e uniforme dependente do tempo;
- modelos de cálculo de dinâmica dos fluidos que indiquem a evolução da temperatura no compartimento de uma forma completamente dependente do tempo e do espaço.

NOTA: O método de cálculo das condições de aquecimento poderá ser especificado no Anexo Nacional. No Anexo D apresenta-se um método de cálculo de ações térmicas no caso de modelos de uma zona, de duas zonas ou de cálculo de dinâmica dos fluidos.

(3) O coeficiente de transferência de calor por convecção deverá ser considerado como $\alpha_c = 35 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, caso não haja informações mais pormenorizadas.

(4) Para o cálculo mais rigoroso da distribuição de temperatura ao longo de um elemento no caso de um incêndio localizado, poderá considerar-se uma combinação dos resultados obtidos com um modelo de duas zonas e com uma abordagem de incêndio localizado.

NOTA: O campo da temperatura no interior de um elemento poderá ser obtido considerando em cada ponto o efeito máximo produzido pelos dois modelos de incêndio.

4 Acções mecânicas para análise estrutural

4.1 Generalidades

(1)P As dilatações e deformações, impostas e restringidas, provocadas pelas variações de temperatura devidas à exposição ao fogo, originam efeitos de acções, por exemplo, forças e momentos, os quais devem ser considerados, excepto nos casos em que:

- possam ser reconhecidos a priori como sendo desprezáveis ou favoráveis;
- sejam tidos em conta por condições de apoio e de fronteira escolhidas de forma conservativa e/ou implicitamente considerados por exigências de segurança contra incêndio especificadas de forma conservativa.

(2) Para uma avaliação das acções indirectas deverá considerar-se:

- a dilatação térmica restringida dos próprios elementos, por exemplo, pilares em estruturas reticuladas de vários pisos e com paredes rígidas;
- a dilatação térmica diferencial no interior de elementos hiperestáticos, por exemplo, lajes de pavimento contínuas;
- os gradientes térmicos nas secções transversais que dão origem a tensões internas;
- os efeitos da dilatação térmica de elementos contíguos, por exemplo, o deslocamento do topo de um pilar devido à dilatação da laje de pavimento, ou a dilatação de cabos suspensos;
- a dilatação térmica de elementos que afecte outros elementos no exterior do compartimento de incêndio.

(3) Os valores de cálculo das acções indirectas devido ao incêndio $A_{ind,d}$ deverão ser obtidos a partir dos valores de cálculo das propriedades térmicas e mecânicas dos materiais, indicados nas Partes sobre dimensionamento ao fogo das EN 1992 a EN 1996 e da EN 1999, e da exposição ao fogo relevante.

(4) Não é necessário considerar as acções indirectas provenientes de elementos contíguos quando as exigências de segurança contra incêndio se referem a elementos em situação de incêndio padrão.

4.2 Simultaneidade de acções

4.2.1 Acções em condições de temperatura normal

(1)P Devem considerar-se as acções definidas para o cálculo à temperatura normal, se estas tiverem probabilidade de ocorrer na situação de incêndio.

(2) Os valores representativos das acções variáveis, a ter em conta no projecto para a combinação de acções em que a acção de acidente é o incêndio, deverão ser escolhidos de acordo com a EN 1990.

(3) Não deverá ser considerada a diminuição das sobrecargas devido à combustão.

(4) Deverão ser avaliados separadamente os casos em que, devido ao derretimento, não é necessário considerar a acção da neve.

(5) Não é necessário ter em conta as acções resultantes de operações industriais.

4.2.2 Acções adicionais

(1) Não é necessário considerar a simultaneidade com outras acções de acidente independentes.

(2) Dependendo das situações acidentais de projecto, poderá ser necessário considerar acções adicionais induzidas pelo fogo durante a exposição, como, por exemplo, o impacto devido ao colapso de um elemento estrutural ou de equipamentos pesados.

NOTA: A escolha de acções adicionais poderá ser especificada no Anexo Nacional.

(3) Às paredes corta-fogo poderá ser requerido que resistam ao impacto de uma força horizontal, de acordo com a EN 1363-2.

4.3 Regras de combinação para acções

4.3.1 Regra geral

(1) Para obter os efeitos relevantes das acções $E_{fi,d,t}$ em situação de incêndio, as acções mecânicas de situações de projecto acidentais devem ser combinadas de acordo com a EN 1990.

(2) O valor representativo da acção variável Q_1 poderá ser considerado como o valor quase-permanente $\psi_{2,1} Q_1$, ou, em alternativa, como o valor frequente $\psi_{1,1} Q_1$.

NOTA: A utilização do valor quase-permanente $\psi_{2,1} Q_1$ ou do valor frequente $\psi_{1,1} Q_1$ poderá ser especificada no Anexo Nacional. Recomenda-se a utilização de $\psi_{2,1} Q_1$.

4.3.2 Regras simplificadas

(1) Nos casos em que as acções indirectas de incêndio não tenham que ser explicitamente consideradas, os efeitos das acções poderão ser determinados analisando a estrutura relativamente às acções combinadas de acordo com o disposto em 4.3.1 apenas para $t = 0$. Estes efeitos das acções $E_{fi,d}$ poderão ser considerados como constantes durante a exposição ao fogo.

NOTA: Esta secção aplica-se, por exemplo, aos efeitos de acções em condições de fronteira e em apoios, quando se faça uma análise de partes da estrutura de acordo com as Partes sobre dimensionamento ao fogo das EN 1992 a EN 1996 e da EN 1999.

(2) Como simplificação adicional de (1), os efeitos das acções poderão ser obtidos a partir dos determinados no cálculo para temperatura normal:

$$E_{fi,d,t} = E_{fi,d} = \eta_{fi} \cdot E_d \quad (4.1)$$

em que:

E_d valor de cálculo dos efeitos relevantes das acções resultante da combinação fundamental, de acordo com a EN 1990;

$E_{fi,d}$ valor de cálculo constante dos efeitos relevantes das acções em situação de incêndio;

η_{fi} factor de redução definido nas Partes sobre dimensionamento ao fogo das EN 1992 a EN 1996 e da EN 1999.

4.3.3 Nível de carregamento

(1) Nos casos em que, para um nível de carregamento de referência, sejam especificados dados tabelados, esse nível de carregamento corresponde a:

$$E_{fi,d,t} = \eta_{fi,t} \cdot R_d \quad (4.2)$$

em que:

R_d valor de cálculo da resistência do elemento à temperatura normal, determinado de acordo com as EN 1992 a EN 1996 e a EN 1999;

$\eta_{fi,t}$ nível de carregamento para o cálculo em relação à acção do fogo.

Anexo A (informativo)

Curvas de incêndio paramétricas

(1) As curvas de incêndio seguintes são válidas para compartimentos de incêndio com o máximo de 500 m² de área em planta, sem aberturas no tecto e uma altura máxima de 4 m. Admite-se que a carga de incêndio do compartimento é completamente consumida.

(2) Se as densidades de carga de incêndio forem definidas sem ter especificamente em conta o comportamento de combustão (ver o Anexo E), esta abordagem deverá limitar-se aos compartimentos de incêndio com cargas de incêndio predominantemente celulósicas.

(3) As curvas de incêndio na fase de aquecimento são obtidas por:

$$\Theta_g = 20 + 1325 (1 - 0,324 e^{-0,2t^*} - 0,204 e^{-1,7t^*} - 0,472 e^{-19t^*}) \quad (\text{A.1})$$

em que:

Θ_g temperatura dos gases no compartimento de incêndio [°C];

$$t^* = t \cdot \Gamma \text{ [h]} \quad (\text{A.2a})$$

com:

t tempo [h]

$$\Gamma = [O/b]^2 / (0,04/1160)^2 \text{ [-]}$$

$$b = \sqrt{(\rho c \lambda)}$$

com os seguintes limites: $100 \leq b \leq 2200 \text{ [J/m}^2\text{s}^{1/2}\text{K]}$;

ρ massa volúmica da envolvente do compartimento [kg/m³];

c calor específico da envolvente do compartimento [J/kgK];

λ condutibilidade térmica da envolvente do compartimento [W/mK];

O factor de abertura: $A_v \sqrt{h_{eq}} / A_t \text{ [m}^{1/2}\text{]}$

com os seguintes limites: $0,02 \leq O \leq 0,20$;

A_v área total das aberturas verticais em todas as paredes [m²];

h_{eq} média ponderada dos valores das alturas das aberturas em todas as paredes [m];

A_t área total da superfície envolvente (paredes, tecto e pavimento, incluindo aberturas) [m²].

NOTA: No caso de $\Gamma = 1$, a expressão (A.1) aproxima-se da curva de incêndio padrão.

(4) Para o cálculo do factor b , a massa volúmica ρ , o calor específico c e a condutibilidade térmica λ da envolvente poderão ser considerados à temperatura ambiente.

(5) Para uma superfície envolvente com diferentes camadas de material, $b = \sqrt{(\rho c \lambda)}$ deverá ser obtido da seguinte forma:

$$\text{Se } b_1 < b_2, b = b_1 \quad (\text{A.3})$$

Se $b_1 > b_2$, é calculada uma espessura limite s_{lim} para o material exposto, de acordo com:

$$s_{\text{lim}} = \sqrt{\frac{3600 t_{\text{max}} \lambda_1}{c_1 \rho_1}} \quad \text{com } t_{\text{max}} \text{ obtido pela expressão (A.7)} \quad [\text{m}] \quad (\text{A.4})$$

$$\text{Se } s_1 > s_{\text{lim}}, \text{ então } b = b_1 \quad (\text{A.4a})$$

$$\text{Se } s_1 < s_{\text{lim}}, \text{ então } b = \frac{s_1}{s_{\text{lim}}} b_1 + \left(1 - \frac{s_1}{s_{\text{lim}}}\right) b_2 \quad (\text{A.4b})$$

em que:

o índice 1 representa a camada directamente exposta ao fogo, o índice 2 a camada seguinte...

s_i espessura da camada i ;

$$b_i = \sqrt{(\rho_i c_i \lambda_i)};$$

ρ_i massa volúmica da camada i ;

c_i calor específico da camada i ;

λ_i condutibilidade térmica da camada i .

(6) Para diferentes factores b nas paredes, no tecto e no pavimento, $b = \sqrt{(\rho c \lambda)}$ deverá ser calculado através de:

$$b = (\Sigma(b_j A_j)) / (A_t - A_v) \quad (\text{A.5})$$

em que:

A_j área da superfície envolvente j , não incluindo as aberturas;

b_j propriedade térmica da superfície envolvente j de acordo com as expressões (A.3) e (A.4).

(7) A temperatura máxima θ_{max} na fase de aquecimento ocorre para $t^* = t_{\text{max}}^*$

$$t_{\text{max}}^* = t_{\text{max}} \cdot \Gamma \quad [\text{h}] \quad (\text{A.6})$$

$$\text{com } t_{\text{max}} = \max [(0,2 \cdot 10^{-3} \cdot q_{t,d} / O) ; t_{\text{lim}}] \quad [\text{h}] \quad (\text{A.7})$$

em que:

$q_{t,d}$ valor de cálculo da densidade de carga de incêndio referida à área A_t da superfície envolvente total em que $q_{t,d} = q_{f,d} \cdot A_f / A_t$ [MJ/m²]. Deverão observar-se os seguintes limites: $50 \leq q_{t,d} \leq 1000$ [MJ/m²];

$q_{f,d}$ valor de cálculo da densidade de carga de incêndio referida à área de superfície A_f do pavimento [MJ/m²] a obter com base no Anexo E;

t_{lim} obtido por (10) em [h].

NOTA: O tempo t_{max} , correspondente à temperatura máxima, é fornecido por t_{lim} no caso de o incêndio ser controlado pelo combustível. Se t_{lim} for obtido por $(0,2 \cdot 10^{-3} \cdot q_{t,d} / O)$, o incêndio é controlado pela ventilação.

(8) Quando $t_{\text{max}} = t_{\text{lim}}$, t^* utilizado na expressão (A.1) é substituído por:

$$t^* = t \cdot \Gamma_{\text{lim}} \quad [\text{h}] \quad (\text{A.2b})$$

$$\text{com } \Gamma_{\text{lim}} = [O_{\text{lim}}/b]^2 / (0,04/1160)^2 \quad (\text{A.8})$$

em que $O_{lim} = 0,1 \cdot 10^{-3} \cdot q_{t,d} / t_{lim}$ (A.9)

(9) Se ($O > 0,04$ e $q_{t,d} < 75$ e $b < 1160$), Γ_{lim} em (A.8) tem que ser multiplicado por k obtido por:

$$k = 1 + \left(\frac{O - 0,04}{0,04} \right) \left(\frac{q_{t,d} - 75}{75} \right) \left(\frac{1160 - b}{1160} \right) \quad (A.10)$$

(10) No caso de uma taxa de crescimento de incêndio lenta, $t_{lim} = 25$ min; no caso de uma taxa de crescimento de incêndio média, $t_{lim} = 20$ min; e no caso de uma taxa de crescimento de incêndio rápida, $t_{lim} = 15$ min.

NOTA: Para mais informações sobre a taxa de crescimento de incêndio, ver o Quadro E.5 no Anexo E.

(11) As curvas de incêndio na fase de arrefecimento são obtidas por:

$$\Theta_g = \Theta_{max} - 625 (t^* - t_{max}^* \cdot x) \quad \text{para} \quad t_{max}^* \leq 0,5 \quad (A.11a)$$

$$\Theta_g = \Theta_{max} - 250 (3 - t_{max}^*) (t^* - t_{max}^* \cdot x) \quad \text{para} \quad 0,5 < t_{max}^* < 2 \quad (A.11b)$$

$$\Theta_g = \Theta_{max} - 250 (t^* - t_{max}^* \cdot x) \quad \text{para} \quad t_{max}^* \geq 2 \quad (A.11c)$$

em que t^* é obtido por (A.2a)

$$t_{max}^* = (0,2 \cdot 10^{-3} \cdot q_{t,d} / O) \cdot \Gamma \quad (A.12)$$

$x = 1,0$ se $t_{max} > t_{lim}$, ou $x = t_{lim} \cdot \Gamma / t_{max}^*$ se $t_{max} = t_{lim}$

Anexo B

(informativo)

Acções térmicas para os elementos exteriores – Método de cálculo simplificado

B.1 Objectivo e campo de aplicação

(1) Este método permite determinar:

- as temperaturas máximas de um incêndio num compartimento;
- as dimensões e as temperaturas da chama emergente das aberturas;
- os parâmetros de radiação e de convecção.

(2) Este método considera condições estacionárias para os diversos parâmetros. O método é válido apenas para densidades de cargas de incêndio $q_{f,d}$ superiores a 200 MJ/m².

B.2 Condições de utilização

(1) Quando há mais do que uma abertura no compartimento de incêndio considerado, utiliza-se a média ponderada dos valores da altura das aberturas h_{eq} , a área total das aberturas verticais A_v e a soma das larguras das aberturas ($w_t = \sum w_i$).

(2) Quando existem aberturas apenas na parede 1, a relação D/W é obtida por:

$$D/W = \frac{W_2}{w_1} \quad (\text{B.1})$$

(3) Quando existem aberturas em mais do que uma parede, a relação D/W é definida da seguinte forma:

$$D/W = \frac{W_2}{W_1} \frac{A_{v1}}{A_v} \quad (\text{B.2})$$

em que:

W_1 largura da parede 1, que se admite como a que contém a maior área de aberturas;

A_{v1} soma das áreas das aberturas na parede 1;

W_2 largura da parede perpendicular à parede 1, no compartimento de incêndio.

(4) Quando existe um núcleo no compartimento de incêndio, a relação D/W é definida da seguinte forma:

- aplicam-se os limites indicados em (7);
- L_c e W_c comprimento e largura do núcleo;
- W_1 e W_2 comprimento e largura do compartimento de incêndio:

$$D/W = \frac{(W_2 - L_c) A_{v1}}{(W_1 - W_c) A_v} \quad (\text{B.3})$$

(5) Numa parede exterior, todas as partes que não possuam a resistência ao fogo (REI) requerida para a estabilidade do edifício deverão ser classificadas como áreas de aberturas.

(6) A área total de aberturas numa parede exterior é:

- a área total, de acordo com (5), se for inferior a 50 % da área da parede exterior relevante do compartimento;
- em primeiro lugar a área total e, em segundo lugar, 50 % da área da parede exterior relevante do compartimento se, de acordo com (5), a área for superior a 50 %. Estas duas situações deverão ser consideradas no cálculo. Quando se utiliza 50 % da área da parede exterior, a localização e a geometria das superfícies abertas deverão ser escolhidas de forma a se obter o caso mais desfavorável.

(7) As dimensões do compartimento de incêndio não deverão exceder 70 m de comprimento, 18 m de largura e 5 m de altura.

(8) A temperatura da chama deverá ser considerada uniforme em toda a sua largura e a sua espessura.

B.3 Efeitos do vento

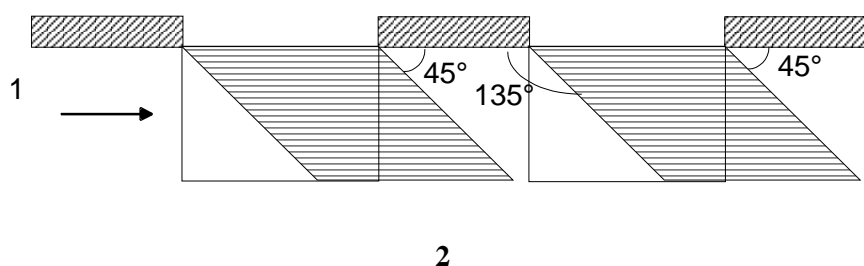
B.3.1 Modo de ventilação

(1)P Se existirem aberturas em lados opostos do compartimento de incêndio ou se o fogo for alimentado com ar proveniente de outra fonte adicional (que não sejam as aberturas), o cálculo deve ser efectuado com condições de tiragem forçada. Caso contrário, o cálculo é efectuado sem condições de tiragem forçada.

B.3.2 Deflexão da chama pelo vento

(1) Deverá admitir-se que as chamas que emergem de uma abertura provêm do compartimento de incêndio (ver a Figura B.1):

- perpendicularmente à fachada;
- com uma deflexão de 45° devida aos efeitos do vento.



Legenda:

- 1 Vento
- 2 Corte horizontal

Figura B.1 – Deflexão da chama pelo vento

B.4 Características do incêndio e das chamas

B.4.1 Sem tiragem forçada

(1) A taxa de combustão ou a taxa de libertação de calor é obtida por:

$$Q = \min \left((A_f \cdot q_{f,d}) / \tau_F ; 3,15 (1 - e^{-0,036/O}) A_v \left(\frac{h_{eq}}{D/W} \right)^{1/2} \right) \quad [\text{MW}] \quad (\text{B.4})$$

(2) A temperatura do compartimento de incêndio é obtida por:

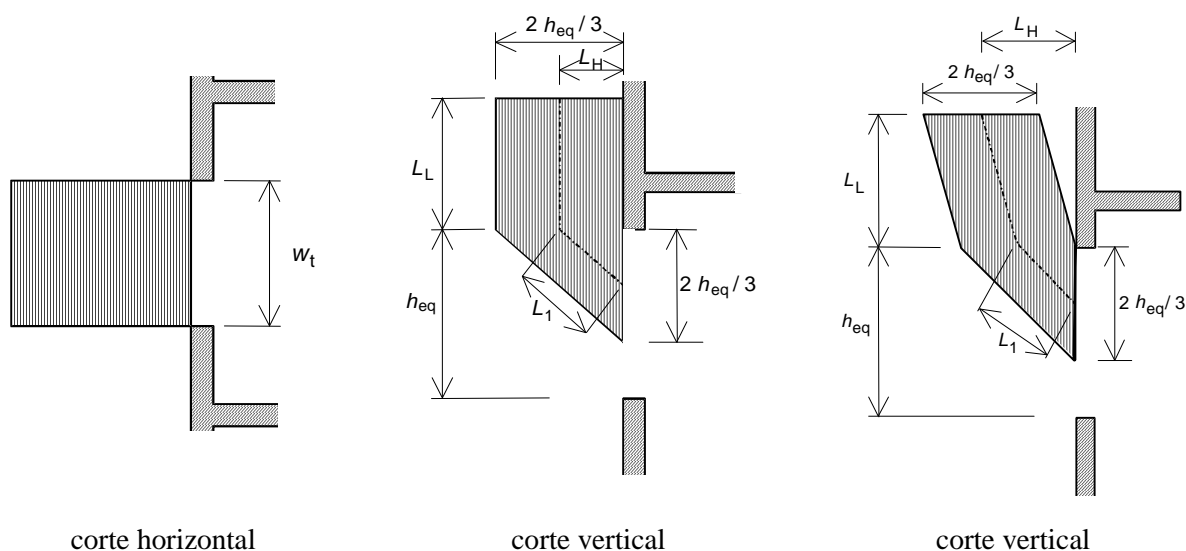
$$T_f = 6\,000 (1 - e^{-0,1/O}) O^{1/2} (1 - e^{-0,00286 \Omega}) + T_0 \quad (\text{B.5})$$

(3) A altura da chama (ver a Figura B.2) é obtida por:

$$L_L = \max \left(0 ; h_{eq} \left(2,37 \left(\frac{Q}{A_v \rho_g (h_{eq} g)^{1/2}} \right)^{2/3} - 1 \right) \right) \quad (\text{B.6})$$

NOTA: Para $\rho_g = 0,45 \text{ kg/m}^3$ e $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, esta expressão poderá ser simplificada para:

$$L_L = 1,9 \left(\frac{Q}{w_t} \right)^{2/3} - h_{eq} \quad (\text{B.7})$$



$L_L = \frac{h_{eq}}{3} \Rightarrow$	$L_1 = \sqrt{L_H^2 + \frac{h_{eq}^2}{9}} \cong \frac{h_{eq}}{2}$	$L_1 \cong \frac{h_{eq}}{2}$
	$L_f = L_L + L_1$	$L_f = \sqrt{L_L^2 + \left(L_H - \frac{h_{eq}}{3} \right)^2} + L_1$
$h_{eq} < 1,25 w_t$	com parede acima	sem parede acima ou $h_{eq} > 1,25 w_t$

Figura B.2 – Dimensões da chama, sem tiragem forçada

(4) A largura da chama é a largura da abertura (ver a Figura B.2).

(5) A espessura da chama é 2/3 da altura da abertura: $2/3 h_{eq}$ (ver a Figura B.2).

(6) A projecção horizontal da chama:

– no caso de existir uma parede acima da abertura, é obtida por:

$$L_H = h_{eq}/3 \quad \text{se } h_{eq} \leq 1,25 w_t \quad (\text{B.8})$$

$$L_H = 0,3 h_{eq} (h_{eq} / w_t)^{0,54} \quad \text{se } h_{eq} > 1,25 w_t \text{ e se a distância a qualquer outra abertura for } > 4 w_t \quad (\text{B.9})$$

$$L_H = 0,454 h_{eq} (h_{eq} / 2w_t)^{0,54} \quad \text{noutros casos} \quad (\text{B.10})$$

– no caso de não existir uma parede acima da abertura, é obtida por:

$$L_H = 0,6 h_{eq} (L_L / h_{eq})^{1/3} \quad (\text{B.11})$$

(7) O comprimento da chama segundo o eixo é obtido por:

quando $L_L > 0$

$$L_f = L_L + h_{eq} / 2 \quad \text{se existir parede acima da abertura ou se } h_{eq} \leq 1,25 w_t \quad (\text{B.12})$$

$$L_f = (L_L^2 + (L_H - h_{eq} / 3)^2)^{1/2} + h_{eq} / 2 \quad \text{se não existir parede acima da abertura ou se } h_{eq} > 1,25 w_t \quad (\text{B.13})$$

$$L_f = 0 \text{ quando } L_L = 0$$

(8) A temperatura da chama na abertura é obtida por:

$$T_w = 520 / (1 - 0,4725 (L_f \cdot w_t / Q)) + T_0 \quad [\text{K}] \quad (\text{B.14})$$

com $L_f \cdot w_t / Q < 1$

(9) A emissividade das chamas na abertura poderá ser considerada como $\varepsilon_f = 1,0$.

(10) A temperatura da chama segundo o eixo é obtida por:

$$T_z = (T_w - T_0) (1 - 0,4725 (L_x \cdot w_t / Q)) + T_0 \quad [\text{K}] \quad (\text{B.15})$$

com:

$$L_x \cdot w_t / Q < 1$$

L_x distância axial entre a abertura e o ponto onde o cálculo é efectuado.

(11) A emissividade das chamas poderá ser considerada como:

$$\varepsilon_f = 1 - e^{-0,3d_f} \quad (\text{B.16})$$

em que d_f é a espessura da chama [m].

(12) O coeficiente de transferência de calor por convecção é obtido por:

$$\alpha_c = 4,67 (1/d_{eq})^{0,4} (Q/A_v)^{0,6} \quad (\text{B.17})$$

(13) Se existir uma pala ou uma varanda (com projecção horizontal: W_a) ao nível do topo da abertura e ao longo de toda a sua largura (ver a Figura B.3), a altura e a projecção horizontal da chama deverão ser modificadas da seguinte forma se existir parede acima da abertura e se for $h_{eq} \leq 1,25 w_t$:

– a altura da chama L_L indicada em (3) é diminuída de $W_a (1 + \sqrt{2})$;

– a projecção horizontal da chama L_H indicada em (6) é aumentada de W_a .

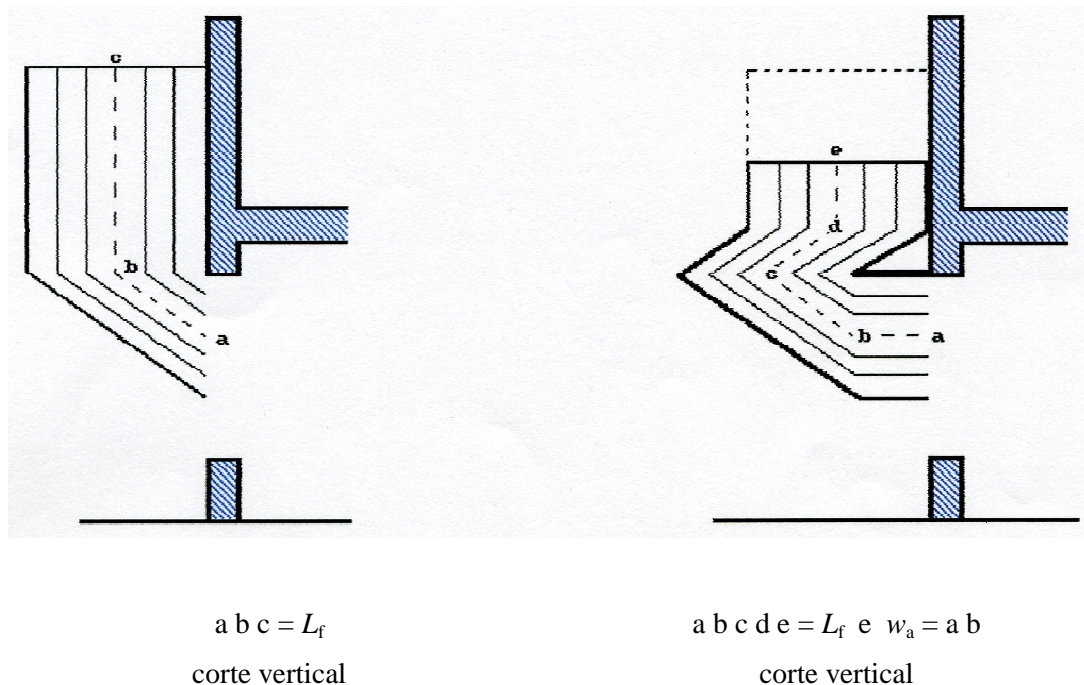


Figura B.3 – Deflexão da chama pela varanda

(14) Com as mesmas condições de pala ou varanda referidas em (13), mas se não existir parede acima da abertura ou se for $h_{eq} > 1,25 w_t$, a altura e a projecção horizontal da chama deverão ser modificadas da seguinte forma:

- a altura da chama L_L indicada em (3) é diminuída de W_a ;
- a projecção horizontal da chama L_H , obtida em (6) com o valor de L_L acima referido, é aumentada de W_a .

B.4.2 Tiragem forçada

(1) A taxa de combustão ou a taxa de libertação de calor é obtida por:

$$Q = (A_f \cdot q_{f,d}) / \tau_f \quad [\text{MW}] \quad (\text{B.18})$$

(2) A temperatura do compartimento de incêndio é obtida por:

$$T_f = 1200 (1 - e^{-0,00228 \cdot Q}) + T_0 \quad (\text{B.19})$$

(3) A altura da chama (ver a Figura B.4) é obtida por:

$$L_L = \left(1,366 \left(\frac{1}{u} \right)^{0,43} \frac{Q}{A_v^{1/2}} \right) - h_{eq} \quad (\text{B.20})$$

NOTA: Para $u = 6 \text{ m/s}$, $L_L \approx 0,628 \cdot Q / A_v^{1/2} - h_{eq}$

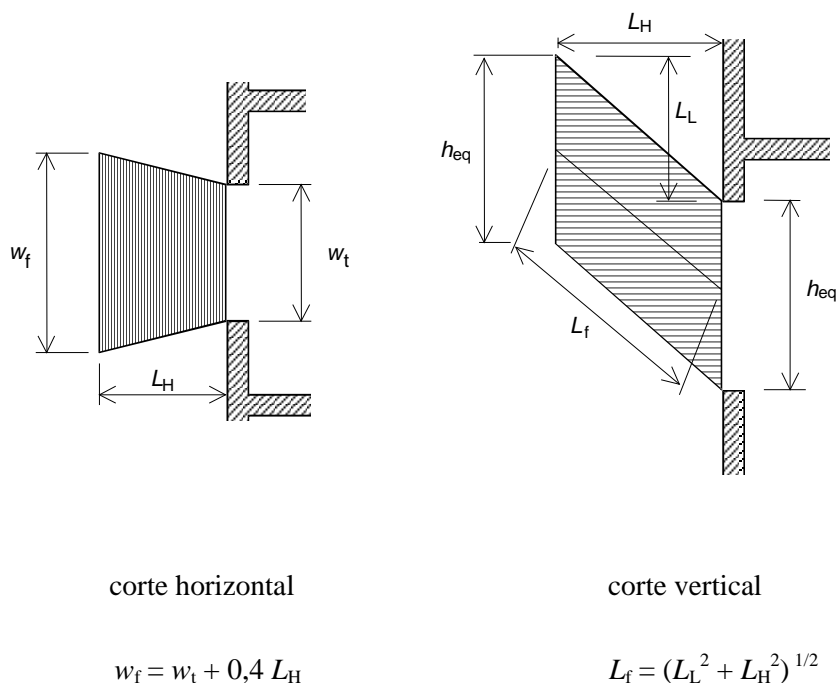


Figura B.4 – Dimensões da chama, com tiragem forçada ou aberturas em paredes opostas

(4) A projecção horizontal da chama é obtida por:

$$L_H = 0,605 (u^2 / h_{eq})^{0,22} (L_L + h_{eq}) \quad (B.21)$$

NOTA: Para $u = 6 \text{ m/s}$, $L_H = 1,33 (L_L + h_{eq}) / h_{eq}^{0,22}$

(5) A largura da chama é obtida por:

$$w_f = w_t + 0,4 L_H \quad (B.22)$$

(6) O comprimento da chama segundo o eixo é obtido por:

$$L_f = (L_L^2 + L_H^2)^{1/2} \quad (B.23)$$

(7) A temperatura da chama na abertura é obtida por:

$$T_w = 520 / (1 - 0,3325 L_f (A_v)^{1/2} / Q) + T_0 \quad [\text{K}] \quad (B.24)$$

com $L_f (A_v)^{1/2} / Q < 1$

(8) A emissividade das chamas na abertura poderá ser considerada como $\varepsilon_f = 1,0$.

(9) A temperatura da chama segundo o eixo é obtida por:

$$T_z = \left(1 - 0,3325 \frac{L_x (A_v)^{1/2}}{Q} \right) (T_w - T_0) + T_0 \quad [\text{K}] \quad (B.25)$$

em que:

L_x distância axial entre a abertura e o ponto onde o cálculo é efectuado.

(10) A emissividade das chamas poderá ser considerada como:

$$\varepsilon_f = 1 - e^{-0,3d_f} \quad (\text{B.26})$$

em que:

d_f espessura da chama [m].

(11) O coeficiente de transferência de calor por convecção é obtido por:

$$\alpha_c = 9,8 (1 / d_{eq})^{0,4} (Q / (17,5 A_v) + u / 1,6)^{0,6} \quad (\text{B.27})$$

NOTA: Para $u = 6 \text{ m/s}$, o coeficiente de transferência de calor por convecção é obtido por:

$$\alpha_c = 9,8 (1 / d_{eq})^{0,4} (Q / (17,5 A_v) + 3,75)^{0,6}$$

(12) Relativamente aos efeitos das varandas ou palas, ver a Figura B.5, a trajectória da chama, após ser desviada horizontalmente por uma varanda ou por uma pala, mantém-se, ou seja, é deslocada para o exterior de uma distância igual à profundidade da varanda, mas com um comprimento da chama L_f inalterado.

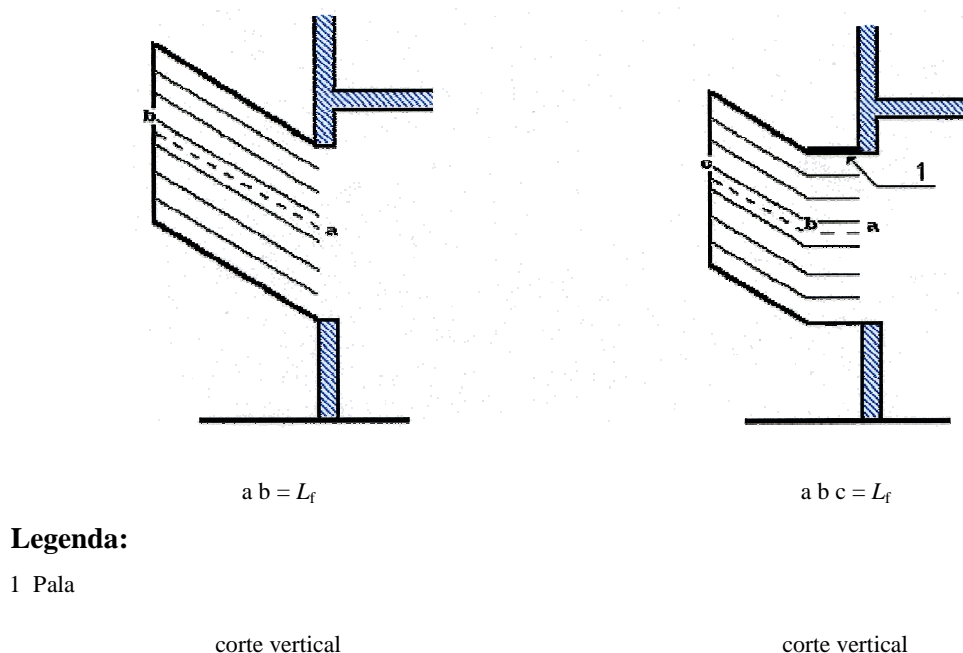


Figura B.5 – Deflexão da chama pela pala

B.5 Factores de vista globais

(1) O factor de vista global Φ_f de um elemento, para a transferência de calor por radiação proveniente de uma abertura, deverá ser determinado a partir de:

$$\Phi_f = \frac{(C_1 \Phi_{f,1} + C_2 \Phi_{f,2}) d_1 + (C_3 \Phi_{f,3} + C_4 \Phi_{f,4}) d_2}{(C_1 + C_2) d_1 + (C_3 + C_4) d_2} \quad (\text{B.28})$$

em que:

$\Phi_{f,i}$ factor de vista da face i do elemento, para essa abertura, ver o Anexo G;

d_i dimensão da secção transversal da face i do elemento;

C_i coeficiente de protecção da face i do elemento, com os seguintes valores:

- para uma face protegida: $C_i = 0$;
- para uma face não protegida: $C_i = 1$.

(2) O factor de vista $\Phi_{f,i}$ para a face de um elemento a partir da qual a abertura não é visível, deverá ser considerado como zero.

(3) O factor de vista global Φ_z de um elemento, para a transferência de calor por radiação proveniente de uma chama, deverá ser determinado a partir de:

$$\Phi_z = \frac{(C_1 \Phi_{z,1} + C_2 \Phi_{z,2}) d_1 + (C_3 \Phi_{z,3} + C_4 \Phi_{z,4}) d_2}{(C_1 + C_2) d_1 + (C_3 + C_4) d_2} \quad (\text{B.29})$$

em que:

$\Phi_{z,i}$ factor de vista da face i do elemento, para essa chama, ver o Anexo G.

(4) Os factores de vista $\Phi_{z,i}$ das faces de elementos, para a transferência de calor por radiação proveniente de chamas, poderão basear-se em dimensões rectangulares equivalentes das chamas. Para este efeito, as dimensões e as localizações dos rectângulos equivalentes, que representam a frente e os lados de uma chama, deverão ser determinadas como se indica no Anexo G. Para todos os outros casos, deverão utilizar-se as dimensões das chamas indicadas em B.4 deste Anexo.

Anexo C (informativo)

Incêndios localizados

(1) A acção térmica de um incêndio localizado pode ser avaliada utilizando a expressão indicada neste Anexo. É necessário distinguir entre o caso em que a chama não atinge o tecto e o caso em que o atinge.

(2) O fluxo de calor entre um incêndio localizado e um elemento estrutural deverá ser calculado pela expressão (3.1), e deverá basear-se num factor de vista estabelecido de acordo com o Anexo G.

(3) O comprimento das chamas L_f de um incêndio localizado (ver a Figura C.1) é obtido por:

$$L_f = -1,02 D + 0,0148 Q^{2/5} \quad [\text{m}] \quad (\text{C.1})$$

(4) Quando a chama não atinge o tecto de um compartimento ($L_f < H$; ver a Figura C.1) ou no caso de um incêndio ao ar livre, a temperatura $\Theta_{(z)}$ na pluma ao longo do eixo vertical de simetria da chama é obtida por:

$$\Theta_{(z)} = 20 + 0,25 Q_c^{2/3} (z - z_0)^{-5/3} \leq 900 \quad [^\circ\text{C}] \quad (\text{C.2})$$

em que:

D diâmetro do incêndio [m], ver a Figura C.1;

Q taxa de libertação de calor [W] do incêndio, de acordo com E.4;

Q_c parcela da taxa de libertação de calor de convecção [W], com $Q_c = 0,8 Q$ na ausência de mais informação;

z altura [m] ao longo do eixo da chama, ver a Figura C.1;

H distância [m] entre a origem do incêndio e o tecto, ver a Figura C.1.

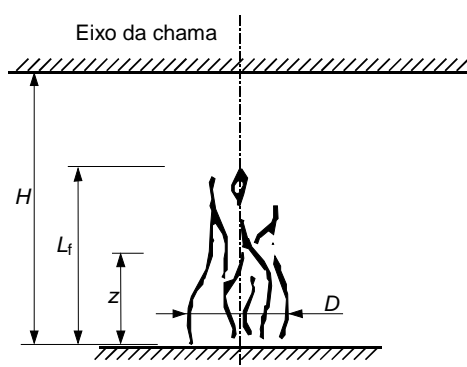


Figura C.1

(5) A origem virtual z_0 do eixo é obtida por:

$$z_0 = -1,02 D + 0,00524 Q^{2/5} \quad [\text{m}] \quad (\text{C.3})$$

(6) Quando a chama atinge o tecto ($L_f \geq H$; ver a Figura C.2), o fluxo de calor \dot{h} [W/m²] recebido pela unidade de área da superfície exposta ao fogo ao nível do tecto é obtido por:

$$\begin{aligned} \dot{h} &= 100\,000 & \text{se } y \leq 0,30 \\ \dot{h} &= 136\,300 - 121\,000 y & \text{se } 0,30 < y < 1,0 \\ \dot{h} &= 15\,000 y^{-3,7} & \text{se } y \geq 1,0 \end{aligned} \quad (\text{C.4})$$

em que:

y parâmetro [-] obtido por : $y = \frac{r+H+z'}{L_h+H+z'}$

r distância horizontal [m] entre o eixo vertical do incêndio e o ponto no tecto em que é calculado o fluxo térmico, ver a Figura C.2;

H distância [m] entre a origem do incêndio e o tecto, ver a Figura C.2.

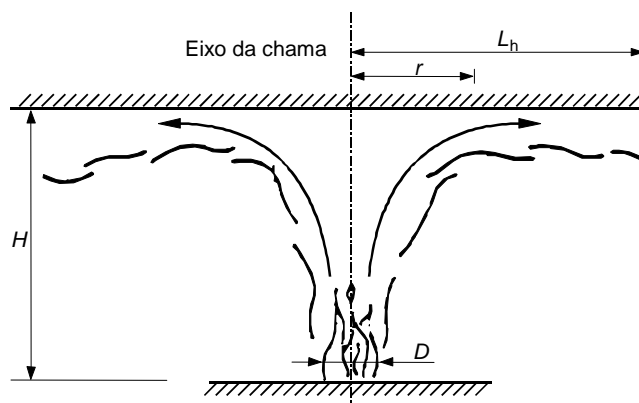


Figura C.2

(7) L_h é o comprimento horizontal da chama (ver a Figura C.2), obtido por:

$$L_h = \left(2,9 H (Q_H^*)^{0,33} \right) - H \quad [\text{m}] \quad (\text{C.5})$$

(8) Q_H^* é uma taxa de libertação de calor, adimensional, obtida por:

$$Q_H^* = Q / (1,11 \cdot 10^6 \cdot H^{2,5}) \quad [-] \quad (\text{C.6})$$

(9) z' é a posição vertical da fonte de calor virtual [m], obtida por:

$$z' = 2,4 D (Q_D^{*2/5} - Q_D^{*2/3}) \quad \text{para } Q_D^* < 1,0 \quad (\text{C.7})$$

$$z' = 2,4 D (1,0 - Q_D^{*2/5}) \quad \text{para } Q_D^* \geq 1,0$$

em que:

$$Q_D^* = Q / (1,11 \cdot 10^6 \cdot D^{2,5}) \quad [-] \quad (\text{C.8})$$

(10) O fluxo de calor efectivo \dot{h}_{net} recebido pela unidade de área da superfície exposta ao fogo ao nível do tecto é obtido por:

$$\dot{h}_{\text{net}} = \dot{h} - \alpha_c \cdot (\theta_m - 20) - \Phi \cdot \varepsilon_m \cdot \varepsilon_f \cdot \sigma \cdot [(\theta_m + 273)^4 - (293)^4] \quad (\text{C.9})$$

em que os diversos coeficientes dependem das expressões (3.2), (3.3) e (C.4).

(11) As regras indicadas em (3) a (10) inclusive são válidas se as seguintes condições forem satisfeitas:

- o diâmetro do incêndio for $D \leq 10$ m;
- a taxa de libertação de calor do incêndio for $Q \leq 50$ MW.

(12) No caso de vários incêndios localizados separados, poderá utilizar-se (C.4) para obter os diferentes fluxos de calor $\dot{h}_1, \dot{h}_2 \dots$ recebidos pela unidade de área da superfície exposta ao fogo ao nível do tecto. O fluxo de calor total poderá ser considerado como:

$$\dot{h}_{\text{tot}} = \dot{h}_1 + \dot{h}_2 \dots \leq 100\,000 \quad [\text{W/m}^2] \quad (\text{C.10})$$

Anexo D (informativo)

Modelos de incêndio avançados

D.1 Modelos de uma zona

(1) Os modelos de uma zona deverão aplicar-se a incêndios plenamente desenvolvidos. Pressupõe-se que a temperatura, a massa volúmica, a energia interna e a pressão do gás são homogêneas no compartimento.

(2) A temperatura deverá ser calculada considerando:

- a resolução das equações de conservação de massa e de conservação de energia;
- a transferência de massa entre o gás interior, o gás exterior (através das aberturas) e o fogo (taxa de pirólise);
- a transferência de energia entre o fogo, o gás interior, as paredes e as aberturas.

(3) A lei dos gases perfeitos considerada é:

$$P_{\text{int}} = \rho_g R T_g \quad [\text{N/m}^2] \quad (\text{D.1})$$

(4) O balanço de massa dos gases do compartimento é expresso por:

$$\frac{dm}{dt} = \dot{m}_{\text{in}} - \dot{m}_{\text{out}} + \dot{m}_{\text{fi}} \quad [\text{kg/s}] \quad (\text{D.2})$$

em que:

$\frac{dm}{dt}$ taxa de variação de massa dos gases no compartimento de incêndio;

\dot{m}_{out} taxa de saída de massa de gás através das aberturas;

\dot{m}_{in} taxa de entrada de massa de gás através das aberturas;

\dot{m}_{fi} taxa de produção de produtos de pirólise.

(5) A taxa de variação de massa dos gases e a taxa de pirólise poderão ser ignoradas. Em consequência,

$$\dot{m}_{\text{in}} = \dot{m}_{\text{out}} \quad (\text{D.3})$$

Estes fluxos de massa poderão ser calculados com base na pressão estática devida às diferenças de massa volúmica entre o ar à temperatura ambiente e o ar a temperaturas elevadas.

(6) O balanço de energia dos gases no compartimento de incêndio poderá ser considerado como:

$$\frac{dE_g}{dt} = Q - Q_{\text{out}} + Q_{\text{in}} - Q_{\text{wall}} - Q_{\text{rad}} \quad [\text{W}] \quad (\text{D.4})$$

em que:

E_g energia interna do gás [J];

Q taxa de libertação de calor do incêndio [W];

$Q_{\text{out}} = \dot{m}_{\text{out}} c T_f$

$$Q_{in} = \dot{m}_{in} c T_{amb}$$

$$Q_{wall} = (A_t - A_{h,v}) \dot{h}_{net} \quad \text{perda de energia através das superfícies envolventes;}$$

$$Q_{rad} = A_{h,v} \sigma T_f^4 \quad \text{perda de energia por radiação pelas aberturas;}$$

em que:

c calor específico [J/kgK];

\dot{h}_{net} obtido por (3.1);

\dot{m} taxa de variação de massa dos gases [kg/s];

T temperatura [K].

D.2 Modelos de duas zonas

(1) Um modelo de duas zonas baseia-se na hipótese da acumulação dos produtos de combustão numa camada sob o tecto, com uma interface horizontal. São definidas diferentes zonas: a camada superior, a camada inferior, o incêndio e a sua pluma, o gás exterior e as paredes.

(2) Na camada superior, poderão admitir-se características uniformes do gás.

(3) As transferências de massa, de energia e de substâncias químicas entre estas diferentes zonas poderão ser calculadas.

(4) Num dado compartimento de incêndio, com uma carga de incêndio distribuída de forma uniforme, um modelo de incêndio de duas zonas poderá evoluir para um incêndio de uma zona numa das seguintes situações:

- se a temperatura dos gases na camada superior ultrapassar os 500 °C;
- se a espessura da camada superior ocupar 80 % da altura do compartimento.

D.3 Modelos computacionais de dinâmica dos fluidos

(1) Poderá utilizar-se um modelo computacional de dinâmica dos fluidos para resolver numericamente as equações diferenciais parciais e obter, em todos os pontos do compartimento, as variáveis termodinâmicas e aerodinâmicas.

NOTA: Os modelos computacionais de dinâmica dos fluidos, ou DFC, analisam sistemas que envolvem fluxo de fluidos, transferência de calor e fenómenos associados através da resolução das equações fundamentais do escoamento de fluidos. Estas equações definem matematicamente as leis de conservação da física:

- a massa de um fluido mantém-se constante;
- a taxa de variação do momento linear de uma partícula de fluido é igual à resultante das forças que sobre ela actuam (segunda lei de Newton);
- a taxa de variação da energia é igual à soma da taxa de aumento da quantidade de calor com a taxa de trabalho realizado sobre uma partícula de fluido (primeira lei da termodinâmica).

Anexo E^{*)} (informativo)

Densidade de carga de incêndio

E.1 Generalidades

(1) A densidade de carga de incêndio a utilizar nos cálculos deverá ser um valor de cálculo decorrente de medições ou, em casos especiais, baseado nas exigências de resistência ao fogo constantes dos regulamentos nacionais.

(2) O valor de cálculo poderá ser obtido:

- a partir de uma classificação nacional de cargas de incêndio de acordo com o tipo de ocupação do espaço; e/ou
- especificamente para cada projecto, efectuando um estudo de cargas de incêndio.

(3) O valor de cálculo da densidade de carga de incêndio $q_{f,d}$ é definido por:

$$q_{f,d} = q_{f,k} \cdot m \cdot \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n \quad [\text{MJ/m}^2] \quad (\text{E.1})$$

em que:

m	factor de combustão (ver E.3);
δ_{q1}	factor que traduz a influência das dimensões do compartimento no risco de activação de incêndio (ver o Quadro E.1);
δ_{q2}	factor que traduz a influência do tipo de ocupação no risco de activação de incêndio (ver o Quadro E.1);
$\delta_n = \prod_{i=1}^{10} \delta_{ni}$	factor que tem em conta as diferentes medidas activas de combate a incêndios i (extinção, detecção, transmissão automática de alarme, bombeiros...). Estas medidas activas são geralmente impostas por motivos de segurança das pessoas (ver o Quadro E.2 e secções (4) e (5));
$q_{f,k}$	valor característico da densidade de carga de incêndio por unidade de área do pavimento [MJ/m^2] (ver, por exemplo, o Quadro E.4).

^{*)} Em Portugal, este Anexo só se aplica parcialmente (ver o Anexo Nacional NA) (nota nacional).

Quadro E. 1 – Factores δ_{q1} , δ_{q2}

Área do pavimento do compartimento A_f [m ²]	Perigo de activação de incêndio δ_{q1}	Perigo de activação de incêndio δ_{q2}	Exemplos de tipo de ocupação
25	1,10	0,78	Galeria de arte, museu, piscina
250	1,50	1,00	Escritório, residência, hotel, indústria do papel
2500	1,90	1,22	Fábrica de máquinas e motores
5000	2,00	1,44	Laboratório químico, oficina de pintura
10 000	2,13	1,66	Fábrica de pirotecnia ou tintas

Quadro E.2 – Factores δ_{ni}

δ_{ni} Função de medidas activas de combate a incêndio									
Extinção automática de incêndio		Detecção automática de incêndio			Extinção manual de incêndio				
Sistema automático de extinção com água	Redes independentes de fornecimento de água 0 1 2	Detecção e alarme automáticos de incêndio		Transmissão automática de alarme aos bombeiros	Bombeiros no local	Bombeiros fora do local	Vias de acesso seguras	Dispositivos de combate a incêndios	Sistema de exaustão de fumos
		pelo calor	pelo fumo						
δ_{n1}	δ_{n2}	δ_{n3}	δ_{n4}	δ_{n5}	δ_{n6}	δ_{n7}	δ_{n8}	δ_{n9}	δ_{n10}
0,61	1,0 0,87 0,7	0,87 ou 0,73		0,87	0,61 ou 0,78		0,9 ou 1 ou 1,5	1,0 ou 1,5	1,0 ou 1,5

(4) Para as medidas normais de combate a incêndios, que deverão estar quase sempre presentes, como, por exemplo, vias de acesso seguras, dispositivos de combate a incêndios e sistemas de exaustão de fumos nas escadas, os valores de δ_{ni} do Quadro E.2 deverão ser tomados como 1,0. No entanto, se estas medidas não tiverem sido previstas, o correspondente valor de δ_{ni} deverá ser tomado como 1,5.

(5) Se, em situação de alarme de incêndio, as escadas forem colocadas em sobrepressão, o factor δ_{n8} do Quadro E.2 poderá ser tomado como 0,9.

(6) A abordagem anterior baseia-se na hipótese de que são satisfeitos os requisitos constantes das Normas Europeias relevantes em matéria de “sprinklers”, detecção, alarme e sistemas de exaustão de fumos (ver também 1.3). No entanto, as circunstâncias locais poderão influenciar os valores indicados no Quadro E.2. Faz-se referência ao documento de apoio CEN/TC 250/SC1/N 300A.

E.2 Determinação das densidades de carga de incêndio

E.2.1 Generalidades

(1) A carga de incêndio deverá incluir todo o recheio combustível do edifício e das partes combustíveis da construção, incluindo os materiais de revestimento e os acabamentos. Não é necessário ter em conta as partes combustíveis da construção que não estejam em condições de carbonizar durante o incêndio.

(2) No cálculo das densidades de carga de incêndio aplica-se o que a seguir se indica:

– a partir de uma classificação de cargas de incêndio segundo o tipo de ocupação (ver E.2.5); e/ou

– de modo específico para um dado projecto (ver E.2.6).

(3) Quando as densidades de carga de incêndio são determinadas a partir de uma classificação de cargas de incêndio segundo o tipo de ocupação, distinguem-se as seguintes cargas de incêndio:

– cargas de incêndio devidas à ocupação, obtidas pela classificação;

– cargas de incêndio do próprio edifício (elementos de construção, revestimentos e acabamentos) que geralmente não estão incluídas na classificação e que são então determinadas, conforme for relevante, de acordo com as secções seguintes.

E.2.2 Definições

(1) O valor característico da carga de incêndio é definido por:

$$Q_{fi,k} = \sum M_{k,i} \cdot H_{ui} \cdot \Psi_i = \sum Q_{fi,k,i} \quad [\text{MJ}] \quad (\text{E.2})$$

em que:

$M_{k,i}$ quantidade de material combustível [kg], de acordo com (3) e (4);

H_{ui} poder calorífico efectivo [MJ/kg], ver E.2.4;

$[\Psi_i]$ factor opcional para avaliar as cargas de incêndio protegidas, ver E.2.3.

(2) O valor característico da densidade de carga de incêndio $q_{f,k}$ por unidade de área é definido por:

$$q_{f,k} = Q_{fi,k} / A \quad [\text{MJ/m}^2] \quad (\text{E.3})$$

em que:

A área do pavimento (A_f) do compartimento de incêndio ou do espaço de referência, ou se for a área da superfície interior (A_i) do compartimento de incêndio, obtém-se $q_{f,k}$.

(3) Os valores das cargas de incêndio permanentes, que se prevê não venham a variar durante o período de utilização de uma estrutura, deverão ser os resultantes da avaliação efectuada.

(4) As cargas de incêndio variáveis, que possam variar durante o período de utilização de uma estrutura, deverão ser representadas por valores que se prevê não sejam ultrapassados durante 80 % do tempo.

E.2.3 Cargas de incêndio protegidas

(1) Não é necessário considerar as cargas de incêndio localizadas em espaços confinados concebidos para resistir à exposição ao fogo.

(2) As cargas de incêndio em espaços confinados não combustíveis sem projecto específico em relação à acção do fogo mas que se mantenham intactos durante a exposição ao mesmo, poderão ser consideradas da seguinte forma:

A maior carga de incêndio, mas pelo menos 10 % das cargas de incêndio protegidas, é associada a $\Psi_i = 1,0$.

Se esta carga de incêndio mais as cargas de incêndio não protegidas não forem suficientes para aquecer as restantes cargas de incêndio protegidas para além da temperatura de ignição, as restantes cargas de incêndio protegidas poderão ser associadas a $\Psi_i = 0,0$.

Caso contrário, é necessário avaliar separadamente os valores de Ψ_i .

E.2.4 Poderes caloríficos efectivos

(1) Os poderes caloríficos efectivos deverão ser determinados de acordo com a EN ISO 1716:2002.

(2) O teor de água dos materiais poderá ser considerado da seguinte forma:

$$H_u = H_{u0} (1 - 0,01 u) - 0,025 u \quad [\text{MJ/kg}] \quad (\text{E.4})$$

em que:

u teor de água expresso em percentagem do peso seco;

H_{u0} poder calorífico efectivo dos materiais secos.

(3) Os poderes caloríficos efectivos de alguns sólidos, líquidos e gases estão indicados no Quadro E.3.

Quadro E.3 – Poderes caloríficos efectivos H_u [MJ/kg] de materiais combustíveis para o cálculo das cargas de incêndio

Sólidos	
Madeira	17,5
Outros materiais celulósicos <ul style="list-style-type: none"> • Vestuário • Cortiça • Algodão • Papel, cartão • Seda • Palha • Lã 	20
Carbono <ul style="list-style-type: none"> • Antracite • Carvão vegetal • Carvão 	30
Produtos químicos	
Série das parafinas <ul style="list-style-type: none"> • Metano • Etano • Propano • Butano 	50
Série das olefinas <ul style="list-style-type: none"> • Etileno • Propileno • Buteno 	45
Série das aromáticas <ul style="list-style-type: none"> • Benzeno • Tolueno 	40
Alcoois <ul style="list-style-type: none"> • Metanol • Etanol • Álcool etílico 	30
Combustíveis <ul style="list-style-type: none"> • Gasolina, petróleo • Gasóleo 	45
Plásticos de hidrocarbonetos puros <ul style="list-style-type: none"> • Polietileno • Polistireno • Polipropileno 	40
Outros produtos	
ABS (plástico)	35
Poliéster (plástico)	30
Poliisocianurato e poliuretano (plásticos)	25
Policloreto de vinilo, PVC (plástico)	20
Betume, asfalto	40
Cabedal	20
Linóleo	20
Borracha de pneu	30
<i>NOTA: Os valores indicados neste Quadro não se aplicam ao cálculo do teor energético dos combustíveis.</i>	

E.2.5 Classificação das densidades de carga de incêndio segundo o tipo de ocupação

(1) As densidades de carga de incêndio deverão ser classificadas em função da ocupação, estar referidas à área do pavimento e ser utilizadas como valores característicos da densidade de carga de incêndio $q_{f,k}$ [MJ/m²], conforme indicado no Quadro E.4.

Quadro E.4 – Densidades de carga de incêndio $q_{f,k}$ [MJ/m²]
para diferentes tipos de ocupação

Ocupação	Média	Quantilho de 80 %
Habitação	780	948
Hospital (quarto)	230	280
Hotel (quarto)	310	377
Biblioteca	1500	1824
Escritório	420	511
Sala de aulas de uma escola	285	347
Centro comercial	600	730
Teatro (cinema)	300	365
Transporte (espaço público)	100	122
<i>NOTA: Admite-se uma distribuição de Gumbel para o quantilho de 80 %.</i>		

(2) Os valores da densidade de carga de incêndio $q_{f,k}$, indicados no Quadro E.4, são válidos para um factor δ_{q2} igual a 1,0 (ver o Quadro E.1).

(3) As cargas de incêndio indicadas no Quadro E.4 são válidas para compartimentos correntes com os tipos de ocupação aqui indicados. Os compartimentos especiais são considerados de acordo com E.2.2.

(4) As cargas de incêndio relativas ao próprio edifício (elementos de construção, revestimentos e acabamentos) deverão ser determinadas de acordo com o disposto em E.2.2. Se relevante, deverão ser adicionadas às densidades de carga de incêndio de (1).

E.2.6 Avaliação das densidades de carga de incêndio caso a caso

(1) Caso não se apliquem as classes de ocupação, as densidades de carga de incêndio poderão ser especificamente determinadas para um determinado projecto efectuando um estudo das cargas de incêndio em função da ocupação.

(2) As cargas de incêndio e a sua distribuição local deverão ser avaliadas tendo em conta a utilização prevista, o mobiliário e as instalações, as modificações no tempo, as tendências desfavoráveis e as possíveis alterações da ocupação.

(3) Quando possível, deverá efectuar-se um estudo com base num projecto comparável já existente, de forma a que só tenham que ser especificadas pelo cliente eventuais diferenças entre o projecto em causa e o projecto existente.

E.3 Condições de combustão

(1) As condições de combustão deverão ser consideradas em função da ocupação e do tipo de carga de incêndio.

(2) Para materiais essencialmente celulósicos, poderá admitir-se para o factor de combustão $m = 0,8$.

E.4 Taxa de libertação de calor Q

(1) A fase de desenvolvimento poderá ser definida pela expressão:

$$Q = 10^6 \left(\frac{t}{t_\alpha} \right)^2 \quad (\text{E.5})$$

em que:

Q taxa de libertação de calor em [W];

t tempo em [s];

t_α tempo necessário para atingir uma taxa de libertação de calor de 1 MW.

(2) O parâmetro t_α e a taxa máxima de libertação de calor por unidade de área RHR_f , para diferentes tipos de ocupação, estão indicados no Quadro E.5.

Quadro E.5 – Taxa de crescimento de incêndio e RHR_f
para diferentes tipos de ocupação

Taxa máxima de libertação de calor por unidade de área RHR_f			
Ocupação	Taxa de crescimento de incêndio	t_α [s]	RHR_f [kW/m ²]
Habituação	Média	300	250
Hospital (quarto)	Média	300	250
Hotel (quarto)	Média	300	250
Biblioteca	Rápida	150	500
Escritório	Média	300	250
Sala de aulas de uma escola	Média	300	250
Centro comercial	Rápida	150	250
Teatro (cinema)	Rápida	150	500
Transporte (espaço público)	Lenta	600	250

(3) Os valores da taxa de crescimento de incêndio e de RHR_f indicados no Quadro E.5 são válidos para um factor δ_{q2} igual a 1,0 (ver o Quadro E.1).

(4) Para uma propagação ultra-rápida do incêndio, t_α corresponde a 75 s.

(5) A fase de crescimento é limitada por um patamar horizontal correspondente ao estado estacionário e a um valor de Q obtido por $(RHR_f \cdot A_{fi})$,

em que:

A_{fi} área máxima do incêndio [m^2], ou seja o compartimento de incêndio no caso de uma carga de incêndio uniformemente distribuída mas que poderá ser menor no caso de um incêndio localizado;

RHR_f taxa máxima de libertação de calor produzida por $1 m^2$ de fogo no caso de um incêndio controlado pelo combustível [kW/m^2] (ver o Quadro E.5).

(6) O patamar horizontal é limitado pela fase de arrefecimento que tem início quando 70 % da carga de incêndio total foi consumida.

(7) Poderá admitir-se que a fase de arrefecimento é linear, que se inicia quando 70 % da carga de incêndio foi consumida e que termina quando a carga de incêndio foi completamente consumida.

(8) Se o incêndio for controlado pela ventilação, o nível do patamar horizontal tem que ser reduzido de acordo com o teor de oxigénio existente, quer de forma automática através de um programa de computador baseado no modelo de uma zona, quer por meio da expressão simplificada:

$$Q_{\max} = 0,10 \cdot m \cdot H_u \cdot A_v \cdot \sqrt{h_{eq}} \quad [MW] \quad (E.6)$$

em que:

A_v área das aberturas [m^2];

h_{eq} altura média das aberturas [m];

H_u poder calorífico efectivo da madeira com $H_u = 17,5$ MJ/kg;

m factor de combustão com $m = 0,8$.

(9) Quando o nível máximo da taxa de libertação de calor é reduzido numa situação de combustão controlada pela ventilação, a curva da taxa de libertação de calor tem que ser prolongada para corresponder à energia disponível obtida pela carga de incêndio. Se não for prolongada admite-se que existe combustão exterior, o que implica uma temperatura inferior dos gases no compartimento.

Anexo F^{*)} (informativo)

Tempo equivalente de exposição ao fogo

(1) A abordagem seguinte poderá aplicar-se no caso em que o projecto dos elementos se baseia em dados tabelados ou noutras regras simplificadas, com base na exposição ao fogo padrão.

NOTA: O método indicado neste Anexo depende dos materiais. Não se aplica a construções mistas aço-betão ou de madeira.

(2) Se as densidades de carga de incêndio forem definidas sem considerar especificamente o comportamento de combustão (ver o Anexo E), esta abordagem deverá limitar-se aos compartimentos de incêndio com cargas de incêndio preponderantemente celulósicas.

(3) O tempo equivalente de exposição ao fogo padrão é definido por:

$$t_{e,d} = (q_{f,d} \cdot k_b \cdot w_f) k_c \quad \text{ou} \quad t_{e,d} = (q_{t,d} \cdot k_b \cdot w_t) k_c \quad [\text{min}] \quad (\text{F.1})$$

em que:

$q_{f,d}$ valor de cálculo da densidade de carga de incêndio de acordo com o Anexo E, sendo, portanto, $q_{t,d} = q_{f,d} \cdot A_f / A_i$;

k_b factor de conversão de acordo com (4);

w_f factor de ventilação de acordo com (5), sendo, portanto, $w_t = w_f \cdot A_i / A_f$;

k_c factor de correcção, função do material constituinte da secção transversal da estrutura, definido no Quadro F.1.

Quadro F.1 – Factor de correcção k_c para diversos materiais
(O é o factor de abertura definido no Anexo A)

Material da secção transversal	Factor de correcção k_c
Betão armado	1,0
Aço protegido	1,0
Aço não protegido	$13,7 \cdot O$

(4) Nos casos em que não se efectua uma avaliação pormenorizada das propriedades térmicas da envolvente, poderá considerar-se como factor de conversão k_b :

$$k_b = 0,07 \quad [\text{min} \cdot \text{m}^2/\text{MJ}] \quad \text{no caso de } q_d \text{ ser em } [\text{MJ}/\text{m}^2] \quad (\text{F.2})$$

Caso contrário, k_b poderá ser relacionado com a propriedade térmica $b = \sqrt{(\rho c \lambda)}$ da envolvente, através do Quadro F.2. Para a determinação de b para camadas múltiplas de material ou para diferentes materiais em paredes, pavimentos e tectos, ver (5) e (6) do Anexo A.

^{*)} Em Portugal, este Anexo não se aplica (ver o Anexo Nacional NA) (nota nacional).

Quadro F.2 – Factor de conversão k_b em função das propriedades térmicas da envolvente

$b = \sqrt{\rho c \lambda}$ [J/m ² s ^{1/2} K]	k_b [min · m ² /MJ]
$b > 2500$	0,04
$720 \leq b \leq 2500$	0,055
$b < 720$	0,07

(5) O factor de ventilação w_f poderá ser calculado por:

$$w_f = (6,0 / H)^{0,3} [0,62 + 90(0,4 - \alpha_v)^4 / (1 + b_v \alpha_h)] \geq 0,5 \quad [-] \quad (F.3)$$

em que:

$\alpha_v = A_v / A_f$ área das aberturas verticais na fachada (A_v) por unidade de área do pavimento do compartimento (A_f), em que deverá ser observado o limite $0,025 \leq \alpha_v \leq 0,25$;

$\alpha_h = A_h / A_f$ área das aberturas horizontais no tecto (A_h) por unidade de área do pavimento do compartimento (A_f);

$$b_v = 12,5 (1 + 10 \alpha_v - \alpha_v^2) \geq 10,0;$$

H altura do compartimento de incêndio [m].

Para pequenos compartimentos de incêndio [$A_f < 100 \text{ m}^2$] sem aberturas no tecto, o factor w_f também poderá ser calculado por:

$$w_f = O^{-1/2} \cdot A_f / A_t \quad (F.4)$$

em que:

O factor de abertura de acordo com o Anexo A.

(6) Deve verificar-se a condição:

$$t_{e,d} < t_{fi,d} \quad (F.5)$$

em que:

$t_{fi,d}$ valor de cálculo da resistência ao fogo padrão dos elementos, determinado de acordo com as Partes relativas ao dimensionamento ao fogo das EN 1992 a EN 1996 e da EN 1999.

Anexo G (informativo)

Factor de vista

G.1 Generalidades

(1) O factor de vista Φ é definido em 1.5.4.1 e tem a seguinte expressão:

$$dF_{d1-d2} = \frac{\cos \theta_1 \cos \theta_2}{\pi S_{1-2}^2} dA_2 \quad (G.1)$$

O factor de vista mede a fracção do calor por radiação total que emana de uma dada superfície radiante e que chega a uma dada superfície receptora. O seu valor depende da dimensão da superfície radiante, da distância entre as superfícies radiante e receptora e da orientação relativa dessas superfícies (ver a Figura G.1).

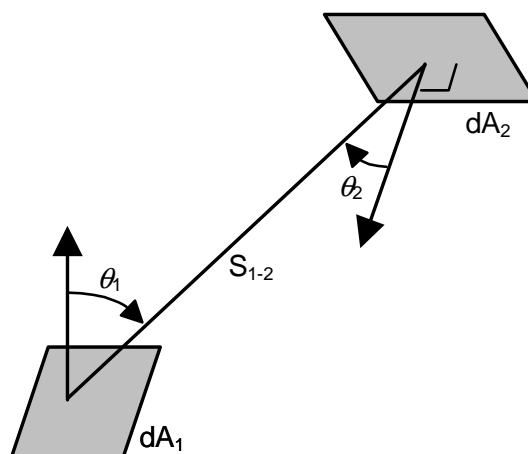


Figura G.1 – Transferência de calor por radiação entre duas áreas infinitesimais

(2) Nos casos em que o emissor de radiação tem uma temperatura e uma emissividade uniformes, a definição pode ser simplificada para: “o ângulo sólido no interior do qual o ambiente radiante pode ser visto a partir de uma certa área infinitesimal, dividido por 2π ”.

(3) A transferência de calor por radiação para uma área infinitesimal de um elemento convexo é determinada apenas pela posição e pelas dimensões do incêndio (efeito de posição).

(4) A transferência de calor por radiação para uma área infinitesimal de um elemento côncavo é determinada pela posição e pelas dimensões do incêndio (efeito de posição) e também pela radiação proveniente de outras partes do elemento (efeitos de sombra).

(5) Os limites superiores do factor de vista Φ estão indicados no Quadro G.1.

Quadro G.1 – Limites do factor de vista Φ

		Localizado	Totalmente desenvolvido
efeito de posição		$\Phi \leq 1$	$\Phi = 1$
efeito de sombra	convexo	$\Phi = 1$	$\Phi = 1$
	côncavo	$\Phi \leq 1$	$\Phi \leq 1$

G.2 Efeitos de sombra

(1) Nas Partes dos Eurocódigos relativas aos materiais são apresentadas regras específicas para a quantificação do efeito de sombra.

G.3 Elementos exteriores

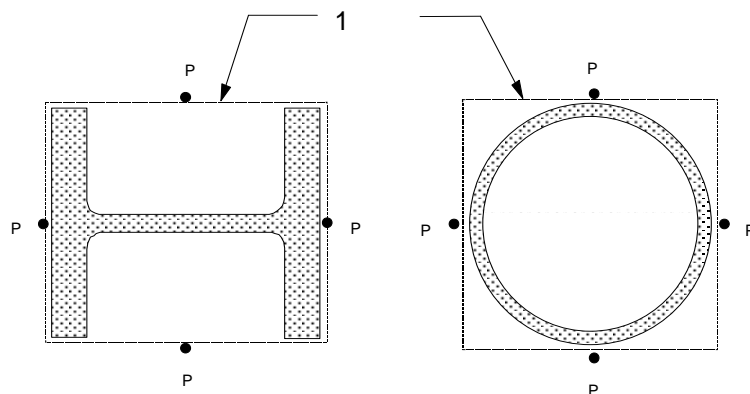
(1) Para o cálculo das temperaturas nos elementos exteriores, poderá admitir-se que todas as superfícies radiantes têm a forma rectangular. As superfícies incluem as janelas e outras aberturas nas paredes do compartimento de incêndio e as superfícies rectangulares equivalentes das chamas, ver o Anexo B.

(2) Ao calcular o factor de vista para uma dada situação, deverá desenhar-se primeiro uma envolvente rectangular em volta da secção transversal do elemento que recebe a transferência de calor por radiação, como se indica na Figura G.2 (o que representa o efeito de sombra de uma forma aproximada). Em seguida, o valor de Φ deverá ser determinado para o ponto médio P de cada face desse rectângulo.

(3) O factor de vista para cada superfície receptora deverá ser determinado como a soma das contribuições de cada uma das zonas da superfície radiante (normalmente quatro) que são visíveis a partir do ponto P da superfície receptora, como se indica nas Figuras G.3 e G.4. Estas zonas deverão ser definidas em relação ao ponto X de intersecção de uma linha horizontal perpendicular à superfície receptora com o plano que contém a superfície radiante. Não deverão considerar-se as contribuições de zonas que não são visíveis a partir do ponto P, como as sombreadas na Figura G.4.

(4) Se o ponto X estiver no exterior da superfície radiante, o factor de vista efectivo deverá ser determinado adicionando as contribuições dos dois rectângulos que vão de X até ao lado mais afastado da superfície radiante e subtraindo depois as contribuições dos dois rectângulos que vão de X até ao lado mais próximo da superfície radiante.

(5) A contribuição de cada zona deverá ser determinada como segue:



Legenda:

1 Envolvente

Figura G.2 – Envolvente das superfícies receptoras

a) superfície receptora paralela à superfície de radiação:

$$\Phi = \frac{1}{2\pi} \left[\frac{a}{(1+a^2)^{0,5}} \tan^{-1} \left(\frac{b}{(1+a^2)^{0,5}} \right) + \frac{b}{(1+b^2)^{0,5}} \tan^{-1} \left(\frac{a}{(1+b^2)^{0,5}} \right) \right] \quad (G.2)$$

em que:

$$a = h/s$$

$$b = w/s$$

s distância de P a X;

h altura da zona na superfície radiante;

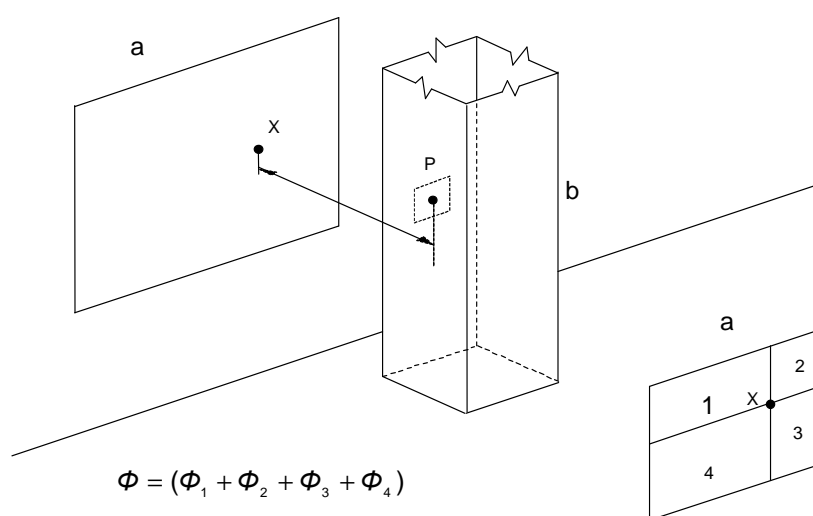
w largura dessa zona.

b) superfície receptora perpendicular à superfície radiante:

$$\Phi = \frac{1}{2\pi} \left[\tan^{-1}(a) - \frac{1}{(1+b^2)^{0,5}} \tan^{-1} \left(\frac{a}{(1+b^2)^{0,5}} \right) \right] \quad (G.3)$$

c) superfície receptora num plano que forma um ângulo θ com a superfície radiante:

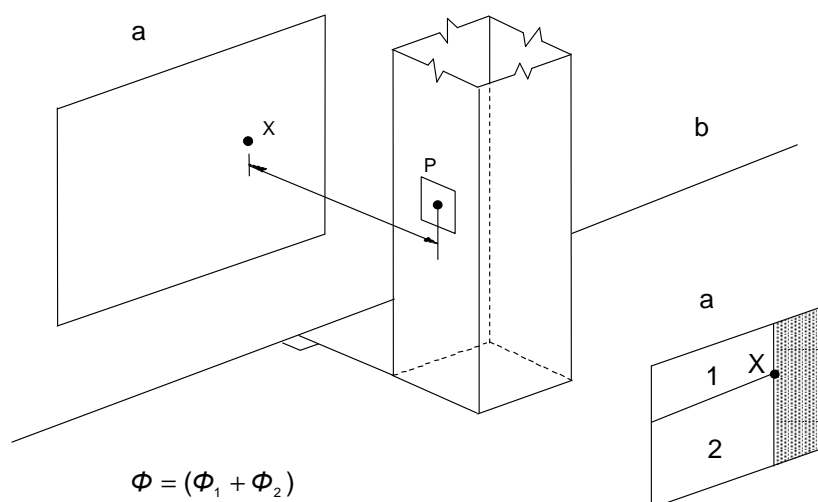
$$\Phi = \frac{1}{2\pi} \left[\tan^{-1}(a) - \frac{(1-b \cos \theta)}{(1+b^2-2b \cos \theta)^{0,5}} \tan^{-1} \left(\frac{a}{(1+b^2-2b \cos \theta)^{0,5}} \right) + \frac{a \cos \theta}{(a^2 + \sin^2 \theta)^{0,5}} \left[\tan^{-1} \left(\frac{(b - \cos \theta)}{(a^2 + \sin^2 \theta)^{0,5}} \right) + \tan^{-1} \left(\frac{\cos \theta}{(a^2 + \sin^2 \theta)^{0,5}} \right) \right] \right] \quad (G.4)$$



Legenda:

- a Superfície radiante
- b Superfície receptora

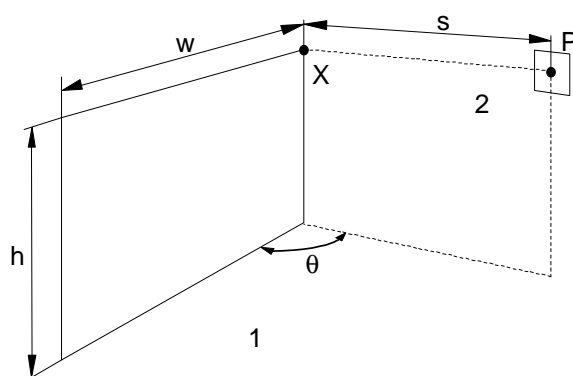
Figura G.3 – Superfície receptora num plano paralelo ao da superfície radiante



Legenda:

- a Superfície radiante
- b Superfície receptora

Figura G.4 – Superfície receptora perpendicular ao plano da superfície radiante



Legenda:

- 1 Superfície radiante
- 2 Superfície receptora

Figura G.5 – Superfície receptora num plano que forma um ângulo θ com a superfície radiante

Bibliografia

- EN ISO 1716:2002 *Reaction to fire tests for building products – Determination of the heat of combustion (ISO 1716:2002)*
- EN 1363-2 *Fire resistance tests – Part 2: Alternative and additional procedures*

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 1991-1-2:2010 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 1991-1-2:2010 – “Eurocódigo 1 – Acções em estruturas – Parte 1-2: Acções gerais – Acções em estruturas expostas ao fogo”, as quais se referem aos seguintes aspectos:

- a) Parâmetros Determinados a nível Nacional (NDP);
- b) utilização dos Anexos informativos;
- c) informações complementares não contraditórias.

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

NA.2.1 – Generalidades

Os Parâmetros Determinados a nível Nacional (NDP) relativos 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, 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 – Regras de Aplicação sem prescrições a nível nacional

Relativamente a:

- 2.4(4)
- 3.1(10)
- 3.3.1.1(1)
- 3.3.1.2(1)
- 3.3.1.2(2)
- 3.3.1.3(1)
- 3.3.2(1)

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 – Regras de Aplicação com prescrições a nível nacional

a) NA–3.3.2(2)

Para o cálculo das condições de aquecimento, a escolha do modelo de incêndio avançado a adoptar (modelo de uma zona, modelo de duas zonas ou modelo de dinâmica de fluidos) é deixada ao critério do projectista, em função da importância do projecto e dos objectivos pretendidos. A utilização de modelos de cálculo avançados é permitida, desde que devidamente validados e justificados, nomeadamente no que se refere aos parâmetros adoptados, ao método de cálculo utilizado e a eventuais comparações com outros modelos.

b) NA–4.2.2(2)

A consideração de acções adicionais induzidas pelo fogo durante a exposição, como por exemplo o impacto devido ao colapso de um elemento estrutural ou de equipamentos pesados, deve ser devidamente ponderada, tendo em conta as características do projecto.

c) NA–4.3.1(2)

Adopta-se o valor frequente $\psi_{1,1} Q_1$ para quantificar o valor representativo da acção variável de base Q_1 .

NA.3 – Utilização dos Anexos informativos

Em Portugal, os Anexos A, B, C, D e G mantêm o carácter informativo, ao passo que o Anexo F não se aplica.

O Anexo E, embora mantendo o carácter informativo, só pode aplicar-se em Portugal se se tiver em conta o disposto na alínea a) desta secção.

Os Anexos de carácter informativo só poderão ser aplicados desde que tal não prejudique os Princípios estabelecidos na presente Norma e se tenha em conta o disposto em 1.4(1), sempre que eventuais regras de projecto resultantes da aplicação desses anexos possuam um cariz alternativo às Regras de Aplicação estabelecidas nesta Norma.

a) Utilização do Anexo E

O Anexo E só pode ser utilizado em Portugal com as seguintes alterações:

- A expressão (E.1) para determinação do valor de cálculo da densidade de carga de incêndio é substituída pela expressão:

$$q_{f,d} = q_{f,k} \cdot m \quad [\text{MJ/m}^2]$$

em que:

$q_{f,k}$ valor característico da densidade de carga de incêndio por unidade de área do pavimento $[\text{MJ/m}^2]$;

m factor de combustão.

- Não se aplicam os Quadros E.1 e E.2.
- Não se aplica o disposto na secção E.3.
- Para a determinação do valor característico da carga de incêndio podem ser utilizados os valores do Quadro E.3.
- Para a determinação do valor característico da densidade de carga de incêndio, função do tipo de ocupação, podem ser utilizados os valores do Quadro E.4.

- As condições de combustão devem ser consideradas em função da ocupação e do tipo de carga de incêndio. Na ausência de informação específica sobre as condições de combustão, pode admitir-se para o factor de combustão $m = 1,0$.
- O valor de cálculo da densidade de carga de incêndio pode eventualmente ser modificado para ter em conta as medidas activas de combate a incêndio, desde que as opções sejam convenientemente fundamentadas, com base em análises de risco (estudos probabilísticos ou semi-probabilísticos de risco de colapso da estrutura), associadas a práticas já experimentadas.

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>
EN 1991-1-1:2002	NP EN 1991-1-1:2009	<i>Eurocódigo 1 – Acções em estruturas – Parte 1-1: Acções gerais – Pesos volúmicos, pesos próprios, sobrecargas em edifícios</i>
EN 1991-1-3:2003	NP EN 1991-1-3:2009	<i>Eurocódigo 1 – Acções em estruturas – Parte 1-3: Acções gerais – Acções da neve</i>
EN 1991-1-4:2005	NP EN 1991-1-4:2010	<i>Eurocódigo 1 – Acções em estruturas – Parte 1-4: Acções gerais – Acções do vento</i>
EN 1992-1-1:2004	NP EN 1992-1-1:2010	<i>Eurocódigo 2 – Projecto de estruturas de betão – Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifícios</i>
EN 1992-1-2:2004	NP EN 1992-1-2:2010	<i>Eurocódigo 2 – Projecto de estruturas de betão – Parte 1-2: Regras gerais – Verificação da resistência ao fogo</i>
EN 1993-1-1:2005	NP EN 1993-1-1:2010	<i>Eurocódigo 3 – Projecto de estruturas de aço – Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifícios</i>
EN 1993-1-2:2005	NP EN 1993-1-2:2010	<i>Eurocódigo 3 – Projecto de estruturas de aço – Parte 1-2: Regras gerais – Verificação da resistência ao fogo</i>
EN 1993-1-8:2005	NP EN 1993-1-8:2010	<i>Eurocódigo 3 – Projecto de estruturas de aço – Parte 1-8: Projecto de ligações</i>
EN 1993-1-9:2005	NP EN 1993-1-9:2010	<i>Eurocódigo 3 – Projecto de estruturas de aço – Parte 1-9: Fadiga</i>
EN 1993-1-10:2005	NP EN 1993-1-10:2010	<i>Eurocódigo 3 – Projecto de estruturas de aço – Parte 1-10: Tenacidade dos materiais e propriedades no sentido da espessura</i>