

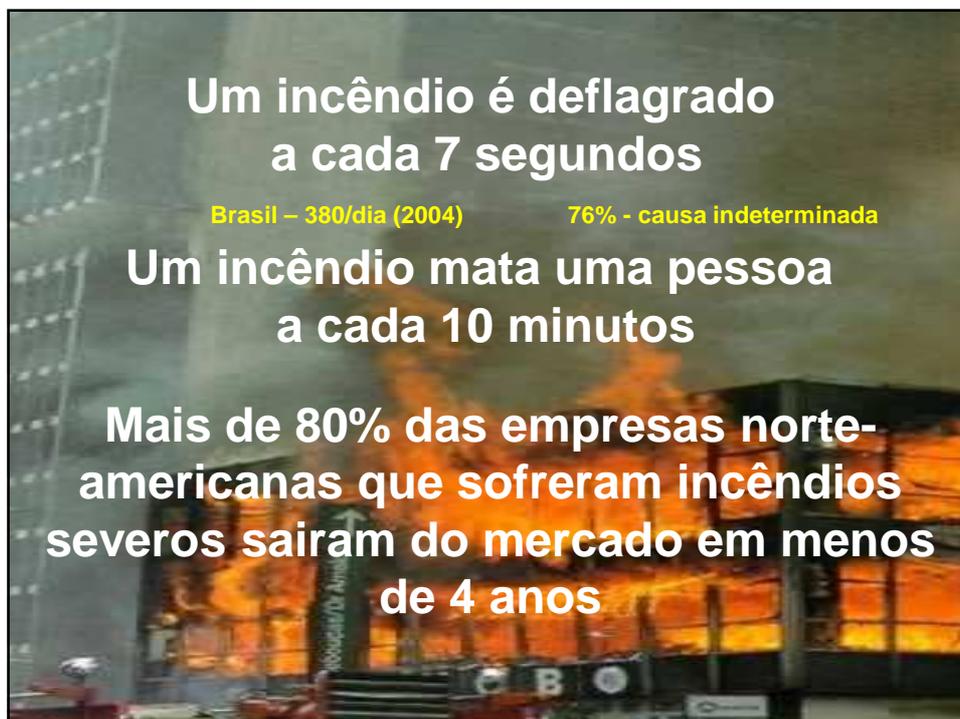


**BRASÍLIA, 2013**

# **SEGURANÇA DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO**

**Prof. Dr. Valdir Pignatta e Silva**  
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

- Autor de 7 livros e de mais de 150 artigos publicados
- Pós-doutorado pela Universidade de Coimbra
- Pesquisador CNPq
- Revisor de: Journal of Structural Engineering(ASCE), Fire Safety Journal, Fire & Materials, Construction and Building Materials, Journal of Structural , Fire Engineering, Revista Ibracon de Estruturas e Materiais, entre outros
- Membro de: IAFSS (International Association for Fire Safety Science);  
ALBRASCI (Associação Luso-Brasileira para Segurança contra Incêndio)  
GSI/USP (Grupo de fomento à segurança contra incêndio)
- Vice-presidente da ALBRASCI
- Coordenador do programa de pós-graduação em engenharia civil da EPUSP (2003-2005)
- Coordenador da comissão de estudos ABNT: "Segurança das estruturas em situação de incêndio" (1995-2002)



**Um incêndio é deflagrado  
a cada 7 segundos**

**Brasil – 380/dia (2004)      76% - causa indeterminada**

**Um incêndio mata uma pessoa  
a cada 10 minutos**

**Mais de 80% das empresas norte-americanas que sofreram incêndios severos saíram do mercado em menos de 4 anos**



Medidas de proteção contra incêndio:

- proteção ativa
- proteção passiva

**ATIVA** – entram em ação quando da ocorrência de incêndio, dependendo de acionamento manual ou automático: chuveiros automáticos, alarme, detecção, hidrantes, extintores, iluminação  
Brigada contra incêndio

**PASSIVA** - conjunto de medidas de proteção contra incêndio incorporadas à construção do edifício:

- Saídas de emergência
- Compartimentação (horizontal e vertical)
- Controle dos materiais de acabamento e revestimento
- Separação entre edificações
- Resistência ao fogo dos elementos construtivos;

**A segurança contra incêndio de uma edificação depende fundamentalmente do PROJETO ARQUITETÔNICO**



**PROTEÇÃO ATIVA**  
Prevista em projeto conforme exigências da legislação vigente



**PROTEÇÃO PASSIVA**  
Projeto arquitetônico  
Resistência ao fogo das estruturas






ABNT NBR 9077

Saídas de emergência em edifícios

Licença de uso restrito para ABC  
Cópia impressa pelo sistema CEN/WIN em 27/12/2001

	DEZ 2001	NBR 9077
--	----------	----------

Saídas de emergência em edifícios

---

Origem: Projeto de Emenda NBR 9077:2001  
ABNT/CB-22 - Comitê Brasileiro de Construção Civil  
CE-22:002.012 - Comissão de Estudo de Emergência em Edifícios  
NBR 9077 - Buildings - Emergency exits - Procedure  
Descrição: Emergency exits, Buildings, Fire  
Esta Emenda complementa a NBR 9077:1993  
Válida a partir de 30.01.2002

Palavras-chave: Saída de emergência, Edifícios, Incêndio	1 página
--	----------

---

Esta Emenda nº 1 de DEZ 2001, em conjunto com a NBR 9077:1993, equivale à NBR 9077:2001.  
Esta Emenda nº 1 de DEZ 2001 tem por objetivo alterar a NBR 9077:1993 no seguinte:

- Excluir da seção 2 o seguinte:  
NBR 5627 - Exigências particulares das obras de concreto armado e protendido em relação à resistência ao fogo - Procedimento.
- Incluir na seção 2 o seguinte:  
Eurocode 2 - Design of concrete structures Part 1.2 General rules - Structural fire design.
- Alterar a seção 4.4.2.6 - como a seguir:  
"A) sua estrutura seja de concreto armado ou protendido, calculado e executado conforme as prescrições do Eurocode 2 - Design of concrete structures Part 1.2 General rules - Structural fire design, para aqueles casos em que seja necessária a verificação do projeto em condições de incêndio".

## Compartimentação

### Instrução Técnica nº9

### Corpo de Bombeiros

### São Paulo

SECRETARIA DE ESTADO DOS NEGÓCIOS DA SEGURANÇA PÚBLICA

 **POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO** 

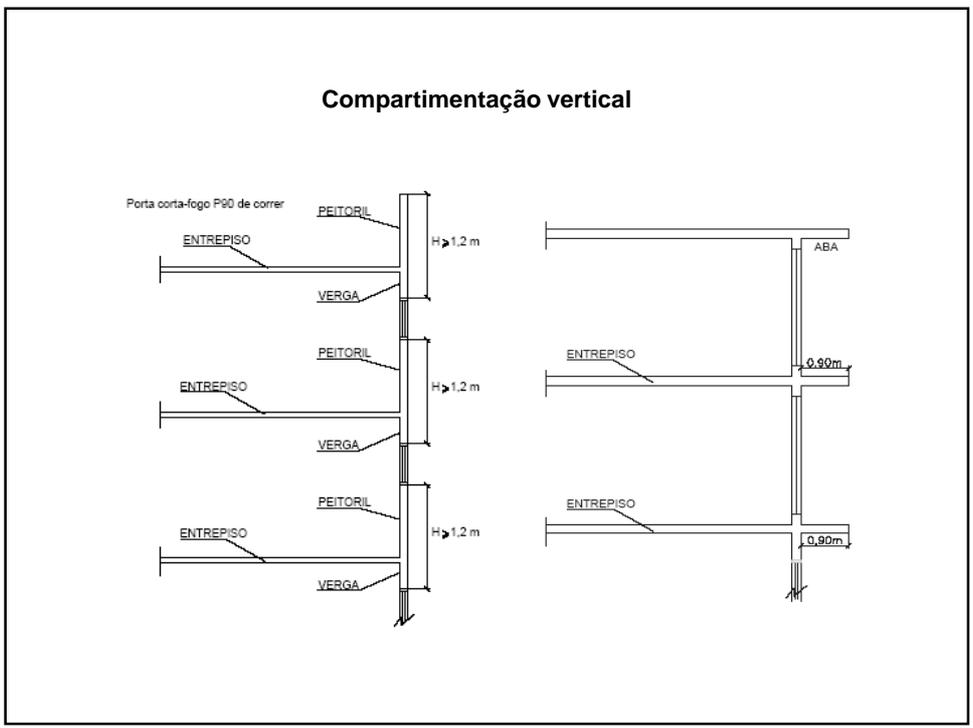
**Corpo de Bombeiros**

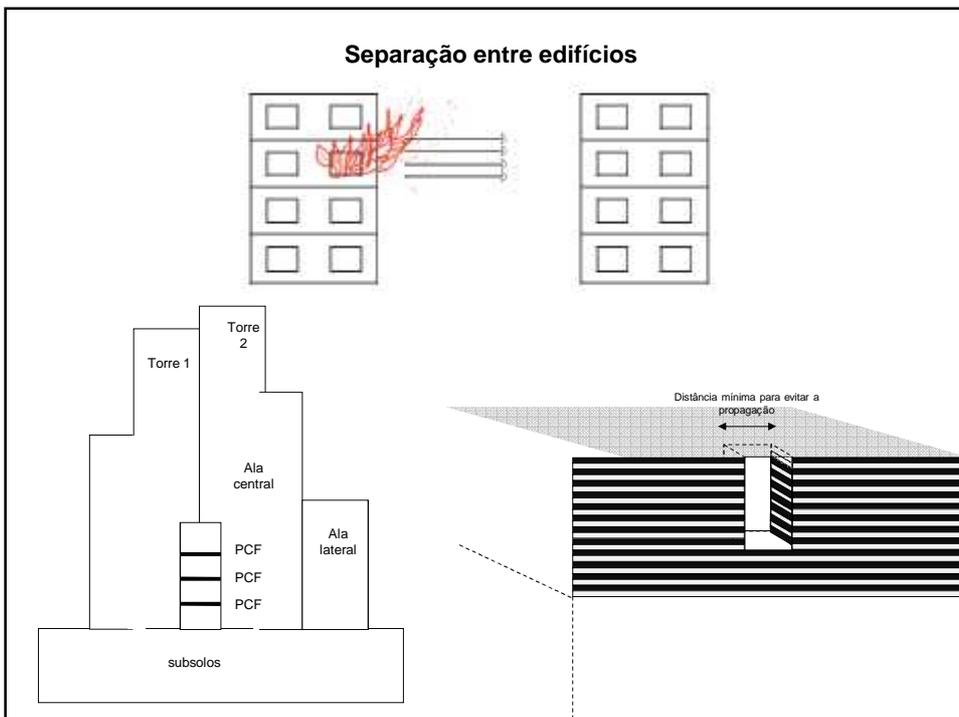
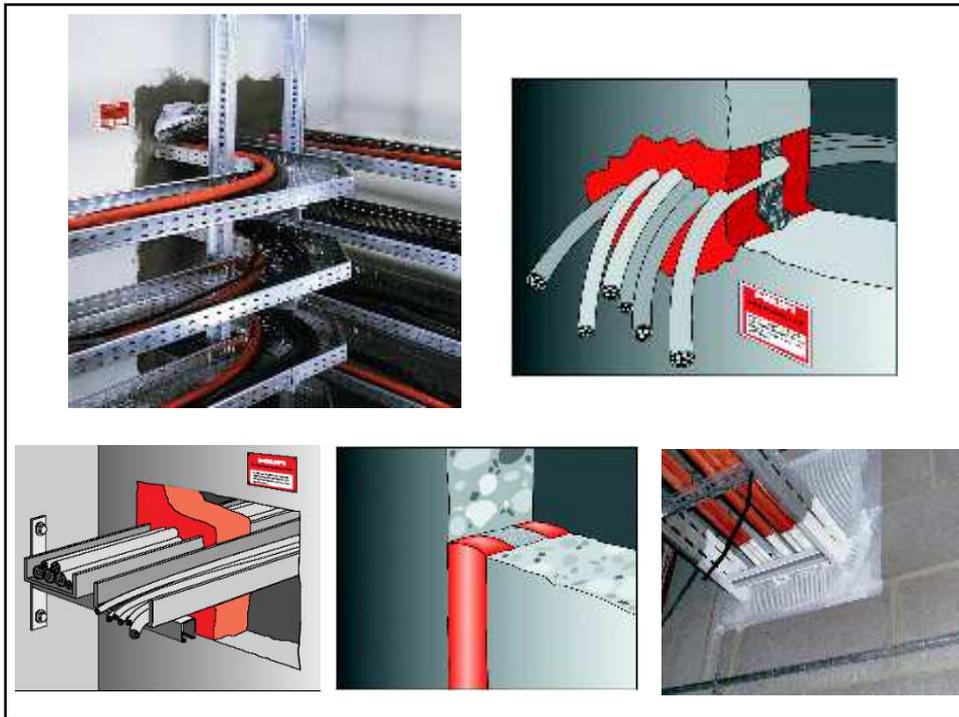
**INSTRUÇÃO TÉCNICA Nº. 09/2011**

**Compartimentação horizontal e compartimentação vertical**

<b>SUMÁRIO</b> 1 Objetivo 2 Aplicação 3 Referências normativas e bibliográficas 4 Definições 5 Compartimentação horizontal 6 Compartimentação vertical 7 Cortinas corta-fogo	<b>ANEXOS</b> A Modelos de compartimentação horizontal e vertical B Tabela de áreas máximas de compartimentação
---	---

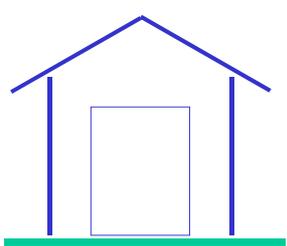




- **Medidas de prevenção, proteção e combate:**
- projeto de instalações elétricas conforme normas técnicas
- uso de materiais de revestimento que minimizem a propagação das chamas
- **compartimentação vertical (lajes, parapeitos) e horizontal (paredes, portas corta-fogo) para evitar propagação do fogo**
- sistemas automáticos de detecção de calor ou fumaça
- sistema de exaustão de fumaça
- brigada particular contra incêndio
- extintores
- rede de hidrantes
- sistema de chuveiros automáticos
- rotas de saída (incluindo escadas de segurança) bem dimensionadas e sinalizadas, desobstruídas e seguras estruturalmente

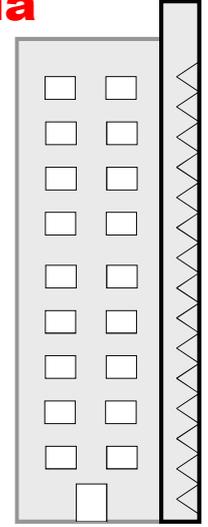
- **Medidas de prevenção, proteção e combate:**
- projeto de instalações elétricas conforme normas técnicas
- uso de materiais de revestimento que minimizem a propagação das chamas
- **compartimentação vertical (lajes, parapeitos) e horizontal (paredes, portas corta-fogo) para evitar propagação do fogo**
- sistemas automáticos de detecção de calor ou fumaça
- sistema de exaustão de fumaça
- brigada particular contra incêndio
- extintores
- rede de hidrantes
- sistema de chuveiros automáticos
- rotas de saída (incluindo escadas de segurança) bem dimensionadas e sinalizadas, desobstruídas e **seguras estruturalmente**

## Rotas de saída



Edifícios de fácil desocupação podem dispensar a verificação da segurança estrutural:

- construções de pequeno porte
- construções horizontalizadas
- edifícios industriais ou depósitos



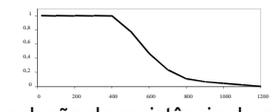
Edifícios de grande porte devem ter toda a estrutura verificada

- tempo de desocupação de difícil determinação
- estruturas das rotas de saída incorporadas a estrutura do edifício
- risco a edificações vizinhas

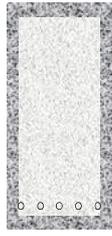
### Estruturas de aço



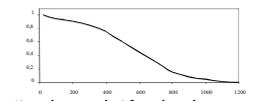
redução de resistência do aço



### Estruturas de concreto



redução de resistência do concreto



redução de área "spalling"

redução de resistência do aço

### Estruturas de madeira

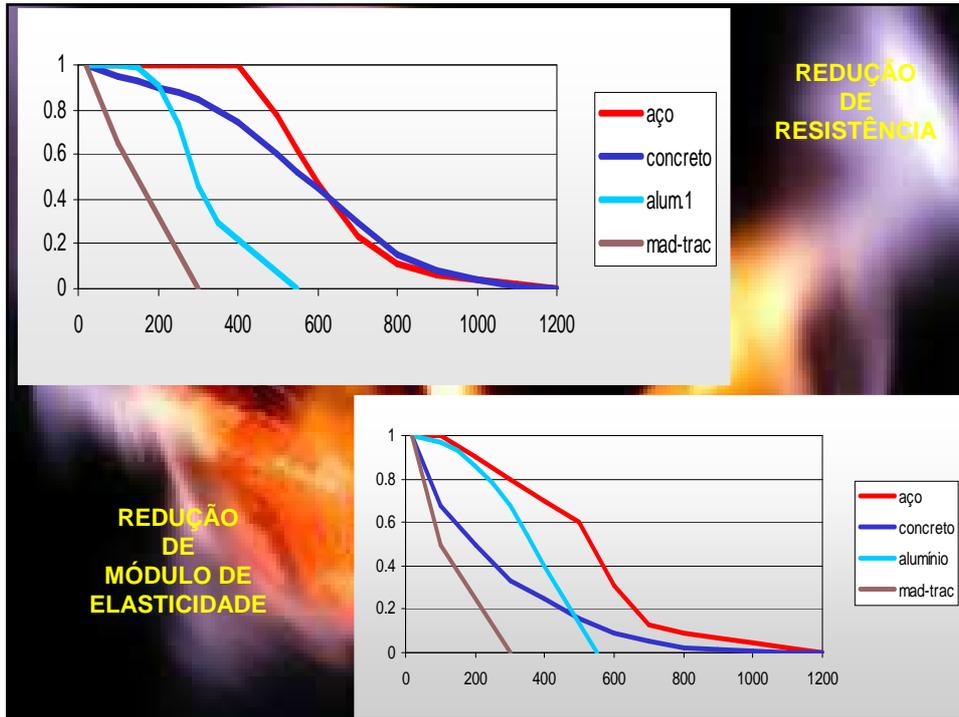


redução de área (carbonização)

→ Energia térmica (carga de incêndio)







# Decreto 56 819

## março/2011



ESTADO DE SÃO PAULO

DECRETO Nº 56.819, DE 10 DE MARÇO DE 2011.

*Institui o Regulamento de Segurança contra Incêndio das edificações e áreas de risco no Estado de São Paulo e estabelece outras providências.*

GERALDO ALCKMIN, Governador do Estado de São Paulo, no uso de suas atribuições legais,  
Decreta:

**CAPÍTULO I**  
Disposições Preliminares

Artigo 1º – Este Regulamento dispõe sobre as medidas de segurança contra incêndio nas edificações e áreas de risco, atendendo ao previsto no artigo 144 § 5º da Constituição Federal, ao artigo 142 da Constituição Estadual, ao disposto na Lei Estadual nº 616, de 17 de dezembro de 1974, na Lei Estadual nº 684, de 30 de setembro de 1975 e no Decreto Estadual nº 55.660, de 30 de março de 2010.

Artigo 2º – Os objetivos deste Regulamento são:

- I – proteger a vida dos ocupantes das edificações e áreas de risco, em caso de incêndio;
- II – dificultar a propagação do incêndio, reduzindo danos ao meio ambiente e ao patrimônio;
- III – proporcionar meios de controle e extinção do incêndio;
- IV – dar condições de acesso para as operações do Corpo de Bombeiros;
- V – proporcionar a continuidade dos serviços nas edificações e áreas de risco.

## 44 Instruções Técnicas

- Procedimentos Administrativos
- Conceitos Básicos de Proteção Contra Incêndio.
- Terminologia de Proteção Contra Incêndio.
- Símbolos Gráficos para Projeto de Segurança Contra Incêndio.
- Segurança Contra Incêndio - Urbanística.
- Acesso de Viatura na Edificação e Área de Risco.
- Separação entre Edificações.
- Sistema de Chuveiros Automáticos.
- Sistema de Resfriamento para Líquidos e Gases Inflamáveis e Combustíveis.
- Sistema de Proteção por Espuma.
- Sistema Fixo de Gases para Combate a Incêndio.
- Armazenagem de Líquidos Inflamáveis e Combustíveis.
- Manipulação, Armazenamento, Comercialização e Liquefeito de Petróleo (GLP).
- Comercialização, Distribuição e Utilização de Gás Natural.
- Fogos de Artifício.
- Heliponto e Heliporto.
- Medidas de Segurança para Produtos Perigosos.
- Cobertura de Sapé, Piaçava e Similares.
- Hidrante de Coluna.
- Túnel Rodoviário.
- Pátios de Contêineres.
- Subestações Elétricas.
- Proteção Contra Incêndios em Cozinhas Profissionais.
- Estabelecimentos Destinados à Restrição de Liberdade
- Edificações históricas, museus e instituições culturais com acervos museológicos.
- Inspeção visual em instalações elétricas de baixa tensão.
- Projeto Técnico Simplificado.
- Adaptação às normas de Segurança contra Incêndio.
- Edificações existentes.
- Proteção ao meio ambiente .

### • Resistência ao fogo dos elementos de construção

- Compartimentação Horizontal e Vertical.
- Controle de Materiais de Acabamento e Revestimento.
- Saídas de Emergência em Edificações.
- Dimensionamento de Lotação e Saídas de Emergência em Recintos Esportivos e de Espetáculos Artístico - Culturais.
- Pressurização de Escada de Segurança.
- Carga de Incêndio nas Edificações e Áreas de Risco.
- Controle de Fumaça.
- Brigada de Incêndio
- Iluminação de Emergência.
- Sistemas de Detecção e Alarme de Incêndio.
- Sinalização de Emergência.
- Sistema de Proteção por Extintores de Incêndio.
- Sistema de Hidrantes e de Mangotinhos para Combate a Incêndio.

SECRETARIA DE ESTADO DOS NEGÓCIOS DA SEGURANÇA PÚBLICA



POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO



Corpo de Bombeiros

INSTRUÇÃO TÉCNICA Nº. 08/2011

Resistência ao fogo dos elementos de construção

#### SUMÁRIO

- 1 Objeto
- 2 Aplicação
- 3 Referências normativas e bibliográficas
- 4 Definições
- 5 Procedimentos
- 6 Outros siglas
- 7 Edificações de caráter temporário
- 8 Edificações existentes

#### ANEXOS

- A - Tabela de requisitos de resistência ao fogo (TRRF)
- B - Tabela de resistência ao fogo para alvenarias
- C - Tabela de resistência ao fogo de paredes em chapas de aço para DW90
- D - Método de tempo equivalente de resistência ao fogo

**NBR 14323:1999 - Dimensionamento de estrutura de aço em situação de incêndio – Procedimento**

**NBR 14432:2000 – Exigência de resistência ao fogo de elementos de construção de edificações - Procedimento**

**NBR 15200:2004 – Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio – Procedimento**

emergência em edifícios -  
 es, divididas sem função  
 da resistência ao fogo -  
 edores corta-fogo com núcleo  
 no de riscos em ambientes  
 especificação.  
 tipos para saída de emergência -  
 onamento de estrutura de aço nos  
 edimento.  
 de resistência ao fogo de  
 edificações - Procedimento.

NBR 14715-1 - Chapas de gesso para drywall - Parte 1 - Requisitos.  
 NBR 14715-2 - Chapas de gesso para drywall - Parte 2 - Métodos de ensaio.  
 NBR 14762 - Dimensionamento de estruturas de aço construídas por perfis formados a frio - Procedimento.  
 NBR 15200 - Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio - Procedimento.  
 NBR 15217 - Perfis de aço para sistemas construtivos em chapas de gesso para drywall - Requisitos e métodos de ensaio.  
 NBR 15758-1 - Sistemas construtivos em chapas de gesso para drywall - Projeto e procedimentos executivos para montagens - Parte 1: Requisitos para sistemas usados como paredes.  
 NBR 15758-2 - Sistemas construtivos em chapas de gesso para drywall - Projeto e procedimentos executivos para montagens - Parte 2: Requisitos como forros.  
 NBR 15758-3 - Sistemas construtivos em chapas de gesso para drywall - Projeto e procedimentos executivos para montagens - Parte 3: Requisitos para sistemas usados como revestimentos.

**3 REFERÊNCIAS NORMATIVAS E BIBLIOGRÁFICAS**

Para mais esclarecimento, consultar as seguintes normas técnicas:  
 NBR 5638 - Componentes construtivos estruturais - Determinação da resistência ao fogo.  
 NBR 6118 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento.  
 NBR 6120 - Cargas para cálculo de estruturas de edifícios - Procedimento.  
 NBR 6479 - Perfis e vedadores - Determinação da resistência ao fogo - Método de ensaio.  
 NBR 8881 - Ações e segurança nas estruturas - Procedimento.  
 NBR 8800 - Projeto e execução de estruturas de aço de edifícios - Procedimento.  
 NBR 9063 - Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado - Procedimento.

**EUROCODE.**  
 European Committee for Standardization.

*EUROCODE European Committee for Standardization*  
 Regulamento de MARGARET LAFF and TULLOCH  
 O'RIEN - Fire Safety of Steel Structural Structure Steel.  
 SILVA, Valdir Pimenta. Estruturas de aço em situação de incêndio. Editora Zigueira. São Paulo: 2004.

## Tempos requeridos de resistência ao fogo – TRRF (resumo – IT8/SP)

Ocupação/uso	Altura da edificação							
	h≤6m	6m<h≤12m	12m<h≤23m	23m<h≤30m	30m<h≤80m	80m<h≤120m	120m<h≤150m	150m<h≤180m
Residência	30	30	60	90	120	120	150	180
Hotel	30	60	60	90	120	150	180	180
Supermercado	60	60	60	90	120	150	150	180
Escritório	30	60	60	90	120	120	150	180
Shopping	60	60	60	90	120	150	150	180
Escola	30	30	60	90	120	120	150	180
Hospital	30	60	60	90	120	150	180	180
Igreja	60	60	60	90	120	150		

## NBR 14432:2000 elementos estruturais de quaisquer materiais (concreto, aço, madeira, etc.)

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

End: Rua Pernambuco, 13 - 20º andar  
250-100-000 - Joo Pessoa (PB)  
Rio de Janeiro - RJ  
Tel.: (51) 2121-2100  
Fax: (51) 2121-2100  
E-mail: abnt@abnt.org.br  
www.abnt.org.br

Origem: Projeto 24:301.06-002:1999  
ABNT/CB-24 - Comitê Brasileiro de Segurança contra Incêndio  
CE-24:301.06 - Comissão de Estudo de Segurança das Estruturas em Situação de Incêndio  
NBR 14432 - Fire-resistance requirements for building construction elements - Procedure  
Descriptors: Fire, Building, Safety, Structure  
Válida a partir de 29.02.2000

Palavras-chave: Incêndio, Segurança, Edificação. 14 páginas

Sumário

- 1 Objetivo
- 2 Referências normativas
- 3 Definições
- 4 Símbolos
- 5 Métodos para atendimento dos requisitos de resistência ao fogo
- 6 Elementos estruturais livres de ação do incêndio
- 7 Critérios de resistência ao fogo
- 8 Tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF)
- 9 Ocupação mista
- 10 Elementos estruturais em uso comum

ANEXOS

- A Tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF)
- B Classificação das edificações quanto à sua ocupação
- C Cargas de incêndio representativas
- D Condições construtivas para edificações das divisões G-1 e G-2 estruturadas em aço

Prefácio

A ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - é o Fórum Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB) e dos Organismos de Normalização Setorial (ONS), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte instituições, corporações e pessoas (empresas, laboratórios e outros).

Os Projetos de Norma Brasileira, elaborados no âmbito dos ABNT/CB e ONS, circulam para Consulta Pública entre os membros da ABNT e demais interessados.

Esta Norma contém os anexos A, B, C e D, de caráter normativa.

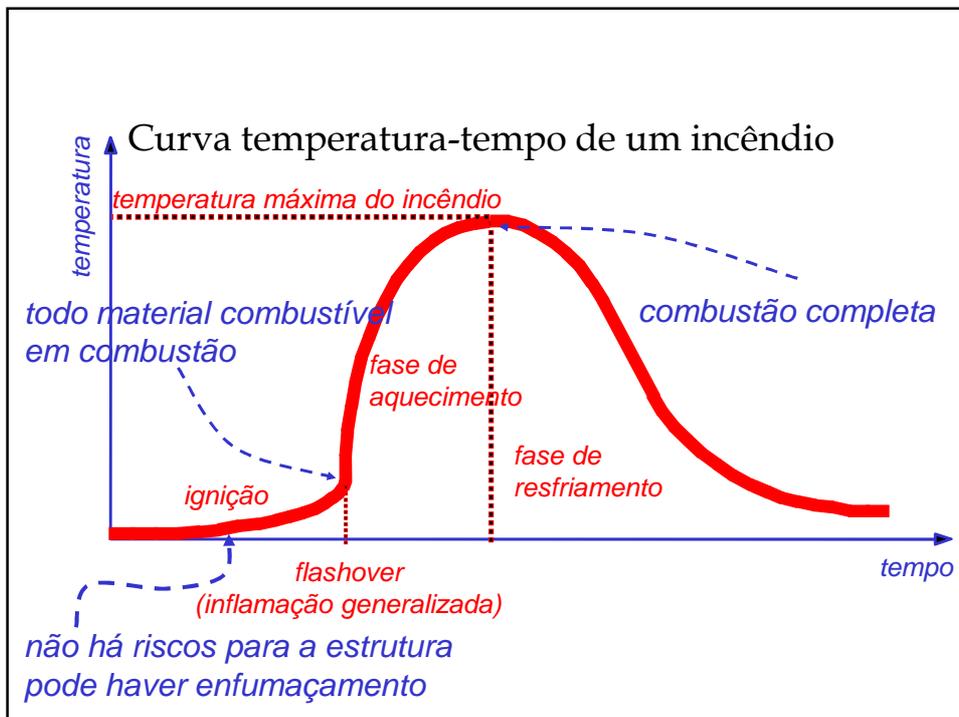
1 Objetivo

1.1 Esta Norma estabelece as condições a serem atendidas pelos elementos estruturais e de compartimentação que integram as edificações para que, em situação de incêndio, seja mantido o colapso estrutural. Para os elementos de compartimentação, devem ser atendidos requisitos de estanqueidade e isolamento por um tempo suficiente para possibilitar:

- a) fuga dos ocupantes da edificação em condições de segurança;
- b) segurança das operações de combate ao incêndio;
- c) minimização de danos a edificações adjacentes e à infra-estrutura pública.

## Tempos requeridos de resistência ao fogo – TRRF (resumo)

Ocupação/uso	Altura da edificação				
	h≤6m	6m≤h≤12m	12m<h≤23m	23m<h≤30m	h>30m
Residência	30	30	60	90	120
Hotel	30	60	60	90	120
Supermercado	60	60	60	90	120
Escritório	30	60	60	90	120
Shopping	60	60	60	90	120
Escola	30	30	60	90	120
Hospital	30	60	60	90	120
Igreja	60	60	60	90	120



## Equilíbrio térmico



- carga de incêndio ( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ,  $\text{kg}$  madeira equivalente/ $\text{m}^2$ )



- grau de ventilação

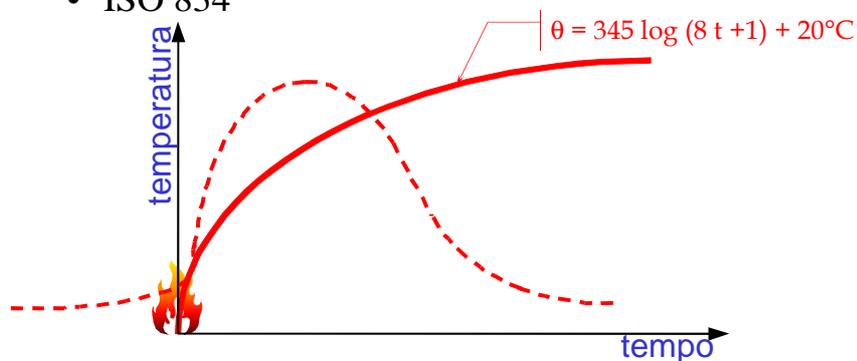


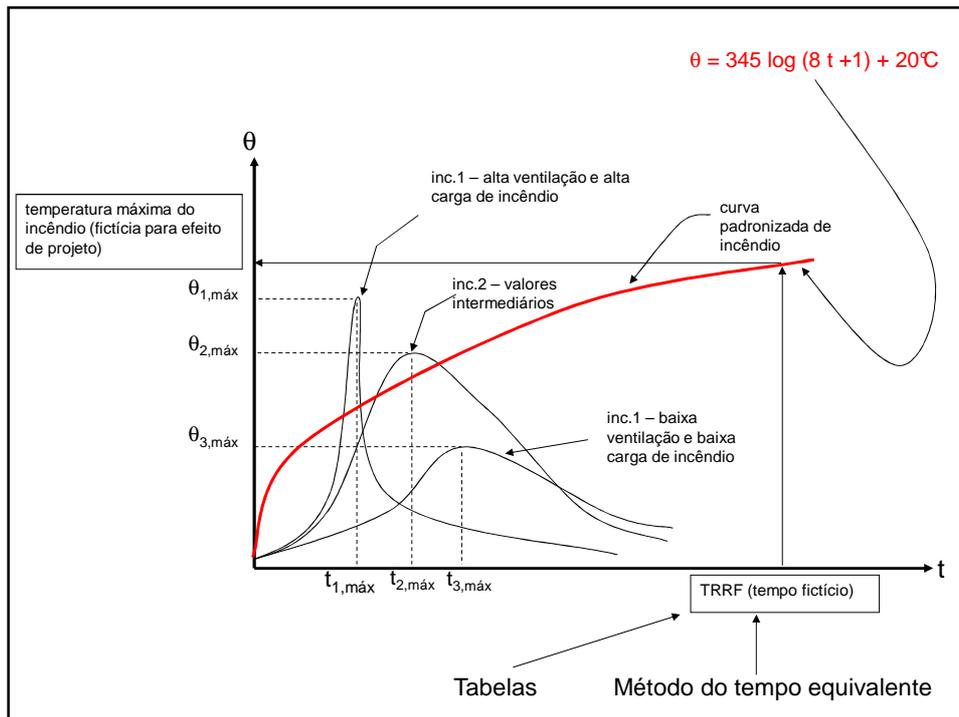
- características térmicas do material do elemento de compartimentação



## Modelo do incêndio-padrão

- NBR 5628/NBR 14432
- ISO 834



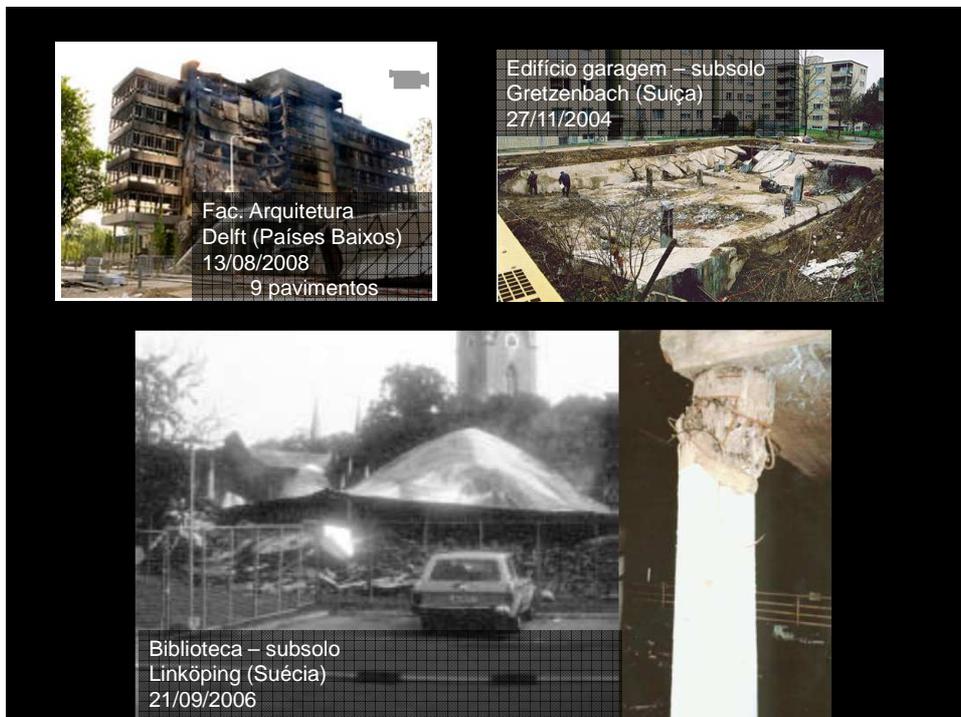
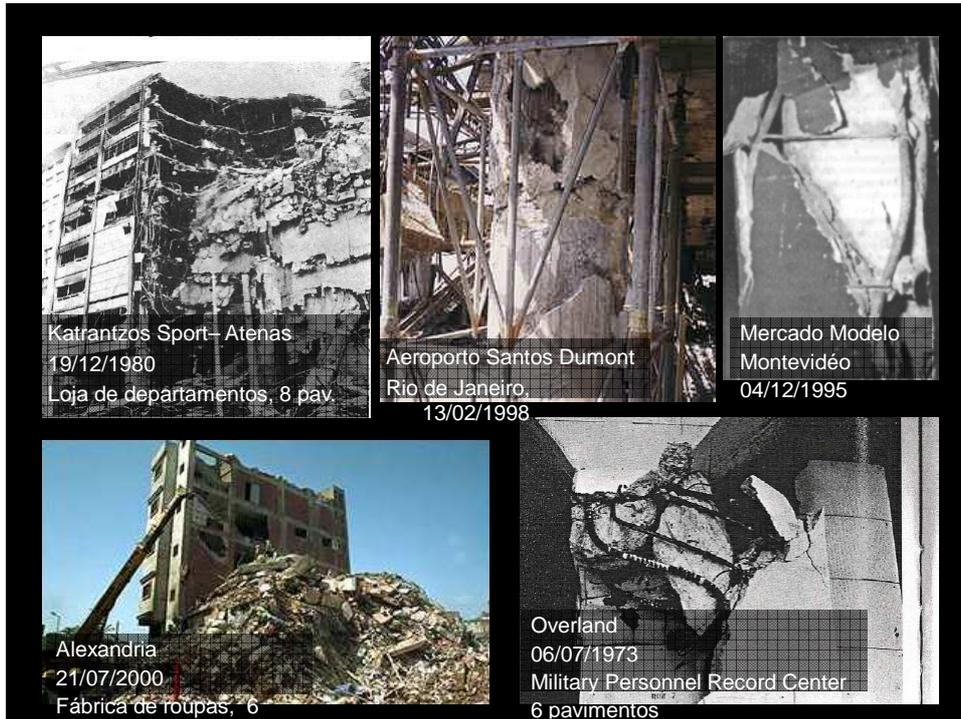


## TRRF

- O TRRF é dedutível pela engenharia
  - mecânica das estruturas, fenômenos de transporte, ciência dos materiais, dinâmica do fogo
- Não confundir TRRF com valores subjetivos fixados pelo poder público, tais como: horário de silêncio, velocidade máxima nas vias públicas, idade mínima recomendada para espetáculos, etc.
- O TRRF **não é** tempo de desocupação, tempo de duração do incêndio ou tempo-resposta do Corpo de Bombeiros ou brigada de incêndio
- Dificuldade para dedução levou ao consenso
  - NBR 14432









## Comportamento do concreto armado em situação de incêndio

- Vantagens
  - incombustível
  - baixa condutividade térmica
- Desvantagens
  - degradação física
    - fissuração excessiva
    - *Spalling*
  - degradação mecânica
    - resistência
    - módulo de elasticidade

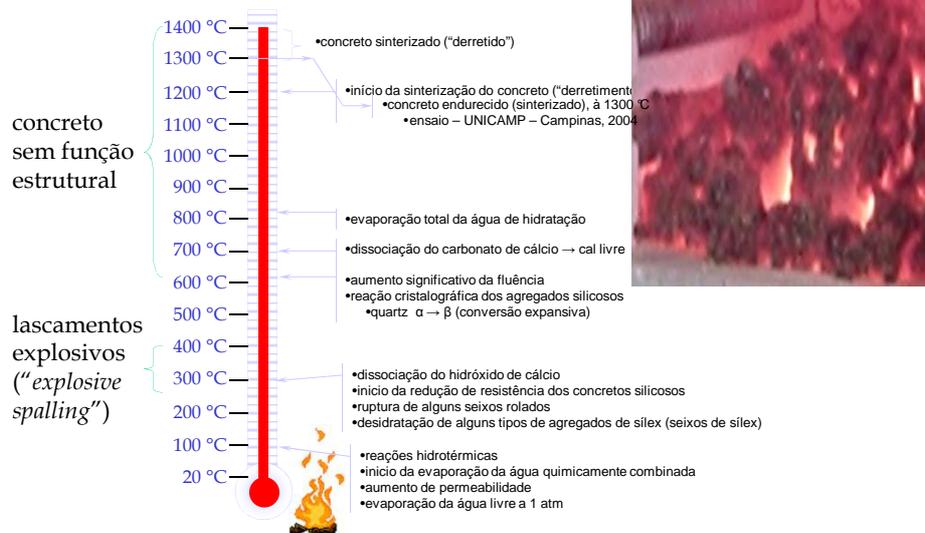


## O material concreto armado

- Concreto armado
  - Água
    - Livre
  - Pasta de cimento
    - Cimento Portland
    - Água
  - Agregados
    - Silicosos
    - Calcáreos
  - Aço
    - Laminado à quente
    - Trabalhado à frio



## Comportamento do material concreto armado em situação de incêndio



## O fenômeno do “*spalling*”

“*pop out*”



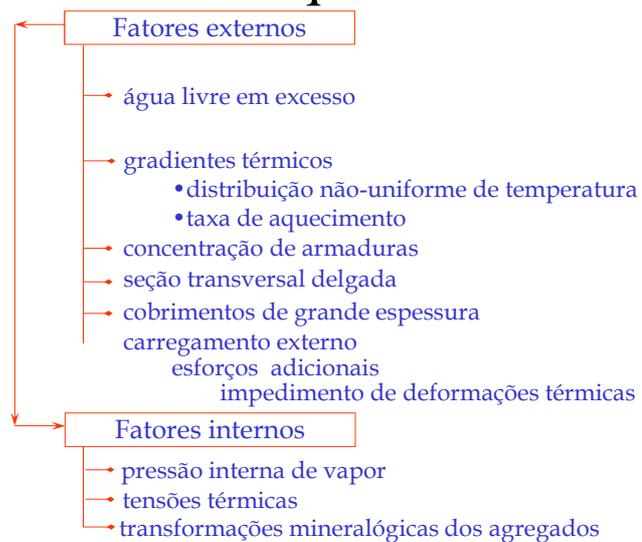
“*sloughing*”



“*spalling*”

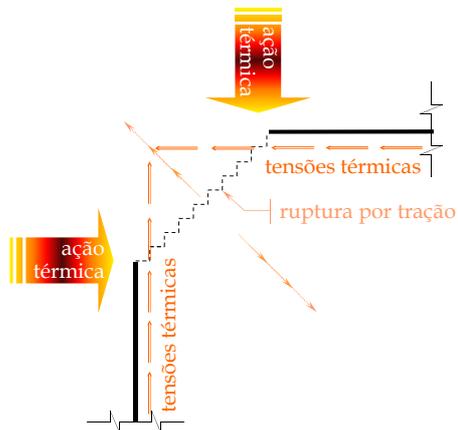


## Por que ocorre?



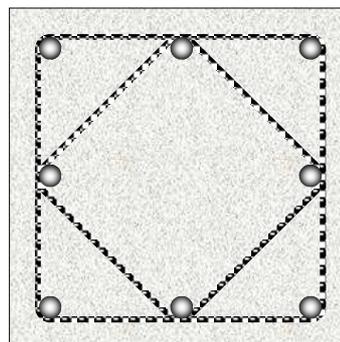
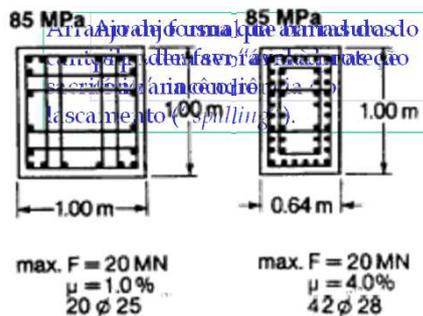
## O fenômeno do “spalling”

- Tensões térmicas



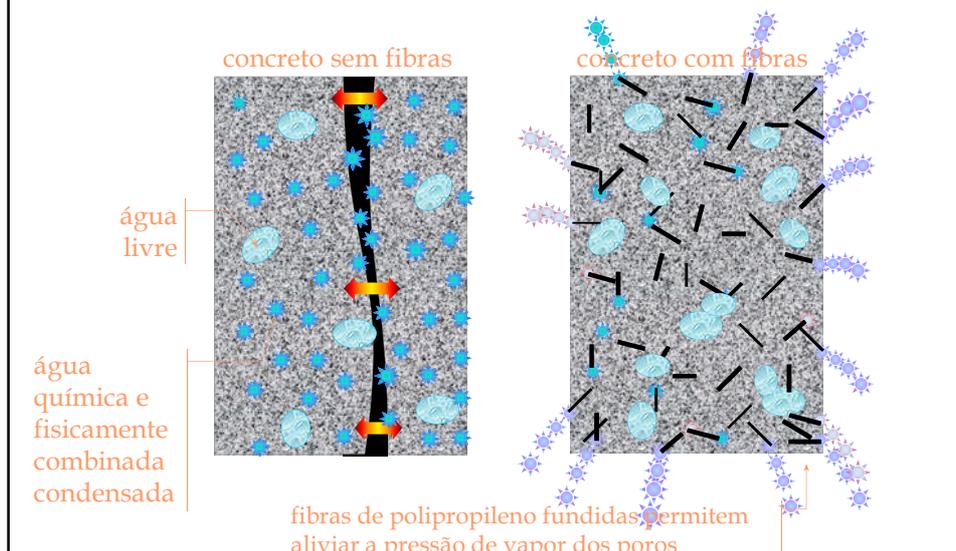
## O fenômeno do “spalling”

- Soluções
  - Arranjo das armaduras



## O fenômeno do “spalling”

- Pressão interna de vapor



### G.2 Spalling

#### G.2.1 Concretos C 55/67 e C 80/95

Para estes grupos de concreto, devem ser seguidas as seguintes recomendações:

- 1) A quantidade de **SÍLICA ATIVA** deve ser inferior a 6% em peso de cimento. No caso de essa porcentagem ser maior, deve ser seguida a Seção G.2.2 deste anexo.
- 2) O *spalling* explosivo deve ser evitado ou considerada sua influência no desempenho da estrutura em situação de incêndio. O *spalling* explosivo é pouco provável de ocorrer quando a teor de **UMIDADE** for inferior a 3% em peso. Para concretos no interior de edifícios em ambientes com baixa umidade do ar, a umidade em peso pode ser admitida entre 2,5 e 3%. Se a umidade for superior a 3% em peso, a influência do *spalling* explosivo na capacidade resistente em incêndio de vigas, lajes e elementos tracionados, pode ser avaliada, assumindo a perda local do comprimento de uma ou mais barras e verificando a redução da capacidade resistente da seção. Em lajes maciças com distribuição uniforme de barras e vigas com largura maior que 400 mm e mais de oito barras na região tracionada pode-se admitir que haja redistribuição de esforços sem perda de capacidade resistente.

Alternativamente, são aceitas soluções com base em **ANÁLISE EXPERIMENTAL**.

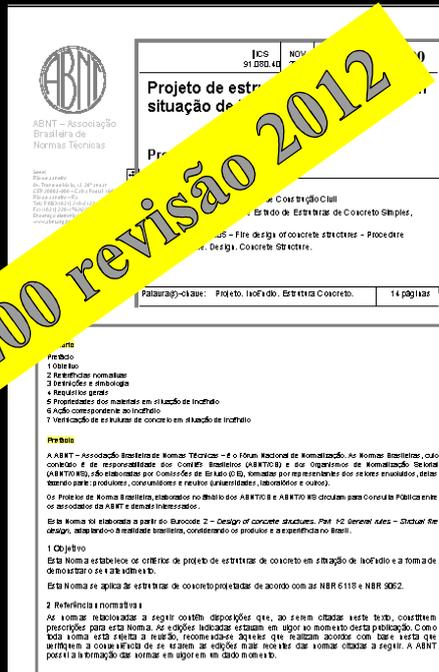
#### G.2.2 Concretos 80/95 < C ≤ 90/105

Para estes grupos de concreto, o *spalling* poderá ocorrer em qualquer situação, e pelo menos uma das seguintes providências deve ser empregada:

- 1) Incluir uma **MALHA DE ARMADURAS** (diâmetro maior ou igual a 2 mm e espaçamento menor ou igual a 50 mm) com cobertura de 15 mm. O cobertura das armaduras principais deve ser de, pelo menos, 40 mm.
- 2) Incluir pelo menos 2 kg/m<sup>3</sup> de **FIBRAS DE POLIPROPILENO** na massa de concreto.
- 3) Demonstrar que não haverá *spalling* do concreto revestido ou não, com base experimental.

# NBR 15200:2004

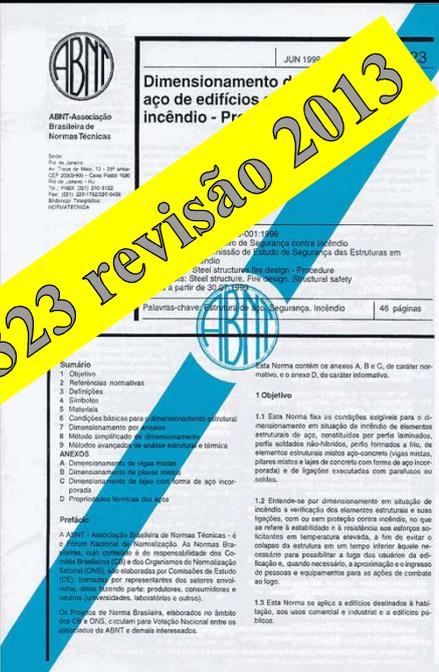
## Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio



ABNT NBR 15200 revisão 2012

# NBR 14323:1999

## "Dimensionamento de estruturas de aço de edifícios em situação de incêndio"



ABNT NBR 14323 revisão 2013


**ABNT/CB-02**  
**REVISÃO ABNT NBR 7190**  
**NOVEMBRO: 2011**

8.4 Ligações  
 8.5 Execução  
 8.6 Classificação das peças  
 9 Projeto e execução de estruturas treliçadas de madeira  
 9.1 Generalidades  
 9.2 Ações  
 9.3 Disposições construtivas  
 9.4 Princípios do projeto estrutural  
 10 **Estruturas de madeira em situação de incêndio**  
 10.1 Introdução  
 10.2 Método simplificado de dimensionamento  
 10.3 Ligações com conectores metálicos  
 11 Durabilidade da madeira  
 11.1 Introdução  
 11.2 Preservação da madeira - Sistema de categorias de uso  
 11.3 Aplicação do sistema de categorias de uso

**ABNT/CB-02**  
**REVISÃO ABNT NBR 7190**  
**NOVEMBRO: 2011**

**10 Estruturas de madeira em situação de incêndio**

**10.1 Introdução**

Esta Seção se aplica, onde a segurança estrutural de madeira em situação de incêndio seja necessária, em edifícios destinados à habitação, a uso comercial, industrial e a edifícios públicos.

Para o estudo da madeira exposta ao fogo, as propriedades térmicas e as propriedades relacionadas à resistência e à rigidez são as que mais influenciam seu desempenho. A maioria dessas propriedades está relacionada a fatores intrínsecos à madeira, como a densidade, taxa de umidade, orientação da grã, composição química, permeabilidade, condutividade térmica e a fatores extrínsecos como a temperatura e duração da exposição ao fogo e à ventilação no ambiente.

A alma da seção se mantém fiel a fontes uma pequena distância da zona queimada, conservando grande parte das propriedades físicas da madeira. Essas características colaboram favoravelmente para a capacidade resistente, mesmo após ter sido exposta a elevadas temperaturas.

Entende-se por dimensionamento em situação de incêndio, a verificação dos elementos estruturais e suas conexões, com ou sem revestimento contra fogo, no que se refere à capacidade resistente em temperatura elevada, a fim de evitar o colapso da estrutura em condições que prejudiquem a fuga dos usuários da edificação e, quando necessário, a aproximação e o ingresso de pessoas e equipamentos para as ações de combate ao fogo.

Nesta seção, apresenta-se um método simplificado para dimensionamento. Alternativamente, podem ser empregados métodos avançados de análise termomecânica com base no Eurocode 5, parte 1.2, desde que adotados de engenharia de segurança estrutural desta Norma, ou resultados de ensaios realizados em laboratório nacional ou laboratório estrangeiro, de acordo com a ABNT NBR 5628 ou de acordo com norma ou especificação estrangeira.

**10.2 Método simplificado de dimensionamento**

**10.2.1 Modelo de incêndio**

Deve ser considerado o modelo de incêndio-padrão, que é a elevação padronizada de temperatura em função do tempo, definida na ABNT NBR 5628 e dada pela seguinte expressão:

$$T_p = t_p + 345 \log(t_p + 1)$$

**10.2.2 Segurança estrutural**

A segurança da estrutura em relação a possíveis estados limites de incêndio será garantida pela observância às condições analíticas de segurança expressas por:

$$S_{Ed} \geq R_{Ed}$$


**ABNT/CB-02**  
**2º PROJETO DE REVISÃO ABNT NBR 15200**  
**MAR:2012**

**Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio**

*Fire design of concrete structures*

Palavras-chave: Projeto, Incêndio, Estrutura, Concreto.  
 Descriptors: Fire, Design, Concrete, Structure.

**Sumário**

**Scope**

**1 Escopo**  
**2 Referências normativas**  
**3 Termos e definições**  
**4 Simbologia**  
**5 Requisitos gerais**  
**6 Propriedades dos materiais em situação de incêndio**  
**7 Ação correspondente ao incêndio**  
**8 Verificação de estruturas de concreto em situação de incêndio**  
**Anexo A - Método do tempo equivalente**  
**Anexo B - Diagrama tensão-deformação do concreto**  
**Anexo C - Propriedades térmicas do concreto**  
**Anexo D - Diagrama tensão-deformação do aço**  
**Anexo E - Método tabular geral para dimensionamento de pilares**  
**Anexo F - Fluxo de calor**  
**Anexo G - Gráficos para pilares com mais de uma face exposta ao fogo**

**Prefácio**

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Foro Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais Temporárias (ABNT/CEET), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

Os Documentos Técnicos da ABNT são elaborados conforme as regras da Diretiva ABNT, Parte 2.

O Escopo desta Norma Brasileira em inglês é o seguinte:

**Scope**

*This Standard defines criteria for concrete structures fire design based on fire resistance requirements established by ABNT NBR 14432.*

*This Standard is for concrete structures designed according to ABNT NBR 6118.*

*Specific Brazilian standards shall be used for precast concrete structures. In the absence of specific Brazilian standards, the recommendations of this standard can be used.*

**Escopo**

Esta Norma estabelece os critérios de projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio e a forma de demonstrar o seu atendimento.

Esta Norma se aplica às estruturas de concreto projetadas de acordo com as NBR 6118. Esta Norma aplica-se às estruturas de concretos .... do grupo I de resistência (C20 a C50). Para concretos do grupo II de resistência, podem ser empregadas as recomendações do Eurocode 2, Part 1.2.

Para estruturas ou elementos estruturais pré-moldados ou pré-fabricados de concreto aplicam-se as exigências das Normas Brasileiras específicas. Na ausência de Norma Brasileira específica, aplicam-se as recomendações desta Norma.

Para situações não cobertas por esta Norma ou cobertas de maneira simplificada, o responsável técnico pelo projeto pode usar procedimentos ou normas internacionais aplicáveis aceitos pela comunidade tecnocientífica, desde que demonstrado o atendimento ao nível de segurança previsto por esta Norma.

Os objetivos gerais da verificação de estruturas em situação de incêndio são:

- limitar o risco à vida humana;
- limitar o risco da vizinhança e da própria sociedade;
- limitar o risco da propriedade exposta ao fogo.

Considera-se que os objetivos estabelecidos são atingidos se for demonstrado que a estrutura mantém as seguintes funções:

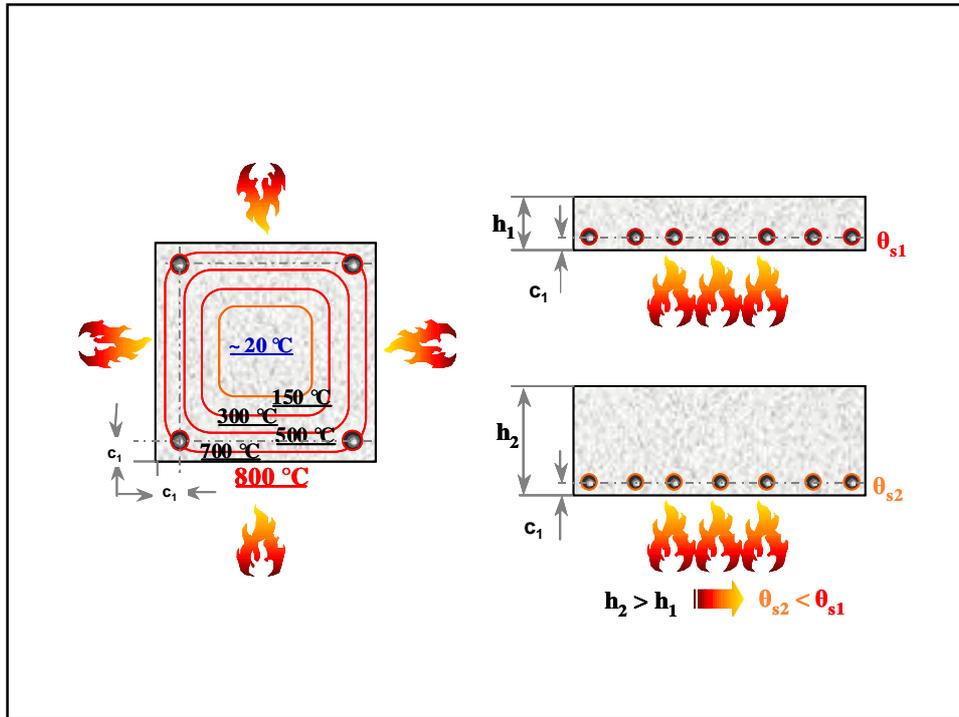
- **função corta fogo** – a estrutura não permite que o fogo a ultrapasse ou que o calor a atravesse em quantidade suficiente para gerar combustão no lado oposto ao incêndio inicial. A função corta-fogo compreende o isolamento térmico e a estanqueidade à passagem de chamas;

### **compartimentação**

- **função de suporte** – a estrutura mantém sua capacidade de suporte da construção como um todo ou de cada uma de suas partes, evitando o colapso global ou o colapso local progressivo.

- **Método tabular**
- **Método simplificado de cálculo**
- **Métodos gerais de cálculo**
- **Método experimental**


**MÉTODO  
TABULAR**



VIGAS

**Tabela 4 – Dimensões mínimas para vigas biapoiadas<sup>a</sup>**

TRRF min	Combinações de $b_{min}/c_1$ mm/mm				$b_{wmin}$ mm
	1	2	3	4	
30	80/25	120/20	160/15	190/15	80
60	120/40	160/35	190/30	300/25	100
90	140/60	190/45	300/40	400/35	100
120	190/68	240/60	300/55	500/50	120
180	240/80	300/70	400/65	600/60	140

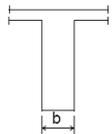
<sup>a</sup> Os valores de  $c_1$  indicados nesta tabela são válidos para armadura passiva. No caso de elementos protendidos, os valores de  $c_1$  para as armaduras ativas são determinados acrescentando-se 10 mm para barras e 15 mm para fios e cordoalhas.

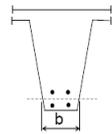
**Tabela 5 – Dimensões mínimas para vigas contínuas ou vigas de pórtico<sup>a</sup>**

TRRF min	Combinações de $b_{min}/c_1$ mm/mm				$b_{wmin}$ mm
	1	2	3	4	
30	80/15	160/12	-	-	80
60	120/25	190/12	-	-	100
90	140/37	250/25	-	-	100
120	190/45	300/35	450/35	500/30	120
180	240/60	400/50	550/50	600/40	140

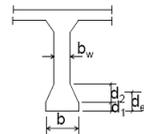
<sup>a</sup> Os valores de  $c_1$  indicados nesta tabela são válidos para armadura passiva. No caso de elementos protendidos, os valores de  $c_1$  para as armaduras ativas são determinados acrescentando-se 10 mm para barras e 15 mm para fios e cordoalhas.



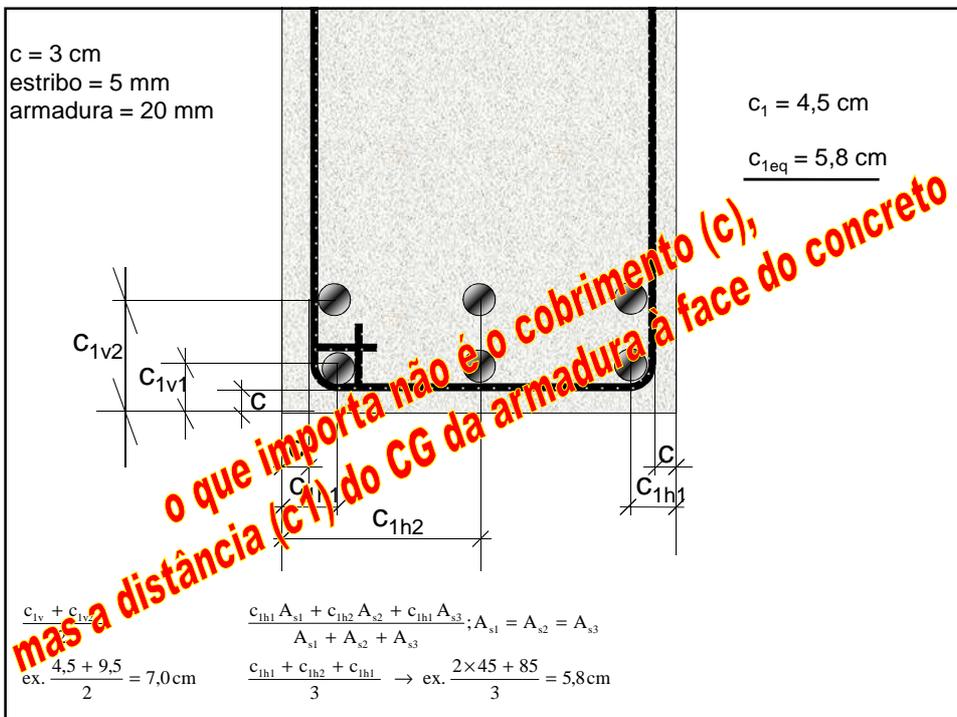
(a) Largura constante



(b) Largura variável

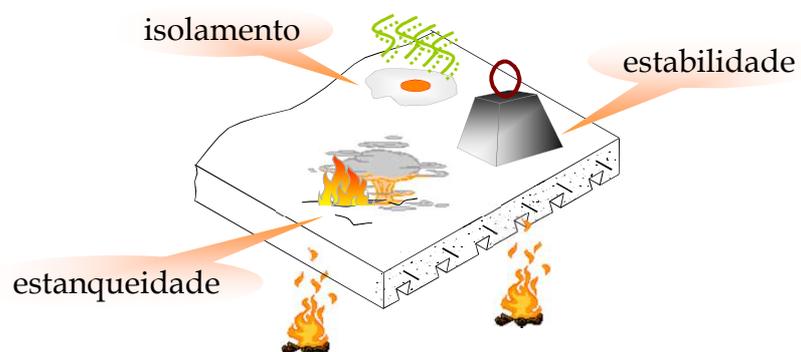


(c) Seção I



# LAJES

## Resistência ao fogo



**Dimensões mínimas para lajes simplesmente apoiadas**

TRRF min	h* mm	c <sub>1</sub> mm		
		Armada em duas direções**		Armada numa direção (l <sub>x</sub> /l <sub>y</sub> > 2)
		l <sub>y</sub> /l <sub>x</sub> ≤ 1,5	1,5 < l <sub>y</sub> /l <sub>x</sub> ≤ 2	
30	60	10	10	10
60	80	10	15	20
90	100	15	20	30
120	120	20	25	40
180	150	30	40	55

\* Dimensões mínimas para garantir a função corta-fogo.  
 \*\*lajes apoiadas nas quatro bordas, caso contrário a laje deve ser considerada como armada numa direção  
 Obs. Os valores de c<sub>1</sub> indicados nesta tabela são válidos para armadura passiva. No caso de elementos protendidos, os valores de c<sub>1</sub> para as armaduras ativas são determinados acrescentando-se 10 mm para barras e 15 mm para fios e cordoalhas.

**Dimensões mínimas para lajes contínuas**

TRRF min	h* mm	c <sub>1</sub> ** mm
30	60	10
60	80	10
90	100	15
120	120	20
180	150	30

\* Dimensões mínimas para garantir a função corta-fogo.  
 \*\* Válido para lajes armadas em uma ou duas direções  
 Obs. Os valores de c<sub>1</sub> indicados nesta tabela são válidos para armadura passiva. No caso de elementos protendidos, os valores de c<sub>1</sub> para as armaduras ativas são determinados acrescentando-se 10 mm para barras e 15 mm para fios e cordoalhas.

Caso não haja essa exigência, a espessura das lajes poderá ser a calculada para a situação normal conforme ABNT NBR 6118.

Os valores de h indicado nas tabelas são os mínimos para garantir a função corta-fogo.

É possível considerar o revestimento na determinação de h

revestimento	espessura total da laje
argamassa de cal & areia	$h = h_1 + 0,67 \times h_2$
argamassa de cimento Portland & areia	$h = h_1 + h_2$
revestimento de gesso, fibra de amianto ou vermiculita	$h = h_1 + ? \times h_2$

Na cálculo das espessuras mínimas das lajes (exceto lajes lisa ou cogumelo) para garantir a função corta-fogo é permitida a consideração do revestimento, respeitadas as seguintes prescrições:

- revestimentos aderentes de argamassa de cal e areia (aderência à tração de acordo com a ABNT NBR 13528 maior ou igual a 0,2 MPa) têm 67% de eficiência relativa ao concreto;
- revestimentos de argamassa de cimento e areia aderentes (aderência à tração de acordo com a ABNT NBR 13528 maior ou igual a 0,2 MPa) têm 100% de eficiência relativa ao concreto;
- revestimentos protetores à base de gesso, vermiculita ou fibras com desempenho equivalente, podem ser empregados, desde que sua eficiência e aderência na situação de incêndio sejam demonstradas experimentalmente.

não é válido também para vigas e para a determinação de "c<sub>1</sub>" de pilares

# PILARES

Método analítico para a determinação do tempo de resistência ao fogo de pilares

$$TRF = 120 \left( \frac{R_{\mu} + R_a + R_L + R_b + R_n}{120} \right)^{1,8}$$

$$R_{\mu} = 83 (1 - \mu_{fi})$$

$$R_a = 1,60 (c_1 - 30), c_1 \text{ em mm}$$

$$R_L = 9,60 (5 - \ell_{ef,fi})$$

$$R_b = 0,09 b' \text{ para } 190 \text{ mm} \leq b' \leq 450 \text{ mm}$$

$$= 40,5 \text{ para } b' > 450$$

$$R_n = 0 \text{ para } n = 4, \text{ sendo } n \text{ o número de barras longitudinais}$$

$$= 12 \text{ para } n > 4$$

$$\mu_{fi} = \frac{N_{Sd,fi}}{N_{Rd}}$$

$$b' = 2 \times \frac{(b \times h)}{(b + h)}$$

$$\gamma_z \leq 1,3$$

$$A_s/A_c \leq 0,04$$

$$25 \text{ mm} \leq c_1 \leq 80 \text{ mm}$$

limitações  $b' \geq 190 \text{ mm}$

$$e \leq 0,15 b$$

$$\ell_{ef,\theta} \leq 6 \text{ m}$$

"e" é a excentricidade de primeira ordem da força normal atuante em situação de incêndio que pode ser assumida igual à temperatura ambiente, desconsiderando-se o efeito do vento

## Método tabular geral (9 tabelas)

$$\gamma_z \leq 1,3$$

TRRF (min)	$\lambda_n$	$b_{\min} / c_1$			
		$u_{fi} = 0,15$	$u_{fi} = 0,3$	$u_{fi} = 0,5$	$u_{fi} = 0,7$
30	30	150/25	150/25	150/25	150/25
	40	150/25	150/25	150/25	150/25
	50	150/25	150/25	150/25	200/25
	60	150/25	150/25	200/25	250/25
	70	150/25	150/25	250/25	300/25
	80	150/25	200/25	250/25:300/25	350/25
60	30	150/25	150/25	200/25	200/30:250/25
	40	150/25	150/25	200/25	250/25
	50	150/25	200/25	250/25	300/25
	60	150/25	200/40:250/25	250/40:300/25	350/30:400/25
	70	200/25	250/30:300/25	300/40:350/25	450/35:550/25
	80	200/30:250/25	250/40:300/25	400/30:450/25	550/60:600/35
90	30	150/25	200/25	200/50:250/25	250/30:300/25
	40	150/35:200/25	200/30:250/25	250/25	300/25
	50	200/25	250/25	300/25	350/50:400/25
	60	200/35:250/25	250/40:300/25	350/35:400/25	450/50:55/25
	70	250/25	300/35:350/25	400/45:550/25	600/40
	80	250/30:300/25	350/35:400/25	550/40:600/25	(1)

$\omega = 0,1$   
 $e_{m\acute{a}x} = 10 \text{ mm}$   
 para  $b \leq 400 \text{ mm}$

$e_{m\acute{a}x} = 0,025 \times b$   
 para  $b > 400 \text{ mm}$

$$\omega = \frac{A_s f_{yd}}{A_c f_{cd}}$$

$$v_{fi} = \frac{N_{0Sd}}{A_c \cdot f_{cd} + A_s \cdot f_{yd}}$$

$N_{0Sd}$  é o valor de cálculo do esforço normal de compressão de 1ª ordem à temperatura ambiente desconsiderado o efeito das forças decorrentes do vento

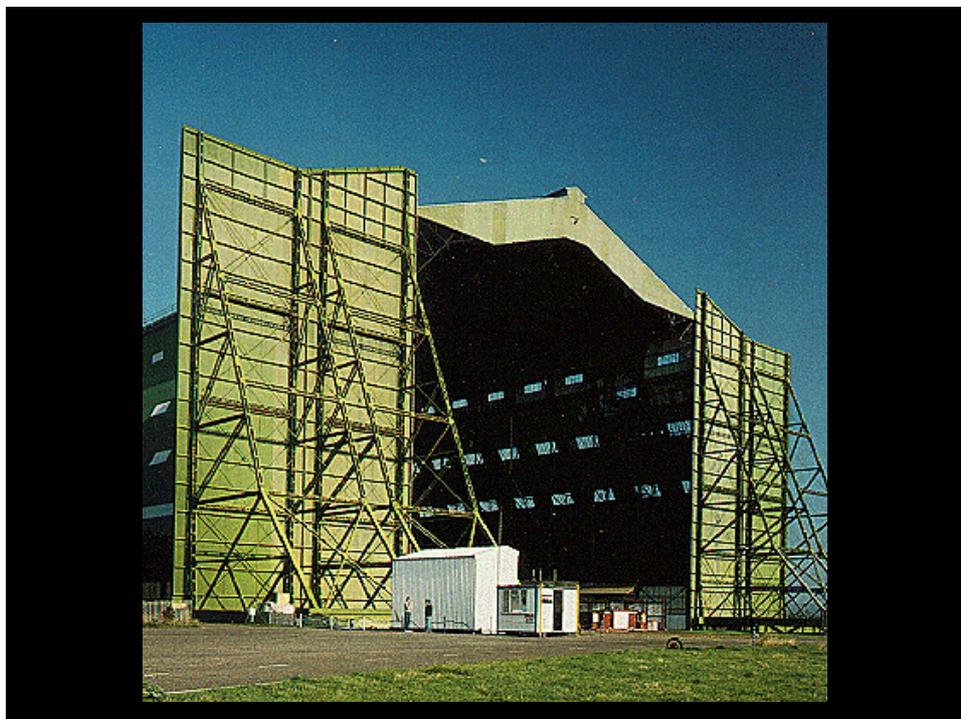
$$\lambda_{fi} = \frac{\ell_{ef,fi}}{r}$$

$\ell_{ef,fi}$  é o comprimento equivalente do pilar em situação de incêndio, em metros.

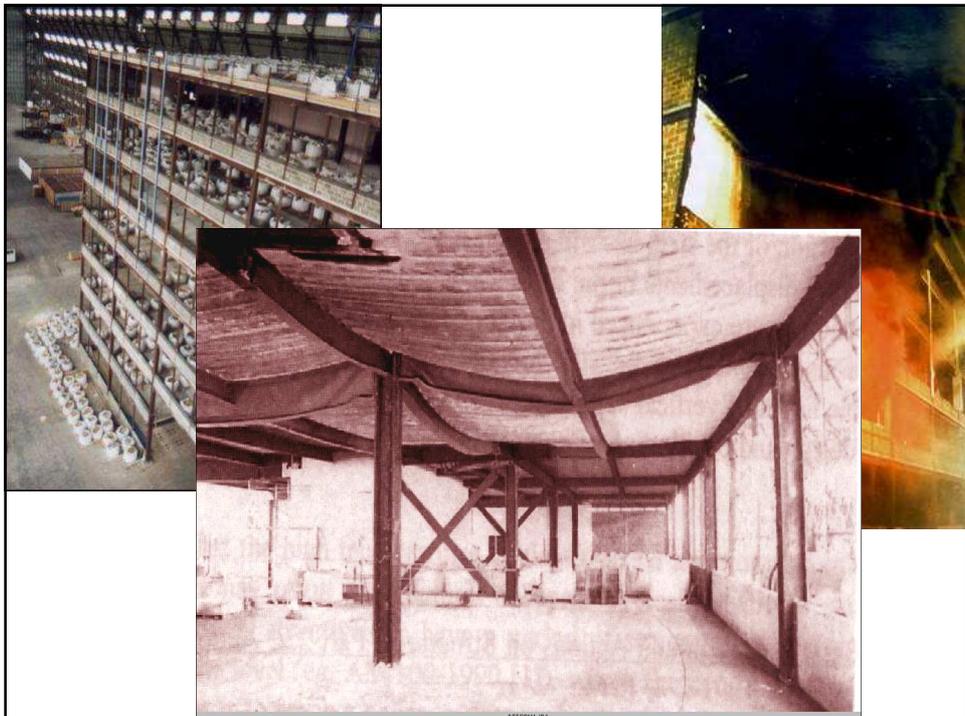
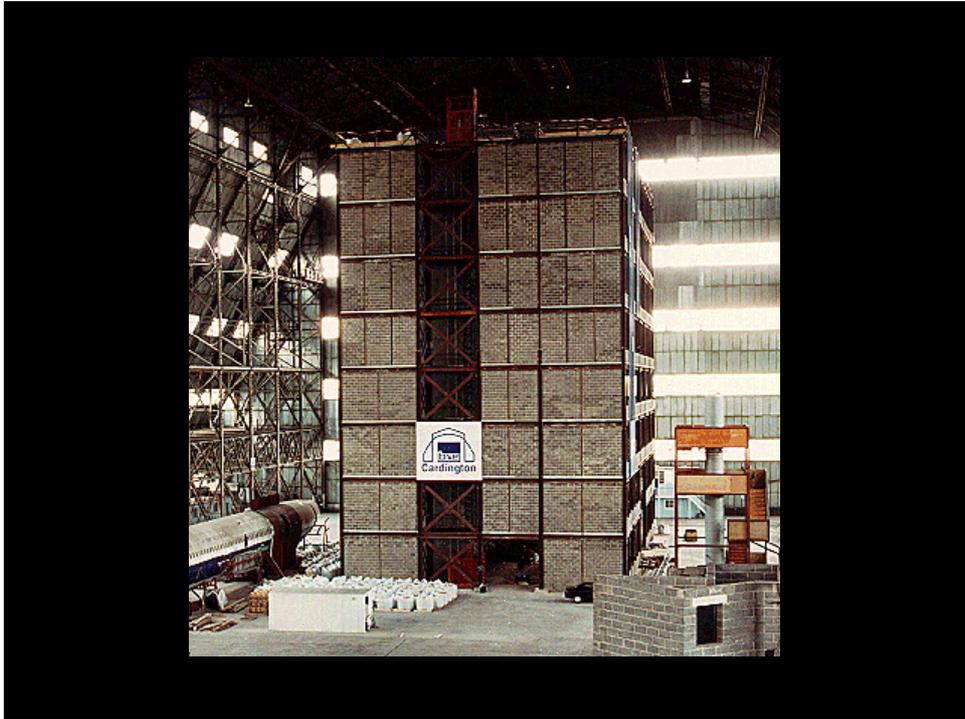
Pode sempre ser considerado igual ao da temperatura ambiente,  $\ell_e$ , conforme ABNT NBR 6118:2007, 15.6.



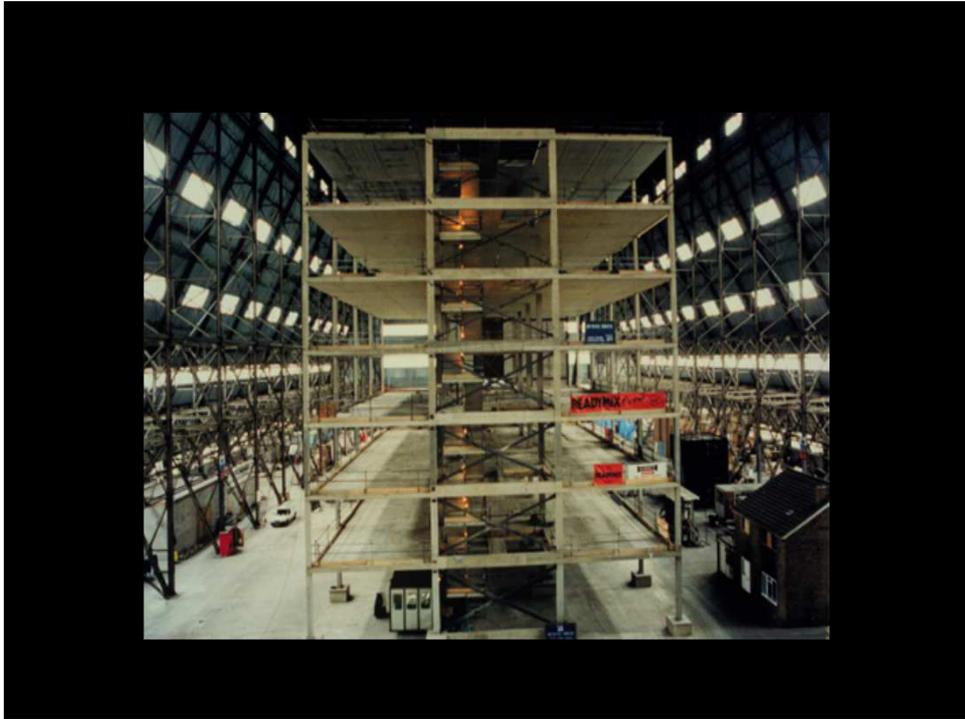
<p><b>ZONE MODELS:</b>                  ARGOS (Denmark)                  ASET (US)                  ASET-B (US)                  BRANZFIRE (New Zealand)                  BRI-2 (Japan)                  CALTECH (?)                  CCFMVENTS (US)                  CFAST (US)                  CFIRE-X (US)                  CISNV (?)                  COMPBURN-III (US)                  COMPEZ (US)                  CSTB (?)                  DACFIR-3 (US)                  DSLAYV (Sweden)                  EAST (US)                  EASTlite (US)                  FFM (US)                  FIERAsystem (Canada)                  FIGARO (?)                  FIGARO II (?)                  FIRAC (US)                  FIRECAM (Canada)                  FIREWIND (Australia)                  FIRIN (US)                  FIRM (US)                  FIRST (US)                  FIRBA (France)                  FL-AMME S (France)                  FMD (US)                  FPETool (US)                  HarvardMarkVI (US)                  HAZARDI (US)                  HEMFAST (US)                  HYSLAV (?)                  IMFE (Poland)                  LUND (UK)                  MAGIC (France)                  MRFC (?)                  NBS (US)                  NRCC1 (Canada)                  NRCC2 (Canada)                  OSU (US)                  OZone (Belgium)                  POGAR (Russia)                  RFIRES (US)</p>	<p>R-VENT (Norway)                  SPIRE-4 (Sweden)                  SMRFLW (?)                  SP (UK)                  WPI-2 (US)                  WPIFIRE (US)                  ZMFE (Poland)</p> <p><b>CFD/ FIELD MODELS:</b>                  BR3D (US)                  FDS (US)                  FIRE (?)                  FISCO-3L (Germany/ Norway)                  FLOW3D (UK)                  JASMINE (UK)                  KAMELEON E-3D (Norway)                  KAMELEON II (Norway)                  KOBRA-3D (Germany)                  PHOENICS (UK)                  RMFIRE (Canada)                  SMARTFIRE (UK)                  SOFIE (UK/SWEDEN)                  UNSSAFE (US/Japan)                  VESTA (France)</p> <p><b>FIRE ENDURANCE MODELS:</b>                  CIRCON (Canada)                  COFIL (Canada)                  COMPSL (Canada)                  INSTAI (Canada)                  INSTCO (Canada)                  NAT (France)                  RCCON (Canada)                  RECTEST (Canada)                  SAFIR (Belgium)                  SQCON (Canada)                  TASEF (Sweden)                  TCSLBM (Canada)                  TR8 (New Zealand)                  WALL2D (Canada)                  WSHAPS (Canada)</p>	<p><b>BUILDING EVACUATION/EGRESS MODELS:</b>                  Alibate (Norway)                  EESCAPE (Austria)                  ELVAC (US)                  EVACINET- (US)                  EVACS (Japan)                  EXIT89 (US)                  EXITT (US)                  EXODUS (UK)                  FIERAsystem (Canada)                  FIREWIND (Australia)                  HAZARDI (US)</p> <p><b>THERMAL DETECTION ACTUATION MODELS:</b>                  DETACT-QS (US)                  DETACT-T2 (US)                  G-JET (Norway)                  HDA (US)                  JET (US)                  LAVENT (US)                  PALDET (Finland)                  SPRINK (US)                  TDISX (US)</p> <p><b>FIRE/ SPRINKLER INTERACTION MODELS:</b>                  FIRDEMND (US)                  FIREWIND (Australia)                  FISCO-3L (Germany/Norway)                  RADISM (UK)                  SPLASH (UK)</p> <p><b>OTHER MODELS:</b>                  ALOFTT (US)                  ASCOS (US)                  ASMET (US)                  BREAKI (US)                  CONTAM496 (US)                  FIERAsystem (Canada)                  FIRECAM (Canada)</p>	<p>FIREX-T3 (US)                  FIREX-1-2 (Germany/Norway)                  FIVE (US)                  MFIRE (US)                  RISK-COST (Canada)                  SMACS (US)                  SPREAD (US)                  UFSG (US)                  WALLEX (Canada)</p>
---	--	--	--

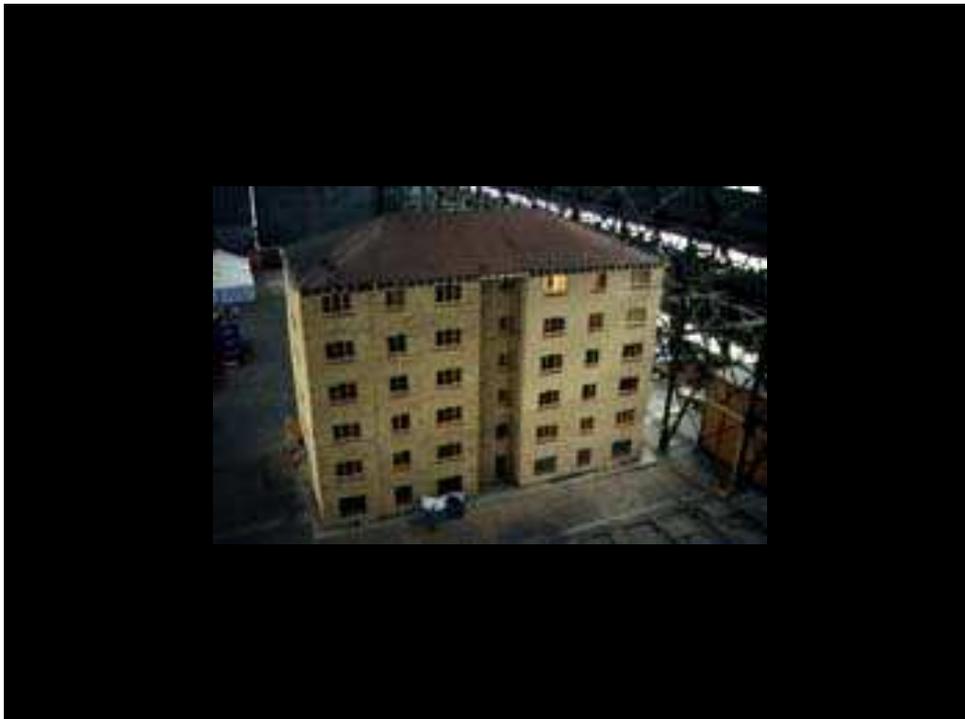














# Engenharia de estruturas em situação de incêndio

NBR 14432:2000  
NBR 14323:1999  
NBR 15200:2004

Poli-USP  
EESC/USP  
UNICAMP  
UNESP  
UFMG  
UFRGS  
UFRJ  
UFPE  
UFOP  
UFES  
UNB  
UFRN

Canadá  
Estados Unidos

Inglaterra  
Escócia  
Bélgica  
Países Baixos  
França  
Suécia  
Noruega  
Finlândia  
Dinamarca  
Suíça  
Portugal

Japão  
China  
Singapura

Austrália  
Nova Zelândia

# Obrigado pela atenção!

<http://www.lmc.ep.usp.br/people/valdir>



<http://www.blucher.com.br/livro.asp?Codlivro=06842>