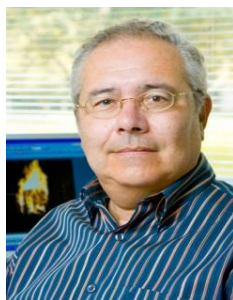


### **1ª JPCI É Jornada Regional de Prevenção e Combate a Incêndios, para Bombeiros Militares Recife, Brasil, 14 de Novembro, 2013**

#### **SEGURANÇA DAS ESTRUTURAS EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO. UMA VISÃO DA AMÉRICA LATINA**



**Valdir Pignatta Silva\***  
Professor Poli-USP  
São Paulo . Brasil

**Palavras-chave:** incêndio, estruturas, América Latina, normatização.

#### **1 INTRODUÇÃO**

Hoje, se reconhece que a capacidade resistente do concreto (EC2, 2004), do aço (EC3, 2003), das estruturas mistas (EC4, 2003), da madeira (EC5, 2004), da alvenaria estrutural (EC6, 2005) e do alumínio (EC9, 2007) em situação de incêndio é reduzida, em vista da degeneração das propriedades mecânicas dos materiais (Figs 1 e 2) ou da redução da área resistente. Os elementos de madeira sofrem carbonização na superfície exposta ao fogo, reduzindo a área resistente e realimentando o incêndio. A região central recebe proteção proporcionada pela camada carbonizada, atingindo baixas temperaturas. Nas Figs. 1 e 2 apresentam-se a redução de resistência à tração e do módulo de elasticidade paralela à grã para espécies de madeira coníferas. O aço e o alumínio têm resistência e módulo de elasticidade reduzidos quando submetidos a altas temperaturas. O concreto, além da redução da resistência, perde área resistente por causa do *spalling*. O *spalling* é um lascamento da superfície do elemento de concreto submetido a um incêndio. Em concretos com resistência convencional ( $f_{ck} \leq 50$  MPa), o *spalling* decorre do comportamento diferencial a altas temperaturas dos materiais componentes do concreto e da pressão interna da água ao evaporar-se, entre outros fatores. Sua ocorrência é aleatória e é antieconômico tentar soluções para evitá-lo. Em concretos com alta resistência, a causa do *spalling* é, preponderantemente, a pressão interna do vapor de água. O *spalling* reduz a área resistente do concreto e expõe a armadura ao fogo. Apesar de a redução das propriedades mecânicas do concreto e da madeira, em função da temperatura, ser mais acentuada do que a do aço, deve-se lembrar de que a temperatura média atingida por um elemento isolado de aço em incêndio é geralmente maior do que a dos outros dois materiais. Os chamados países desenvolvidos têm exigências para a segurança contra incêndio das estruturas. Tem também normas ou recomendações para bem projetar a estrutura

---

\* Autor correspondente – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Av. Prof. Almeida Prado, trav2, n271  
Edifício da Engenharia Civil - Cidade Universitária - 05508-900 São Paulo Brasil. valpigss@usp.br

## 1ª JPCI É Jornada Regional de Prevenção e Combate a Incêndios, para Bombeiros Militares Recife, Brasil, 14 de Novembro, 2013

conforme tais exigências. Esta pesquisa teve o objetivo de investigar como estão os países latino-americanos nessa área.

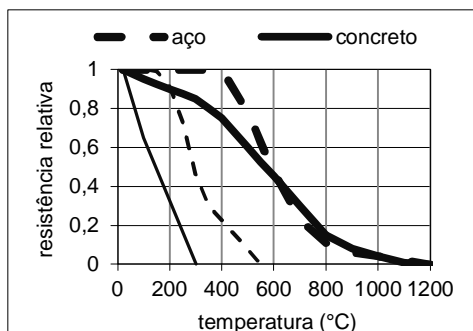


Figura 1: Variação da resistência dos materiais em função da temperatura.

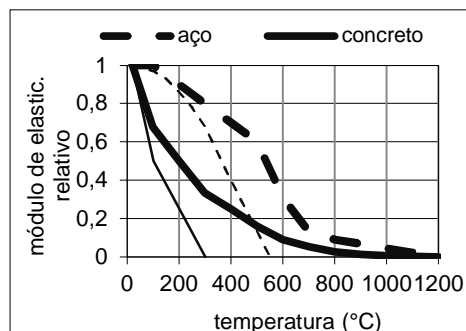


Figura 2: Variação do módulo de elasticidade dos materiais em função da temperatura.

## 2 AMÉRICA LATINA

Foram pesquisados alguns dos mais importantes países da América Latina e as informações obtidas são apresentadas a seguir.

**Argentina:** Existem requisitos de resistência ao fogo das estruturas, que são fornecidos na Lei de Higiene e Segurança no Trabalho (19587/78) e no Código de Edificação da Cidade de Buenos Aires. Os requisitos têm por base o risco do local e a carga de incêndio. O CIRSOC - Centro de Investigacion de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles+, do INTI - Instituto Nacional de Tecnologia Industrial+, organismo descentralizado atuante no âmbito do Ministerio de Industria e o Instituto Nacional de Prevencion Sismica+(INPRES), da Secretaria de Obras Publicas do Ministerio de Planificacion Federal, Inversion Publica Y Servicios+, são os organismos responsáveis pelo estudo, desenvolvimento, atualização e difusão dos Regulamento Nacionales de segurança estrutural e de segurança sismorresistentes, respectivamente. Na documentação pesquisada foram encontradas 5 páginas destinadas a resistência ao fogo de elementos de concreto, indicando cobrimentos mínimos associados a dimensões mínimas para vigas e lajes e cobrimentos (sem dimensões mínimas) para pilares (INTIa, 2005). Para as estruturas de aço há apenas recomendação que elas devem ser protegidas contra o fogo, entretanto, sem detalhes de quanto ou como (INTIb, 2005). Nada se encontrou sobre madeira ou alvenaria estrutural (INTI, 2007). A Argentina possui um forno vertical localizado no INTI. Não possui atuadores de carregamento.

**Bolívia:** Não foram encontrados documentos legais com exigências de resistência ao fogo para as estruturas das edificações.

**Brasil:** A segurança contra incêndio no Brasil é atribuição estadual. Não havendo regulamentação estadual, passam a valer as normas técnicas brasileiras. O Estado de São Paulo possui o mais completo código de segurança contra incêndio do Brasil. Trata-se de um Decreto (São Paulo, 2011), complementado por 44 Instruções Técnicas (IT) que abordam os mais variados aspectos da segurança contra incêndio, entre eles a segurança das estruturas. Vários outros estados se inspiraram no código paulista para elaborarem seus próprios códigos. Na IT 8 (2011), há exigências de resistência ao fogo de estruturas de até 180 min. Edificações de pequeno risco são isentas de verificação estrutural. Edificações com boas características de

### **1ª JPCI É Jornada Regional de Prevenção e Combate a Incêndios, para Bombeiros Militares Recife, Brasil, 14 de Novembro, 2013**

segurança contra incêndio podem reduzir a exigência em até 30 min. A fim de respeitar a legislação, os engenheiros devem seguir as normas brasileiras de projeto em situação de incêndio: ABNT NBR 14323:2013 (aço), ABNT NBR 15200: 2012 (concreto) e ABNT NBR 7190:2012 (madeira). No total são 130 páginas. Não há norma para alvenaria estrutural. As normas brasileiras para estruturas de concreto ou para aço incluem formulações ou tabelas para dimensionamento simplificado em situação de incêndio. Fornecem também elementos para que se possam desenvolver procedimentos mais avançados. As normas brasileiras têm por base os Eurocodes, no entanto, há inclusões de resultados de pesquisa brasileira tanto para aço quanto para concreto. A legislação/normatização brasileira é a mais completa entre os países pesquisados. O Brasil possui 3 fornos para ensaios em incêndio. Um novo, já instalado e em fase de testes, função de convênio da Escola Politécnica da USP, Escola de Engenharia de São Carlos da USP e Unicamp. Localiza-se no campus da USP de São Carlos (Fig. 3), São Paulo. É horizontal, alimentado a gás e tem atuadores de carregamento. Há um forno elétrico vertical que possui atuadores de carregamento, localizado na Unicamp, Campinas, São Paulo (Fig. 4). Um terceiro, vertical, sem atuadores de carregamento para estruturas, localiza-se no Instituto de Pesquisa Tecnológicas, em São Paulo (Fig. 5).

**Colômbia:** A Directiva Presidencial Número 01 de 2010+ fornece o tempo de resistência ao fogo mínimo das estruturas das edificações, em função do uso, altura e área da edificação. Há exigências que poderiam ser abrandadas, pois, por exemplo, para edifício de escritórios com 3 andares, o tempo requerido de resistência ao fogo deve ser de 90 min e com 6 andares 120 min. Este autor fica com a impressão de que essas exigências não foram testadas na prática. Para o dimensionamento de estruturas de aço, há 7 páginas nas quais são incluídas informações que permitem um dimensionamento analítico simplificado. Equações para a determinação de esforços resistentes e tabela com os redutores de resistência em função da temperatura estão incluídas no documento normativo. Para o dimensionamento do material de revestimento contra fogo é recomendado simplesmente seguir informações dos fabricantes dos materiais. Para as estruturas de concreto, são 3 páginas com tabelas com dimensões mínimas para pilar (nada se encontrou sobre cobrimentos) e cobrimentos mínimos associados a dimensões mínimas para vigas e lajes; também são fornecidas espessuras mínimas de paredes de concreto ou argila. Nada se encontrou sobre madeira ou alvenaria estrutural.

**Chile:** A legislação (Ordenanza General de Urbanismo y Construcción) estabelece requisitos de resistencia ao fogo para as estruturas. As edificações se classificam segundo sua altura, área, uso e carga de incêndio. Ponderando esses fatores se obtém o requisito de resistência ao fogo. Não há normas que elenquem procedimentos para projeto das estruturas conforme as exigências legais. No Chile, há um forno no DICTUC, filial da PUC-Chile, Santiago, basculante horizontal-vertical, com atuadores de carregamento, a gás. A Universidade do Chile, no laboratório IDIEM, possui vários fornos, sendo um para pilares possui atuadores de carregamento e outro sem atuadores de carregamentos.

### **1ª JPCI É Jornada Regional de Prevenção e Combate a Incêndios, para Bombeiros Militares Recife, Brasil, 14 de Novembro, 2013**



Figura 3 . Forno horizontal para ensaios de estruturas a altas temperaturas, no campus da USP - São Carlos, Brasil.

Foto: Julio C. Molina



Figura 4 . Forno vertical da Unicamp, Brasil.

Foto: Armando Moreno



Figura 5 . Forno vertical do IPT, Brasil.

**Cuba:** Em Cuba há uma diretriz geral com exigências de resistência ao fogo de estruturas, mas não há normas técnicas com procedimentos para o dimensionamento das estruturas em situação de incêndio.

**México:** No México, há exigências de resistência ao fogo de estruturas, mas não há normas técnicas com procedimentos para o dimensionamento das estruturas em situação de incêndio. É difícil acreditar que as exigências sejam cumpridas, pois são exageradas. P. ex., para as estruturas de edifício com mais de 25 m. de altura são exigidos 180 min de resistência ao fogo.

**Panamá:** A cidade do Panamá é uma das cidades latino-americanas que mais constroem edifícios de maior altura, no entanto, não há exigências legais ou normas para dimensionamento. É prática, os bons projetos seguirem códigos norte-americanos.

**Paraguai:** Como na maioria dos países pesquisados, não há normas para dimensionamento de estruturas em situação de incêndio. Há exigências legais de resistência ao fogo, entretanto, para a maioria das edificações é requerido uma resistência ao fogo de 120 min, o que é exagerado e difícil de ser respeitado.

**Peru:** Não foram encontrados documentos legais com exigências de resistência ao fogo para as estruturas das edificações.

**Uruguai:** Há exigência de segurança das estruturas em situação de incêndio, sem qualquer referência a valores de resistência ao fogo. O engenheiro do projeto é o responsável por propor soluções.

**Venezuela:** Não foram encontrados documentos legais com exigências de resistência ao fogo para as estruturas das edificações.

## **1ª JPCI É Jornada Regional de Prevenção e Combate a Incêndios, para Bombeiros Militares Recife, Brasil, 14 de Novembro, 2013**

### **3 Considerações finais**

Doze países foram pesquisados. Resume-se na Tabela a seguir os resultados encontrados.

País	Exigência	Procedimentos para projeto (normas)	Páginas	Materiais	Forno
Argentina	Sim	Simples	5	Concreto	Sim
Bolívia	Não	Não	-	-	-
Brasil	Sim	Avançados	130	Concreto, aço, madeira	Sim
Colômbia	Sim	Intermediário	10	Aço, concreto	-
Chile	Sim	Não	-	-	Sim
Cuba	Sim	Não	-	-	-
México	Sim	Não	-	-	-
Panamá	Não	Não	-	-	-
Paraguai	Sim	Não	-	-	-
Peru	Não	Não	-	-	-
Uruguai	Sim/Não	Não	-	-	-
Venezuela	Não	Não	-	-	-

Conclui-se que, em geral, a América Latina não dispõe de códigos adequados à segurança das estruturas contra incêndio. Há códigos que são inaplicáveis e os aplicáveis não são acompanhados de procedimentos para dimensionamento, de forma a que o engenheiro de estruturas possa respeitar a legislação. O Brasil é o país mais avançado nesse aspecto, no entanto, como a legislação é por estados, pode-se dizer que o Estado de São Paulo é bem servido pela legislação, mas é arriscado estender essa afirmação a todo o País. Deve-se ressaltar que o conhecimento do engenheiro de estruturas sobre o assunto ainda é muito pequeno, mesmo no Estado de São Paulo.

### **4. Agradecimentos**

Agradece-se as informações recebidas de: Geraldine Charreau (Argentina), Jorge S. Suaznabar V. (Bolívia) Rodrigo Aravena (Chile), Ricardo Cruz (Colômbia), Rafael Larrua Q. (Cuba), Ernesto L. Treviño (México), Oscar Ramirez (Panamá), Javier Migliore (Paraguai), Jose L. Torero (Peru), Ana Zabala (Uruguai) e Otto Negron (Venezuela). Agradece-se à FAPESP e ao CNPq pelo apoio à pesquisa.

### **5. Referências Bibliográficas**

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15200: projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio. Rio de Janeiro, 2012.

\_\_\_\_\_. NBR 14323: projeto de estruturas de aço e mistas de aço e concreto de edifícios em situação de incêndio. Rio de Janeiro, 2013.

\_\_\_\_\_. NBR 7190: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 2012.

Colômbia, República da. Diário Oficial. Bogotá. 26/11/2010.

CBPMESP. Resistência ao fogo dos elementos de construção. IT 08, São Paulo, 2011.

European Committee for Standardization. EN 1992-1-2: Eurocode 2: design of concrete structures . part 1.2: general rules - structural fire design. Brussels: CEN, 2004.

## Revista FLAMMAE

Revista Científica do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco

Seção 3 . Atas de Eventos Técnico Científicas

Artigo publicado no Volume Nº01 - Edição de JAN a JUN 2015

Versão on-line disponível em: <http://www.xxxxxxx>

### **1ª JPCI É Jornada Regional de Prevenção e Combate a Incêndios, para Bombeiros Militares Recife, Brasil, 14 de Novembro, 2013**

\_\_\_\_\_. EN 1993-1-2: Eurocode 3: Design of steel structures . Part 1-2: General rules . Structural fire design Eurocode 3: Design of steel structures . Part 1-2: General rules . Structural fire design. Brussels: CEN, 2005.

\_\_\_\_\_. EN 1994-1-2: Eurocode 4: design of composite steel and concrete structures . part 1.2: general rules . structural fire design. Brussels: CEN, 2005.

\_\_\_\_\_. EN 1995-1-2: Eurocode 5: Design of timber structures . Part 1-2: General Rules . Structural Fire Design. Brussels: CEN, 2004.

\_\_\_\_\_. EN 1996-1-2: Eurocode 6: Design of masonry structures . Part 1-2: General Rules . Structural Fire Design. Brussels: CEN, 2005.

\_\_\_\_\_. EN 1999-1-2: Eurocode 9: Design of aluminium structures . Part 1. 2: Structural Fire Design. EN 1999-1-2. Brussels: CEN. 2007.

Instituto Nacional de Tecnologia Industrial (INTI). Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón. CIRSOC 201. Buenos Aires. 2005a.

\_\_\_\_\_. Reglamento Argentino de Estructuras de Acero para Edificios. CIRSOC 201. Buenos Aires. 2005b.

\_\_\_\_\_. Reglamento Argentino de Estructuras de Mampostería. CIRSOC 201. Buenos Aires. 2007.

México, Governo do Distrito Federal. Gazeta Oficial. 6/10/2004. México.

Uruguai, República Oriental. Ministerio do Interior. 23/07/2010. Montevideú.

São Paulo (Estado). Decreto nº 56.819, de 10 de março de 2011. Regulamento de segurança contra incêndio das edificações e área de risco no Estado de São Paulo. 2011.

Silva, V. Pignatta. Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio. Blucher. São Paulo. 2012.