

## Directions of the new Brazilian standard NBR 15200:2004 for concrete structures design in fire conditions – a comparative analysis to NBR 6118:2003

Diretrizes da nova norma brasileira NBR 15200:2004 para projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio – uma análise comparativa com a NBR 6118:2003



C. N. COSTA<sup>a</sup>  
carlac@usp.br

V. P. SILVA<sup>b</sup>  
valpigss@usp.br

### Abstract

Concrete structures should ensure the support ability in fire conditions, to allow the occupants escape and, if necessary, the fire control operations in safety. Specific standards to concrete structures design in fire conditions are common in Developed countries, where the structural elements are usually designed, based on the known "tabular method". In the last year, the standard NBR 15200:2004 – "Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio – Procedimento" (Design of concrete structures in fire condition – Procedures) was published to complete the standardization of the design of concrete structures in Brazil. This paper presents the basic rules of the design of concrete structures in fire conditions and the standards comparison between the recent NBR 15200:2004, and the current NBR 6118:2003 to design of concrete structures at room temperature.

**Keywords:** structural concrete, safety, high temperatures, fire.

### Resumo

As estruturas de concreto devem assegurar a capacidade de suporte em situação de incêndio, a fim de permitir a fuga dos usuários e, se necessárias, as ações de combate do sinistro em segurança. Recentemente, foi publicada a NBR 15200:2004 – "Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio – Procedimento", complementando a normatização de projeto de estruturas de concreto do Brasil. O entendimento e a aplicação da nova norma requer o conhecimento de novos conceitos de segurança e termos técnicos da Engenharia de estruturas em situação de incêndio. Neste trabalho, são apresentadas as diretrizes básicas de projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio e uma comparação das dimensões mínimas estabelecidas para elementos de concreto, entre a nova NBR 15200:2004 e a NBR 6118:2003 para projeto à temperatura ambiente.

**Palavras-chave:** concreto estrutural, segurança, altas temperaturas, incêndio.

*a – Eng<sup>a</sup> Civil, M.Sc., Doutoranda. Departamento de Engenharia de Estruturas e Fundações, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Av. Prof. Almeida Prado, trav. 2, n<sup>o</sup> 271 LMC/PEF/EPUSP, São Paulo, Brasil;*

*b – Professor Doutor. Departamento de Engenharia de Estruturas e Fundações, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Av.*

## 1 Introdução

Os materiais estruturais perdem resistência e módulo de elasticidade quando submetidos a temperaturas elevadas, correndo o risco de colapsar parcial ou totalmente. À semelhança dos projetos hidráulico, elétrico e arquitetônico, a segurança contra incêndio deve ser estendida ao projeto de estruturas e contribuir na integração dos sistemas de proteção das edificações.

Nos países desenvolvidos, a segurança contra incêndio é considerada ciência e, como tal, é pesquisada e aplicada. No Brasil, desde 2000, a norma NBR 14432:2000 – “Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento” estabelece mínima resistência ao fogo requerida ao projeto de edificações, em função do porte, uso e localização das construções, independente do tipo de material construtivo empregado.

Em 2001, a Instrução Técnica do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo – IT nº 08 tornou obrigatória a aplicação da NBR 14432:2000 nos projetos de construção civil do Estado de São Paulo. Há quatro anos existe uma Norma e uma Instrução Técnica que estabelecem a resistência requerida ao fogo pelas edificações, mas, somente as estruturas de aço dispunham de uma norma específica para o projeto em situação de incêndio – a **NBR 14323:1999 – “Dimensionamento de estrutura de aço em situação de incêndio – Procedimento”**. Até então, não havia alguma norma que fornecesse diretrizes para o dimensionamento e verificação das estruturas de concreto, a fim de atender às exigências da legislação vigente.

A nova **NBR 15200:2004 – “Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio – Procedimento”** foi elaborada pela **CE-02:124.15 – Comissão de Estudo de Estruturas de Concreto Simples, Armado e Protendido**, no âmbito do **CB-02 – Comitê Brasileiro de Construção Civil**. Ela veio preencher uma lacuna na normatização de segurança contra incêndio no Brasil. Formulada a partir do Eurocode 2 Part 2 (versões de 1995 e 2002), a nova norma permite incorporar a espessura de revestimentos não-combustíveis às dimensões dos elementos estruturais, na determinação das dimensões mínimas necessárias em função do tempo requerido de resistência ao fogo.

A NBR 15200:2004 permite ainda, “aliviar” as exigências de resistência ao fogo, nas edificações que favoreçam a prevenção ou a proteção contra incêndio, a redução do risco do sinistro e a facilitação da fuga de usuários e as operações de combate. Em outras palavras, o desempenho da proteção ativa pode assumir, indiretamente, parte da resistência ao fogo requerida.

A concepção de novos projetos de estruturas de concreto, requer o conhecimento prévio da NBR 15200:2004, da NBR 14432:2000 e, no Estado de São Paulo, da IT nº 08. Este trabalho tem o objetivo de apresentar as diferenças entre o projeto à temperatura ambiente e em situação de incêndio, por meio de uma análise expedita comparativa entre as normas NBR 6118:2003 e NBR 15200:2004.

## 2 Segurança das estruturas contra incêndio

Na maior parte dos países desenvolvidos os custos das perdas, devido a incêndios, têm reduzido gradativamente. O progresso é mais evidente nos países que tiveram os maiores índices de vítimas fatais na década de 80 e, naturalmente, investiram pesado na proteção contra incêndios. Contudo, diversos países em desenvolvimento ainda enfrentam dificuldades para lidar com o incêndio, em face das elevadas taxas de morte registradas, acima da média da maioria dos outros países no mesmo período (WILMOT, 2003).

A segurança contra incêndio é conseguida pela integração de todos os sistemas de proteção. Os sistemas de proteção a incêndio estão divididos em duas classes: os sistemas de proteção ativa e os de proteção passiva.

A proteção ativa contra incêndio é constituída por meios de proteção que precisam ser acionados mecanicamente, quer manual ou automático, para funcionar em situação de incêndio. Ela visa a rápida detecção do incêndio e alerta aos usuários do edifício para a desocupação e as ações de combate, ambas em segurança. São exemplos de meios de proteção ativa: sistema de alarme manual de incêndio (botões); meios de detecção de calor ou fumaça e alarme automáticos de incêndio; extintores, hidrantes, chuveiros automáticos, sistema de iluminação de emergência, sistemas de controle e exaustão da fumaça (ONO, 2004).

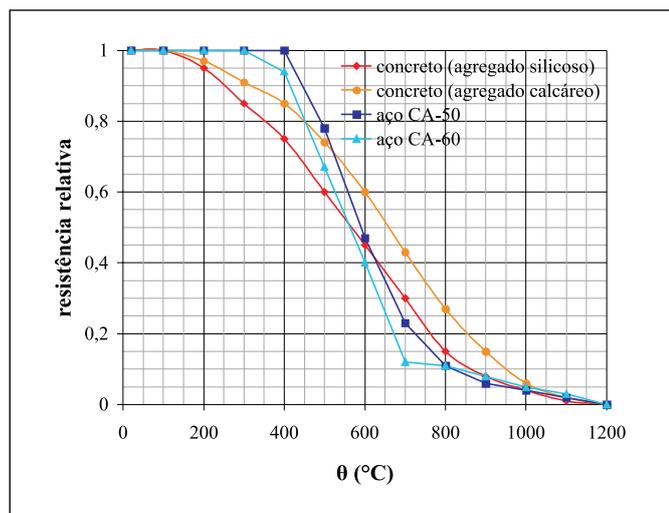
A proteção passiva contra incêndio é constituída por meios de proteção incorporados à edificação, os quais não requerem acionamento mecânico para o seu funcionamento em situação de incêndio. São meios de proteção passiva: a acessibilidade ao lote e ao edifício (janelas e outras aberturas), rotas de fuga, o estabelecimento dos níveis de proteção dos usuários e da resistência ao fogo dos elementos estruturais e de compartimentação (ONO, 2004).

A segurança das estruturas é garantida, quando elas atendem à resistência requerida ao fogo em função o nível de segurança estabelecido pela sociedade, por meio da legislação e normatização específica vigentes. Em casos de incêndio, a edificação deve assegurar a capacidade de suporte, a fim de permitir a fuga dos usuários e, quando necessárias, as ações de combate em incêndio em segurança e minimizar a propagação das chamas para outras dependências da edificação ou para edificações vizinhas.

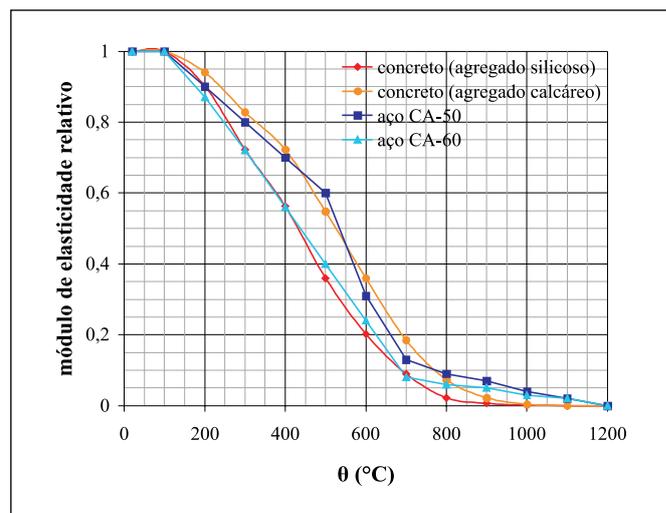
O objetivo da segurança contra incêndio é proteger a vida humana durante o sinistro. A estrutura deve suportar os efeitos da ação térmica durante a fuga dos ocupantes e as ações de combate ao incêndio, ambos em segurança.

## 3 Por que o incêndio deve ser considerado no projeto das estruturas de concreto?

Os materiais estruturais reagem ao calor distintamente, conforme a natureza de sua microestrutura. Em altas tem-



**Figura 2.1: Redução da resistência em função da temperatura elevada (NBR 15200:2004).**



**Figura 2.2: Redução do módulo de elasticidade em função da temperatura elevada (NBR 15200:2004).**

peraturas, apenas as propriedades mecânicas dos metais (aço, alumínio, etc.) são reduzidas (Figura 2.1 e Figura 2.2), enquanto no concreto e na madeira, além das propriedades mecânicas, a área superficial também é reduzida.

A redução da seção transversal dos elementos de madeira e de concreto é devido às reações ao calor, característica de cada material. A madeira reage por meio da carbonização das faces expostas ao calor.

O concreto endurecido é um material incombustível, de baixa condutividade térmica e não desprende gases tóxicos, quando exposto ao calor. Apesar dessas qualidades apreciáveis em situação de incêndio, o concreto reage ao calor por meio de fissuração excessiva, aumento de porosidade e lascamentos ("spalling").

A fissuração excessiva e o aumento de porosidade é uma reação ao calor da microestrutura do concreto, devido à heterogeneidade do material. O concreto endurecido é uma combinação de água, cimento Portland, agregados miúdos e graúdos e aço, os quais, após a cura, trabalham como um único material à temperatura ambiente. Em altas temperaturas, os constituintes do concreto endurecido apresentam dilatações térmicas diferenciais (incompatibilidades térmicas entre os agregados e a pasta de cimento e entre o concreto endurecido e o aço) e reações físico-químicas na pasta de cimento (desidratação e evaporação d'água) e nos agregados.

O "spalling" é uma reação ao calor da macroestrutura do concreto endurecido. Pedacos de concreto da região superficial se desprendem, expondo o interior do elemento estrutural à ação térmica. O lascamento ("spalling") pode ser gradual ou assumir um caráter imprevisível, durante os primeiros minutos de incêndio (COSTA *et al.* 2002).

O aço, embora quimicamente mais estável do que o concreto endurecido experimenta os efeitos de fluência

e de dilatação excessiva além da redução da resistência e do módulo de elasticidade em função da temperatura elevada.

A redução das propriedades mecânicas do concreto armado é considerada no dimensionamento dos elementos de concreto. Códigos internacionais da América do Norte, Europa e Oceania apresentam métodos simplificados de dimensionamento em função do tempo requerido de resistência ao fogo de acordo com o nível de risco dos edifícios.

### 3.1 Antecedentes históricos

O colapso total ou parcial das estruturas de edifícios altos de concreto causado pelo incêndio não é incomum, embora tenha recebido destaque no meio técnico-científico recentemente, após os atentados terroristas de 11 de setembro de 2001.

Na literatura técnica internacional há registros de diversos edifícios de múltiplos andares de concreto armado, que sofreram colapso parcial ou total por ocasião do incêndio, colocando em risco as ações de salvamento e combate ao fogo: "Minin works" em Surrey – Reino Unido, 1969; edifício comercial "One New York Plaza" em New York – U.S.A., 1970; fábrica Linde – Alemanha, 1971; "Military Personnel Record Center", em Overland – U.S.A., 1973; loja de departamentos "Katrantzios Sport" em Atenas – Grécia, 1980; Sede I e Sede II da CESP em São Paulo – Brasil, 1987; depósito das Lojas Zêlo S.A. em Barueri – Brasil, 1995; "Condomínio Edifício Cacique" em Porto Alegre – Brasil, 1996; fábrica de roupas em Alexandria – Egito, 2000; biblioteca de Linköping – Suécia, 1996; edifício residencial, em São Petersburgo – Rússia, 2002; edifício residencial "Jackson Street Apartment", em Hamilton – Canadá, 2002; edifício comercial da Eletrobrás no Rio de Janeiro – Brasil, 2004.

## 4 Normatização nacional

### 4.1 Antecedentes históricos

O Brasil já teve uma norma para o projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio – a **NBR 5627:1980** – “*Exigências Particulares das Obras de Concreto Armado e Protendido em Relação à Resistência ao Fogo*” – a qual foi cancelada em 2001 por estar desatualizada. Posteriormente, tentou-se de incorporar as diretrizes do projeto em situação de incêndio ao texto de revisão de 2001, da norma **NBR 6118:1980** – *Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado*, como anexo.

A nova NBR 15200:2004 apresenta similaridades com o Anexo B do texto de revisão de 2001, da norma NBR 6118, com base nas últimas versões do Eurocode 2 Part 1.2 (1995 e 2002). A nova norma prescreve as dimensões mínimas em função dos TRRF's, os quais são estabelecidos pela NBR 14432:2000.

A norma NBR 14432:2000 – “*Exigências de Resistência ao Fogo de Elementos Construtivos das Edificações*” fornece os tempos requeridos de resistência ao fogo (TRRF's) que devem ser adotados nas edificações brasileiras, independentemente do material estrutural utilizado.

No Estado de São Paulo há, ainda, a IT 08 – “*Segurança Estrutural nas Edificações – Resistência ao Fogo dos Elementos de Construção*” do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo, a qual incorpora, com pequenas alterações, a NBR 14432:2000 tornando-a obrigatória no Estado. As edificações de maior porte, caracterizadas por altura útil e carga de incêndio elevadas devem atender às exigências mais severas, a fim de reduzir o risco de danos e perdas por ocasião do incêndio.

### 4.2 O tempo de resistência ao fogo requerido pela normatização

O TRRF é dedutível pela engenharia (mecânica das estruturas, fenômenos de transporte, ciência dos materiais,

dinâmica do fogo). Devido à dificuldade operacional de se deduzir um TRRF para cada tipo de edificação, ele é avaliado subjetivamente, em função do risco de incêndio e de suas conseqüências, estabelecido pelo consenso da sociedade e normatizado (Tabela 4.1).

O tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF) é o tempo de resistência ao fogo dos elementos construtivos de uma edificação, estabelecido pela legislação vigente, admitindo-se que a elevação de temperatura do incêndio obedece à uma curva tempo-temperatura, denominada incêndio-padrão ou, simplesmente, curva-padrão. Não se trata do incêndio real. Portanto, o TRRF não deve ser confundido com o tempo necessário à fuga dos usuários da edificação ou à duração do incêndio.

No caso das estruturas calculadas à temperatura ambiente, os coeficientes de ponderação, definidos em normas de engenharia (NBR-ABNT, no Brasil), retratam a probabilidade de colapso aceitável de uma edificação bem dimensionada, durante sua vida útil, à temperatura ambiente.

Para as estruturas calculadas em situação de incêndio, os valores dos TRRF encerram a probabilidade de colapso aceitável de uma edificação bem dimensionada durante sua vida útil, para a situação de incêndio.

### 4.3 Diretrizes básicas da NBR 15200:2004

O projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio pode ser otimizado pelo uso racional da norma “Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio – Procedimento” requerendo, para tanto, a integração entre o projeto estrutural e os projetos complementares.

Os projetos de edifícios que favoreçam a prevenção ou a proteção contra incêndio, a redução do risco do sinistro e a facilitação da fuga de usuários e as operações de combate, podem ter as exigências aliviadas em relação à resistência exigida. Por exemplo, se os meios de proteção, tais como, chuveiros automáticos e quaisquer outros que possam ser usados em algum método de análise de risco, estiverem preestabelecidos nos projetos complementares (Hidráulica & Elétrica) da edificação, as exigências de resistência ao fogo da estrutura poderão ser reduzidas.

**Tabela 4.1 – TRRF (min) dos principais tipos de edificações no Brasil (NBR 14432:2000).**

Ocupação/Uso	Altura da Edificação				
	$h \leq 6m$	$6m < h \leq 12m$	$12m < h \leq 23m$	$23m < h \leq 30m$	$h > 30m$
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

A NBR 14432:2000 permite usar o Método do Tempo Equivalente para considerar os meios de proteção ativa na redução da exigência de resistência ao fogo da estrutura. A Instrução Técnica do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo (IT 08) detalha esse método.

O Método do Tempo Equivalente associa o modelo do incêndio-padrão ao modelo do incêndio natural.

O incêndio natural é um modelo matemático de incêndios reais. Para tal, leva em conta a influência da carga de incêndio, as características geométricas do compartimento (áreas de aberturas horizontais e verticais, altura do compartimento, material dos elementos de vedação), os meios de proteção ativa chuveiros (*sprinklers*) e detectores de fumaça automáticos, brigada de incêndio) e o risco de incêndio da edificação em função de sua ocupação (museus, bibliotecas, laboratórios, escritórios, ...).

Elementos com acabamento final não-combustível (cerâmica, pedras naturais, azulejos, argamassas) também levam vantagem no dimensionamento em situação de incêndio, pois o revestimento não-combustível poderá ser incluído na espessura total do elemento de concreto, na determinação das dimensões mínimas em função do TRRF.

Embora o gesso seja um revestimento incombustível, ressalta-se que, os gessos usados em revestimentos, em geral, não são apropriados à proteção térmica. Os revestimentos de gesso devem ser incluídos na espessura total do elemento, somente quando apresentarem propriedades refratárias nas especificações técnicas do fabricante.

#### 4.3.1 Método tabular de dimensionamento

O método tabular é o mais difundido pelas normas internacionais, nos países contemplados por códigos de segurança contra incêndio para projetos de estruturas de concreto. A simplicidade do dimensionamento é destacada pela aplicação imediata das dimensões mínimas recomendadas em função do tempo requerido de resistência ao fogo, organizadas em tabelas (Tabela 4.2 à Tabela 4.12), para cada tipo básico de elemento estrutural.

Os valores mínimos tabulares correspondem às dimensões da seção do elemento e da distância mínima (" $c_1$ ") entre o centro geométrico da armadura principal e a face mais próxima, exposta ao calor. As tabelas do "método tabular" têm por base o princípio de que quanto mais afastada estiver a armadura da face exposta ao calor, menor é a sua temperatura. Em síntese, quanto maior o valor de " $c_1$ ", menor é a temperatura de um ponto qualquer da seção (Figura 4.1). A temperatura diminui nas regiões próximas ao centro da seção transversal, devido à inércia térmica do elemento de concreto. Dessa forma, quanto maior a seção transversal, tanto maior será o núcleo frio.

O cobrimento da armadura não é tão relevante para protegê-la do calor, uma vez que o concreto não é um bom isolante; seria necessário um cobrimento de grande espessura para garantir tal proteção. A temperatura da armadura depende da sua posição (indiretamente do cobrimento) mas, também, das dimensões da seção transversal do elemento de concreto (Figura 4.2).

Quando as barras da armadura forem dispostas em várias camadas, a distância mínima (" $c_1$ ") das tabelas da NBR 15200:2004 será tomada como sendo a média das distâncias entre o centro geométrico de cada barra e a face aquecida mais próxima. A distância média " $c_{1m}$ " a ser tomada como valor de " $c_1$ " deve ser o menor dos valores calculados pela equação 4.1.

$$c_{1m} < \frac{\sum_{i=1}^n c_{1v_i} \cdot A_{s_i}}{\sum_{i=1}^n A_{s_i}} \quad \text{ou} \quad \frac{\sum_{j=1}^m c_{1h_j} \cdot A_{s_j}}{\sum_{j=1}^m A_{s_j}} \quad (4.1)$$

onde:

$c_{1m}$  = distância média entre os centros geométricos das barras de diversas camadas e a face aquecida mais próxima;

$c_{1v_i}$  = distância entre o centro geométrico da barra "i" e a face inferior da viga, exposta ao calor;

$c_{1h_i}$  = distância entre o centro geométrico da barra "i" e a face lateral da viga, exposta ao calor;

$A_{s_i}$  = área da seção transversal da armadura "i".

Para verificar as dimensões mínimas, o revestimento não-combustível, aplicado em um lado ou em ambos os lados, pode ser somando à dimensão da fôrma do concreto (Figura 4.3), desde que seja aderente às faces do elemento; se o revestimento for refratário, a nova norma permite majorar a espessura do revestimento em até 2,5 vezes para considerá-lo na espessura total do elemento estrutural a ser verificado pelos valores das tabelas seguintes (Tabela 4.2).

Os elementos estruturais têm a função de manter a estabilidade, assegurando a sua capacidade de suporte das ações mecânicas, em qualquer situação de projeto. Em situação de incêndio, alguns elementos podem, adicionalmente, exercer as funções de isolamento e estanqueidade.

O isolamento térmico e a estanqueidade assumem a função corta-fogo. Por isso, as dimensões da seção transversal tabeladas devem ser sempre seguidas, nessa situação, mesmo quando comprovado por meio de cálculos refinados ou ensaios, que o elemento estrutural de dimensões menores mantenha sua capacidade de suporte. As lajes e os pilares-parede são os elementos de concreto que nor-

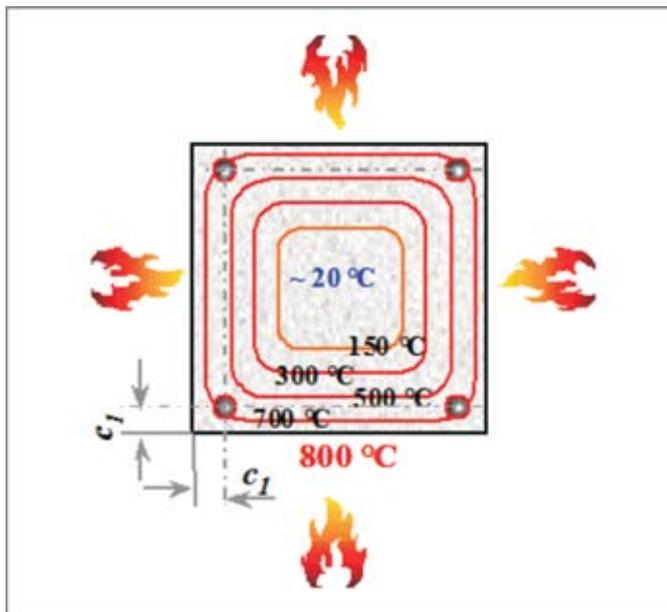


Figura 4.1: Distribuição de temperatura na seção de concreto submetida ao calor em todas as faces.

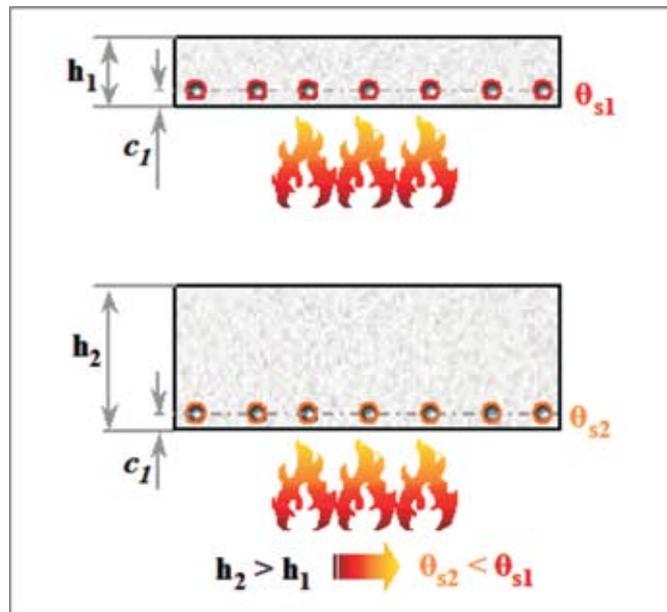


Figura 4.2: Temperatura das armaduras, de área e centro geométrico iguais, em lajes de espessuras diferentes, submetidas à mesma ação térmica.

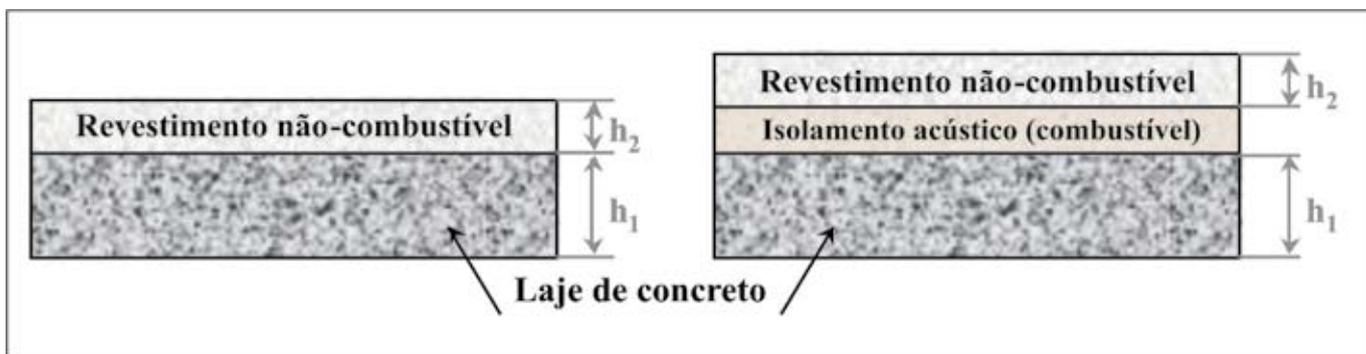


Figura 4.3: Espessura total da laje a ser considerada no método tabular proposto pelo projeto da nova norma.

Tabela 4.2 – Dimensões mínimas para lajes apoiadas em vigas.

revestimento	espessura total da laje
argamassa de cal & areia	$h_{laje} = h_1 + 0,67 \cdot h_2$
argamassa de cimento Portland & areia	$h_{laje} = h_1 + h_2$
revestimento de gesso, fibra de amianto ou vermiculita	$h_{laje} = h_1 + 2,5 \cdot h_2$

Tabela 4.3 – Dimensões mínimas para tirantes, em função do TRRF, recomendadas pela NBR 15200:2004.

TRRF (min)	combinações de $b_{min}$ e $c_1$			
	1		2	
	$b_{min}$ (mm)	$c_1$ (mm)	$b_{min}$ (mm)	$c_1$ (mm)
30	80	25	200	10
60	120	40	300	25
90	140	55	400	45
120	200	65	500	45

malmente apresentam funções múltiplas. Além de resistir às ações mecânicas, eles devem evitar a propagação do incêndio para compartimentos vizinhos, seja por meio da transferência de calor excessivo (isolamento) ou da invasão de chamas através da fissuração excessiva do concreto (estanqueidade).

A Tabela 4.12 apresenta um coeficiente, desconhecido até então pelo meio técnico, além da distância "c<sub>1</sub>": o coeficiente "μ<sub>fi</sub>" para o projeto de pilares em situação de incêndio. O coeficiente "μ<sub>fi</sub>" é a relação entre o esforço de cálculo atuante em situação de incêndio, e o esforço de cálculo resistente em situação normal de uso (equação 7.2).

$$\mu_{fi} = \frac{N_{Sd,fi}}{N_{Rd}} \quad (7.2)$$

onde:

μ<sub>fi</sub> = nível de carregamento do pilar;

N<sub>Sd,fi</sub> = valor de cálculo do esforço normal em situação de incêndio, determinado por meio da combinação última excepcional de ações (equação 7.3);

N<sub>Rd</sub> = valor de cálculo do esforço normal resistente à temperatura ambiente.

$$N_{Sd,fi} = \gamma_{g,fi} \cdot N_{gk} + \gamma_{q,fi} \cdot \sum_{i=2}^n \psi_{2j} \cdot N_{qik} \quad (7.3)$$

onde:

N<sub>gk</sub> = valor característico da normal decorrente de ações permanentes;

N<sub>qk,j</sub> = valor característico da normal decorrente das ações variáveis diretas "j"; as ações decorrentes de deformações térmicas podem ser desprezadas;

γ<sub>g,fi</sub> = 1,2 e γ<sub>q,fi</sub> = 1, respectivamente, para ações permanentes desfavoráveis e favoráveis;

γ<sub>q,fi</sub> = 1 e γ<sub>q,fi</sub> = 0, respectivamente, para ações variáveis desfavoráveis e favoráveis;

ψ<sub>0,j</sub> = fator de redução para as ações variáveis diretas "j" (Tabela 4.4).

Tabela 4.4 – Fatores de redução para combinação excepcional das ações (NBR 8681:2003).

Condição do local	ψ <sub>2,j</sub>
Locais em que não há predominância de pesos de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, nem de elevadas concentrações de pessoas (edifícios residenciais).	0,21
Locais em que há predominância de pesos de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, ou de elevada concentração de pessoas (edifícios comerciais).	0,28
Bibliotecas, arquivos, oficinas e garagens.	0,42
Pressão dinâmica do vento nas estruturas em geral	0

**Tabela 4.5 – Dimensões mínimas para lajes maciças apoiadas em vigas, de concreto de densidade normal, recomendadas pela NBR 6118:2003 e pela NBR 15200:2004.**

NBR 6118:2003															NBR 15200:2004				
espessura mínima da laje $h_{laje}^*$ (mm)					Classes de agressividade ambiental										TRRF (minutos)	$h_{laje}^*$ (mm)	$c_1$ (mm)		
					I fraca		II moderada		III forte		IV muito forte		Armada em 2 direções				Armada em 1 direção		
Tipo (finalidade) da laje					$c_{min}$ (mm)	$c_{1min} \dagger$ (mm)	$c_{min}$ (mm)	$c_{1min} \dagger$ (mm)	$c_{min}$ (mm)	$c_{1min} \dagger$ (mm)	$c_{min}$ (mm)	$c_{1min} \dagger$ (mm)	$\frac{\ell_y}{\ell_x} \leq 1,5$	$1,5 < \frac{\ell_y}{\ell_x} \leq 2$					
1	2	3	4	5															
50	70	100	120	150	20	25	25	30	35	40	45	50	30	60	10	10	10		
													60	80	10	15	20		
													90	100	15	20	30		
													120	120	20	25	40		

Legenda: 1 cobertura não em balanço  
 2 piso ou cobertura em balanço  
 3 suportam veículos com peso até 30 kN  
 4 suportam veículos com peso acima de 30 kN  
 5 lajes protendidas

\* Dimensões mínimas para garantir a função corta-fogo.  
 †  $c_{1min} \approx c_{min} + 5$  mm (a NBR 6118:2003 fornece apenas os cobrimentos mínimos " $c_{min}$ ")

**Tabela 4.6 – Dimensões mínimas para lajes maciças lisas ou cogumelo, de concreto de densidade normal, recomendadas pela NBR 6118:2003 e pela NBR 15200:2004.**

NBR 6118:2003										NBR 15200:2004		
espessura mínima da laje $h_{laje}^*$ (mm)		Classes de agressividade ambiental								TRRF (minutos)	$h_{laje}^*$ (mm)	$c_1$ (mm)
		I fraca		II moderada		III forte		IV muito forte				
lisa	cogumelo	$c_{min}$ (mm)	$c_{1min} \dagger$ (mm)	$c_{min}$ (mm)	$c_{1min} \dagger$ (mm)	$c_{min}$ (mm)	$c_{1min} \dagger$ (mm)	$c_{min}$ (mm)	$c_{1min} \dagger$ (mm)			
										30	150	10
160	140	20	25	25	30	35	40	45	50	60	180	15
										90	200	25
										120	200	35

\* Dimensões mínimas para garantir a função corta-fogo.  
 †  $c_{1min} \approx c_{min} + 5$  mm (a NBR 6118:2003 fornece apenas os cobrimentos mínimos " $c_{min}$ ")

**Tabela 4.7 – Dimensões mínimas para lajes nervuradas biapoiadas.**

NBR 6118:2003														NBR 15200:2004													
Mesa										Nervura				Nervura				Mesa*									
$h\ddagger$ (mm)		Classes de agressividade ambiental								$b_{\min}\ddagger\ddagger$ (mm)	Classes de agressividade ambiental				TRRF (mín)	combinações de $b_{\min}\ddagger\ddagger$ e $c_1$											
♪ Sem tubulações	♫ Com tubulações embutidas	I fraca		II moderada		III forte		IV muito forte			I fraca		II moderada			III forte		IV muito forte		1	2	3	4				
		$c_{\min}$ (mm)	$c_{1\min}\ddagger$ (mm)	$c_{\min}$ (mm)	$c_{1\min}\ddagger$ (mm)	$c_{\min}$ (mm)	$c_{1\min}\ddagger$ (mm)	$c_{\min}$ (mm)	$c_{1\min}\ddagger$ (mm)	$c_{\min}$ (mm)	$c_{1\min}\ddagger$ (mm)	$c_{\min}$ (mm)	$c_{1\min}\ddagger$ (mm)	$c_{\min}$ (mm)	$c_{1\min}\ddagger$ (mm)	$b_{\min}$ (mm)	$b_{\min}$ (mm)	$c_1$ (mm)	$b_{\min}$ (mm)	$c_1$ (mm)	$b_{\min}$ (mm)	$c_1$ (mm)	$h\ddagger$ (mm)	$c_1$ (mm)			
30	40	20	25	25	30	35	40	45	50	50	20	35	30	40	40	50	50	60	30	80	15	-	-	-	-	80	30
										60									100	35	120	25	190	15	80	60	
										90									120	45	160	40	250	30	100	90	
										120									160	60	190	55	300	40	120	120	

\* Dimensões mínimas para garantir a função corta-fogo.

†  $c_{1\min} \approx c_{\min} + 5$  mm (a NBR 6118:2003 fornece apenas os cobrimentos mínimos " $c_{\min}$ ")

‡  $b_{\min}$  corresponde à largura mínima da nervura; as nervuras com largura  $b < 80$  mm não devem conter armadura de compressão.

‡  $h$  corresponde à altura da laje.

♪  $h$  deve sempre ser maior 1/15 da distância entre as nervuras.

♫  $h \geq$  o diâmetro máximo das tubulações embutidas deve ser 12,5 mm.

**Tabela 4.8 – Dimensões mínimas para lajes nervuradas apoiadas em três ou quatro lados ou contínuas.**

NBR 6118:2003																NBR 15200:2004											
Mesa										Nervura						Nervura						Mesa*					
h† (mm)		Classes de agressividade ambiental								b <sub>min</sub> †† (mm)	Classes de agressividade ambiental				TRRF (mín)	combinações de b <sub>min</sub> †† e c <sub>i</sub>				4							
Sem tubulações	Com tubulações embutidas	I fraca		II moderada		III forte		IV muito forte			I fraca		II moderada			III forte		IV muito forte			1	2	3				
		c <sub>min</sub> (mm)	c <sub>1min</sub> † (mm)	c <sub>min</sub> (mm)	c <sub>1min</sub> † (mm)	c <sub>min</sub> (mm)	c <sub>1min</sub> † (mm)	c <sub>min</sub> (mm)	c <sub>1min</sub> † (mm)	c <sub>min</sub> (mm)	c <sub>1min</sub> † (mm)	c <sub>min</sub> (mm)	c <sub>1min</sub> † (mm)	c <sub>min</sub> (mm)	c <sub>1min</sub> † (mm)	b <sub>min</sub> (mm)	b <sub>min</sub> (mm)	c <sub>i</sub> (mm)	b <sub>min</sub> (mm)	c <sub>i</sub> (mm)	b <sub>min</sub> (mm)	c <sub>i</sub> (mm)	h‡ (mm)	c <sub>i</sub> (mm)			
30	40	20	25	25	30	35	40	45	50	50	20	35	30	40	40	50	50	60	30	80	10	-	-	-	-	80	10
																			60	100	25	120	15	190	10	80	10
																			90	120	35	160	25	250	15	100	15
																			120	160	45	190	40	300	30	120	20

\* Dimensões mínimas para garantir a função corta-fogo.

† c<sub>1min</sub> ≈ c<sub>min</sub> + 5 mm (a NBR 6118:2003 fornece apenas os cobrimentos mínimos "c<sub>min</sub>")

†† b<sub>min</sub> corresponde à largura mínima da nervura; as nervuras com largura b < 80 mm não devem conter armadura de compressão.

‡ h corresponde à altura da laje.

♩ h deve sempre ser maior 1/15 da distância entre as nervuras.

♪ h ≥ o diâmetro máximo das tubulações embutidas deve ser 12,5 mm.

**Tabela 4.9 – Dimensões mínimas para vigas biapoiadas, de concreto de densidade normal (agregados graníticos), recomendadas pela NBR 6118:2003 e pela NBR 15200:2004.**

NBR 6118:2003										NBR 15200:2004									
largura mínima b <sub>min</sub> (mm)	Classes de agressividade ambiental								TRRF (minutos)	possíveis combinações entre b <sub>min</sub> e c <sub>1min</sub>									
	I fraca		II moderada		III forte		IV muito forte			1	2	3	4	bw <sub>min</sub> (mm)					
	c <sub>min</sub> (mm)	c <sub>1min</sub> † (mm)	c <sub>min</sub> (mm)	c <sub>1min</sub> † (mm)	c <sub>min</sub> (mm)	c <sub>1min</sub> † (mm)	c <sub>min</sub> (mm)	c <sub>1min</sub> † (mm)		b <sub>min</sub> (mm)	c <sub>1min</sub> (mm)	b <sub>min</sub> (mm)	c <sub>1min</sub> (mm)		b <sub>min</sub> (mm)	c <sub>1min</sub> (mm)			
120	25	35	30	40	40	50	50	60	30	80	25	120	20	160	15	190	15	80	
									60	120	40	160	35	190	30	300	25	100	
100‡	25	35	30	40	40	50	50	60	90	190	55	190	45	300	40	400	35	100	
									120	200	65	240	60	300	55	500	50	120	

‡ Para casos excepcionais, respeitadas as condições estabelecidas no item 13.2.2 da NBR 6118:2003.

† c<sub>1min</sub> ≈ c<sub>min</sub> + 10 mm (a NBR 6118:2003 fornece apenas os cobrimentos mínimos "c<sub>min</sub>")

**Tabela 4.10 – Dimensões mínimas para vigas contínuas, de concreto de densidade normal (agregados graníticos), recomendadas pela NBR 6118:2003 e pela NBR 15200:2004.**

		NBR 6118:2003								NBR 15200:2004							
largura mínima $b_{\min}$ (mm)	Classes de agressividade ambiental								TRRF (minutos)	possíveis combinações entre $b_{\min}$ e $c_{1\min}$							
	I fraca		II moderada		III forte		IV muito forte			1		2		3		$bw_{\min}$ (mm)	
	$c_{\min}$ (mm)	$c_{1\min} \dagger$ (mm)	$c_{\min}$ (mm)	$c_{1\min} \dagger$ (mm)	$c_{\min}$ (mm)	$c_{1\min} \dagger$ (mm)	$c_{\min}$ (mm)	$c_{1\min} \dagger$ (mm)		$b_{\min}$ (mm)	$c_{1\min}$ (mm)	$b_{\min}$ (mm)	$c_{1\min}$ (mm)	$b_{\min}$ (mm)	$c_{1\min}$ (mm)		
120	25	35	30	40	40	50	50	60	30	80	15	160	12	190	12	80	
									60	120	25	190	12	300	12	120	
100‡									90	140	35	250	25	400	25	140	
									120	200	45	300	35	450	35	200	

‡Para casos excepcionais (vide item 13.2.2 da NBR 6118:2003).

† $c_{1\min} \approx c_{\min} + 10$  mm (a NBR 6118:2003 fornece apenas os cobrimentos mínimos " $c_{\min}$ ")

**Tabela 4.11 – Dimensões mínimas para pilares, de concreto de densidade normal (agregados graníticos), recomendadas pela NBR 6118:2003 e pela NBR 15200:2004.**

		NBR 6118:2003								NBR 15200:2004							
largura mínima $b_{\min}$ (mm)	Classes de agressividade ambiental								TRRF (minutos)	possíveis combinações entre $b_{\min}$ e $c_{1\min}$							
	I fraca		II moderada		III forte		IV muito forte			mais de 1 face exposta						1 face exposta	
	$c_{\min}$ (mm)	$c_{1\min} \dagger$ (mm)	$c_{\min}$ (mm)	$c_{1\min} \dagger$ (mm)	$c_{\min}$ (mm)	$c_{1\min} \dagger$ (mm)	$c_{\min}$ (mm)	$c_{1\min} \dagger$ (mm)		$\mu_{fi} = 0,2$		$\mu_{fi} = 0,5$		$\mu_{fi} = 0,7$		$\mu_{fi} = 0,7$	
										$b_{\min}$ (mm)	$c_{1\min}$ (mm)	$b_{\min}$ (mm)	$c_{1\min}$ (mm)	$b_{\min}$ (mm)	$c_{1\min}$ (mm)	$b_{\min}$ (mm)	$c_{1\min}$ (mm)
190‡	25	35	30	40	40	50	50	60	30	190	25	190	25	190	30	140	25
									60	190	25	190	35	250	45	140	25
									90	190	30	300	45	450	40	155	25
									120	250	40	350	45	450	50	175	35

‡ Em casos especiais permite-se  $120 \text{ mm} \leq b < 190 \text{ mm}$  (vide item 13.2.3 da NBR 6118:2003).

† $c_{1\min} \approx c_{\min} + 10$  mm (a NBR 6118:2003 fornece apenas os cobrimentos mínimos " $c_{\min}$ ")

Legenda:

$$\mu_{fi} = \frac{N_{sd,fi}}{N_{Rd}}, \text{ onde:}$$

$N_{sd,fi}$  = valor de cálculo do esforço normal em situação de incêndio, determinado por meio da combinação última excepcional de ações (considera-se apenas carregamento normal e despreza-se o momento).

$N_{Rd}$  = valor de cálculo do esforço normal resistente à temperatura ambiente, determinado por meio da combinação normal de ações.

**Tabela 4.12 – Dimensões mínimas para pilares-parede, de concreto de densidade normal (agregados graníticos), recomendadas pela NBR 6118:2003 e pela NBR 15200:2004.**

		NBR 6118:2003								NBR 15200:2004							
largura mínima $b_{min}$ (mm)	Classes de agressividade ambiental								TRRF (minutos)	possíveis combinações entre $b_{min}$ e $c_{1min}$							
	I fraca		II moderada		III forte		IV muito forte			1 face exposta	2 faces expostas		1 face exposta	2 faces expostas			
					$\mu_{fi} = 0,35$					$\mu_{fi} = 0,7$							
	$c_{min}$ (mm)	$c_{1min} \dagger$ (mm)	$c_{min}$ (mm)	$c_{1min} \dagger$ (mm)	$c_{min}$ (mm)	$c_{1min} \dagger$ (mm)	$c_{min}$ (mm)	$c_{1min} \dagger$ (mm)		$b_{min}$ (mm)	$c_{1min}$ (mm)	$b_{min}$ (mm)	$c_{1min}$ (mm)	$b_{min}$ (mm)	$c_{1min}$ (mm)	$b_{min}$ (mm)	$c_{1min}$ (mm)
190†	25	35	30	40	40	50	50	60	30	100	10	120	10	120	10	120	10
									60	110	10	120	10	130	10	140	10
									90	120	20	140	10	140	25	170	25
									120	140	25	160	25	160	35	220	35

† Em casos especiais permite-se  $120 \text{ mm} \leq b < 190 \text{ mm}$  (vide item 13.2.3 da NBR 6118:2003).

Nota: o pilar-parede é o pilar, cuja altura é 5 vezes maior do que a largura.

Legenda:

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

$N_{Sd,fi}$  = valor de cálculo do esforço normal em situação de incêndio, determinado por meio da combinação última excepcional de ações (considera-se apenas carregamento normal e despreza-se o momento).

$N_{Rd}$  = valor de cálculo do esforço normal resistente à temperatura ambiente, determinado por meio da combinação normal de ações.

A NBR 15200:2004 permite, salvo cálculo mais preciso, considerar  $N_{d,fi} \cong 0,70 \cdot N_d$ . Caso os valores de cálculo dos esforços solicitante e resistente sejam iguais, à temperatura ambiente, pode-se adotar, a favor da segurança,  $\mu = 0,7$ .

**4.4 Para elementos não contemplados pela nova norma, os métodos experimentais realizados por laboratórios de notoriedade internacional podem ser empregados para determinar a capacidade resistente em função do TRRF. NBR 6118:2003 x NBR 15200:2004**

As lajes maciças apoiadas em vigas, com  $h_{laje} < 80$  mm, atendem ao TRRF  $\leq 60$  min; as lajes com  $h_{laje} < 80$  mm requerem a inclusão do revestimento, para se enquadrarem nesses TRRF. Para TRRF  $> 60$  min, as lajes maciças projetadas adequadamente, conforme a NBR 6118:2003, dependem da classe de agressividade ambiental e do tipo

de revestimento, para atenderem às dimensões mínimas de espessura e cobrimento. Para TRRF = 120 min, as dimensões mínimas da NBR 6118:2003 não atendem aos critérios de resistência ao fogo.

As lajes lisas e cogumelo, prescritas pela NBR 6118:2003, não atendem às dimensões mínimas recomendadas para TRRF  $\geq 60$  min, qualquer que seja a classe de agressividade ambiental e do revestimento, requerendo aumento de espessura. Para TRRF = 30 min, somente as lajes lisas atendem às dimensões mínimas recomendadas pela NBR 15200:2004.

As dimensões mínimas das lajes nervuradas estão condicionadas à distância entre os eixos das nervuras, arbitradas pelo projetista. Neste trabalho, os valores mínimos recomendados pela NBR 15200:2004 foram comparados aos mínimos relativos recomendados pela NBR 6118:2003 para projeto à temperatura ambiente. Em geral, esses valores mínimos de altura da capa e largura das nervuras não se verificam para TRRF  $\geq 30$  min. Mesmo levando em conta o efeito do revestimento, essas lajes precisam ter suas dimensões adequadas àquelas da NBR 15200:2004, para resistirem o incêndio.

Para vigas isostáticas, as dimensões mínimas da NBR 6118:2003 para vigas satisfazem às exigências da NBR

**Tabela 4.13 – Resultado da comparação entre as normas NBR 6118:2003 e NBR 15200:2004 para lajes e vigas de concreto de densidade normal (agregados graníticos)**

TRRF (min.)	Lajes maciças				Vigas		
	cobertura não em balanço	piso ou cobertura em balanço	suportam veículos com peso até 30 kN	suportam veículos com peso acima de 30 kN	lajes protendidas	isostáticas	contínuas
30	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺
60	☹	r	☺	☺	☺	☺***	☺
90	☹	☹	☺	☺*	☺*	☹	r
120	☹	☹	r	☺**	☺**	☹	☹

**Legenda** ☺ = atende às dimensões mínimas recomendadas pela NBR 15200:2004, sem revestimento;

☹ = não atende às dimensões mínimas recomendadas pela NBR 15200:2004, requerendo alteração mínimas recomendadas pela NBR 15200:2004, requerendo alteração dimensional;

r = atende às dimensões mínimas recomendadas pela NBR 15200:2004, se houver a inclusão de revestimento de, pelo menos, 2 cm (total em ambas faces) de argamassa de cimento e areia ou outro (Tabela 4.3);

\* exceto armada em 1 direção, de classe de agressividade ambiental "I" (NBR 6118:2003);

\*\* exceto armada em 1 direção, de classe de agressividade ambiental "I" ou "II" (NBR 6118:2003);

\*\*\* exceto para a classe de agressividade ambiental "I" (NBR 6118:2003).

**Tabela 4.14 – Resultado da comparação entre as normas NBR 6118:2003 e NBR 15200:2004 para pilares e pilares-parede de concreto de densidade normal (agregados graníticos)**

TRRF (min.)	Pilar				Pilar-parede		
	1 face exposta	mais de 1 face exposta			1 face exposta	mais de 1 face exposta	
	$\mu_{fi} \leq 0,7$	$\mu_{fi} \leq 0,2$	$\mu_{fi} \leq 0,5$	$\mu_{fi} \leq 0,7$	$\mu_{fi} \leq 0,7$	$\mu_{fi} = 0,35$	$\mu_{fi} = 0,7$
30	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺
60	☺	☺	☺	☹	☺	☺	☺
90	☺	☺	☹	☹	☺	☺	☺
120	☺	☹	☹	☹	☺	☺	r

**Legenda**  $\mu_{fi}$  = nível de carregamento do pilar (equação 7.2);

☺ = atende às dimensões mínimas recomendadas pela NBR 15200:2004, sem revestimento;

☹ = não atende às dimensões mínimas recomendadas pela NBR 15200:2004, requerendo alteração dimensional;

r = atende às dimensões mínimas recomendadas pela NBR 15200:2004, se houver a inclusão de revestimento de, pelo menos, 2 cm (total em ambas faces) de argamassa de cimento e areia ou outro (Tabela 4.3).

15200:2004 para TRRF  $\leq 60$  min, desde que a espessura do revestimento seja adicionada. Para TRRF  $> 60$  min, as dimensões da NBR 6118:2003 dependem, além do revestimento, da classe de agressividade ambiental e das combinações entre largura e cobrimento para satisfazerem aos mínimos da NBR 15200 para vigas isostáticas.

Para vigas hiperestáticas, as dimensões mínimas da NBR 6118:2003 para vigas são suficientes assegurar a resistência ao fogo para TRRF  $\leq 60$  min. Para  $60 \text{ min} < \text{TRRF} \leq 90 \text{ min}$ ., as dimensões à temperatura ambiente satisfazem às exigências da NBR 15200, desde que a espessura do revestimento seja considerada. Para TRRF  $> 90 \text{ min}$ ., a resistência ao fogo com as dimensões da NBR 6118 depende ainda, da classe de agressividade ambiental e das combinações entre largura e cobrimento.

Os pilares e pilares-parede dependem do nível de carregamento ( $\mu_{fi}$ ), além das dimensões geométricas e do revestimento, para resistirem ao fogo.

Os pilares com apenas uma face exposta ao calor e  $\mu_{fi} = 0,7$  não precisam de verificação para TRRF  $\leq 120$  min. Para mais de uma face exposta, a verificação é dispensada quando: TRRF  $\leq 90 \text{ min}$  e  $\mu_{fi} = 0,2$ ; TRRF  $\leq 60 \text{ min}$  e  $\mu_{fi} = 0,5$ ; e TRRF =  $30 \text{ min}$  e  $\mu_{fi} = 0,7$ . Nas demais situações, a resistência ao fogo dos pilares com dimensões mínimas da temperatura ambiente está condicionada ao revestimento e à classe de agressividade ambiental.

Os pilares-parede com apenas uma face exposta ao ca-

lor e  $\mu_{fi} \leq 0,7$  não precisam de verificação para TRRF  $\leq 120$  min. Quando as duas faces estão expostas ao calor, a verificação é dispensada para: TRRF  $\leq 120 \text{ min}$  e  $\mu_{fi} = 0,35$ ; TRRF  $\leq 90 \text{ min}$  e  $\mu_{fi} = 0,7$ . Para TRRF =  $120 \text{ min}$  e  $\mu_{fi} = 0,7$ , a verificação de resistência ao fogo depende do revestimento para as manter as dimensões mínimas da NBR 6118:2003.

A NBR 15200:2004 é aplicável aos elementos de concreto moldados in loco e industrializados. Neste trabalho, apenas os elementos estruturais de concreto, contemplados pela NBR 6118:2003 foram avaliados na análise comparativa entre as duas normas. Para os elementos pré-moldados de concreto, as dimensões mínimas da seção e do cobrimento da NBR 15200:2004 devem ser comparadas àquelas prescritas pela NBR 9062:2001.

A Tabela 4.13 e a Tabela 4.14 apresentam um resumo dos resultados da comparação entre as dimensões mínimas exigidas pela NBR 15200:2004 e pela NBR 6118:2003 para lajes maciças, vigas, pilares e pilares-parede.

Para as lajes nervuradas, as dimensões mínimas estão condicionadas à distância entre os eixos das nervuras, arbitradas pelo projetista. Em geral, os valores mínimos recomendados pela NBR 6118:2003 para altura da capa e largura das nervuras não se verificam para TRRF  $\geq 30$  min. Mesmo levando em conta o efeito do revestimento, essas lajes precisam ter suas dimensões adequadas àquelas da NBR 15200:2004, para resistirem o incêndio.

## 5 Considerações finais NBR 15200:2004

A aplicação da norma NBR 15200:2004 é integrada à NBR 14432:2000 e à IT 08:2001 em São Paulo, porque elas estabelecem a mínima resistência ao fogo requerida das edificações, em função do seu porte e uso.

As recomendações da nova NBR 15200:2004, para dimensionamento em situação de incêndio, foram comparadas àquelas da NBR 6118:2003, para dimensionamento à temperatura ambiente. Em uma análise expedita, constatou-se que os cobrimentos e dimensões mínimas para os elementos de concreto, estabelecidos à temperatura ambiente pela NBR 6118:2003, induzem à concepção de elementos de concreto, com resistência ao fogo para TRRF  $\leq$  60 min., com raras exceções. Para TRRF = 90 min., as dimensões usuais dependem do revestimento adotado, da classe de agressividade ambiental e do nível de carregamento (pilares e pilares-parede). Nas edificações de maior risco, cujo TRRF = 120 min., as dimensões usuais, com algumas exceções, estão aquém das mínimas recomendadas para assegurar a resistência ao fogo. Nesses casos, o Método do Tempo Equivalente pode permitir a manutenção dessas mesmas dimensões, sem prejuízo à segurança estrutural, uma vez que a proteção ativa (chuveiros automáticos, detectores, brigadas, etc.) e a proteção passiva (compartimentação, rotas de fuga, etc.) podem assumir, indiretamente, parte da resistência ao fogo requerida.

## 6 Agradecimentos

À CAPES – Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal do Ensino Superior e ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo apoio dado à esta pesquisa.

## 7 Referências Bibliográficas

- [01] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Ações e segurança nas estruturas – Procedimento. NBR 8681. ABNT: Rio de Janeiro, 2003.
- [02] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Dimensionamento de estruturas de aço de edifícios em situação de incêndio – Procedimento. NBR 14323. ABNT: Rio de Janeiro, 1999.
- [03] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos das edificações. NBR 14432. ABNT: Rio de Janeiro, 2000.
- [04] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio – Procedimento. NBR 15200. ABNT: Rio de Janeiro, 2004.
- [05] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Projeto de estruturas de concreto. Procedimento. NBR 6118. ABNT: Rio de Janeiro, 2003.
- [06] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-moldado. Procedimentos. NBR 9062. ABNT: Rio de Janeiro, 2001.
- [07] EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN). Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1.2: General Rules - Structural Fire design. prEN 1992-1-2. CEN: Brussels, 2002.
- [08] EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN). Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1.2: General Rules - Structural Fire design. ENV 1992-1-2. CEN: Brussels, 1995.
- [09] COSTA, C. N., FIGUEIREDO, A. D., SILVA, V. P. O fenômeno do lascamento (“spalling”) nas estruturas de concreto armado submetidas a incêndio - uma revisão crítica. In: 44º Congresso Brasileiro do Concreto. Anais. IBRACON: Belo Horizonte, 2002.
- [10] ONO, R. Proteção do patrimônio histórico-cultural contra incêndio em edificações de interesse de preservação. In: Ciclo de palestras “Memória & Informação”. Fundação Casa de Rui Barbosa: Rio de Janeiro, 2004. Disponível em [http://www.casaruibarbosa.gov.br/biblioteca/ciclo\\_memoria/ciclo\\_memoria.html](http://www.casaruibarbosa.gov.br/biblioteca/ciclo_memoria/ciclo_memoria.html) [Acesso em 28.10.2004]
- [11] SÃO PAULO. Segurança Estrutural nas Edificações – Resistência ao Fogo dos Elementos de Construção. Instrução Técnica do Corpo de Bombeiros – Polícia Militar do Estado de São Paulo. IT 08/01. Secretaria de Estado dos Negócios da Segurança Pública: São Paulo, 2001.
- [12] WILMOT, T. (Ed.). World fire statistics. Nº 19, October 2003. THE GENEVA ASSOCIATION: GENEVA, 2003. [Information Bulletin of the World Fire Statistics Centre]