

**ESTADO DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE ENSINO BOMBEIRO MILITAR  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO DE BOMBEIRO PARA OFICIAIS**

**DEIVID NIVALDO VIDAL  
1º TENENTE BOMBEIRO MILITAR**

**ESTUDO SOBRE COMPARTIMENTAÇÃO  
HORIZONTAL E VERTICAL**

**FLORIANÓPOLIS**

**2006**

**DEIVID NIVALDO VIDAL**  
1º TENENTE BOMBEIRO MILITAR

**ESTUDO SOBRE COMPARTIMENTAÇÃO  
HORIZONTAL E VERTICAL**

Trabalho de conclusão de curso, apresentado ao Centro de Estudos Superiores, do Centro de Ensino Bombeiro Militar, como parte dos requisitos para aprovação no Curso de Especialização de Bombeiros para Oficiais.

**VANDERLEI VANDERLINO VIDAL**  
CAP BM ORIENTADOR

**FLORIANÓPOLIS**

2006

**AGRADECIMENTO:**

Ao Supremo Arquiteto do Universo, fonte de toda luz;

A minha esposa Aldiana Nicolý Yoshihara, por representar minha segurança nos momentos difíceis, pelo amor e carinho transmitidos;

Ao meu orientador Cap BM Vanderlei Vanderlino Vidal, pelo essencial suporte representado;

Aos bombeiros catarinenses, pelo amor que têm pela nobre missão de salvar vidas e proteger o patrimônio alheio, servindo sempre de exemplo e motivação para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao colega de turma e companheiro de viagens Fabiano Bastos das Neves, pelos momentos de alegria e dificuldades compartilhados.

**DEDICATÓRIA:**

A minha esposa Aldiana Nicolay Yoshihara, por saber compreender minhas ausências, e por todo incentivo e estímulos dados nos momentos de dificuldade.

Unicuique debetur quod suum est (a cada um é devido o que lhe pertence).

[autor desconhecido]

## **PÁGINA DE APROVAÇÃO**

O Presente Trabalho de Conclusão de Curso do elaborado pelo **1º Tenente BM Deivid Nivaldo Vidal**, sob o título **ESTUDOS SOBRE COMPARTIMENTAÇÃO HORIZONTAL E VERTICAL**, foi submetida em 07 de novembro de 2006 à Banca Examinadora composta pelos seguintes Oficiais: Capitão Vanderlei Vanderlino Vidal (Orientador e Presidente da Banca), Major Edupércio Pratts (Membro) e Capitão Edson Luis Biluk (Membro) e aprovada com a nota 10,0 (Dez).

Florianópolis (SC), 07 de novembro de 2006.

**Cap BM Vanderlei Vanderlino Vidal**  
Orientador e Presidente da Banca

**Maj Edupércio Pratts**  
Membro da Banca Examinadora

**Cap Edson Luis Biluk**  
Membro da Banca Examinadora

## SUMÁRIO

RESUMO .....	xi
INTRODUÇÃO .....	12
CAPITULO 1 .....	15
COMPORTAMENTO DO FOGO.....	15
1.1. HISTÓRICO E CONCEITO DE FOGO.....	15
1.2.ANALOGIAS GEOMÉTRICAS DO FOGO .....	17
1.2.1.Triangulo do Fogo.....	17
1.2.1.1.Calor.....	17
1.2.1.2. Combustível .....	18
1.2.1.3. Comburente .....	18
1.2.2.Tetraedro do Fogo.. .....	19
1.3. FASES DO FOGO .....	19
1.3.1. Fase Inicial.....	20
1.3.2 Queima Livre.....	20
1.3.3. Queima Lenta.....	21
1.3.4. Flashover.....	21
1.3.5. Backdraft.....	21
1.3.6. Eclosão .....	23
1.3.7. Incubação.....	23
1.3.8. Propagação.....	24
1.3.9. Desenvolvimento completo .....	25
1.3.10. Fase da diminuição .....	25
1.4. PROPAGAÇÃO DO CALOR .....	25
1.4.1.Convecção.....	26
1.4.2.Condução.....	26
1.4.3. Irradiação.....	27
1.5. FORMAS DE COMBUSTÃO .....	28
1.5.1. Combustão Completa.....	28

1.5.2. Combustão Incompleta .....	28
1.5.3. Combustão Espontânea.....	28
1.5.4. Explosão.....	28
1.6. MÉTODOS DE EXTINÇÃO DO FOGO .....	29
1.6.1. Retirada do Material.....	29
1.6.2. Resfriamento.....	29
1.6.3. Abafamento.....	30
1.6.4. Quebra da Reação em Cadeia.....	30
1.7. CLASSIFICAÇÃO DOS INCÊNDIOS E MÉTODOS DE EXTINÇÃO .....	30
1.7.1. Incêndio Classe "A" .....	31
Métodos de Extinção.....	31
1.7.2. Incêndio Classe "B" .....	31
1.7.3. Incêndio Classe "C" .....	32
1.7.4. Incêndio Classe "D" .....	32
1.8. PRODUTOS DA COMBUSTÃO .....	33
1.8.1. Os Gases da Combustão .....	34
1.8.2. As Chamas.....	35
1.8.3. O Calor irradiado.....	35
1.8.4. Fumaças Visíveis.....	36
1.9. EVOLUÇÃO DE UM INCÊNDIO .....	36
CAPITULO 2 .....	42
SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO.....	42
2.1. CICLO OPERACIONAL DAS ATIVIDADES DE BOMBEIROS .....	42
2.1.1. Fase preventiva ou normativa .....	42
2.1.2. Fase passiva ou nominal.....	43
2.1.3. Fase ativa ou de combate .....	43
2.1.4. Fase investigativa ou pericial .....	43
2.2. OS OBJETIVOS DA SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO E AS CATEGORIAS DE RISCO .....	44
2.3. OS REQUISITOS FUNCIONAIS NA SEGURANÇA DE UMA EDIFICAÇÃO.....	48
2.4. A SISTEMATIZAÇÃO NAS DECISÕES DE PROJETO.....	49
2.5. A SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO NAS FASES DA CONSTRUÇÃO E UTILIZAÇÃO DA EDIFICAÇÃO .....	51

2.6. SISTEMA GLOBAL DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO .....	52
2.6.1. Prevenção de incêndio .....	52
2.6.1.1. Objetivos da Prevenção de Incêndio.....	53
2.6.2. Proteção contra incêndio.....	54
2.6.2.1. Medidas de proteção ativa .....	57
2.6.2.2. Medidas de proteção passiva.....	58
2.6.2.2.1. Compartimentação vertical e horizontal .....	60
CAPITULO 3 .....	63
COMPARTIMENTAÇÃO HORIZONTAL E VERTICAL .....	63
3.1. CONCEITUAÇÃO .....	63
3.2. OBJETIVOS DA COMPARTIMENTAÇÃO .....	67
3.3. REGULAMENTAÇÕES E REQUISITOS NORMATIVOS NO BRASIL .....	69
3.3.1. Instrução Técnica nº 07/2004 do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo.....	70
3.3.2. Instrução Técnica nº 08/2004 do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo.....	71
3.3.3. Instrução Técnica Nº 09 (2004) do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo.....	73
3.4. REGULAMENTAÇÕES E REQUISITOS NORMATIVOS INTERNACIONAIS .....	77
3.4.1. Comunidade Européia.....	77
3.4.1.1. NBE–CPI-96 – “Norma Básica de la Edificación, sobre condiciones de protección contra incendios en los edificios” .....	79
3.4.1.2. França .....	80
3.4.1.3. Medidas cautelares de segurança contra riscos de incêndio em centros urbanos antigos - Portugal/1989 .....	81
3.4.1.4. Reino Unido .....	82
3.4.1.5 Singapura.....	82
3.4.1.6. New Zealand Building Code.....	83
3.4.1.7. BCA 2004 – Building Code of Australia.....	83

3.5.CARACTERÍSTICAS GENÉRICAS DA COMPARTIMENTAÇÃO DE ACORDO COM AS PRINCIPAIS NORMAS E AUTORES .....	84
3.5.1.Rosso.....	84
3.5.2. Malhotra [1983].....	84
3.5.3. NFPA/1997.....	85
3.5.4. Instrução Técnica - 03 / 2004 - São Paulo .....	88
3.6. O PAPEL DO PROJETISTA NO DESENVOLVIMENTO DA COMPARTIMENTAÇÃO.....	89
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	92
Referências das fontes citadas .....	98

## RESUMO

A presente Monografia tem como objeto de estudo a Compartimentação Horizontal e Vertical, sendo que a validade da pesquisa, entre outros motivos destaca-se no sentido de desenvolver a atividade de segurança contra incêndios, como meio de facilitar a compreensão das variáveis relacionadas à propagação do incêndio em edificações não compartimentadas, abordando a relevância do assunto para as atividades de prevenção de incêndios do Corpo de Bombeiros, com o objetivo de preservar a vida humana e proteger o patrimônio, além de estimular a conscientização da população como um todo, e em especial, dos profissionais da área, para que se adote e incorpore à rotina diária a doutrina de execução das medidas possíveis para maximizar a segurança contra incêndios. No primeiro capítulo será destacado o estudo do fogo, passando-se pela parte conceitual, as analogias geométricas, em específico o triângulo e o tetraedro do fogo, as suas fases, a propagação do calor, as formas de combustão, os métodos de extinção do fogo, a classificação dos incêndios, os produtos da combustão e a evolução de um incêndio. No segundo capítulo se discorrerá sobre a segurança contra incêndios, iniciando-se pelo ciclo operacional das atividades de bombeiro, passando-se para os objetivos da segurança contra incêndios e as categorias de risco, os requisitos funcionais, a sistematização nas decisões de projeto, a segurança contra incêndios nas fases da construção e utilização da edificação e o sistema global de segurança contra incêndio. No terceiro capítulo se desenvolverá sobre a compartimentação horizontal e vertical, apresentando-se sua conceituação, seus objetivos, regulamentações e requisitos normativos do Brasil e internacionais, características genéricas da compartimentação e enfocará ainda o papel do projetista no desenvolvimento da compartimentação.

## INTRODUÇÃO

O objeto de estudo do presente trabalho é a Compartimentação Horizontal e vertical.

O autor do presente trabalho teve como estímulo de escolha do presente tema, o desejo de aprofundar o conhecimento sobre segurança contra incêndios, em específico a compartimentação horizontal e vertical, estudando o comportamento do fogo, a segurança contra incêndios, e, ao final, a compartimentação Horizontal e vertical. Tal estímulo surgiu porque se constatou que o assunto em tela possui carência de estudo específico, necessitando de pesquisa para futura implementação na Norma de Segurança contra Incêndios do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

O *Objetivo geral* foi analisar e descrever sobre a Compartimentação Horizontal e vertical como medida de proteção passiva contra incêndios. O *objetivo específico* foi pesquisar, analisar e descrever sobre o fenômeno físico-químico do fogo e seu comportamento no incêndio, a evolução e os fatores que contribuem para a evolução de um incêndio, os efeitos da fumaça e dos gases quentes no interior das edificações, os propósitos do sistema de compartimentação horizontal e vertical, identificando as doutrinas existentes a respeito do tema em outras Instituições de Bombeiro Militares do país e em normas estrangeiras com o intuito de expor a necessidade de desenvolver o assunto com vistas à melhoria da segurança contra incêndio nas edificações.

Entre outras indagações no meio acadêmico e do próprio pesquisador, foram destacados três problemas e respectivas hipóteses, como estímulo da presente investigação, conforme abaixo destacado:

Problema: A adoção do sistema de proteção passiva de compartimentação horizontal e vertical pela Norma de Segurança Contra Incêndios em Santa Catarina poderá representar uma melhoria na atividade de prevenção contra incêndios, no tocante a segurança contra incêndios das edificações?

Hipótese: Sim. A adoção da compartimentação horizontal e vertical representará melhoria na atividade, com vistas à segurança contra incêndios das edificações, por ser uma medida que objetiva diminuir a possibilidade de sua propagação na edificação.

Problema: Qual o principal propósito da compartimentação horizontal e vertical?

Hipótese: O Principal propósito do sistema de compartimentação é impedir a evolução do incêndio da zona de origem para outros ambientes entre pavimentos superiores e/ou inferiores a esta zona, a partir da propagação.

Problema: O projetista pode influenciar de maneira decisiva na segurança contra incêndios de uma edificação, quando da definição do seu Layout.

Hipótese: Sim, porque é esse profissional quem define os compartimentos de permanência, refúgio e saídas de emergência dos usuários, os materiais de construção dos elementos de vedação e a arquitetura favorável ao confinamento do sinistro ao seu local de origem.

Na investigação e no relato foi adotada, a pesquisa bibliográfica e a captação de informações orais de profissionais da área com mais experiência sobre o tema.

A presente Monografia divide-se em três capítulos:

No primeiro capítulo será destacado o estudo do fogo, passando-se pela parte conceitual, as analogias geométricas, em específico o triângulo e o tetraedro do fogo, as suas fases, a propagação do calor, as formas de combustão, os métodos de extinção do fogo, a classificação dos incêndios, os produtos da combustão e a evolução de um incêndio.

No segundo capítulo se discorrerá sobre a segurança contra incêndios, iniciando-se pelo ciclo operacional das atividades de bombeiro,

passando-se para os objetivos da segurança contra incêndios e as categorias de risco, os requisitos funcionais, a sistematização nas decisões de projeto, a segurança contra incêndios nas fases da construção e utilização da edificação e o sistema global de segurança contra incêndio.

No terceiro capítulo se desenvolverá sobre a compartimentação horizontal e vertical, apresentando-se sua conceituação, seus objetivos, regulamentações e requisitos normativos do Brasil e internacionais, características genéricas da compartimentação e enfocará ainda o papel do projetista no desenvolvimento da compartimentação.

Além das palavras, expressões e respectivos conceitos, constantes no rol de categorias, existem outros conceitos e definições no decorrer dos capítulos desta Monografia.

Nas considerações finais será apresentada breve síntese de cada capítulo e as demonstrações sobre as hipóteses básicas da pesquisa, se foram ou não confirmadas.

# CAPITULO 1

## COMPORTAMENTO DO FOGO

### 1.1. HISTÓRICO E CONCEITO DE FOGO

Segundo Vidal [2004, p.03] fogo é uma forma de combustão, caracterizada por uma reação química que combina materiais combustíveis com o oxigênio do ar, com desprendimento de energia luminosa e energia térmica.

Para Oliveira [2006, p.01], o fogo (Do lat. focu) pode ser conceituado como um processo (reação química) de oxidação rápida, auto-sustentável, acompanhada pela produção de luz e calor em intensidades variáveis.

Outro conceito diz que o fogo é um processo de oxidação rápida acompanhado de elevação da temperatura pelo aquecimento dos produtos gasosos da combustão e pela emissão de radiação visível e invisível [OLIVEIRA, 2006, p. 01].

O fogo é uma necessidade indiscutível à vida moderna, como sempre o foi aos nossos antepassados, desde a Idade da Pedra, quando era usado exclusivamente para o aquecimento do homem das cavernas.

Para Filho [2002, p.34] o fogo, responsável pelo progresso e desenvolvimento do homem, quando se encontra fora de controle, transforma-se em um incêndio, colocando em risco a vida, a propriedade e o meio ambiente. No mesmo sentido é o entendimento de Gamba [2001, p.14] para quem o fogo, quando sob controle, é sempre de extrema necessidade, entretanto, quando foge ao controle do homem, transforma-se num agente de grande poder destruidor: **o incêndio.**

O fogo, provavelmente foi descoberto pelo homem das cavernas, que o conhecia apenas como uma força misteriosa que lhe aquecia e cozinhava sua comida, portanto, nada sabia sobre suas causas, apenas conhecia seus efeitos. [GAMBA, 2001, p 14].

Por muitos e muitos séculos o fogo continuou um mistério e ainda na Idade Média os alquimistas definiam-no como um elemento básico juntamente com a terra, o ar e a água, considerando-os indivisíveis. Modernamente, principalmente após os estudos de Lavoisier, é que se conheceu o fogo, sabendo-se então que não se tratava de nenhuma força misteriosa, como queria o homem primitivo, nem de elemento básico e indivisível, como queriam os alquimistas, e sim de um fenômeno químico, denominada combustão e que se caracteriza pela presença de luz e calor. Embora a combustão em alguns casos muitos particulares ocorra sem a presença do oxigênio, como por exemplo, a queima do antimônio em atmosfera de cloro, comumente, ela não pode ocorrer sem a presença daquele elemento, portanto, trata-se de um fenômeno de oxidação [GAMBA, 2001, p 14].

Com base no que preceitua São Paulo [1996] o efetivo controle e extinção de um incêndio requer um entendimento da natureza química e física do fogo. Isso inclui informações sobre fontes de calor, composição e características dos combustíveis e as condições necessárias para a combustão. Combustão é uma reação química de oxidação, auto-sustentável, com liberação de luz, calor, fumaça e gases.

A combustão é um tipo particular de reação de oxidação onde o oxigênio quase sempre é o agente oxidante e o combustível (aquele de queima) é o agente redutor. Os agentes redutores (combustíveis) mais comuns são os materiais que contém grande percentual de carbono e hidrogênio [OLIVEIRA, 2005, p. 15].

## 1.2.ANALOGIAS GEOMÉTRICAS DO FOGO

### 1.2.1.Triângulo do Fogo

De uma maneira simplificada, podemos associar o fogo à figura geométrica de um triângulo equilátero, cujos lados, de igual tamanho entre si, atribuem aos elementos que o compõem, igual importância à produção ou manutenção do fogo. Neste caso, o fogo só existirá se os três elementos representados na figura ao lado, combustível, comburente e calor, se combinarem em proporções adequadas. [VIDAL, 2004, p. 03]



### Triângulo do Fogo

#### 1.2.1.1.Calor

De acordo com o que reza São Paulo [1996] é a forma de energia que eleva a temperatura, gerada da transformação de outra energia, através de processo físico ou químico.

Pode ser descrito como uma condição da matéria em movimento, isto é, movimentação ou vibração das moléculas que compõem a matéria. As moléculas estão constantemente em movimento. Quando um corpo é aquecido, a velocidade das moléculas aumenta e o calor (demonstrado pela variação da temperatura) também aumenta.

O calor é gerado pela transformação de outras formas de energia, quais sejam:

- ✓ Energia química (a quantidade de calor gerado pelo processo de combustão);

- ✓ Energia elétrica (o calor gerado pela passagem de eletricidade através de um condutor, como um fio elétrico ou um aparelho eletrodoméstico);
- ✓ Energia mecânica (o calor gerado pelo atrito de dois corpos);
- ✓ Energia nuclear (o calor gerado pela fissão (quebra) do núcleo de átomo).

### **1.2.1.2. Combustível**

É toda a substância capaz de queimar e alimentar a combustão. É o elemento que serve de campo de propagação ao fogo.

Os combustíveis podem ser sólidos, líquidos ou gasosos, e a grande maioria precisa passar pelo estado gasoso para, então, combinar com o oxigênio. A velocidade da queima de um combustível depende de sua capacidade de combinar com oxigênio sob a ação do calor e da sua fragmentação (área de contato com o oxigênio).

Como regra geral, os materiais combustíveis queimam no estado gasoso. Submetidos ao calor, os sólidos e os líquidos combustíveis se transformam em gás para se inflamarem. Como exceção e como casos raros, há o enxofre e os metais alcalinos (potássio, cálcio, magnésio etc.), que se queimam diretamente no estado sólido. [SÃO PAULO, 1996]

### **1.2.1.3. Comburente**

É o elemento que possibilita vida às chamas e intensifica a combustão. O mais comum é que o oxigênio desempenhe esse papel.

A atmosfera é composta por 21% de oxigênio, 78% de nitrogênio e 1% de outros gases. Em ambientes com a composição normal do ar, a queima desenvolve-se com velocidade e de maneira completa. Notam-se chamas. Contudo, a combustão consome o oxigênio do ar num processo contínuo. Quando a porcentagem do oxigênio do ar do ambiente passa de 21% para a faixa compreendida entre 16% e 8%, a queima torna-se mais lenta, notam-

se brasas e não mais chamas. Quando o oxigênio contido no ar do ambiente atinge concentração menor que 8%, não há combustão. [SÃO PAULO, 1996].

### 1.2.2. Tetraedro do Fogo

A função didática deste polígono de quatro faces é a de complementar o triângulo do fogo com outro elemento de suma importância, a **reação em cadeia**. A combustão é uma reação que se processa em cadeia, que após a partida inicial, é mantida pelo calor produzido durante o processamento da reação.

A cadeia de reações, formada durante a combustão, propicia a formação de produtos intermediários instáveis, principalmente radicais livres, prontos a se combinarem com outros elementos, dando origem a novos radicais, ou finalmente, a corpos estáveis. Conseqüentemente, sempre teremos a presença de radicais livres em uma combustão. [VIDAL, 2004, p.04]

A estes radicais livres cabe a responsabilidade de transferir a energia necessária a transformação da energia química em calorífica, decompondo as moléculas ainda intactas e, desta vez, provocando a propagação do fogo numa verdadeira cadeia de reação.



### 1.3. FASES DO FOGO

De acordo com os ensinamentos de São Paulo [1996], se o fogo ocorrer em área ocupada por pessoas, há grandes chances de que o fogo seja descoberto no início e a situação resolvida. Mas se ocorrer quando a

edificação estiver deserta e fechada, o fogo continuará crescendo até ganhar grandes proporções. O incêndio pode ser melhor entendido se estudarmos seus três estágios de desenvolvimento.

No entanto, convém observar que a ignição e o desenvolvimento de um incêndio interior é algo complexo, que depende de uma série de numerosas variáveis. Por isso, pode ser que nem todos os incêndios se desenvolvam seguindo cada uma das fases descritas a seguir, no entanto, os incêndios poderão ser mais bem entendidos se estudarmos esse modelo de seqüência em fases.

### **1.3.1. Fase Inicial**

Ensina São Paulo [1996] que nesta primeira fase, o oxigênio contido no ar não está significativamente reduzido e o fogo está produzindo vapor d'água (H<sub>2</sub>O), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO) e outros gases. Grande parte do calor está sendo consumido no aquecimento dos combustíveis, e a temperatura do ambiente, neste estágio, está ainda pouco acima do normal. O calor está sendo gerado e evoluirá com o aumento do fogo.

### **1.3.2 Queima Livre**

Durante esta fase, o ar, rico em oxigênio, é arrastado para dentro do ambiente pelo efeito da convecção, isto é, o ar quente “sobe” e sai do ambiente. Isto força a entrada de ar fresco pelas aberturas nos pontos mais baixos do ambiente.

Os gases aquecidos espalham-se preenchendo o ambiente e, de cima para baixo, forçam o ar frio a permanecer junto ao solo; eventualmente, causam a ignição dos combustíveis nos níveis mais altos do ambiente. Este ar aquecido é uma das razões pelas quais os bombeiros devem se manter abaixados e usar o equipamento de proteção respiratória. Uma inspiração desse ar superaquecido pode queimar os pulmões. Neste momento, a temperatura nas regiões superiores (nível do teto) pode exceder 700 °C [SÃO PAULO, 1996].

### **1.3.3. Queima Lenta**

Como nas fases anteriores, o fogo continua a consumir oxigênio, até atingir um ponto onde o comburente é insuficiente para sustentar a combustão. Nesta fase, as chamas podem deixar de existir se não houver ar suficiente para mantê-las (na faixa de 8% a 0% de oxigênio). O fogo é normalmente reduzido a brasas, o ambiente torna-se completamente ocupado por fumaça densa e os gases se expandem. Devido a pressão interna ser maior que a externa, os gases saem por todas as fendas em forma de lufadas, que podem ser observadas em todos os pontos do ambiente. E esse calor intenso reduz os combustíveis a seus componentes básicos, liberando, assim, vapores combustíveis [1996].

### **1.3.4. Flashover**

Na fase da queima livre, o fogo aquece gradualmente todos os combustíveis do ambiente. Quando determinados combustíveis atingem seu ponto de ignição, simultaneamente, haverá uma queima instantânea e concomitante desses produtos, o que poderá provocar uma explosão ambiental, ficando toda a área envolvida pelas chamas. Esse fenômeno é conhecido como “Flashover” [SÃO PAULO, 1996].

### **1.3.5. Backdraft**

A combustão é definida como oxidação, que é uma reação química na qual o oxigênio combina-se com outros elementos.

O carbono é um elemento naturalmente abundante, presente, entre outros materiais, na madeira. Quando a madeira queima, o carbono combina com o oxigênio para formar dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), ou monóxido de carbono (CO). Quando o oxigênio é encontrado em quantidades menores, o carbono livre (C) é liberado, o que pode ser notado na cor preta da fumaça.

Preceitua São Paulo [1996] que na fase de queima lenta em um incêndio, a combustão é incompleta porque não há oxigênio suficiente para

sustentar o fogo. Contudo, o calor da queima livre permanece, e as partículas de carbono não queimadas (bem como outros gases inflamáveis, produtos da combustão) estão prontas para incendiar-se rapidamente assim que o oxigênio for suficiente. Na presença de oxigênio, esse ambiente explodirá. A essa explosão chamamos “Backdraft”.

A ventilação adequada permite que a fumaça e os gases combustíveis superaquecidos sejam retirados do ambiente. Ventilação inadequada suprirá abundantemente e perigosamente o local com o elemento que faltava (oxigênio), provocando uma explosão ambiental.

As condições a seguir podem indicar uma situação de “Backdraft”:

- ✓ Fumaça sob pressão, num ambiente fechado;
- ✓ Fumaça escura, tornando-se densa, mudando de cor (cinza e amarelada) e saindo do ambiente em forma de lufadas;
- ✓ Calor excessivo (nota-se pela temperatura na porta);
- ✓ Pequenas chamas ou inexistência destas;
- ✓ Resíduos da fumaça impregnando o vidro das janelas;
- ✓ Pouco ruído; movimento de ar para o interior do ambiente quando alguma abertura é feita (em alguns casos ouve-se o ar assoviando ao passar pelas frestas).

Mais recentemente, os investigadores de incêndios (peritos) têm tentado descrever os incêndios interiores segundo as etapas ou fases de seu desenvolvimento. Convém observar que a ignição e o desenvolvimento de um incêndio interior é algo complexo, que depende de uma série de numerosas variáveis. Por isso, pode ser que nem todos os incêndios se desenvolvam seguindo cada uma das fases descritas a seguir, no entanto, os incêndios poderão ser mais bem entendidos se estudarmos esse modelo de seqüência de fases:

- ✓ Eclosão;

- ✓ Incubação;
- ✓ Propagação;
- ✓ Desenvolvimento completo;
- ✓ Diminuição.

As fases 1 (um) e 2 (dois), eclosão e incubação, são fases iniciais do incêndio, quando este pode ser facilmente dominado, bastando garantir a saída dos gases quentes e combatendo o principio do incêndio.

As fases 3 (três) e 4 (quatro), propagação e desenvolvimento completo, são fases destrutivas do incêndio e quando ocorrerem, mais difícil será o domínio do fogo, maior a destruição e mais difícil a elucidação das causas do incêndio [VIDAL, 2004 p.15].

### **1.3.6. Eclosão**

É o principio de qualquer incêndio, quando por atuação de um agente ígneo é atingido o ponto de inflamação ou ignição de um combustível presente, fazendo-o entrar em processo de combustão viva. O lugar onde ocorre a eclosão das chamas é chamado de foco inicial ou foco principal. A eclosão ou fase inicial do incêndio descreve o período em que os quatro elementos do tetraedro do fogo se juntam e se inicia a combustão. Neste ponto, normalmente o incêndio é pequeno e se restringe ao material que se incendiou primeiro.

### **1.3.7. Incubação**

Eclodido o incêndio, o calor gerado no foco inicial se propaga, determinando o aquecimento gradual de todo o ambiente. Inicia-se a formação de uma coluna de gás aquecido sobre o combustível que queima. Enquanto essa coluna se desenvolve e sobe, começa a atrair e arrastar o ar ambiente do espaço em volta para dentro dela. Logo em seguida, essa coluna de ar e gases aquecidos se vê afetada pelo teto e pelas paredes do espaço. À medida que os gases aquecidos se elevam, estes começam a propagar-se para os lados quando tocam o teto da edificação até chegarem as paredes do compartimento, então a profundidade da camada de gás começa a crescer, ou

seja, os gases aquecidos espalham-se preenchendo o ambiente, de cima para baixo (estudos mostram que as temperaturas diminuem a medida que nos distanciamos da linha central da coluna de ar quente).

Nesta fase de crescimento, o oxigênio contido no ar está relativamente normalizado e o fogo está produzindo vapor d'água (H<sup>2</sup>O), dióxido de carbono (CO<sup>2</sup>), monóxido de carbono (CO) e outros gases. Grande parte do calor está sendo consumido no próprio aquecimento dos combustíveis presente e, neste estágio, a temperatura do ambiente está ainda pouco acima do normal. No entanto, o calor está sendo gerado e evoluirá com o aumento do fogo e a fase de crescimento continuará seguindo se houver suficiente combustível e oxigênio disponíveis. À medida que o incêndio cresce a temperatura geral do ambiente aumenta, da mesma forma que a temperatura da camada de gases no nível do teto.

#### **1.3.8. Propagação**

Esta fase marca a passagem da fase de incubação para a fase de desenvolvimento completo, podendo desenvolver-se normalmente, com crescimento gradual ou manifestar-se por dois fenômenos distintos, variando conforme o nível de aeração ou de oxigenação do ambiente. Havendo a oxigenação adequada com semelhante elevação de temperatura, o incêndio poderá progredir para um flashover, se do contrario, a oxigenação é inadequada e a temperatura permanece em elevação, poderemos progredir para um backdraft, conforme veremos mais adiante.

Durante esta fase, o ar, rico em oxigênio, é arrastado para dentro do ambiente pelo efeito da convecção, já que o ar quente “sobe” e sai do ambiente. Isto força a entrada de ar fresco pelas aberturas nos pontos mais baixos.

Os gases aquecidos espalham-se preenchendo o ambiente e, de cima para baixo, forçam o ar frio a permanecer junto ao solo; eventualmente, causam a ignição dos combustíveis nos níveis mais altos do ambiente. Este ar aquecido é uma das razões pelas quais os bombeiros devem

se manter abaixados e usar o equipamento de proteção respiratória. Uma inspiração desse ar superaquecido pode queimar os pulmões. A temperatura nas regiões superiores (nível do teto) pode estar próxima dos 700 °C.

### **1.3.9. Desenvolvimento completo**

A fase do desenvolvimento completo do incêndio tem lugar quando todos os materiais combustíveis de um determinado espaço físico são envolvidos pelo fogo. Durante este período de tempo, os combustíveis que ardem no ambiente liberam a máxima quantidade de calor possível, calor este irradiado dos combustíveis presentes, os quais produzem grandes volumes de gases e fumaça. Esse calor intenso reduz os combustíveis a seus componentes básicos, liberando, assim, os vapores combustíveis. O calor liberado e os gases da combustão que se produzem dependem do número e do tamanho das aberturas de ventilação do ambiente incendiado.

### **1.3.10. Fase da diminuição**

À medida que o incêndio consome todos os combustíveis disponíveis do ambiente, a taxa de liberação de calor começa a diminuir. Uma vez mais o incêndio se converte em um incêndio controlado, agora por falta de material combustível. A quantidade de fogo diminui e as temperaturas do ambiente começam a reduzir, entretanto, as brasas podem manter temperaturas ainda elevadas durante algum tempo.

Esta fase representa a decadência do fogo, a redução progressiva das chamas até o seu completo desaparecimento, seja por exaustão das materiais que tiveram todo gás combustível emanado e consumido, excepcionalmente pela carência de oxigênio ou pela obstrução da combustão pela eficaz atuação de um dos meios de extinção do fogo.

## **1.4. PROPAGAÇÃO DO CALOR**

Descreve Di Nemmo et al [1995] apud OLIVEIRA [2005, p.23] que a compreensão da química e física do fogo se faz necessária para

interpretar seus fenômenos, que incluem a dinâmica dos fluidos e a transferência do calor.

O estudo da transferência do calor nos auxiliará a identificar as diferentes formas de propagação de um incêndio. Existem três mecanismos básicos para a transferência do calor, a saber: condução, convecção e irradiação (DRYSDALE,1998).

Ratificando o acima exposto São Paulo [1996], prevê que o calor pode se propagar de três diferentes maneiras: condução, convecção e irradiação. Como tudo na natureza tende ao equilíbrio, o calor é transferido de objetos com temperatura mais alta para aqueles com temperatura mais baixa. O mais frio de dois objetos absorverá calor até que esteja com a mesma quantidade de energia do outro.

#### **1.4.1.Convecção**

É a transferência de calor pelo movimento ascendente de massas de gases ou de líquidos dentro de si próprios.Quando a água é aquecida num recipiente de vidro, pode -se observar um movimento, dentro do próprio líquido, de baixo para cima. À medida que a água é aquecida, ela se expande e fica menos densa (mais leve) provocando um movimento para cima. Da mesma forma, o ar aquecido se expande e tende a subir para as partes mais altas do ambiente, enquanto o ar frio toma lugar nos níveis mais baixos. Em incêndio de edifícios, essa é a principal forma de propagação de calor para andares superiores, quando os gases aquecidos encontram caminho através de escadas, poços de elevadores, etc [SÃO PAULO, 1996].

Para São Paulo [2001, p.09] convecção é a forma de propagação que ocorre por meio de um fluido líquido ou gás, entre dois corpos submersos no fluido, ou entre um corpo e o fluido;

#### **1.4.2.Condução**

Condução é a transferência de calor através de um corpo sólido de molécula a molécula. Colocando-se, por exemplo, a extremidade de

uma barra de ferro próxima a uma fonte de calor, as moléculas desta extremidade absorverão calor; elas vibrarão mais vigorosamente e se chocarão com as moléculas vizinhas, transferindo-lhes calor [SÃO PAULO, 1996].

Essas moléculas vizinhas, por sua vez, passarão adiante a energia calorífica, de modo que o calor será conduzido ao longo da barra para a extremidade fria. Na condução, o calor passa de molécula a molécula, mas nenhuma molécula é transportada com o calor. Quando dois ou mais corpos estão em contato, o calor é conduzido através deles como se fossem um só corpo.

Para São Paulo [2001, p.09] condução é a forma de propagação que ocorre através de um material sólido de uma região de temperatura elevada em direção a uma outra região de baixa temperatura.

### **1.4.3. Irradiação**

A radiação ou irradiação térmica é a transmissão de energia em forma de ondas eletromagnéticas (como ondas de luz ou de raios-X). Todos os corpos emitem ondas eletromagnéticas de forma contínua, devido a agitação térmica de suas moléculas e todos os objetos quentes irradiam calor. A irradiação é, portanto, a transmissão de calor por ondas de energia calorífica que se deslocam através do espaço. Considerando que se está tratando de ondas eletromagnéticas, a energia viaja em linha reta e a velocidade da luz. É essa irradiação térmica que causa o início de muitos incêndios de exposição. Quando um incêndio cresce, irradia cada vez mais energia calorífica. As ondas de calor propagam-se em todas as direções e a intensidade com que os corpos são atingidos aumenta ou diminui à medida que estão mais próximos ou mais afastados da fonte de calor. Um corpo mais aquecido emite ondas de energia calorífica para um outro mais frio até que ambos tenham a mesma temperatura. Deve-se estar atento aos materiais ao redor de uma fonte que irradie calor para protegê-los, a fim de que não ocorram novos incêndios [OLIVEIRA, 2005, p.24].

No que diz respeito à propagação do calor é importante salientar que num incêndio as três formas geralmente são concomitantes, embora em determinado momento uma delas seja predominante.

## **1.5. FORMAS DE COMBUSTÃO**

Considerando o que prevê São Paulo [1996] as combustões podem ser classificadas conforme a sua velocidade em: completa, incompleta, espontânea e explosão. Dois elementos são preponderantes na velocidade da combustão: o comburente e o combustível; o calor entra no processo para decompor o combustível. A velocidade da combustão variará de acordo com a porcentagem do oxigênio no ambiente e as características físicas e químicas do combustível.

### **1.5.1. Combustão Completa**

É aquela em que a queima produz calor e chamas e se processa em ambiente rico em oxigênio.

### **1.5.2. Combustão Incompleta**

É aquela em que a queima produz calor e pouca ou nenhuma chama, e se processa em ambiente pobre em oxigênio.

### **1.5.3. Combustão Espontânea**

É o que ocorre, por exemplo, quando do armazenamento de certos vegetais que, pela ação de bactérias, fermentam. A fermentação produz calor e libera gases que podem incendiar. Alguns materiais entram em combustão sem fonte externa de calor (materiais com baixo ponto de ignição); outros entram em combustão à temperatura ambiente (20 °C), como o fósforo branco. Ocorre também na mistura de determinadas substâncias químicas, quando a combinação gera calor e libera gases em quantidade suficiente para iniciar combustão. Por exemplo, água + sódio.

### **1.5.4. Explosão**

É a queima de gases (ou partículas sólidas), em altíssima velocidade, em locais confinados, com grande liberação de energia e deslocamento de ar. Combustíveis líquidos, acima da temperatura de fulgor,

liberam gases que podem explodir (num ambiente fechado) na presença de uma fonte de calor.

## **1.6. MÉTODOS DE EXTIÇÃO DO FOGO**

De acordo com as informações de São Paulo [1996] os métodos de extinção do fogo baseiam-se na eliminação de um ou mais dos elementos essenciais que provocam o fogo.

### **1.6.1. Retirada do Material**

É a forma mais simples de se extinguir um incêndio. Baseia-se na retirada do material combustível, ainda não atingido, da área de propagação do fogo, interrompendo a alimentação da combustão. Método também denominado corte ou remoção do suprimento do combustível.

Ex: fechamento de válvula ou interrupção de vazamento de combustível líquido ou gasoso, retirada de materiais combustíveis do ambiente em chamas, realização de aceiro, etc.

### **1.6.2. Resfriamento**

É o método mais utilizado. Consiste em diminuir a temperatura do material combustível que está queimando, diminuindo, conseqüentemente, a liberação de gases ou vapores inflamáveis. A água é o agente extintor mais usado, por ter grande capacidade de absorver calor e ser facilmente encontrada na natureza.

A redução da temperatura está ligada à quantidade e à forma de aplicação da água (jatos), de modo que ela absorva mais calor que o incêndio é capaz de produzir.

### **1.6.3. Abafamento**

Consiste em diminuir ou impedir o contato do oxigênio com o material combustível. Não havendo comburente para reagir com o combustível, não haverá fogo. Como exceção estão os materiais que têm oxigênio em sua composição e queimam sem necessidade do oxigênio do ar, como os peróxidos orgânicos e o fósforo branco.

Conforme já se viu anteriormente, a diminuição do oxigênio em contato com o combustível vai tornando a combustão mais lenta, até a concentração de oxigênio chegar próxima de 8%, onde não haverá mais combustão. Colocar uma tampa sobre um recipiente contendo álcool em chamas, ou colocar um copo voltado de boca para baixo sobre uma vela acesa, são duas experiências práticas que mostram que o fogo se apagará tão logo se esgote o oxigênio em contato com o combustível.

Pode-se abafar o fogo com uso de materiais diversos, como areia, terra, cobertores, vapor d'água, espumas, pós, gases especiais etc.

### **1.6.4. Quebra da Reação em Cadeia**

Certos agentes extintores, quando lançados sobre o fogo, sofrem ação do calor, reagindo sobre a área das chamas, interrompendo assim a “reação em cadeia” (extinção química). Isso ocorre porque o oxigênio comburente deixa de reagir com os gases combustíveis.

## **1.7. CLASSIFICAÇÃO DOS INCÊNDIOS E MÉTODOS DE EXTINÇÃO**

São Paulo [1996] discorre sobre os incêndios definindo que estes são classificados de acordo com os materiais neles envolvidos, bem como a situação em que se encontram. Essa classificação é feita para determinar o agente extintor adequado para o tipo de incêndio específico. Entendemos como agentes extintores todas as substâncias capazes de eliminar um ou mais dos elementos essenciais do fogo, cessando a combustão.

Essa classificação foi elaborada pela NFPA (National Fire Protection Association – Associação Nacional de Proteção a Incêndios/EUA), adotada pela IFSTA (International Fire Service Training Association – Associação Internacional para o Treinamento de Bombeiros/EUA) e também adotada pelo Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo.

### **1.7.1. Incêndio Classe "A"**

Incêndio envolvendo combustíveis sólidos comuns, como papel, madeira, pano, borracha, etc. É caracterizado pelas cinzas e brasas que deixam como resíduos e por queimar em razão do seu volume, isto é, a queima se dá na superfície e em profundidade.

#### **Métodos de Extinção**

Necessita de resfriamento para a sua extinção, isto é, do uso de água ou soluções que a contenham em grande porcentagem, a fim de reduzir a temperatura do material em combustão, abaixo do seu ponto de ignição. O emprego de pós-químicos irá apenas retardar a combustão, não agindo na queima em profundidade.

### **1.7.2. Incêndio Classe "B"**

Incêndio envolvendo líquidos inflamáveis, graxas e gases combustíveis. É caracterizado por não deixar resíduos e queimar apenas na superfície exposta e não em profundidade.

#### **Métodos de Extinção**

Necessita para a sua extinção do abafamento ou da interrupção (quebra) da reação em cadeia. No caso de líquidos muito aquecidos (ponto da ignição), é necessário resfriamento.

### **1.7.3. Incêndio Classe “C”**

Incêndio envolvendo equipamentos energizados. É caracterizado pelo risco de vida que oferece ao bombeiro.

#### **Métodos de Extinção**

Para a sua extinção necessita de agente extintor que não conduza a corrente elétrica e utilize o princípio de abafamento ou da interrupção (quebra) da reação em cadeia. Esta classe de incêndio pode ser mudada para “A”, se for interrompido o fluxo elétrico. Deve-se ter cuidado com equipamentos (televisores, por exemplo) que acumulam energia elétrica, pois estes continuam energizados mesmo após a interrupção da corrente elétrica.

### **1.7.4. Incêndio Classe “D”**

Incêndio envolvendo metais combustíveis pirofóricos (magnésio, selênio, antimônio, lítio, potássio, alumínio fragmentado, zinco, titânio, sódio, zircônio). É caracterizado pela queima em altas temperaturas e por reagir com agentes extintores comuns (principalmente os que contenham água).

#### **Métodos de Extinção**

Para a sua extinção, necessita de agentes extintores especiais que se fundam em contato com o metal combustível, formando uma espécie de capa que o isola do ar atmosférico, interrompendo a combustão pelo princípio de abafamento.

Os pós especiais são compostos dos seguintes materiais: cloreto de sódio, cloreto de bário, monofosfato de amônia, grafite seco. O princípio da retirada do material também é aplicável com sucesso nesta classe de incêndio.

## 1.8. PRODUTOS DA COMBUSTÃO

Os principais produtos da combustão são os gases da combustão, as chamas propriamente ditas, o calor irradiado e as fumaças visíveis. Contrariamente a opinião popular, o maior risco à vida devido aos incêndios, não se constitui nem das chamas, nem do calor, senão da inalação de fumaça e gases aquecidos e tóxicos, assim como a deficiência de oxigênio. A seguir estudaremos separadamente cada um destes produtos. [OLIVEIRA, 2006, p.01].

Gamba [2001, p.41] entende que atualmente, os incêndios possuem, como característica principal, o grande desenvolvimento de produtos gasosos tóxicos ou asfixiantes, provenientes da combustão dos materiais utilizados no ambiente em que ocorre o fogo, causando a maioria das eventuais vítimas fatais do sinistro.

Com o aparecimento e desenvolvimento dos materiais sintéticos e dos materiais ignífogos, aumentou a quantidade de produtos gasosos prejudiciais ao homem numa situação de incêndio.

Pode-se observar a utilização de materiais sintéticos em todos os setores da atividade humana, sob a forma de mobiliário, vestimenta, decoração, revestimento de piso, objetos de uso pessoal e outros.

Assim, a problemática do incêndio já não é mais somente a proporção do fogo quanto a sua dimensão e severidade, mas, principalmente, o desenvolvimento de produtos gasosos que podem ser tóxicos ou asfixiantes.

Observa-se em todo o mundo, uma grande preocupação em se equacionar o problema da fuma no incêndio, uma vez que a estatística tem demonstrado que ela é a responsável por mais de 80% das mortes.

Os produtos tóxicos responsáveis pelas mortes em incêndios são pouco conhecidos porque não se fazem as autópsias detalhadas nas suas vítimas, porém conhecem-se vários produtos nocivos ao homem, como segue.

### 1.8.1. Os Gases da Combustão

De acordo com OLIVEIRA [2006, p.06] todos eles se produzem em maior ou menor escala durante um incêndio. Ainda que a grande maioria pense que as mortes e lesões produzidas por incêndios se devam ao contato direto com as chamas ou pelo calor irradiado, atualmente, a primeira causa de mortes por incêndio é a inalação dos gases quentes e tóxicos somados a deficiência do oxigênio. Sabemos que os gases da combustão podem ser conceituados como aquelas substâncias gasosas que surgem durante o incêndio e permanecem mesmo após os produtos da combustão serem resfriados até alcançarem temperaturas normais.

A quantidade e os tipos de gases da combustão presentes durante e depois de um incêndio varia fundamentalmente com a composição química do material da combustão, com a quantidade de oxigênio disponível e também com a temperatura do incêndio. Os efeitos da fumaça e dos gases tóxicos sobre as pessoas dependem do tempo de exposição, da concentração dos gases na atmosfera e também, em grande parte, das condições físicas e resistência dos indivíduos expostos. As fumaças geradas em incêndios contêm gases narcóticos (asfixiantes) e irritantes. Os gases narcóticos ou asfixiantes são aqueles que causam a depressão do sistema nervoso central, produzindo desorientação, intoxicação, perda da consciência e até morte. Os gases narcóticos mais comuns são o monóxido de carbono (CO), o cianeto de nitrogênio (HCN) e o dióxido de carbono (CO<sup>2</sup>).

A redução dos níveis de oxigênio como resultado de um incêndio também provocará efeitos narcóticos nos humanos. Os agentes irritantes são substâncias que causam lesões na respiração (irritantes pulmonares), além de inflamação nos olhos, vias aéreas superiores, e pele (irritantes sensoriais) [OLIVEIRA, 2006, p.07].

Dos principais gases presentes nos incêndios destacamos como mais letais o monóxido de carbono, o dióxido de carbono, o ácido cianídrico, o cloreto de hidrogênio e a acroleína, no entanto, não podemos esquecer que a falta de oxigênio também pode ser fatal.

### **1.8.2. As Chamas**

Para Oliveira [2006, p.07] a combustão dos materiais no ar quase sempre estará acompanhada de chamas visíveis. O contato direto com as chamas, assim como a irradiação direta do calor das mesmas pode produzir graves queimaduras.

As queimaduras se classificam em diferentes graus. As queimaduras de primeiro grau afetam a parte mais externa da pele, são muito dolorosas, mas não tão graves como as de segundo e terceiro grau. As queimaduras de segundo grau são aquelas que penetram mais profundamente na pele, formam bolhas e acumulam quantidades de líquidos debaixo das mesmas. As queimaduras de terceiro grau são as que mais penetram e, portanto, as mais perigosas, no entanto, não são inicialmente tão dolorosas como as de primeiro e segundo graus, já que as terminações nervosas acabaram destruídas e, portanto, desativadas.

No entanto, qualquer queimadura é importante, pois além da profundidade, elas também devem ser avaliadas pela extensão da área atingida e quanto maior for a superfície corporal atingida, pior a situação da vítima. Os danos produzidos pelas queimaduras são dolorosos, duradouros, difíceis de tratar e muito penosos para os pacientes.

### **1.8.3. O Calor irradiado**

Disserta Oliveira [2006, p.08] que o calor produzido pelos incêndios afetam diretamente as pessoas expostas em função da distância e das temperaturas alcançadas e poderá produzir desde pequenas queimaduras até a morte. A exposição ao ar aquecido aumenta o ritmo cardíaco, provoca desidratação, esgotamento, bloqueio do trato respiratório e queimaduras. Pessoas expostas a ambientes com excesso de calor podem morrer se este ar quente entrar nos pulmões. A pressão sanguínea diminuirá, a circulação do sangue ficará debilitada e a temperatura do corpo aumentará até danificar centros nervosos do cérebro.

Os bombeiros não devem entrar em ambientes com atmosferas que excedam os 50 graus Celsius sem roupas de proteção e conjuntos de proteção respiratória. O máximo nível de calor suportável num incêndio (considerando uma atmosfera seca durante um curto período de exposição) é estimado em 150 graus Celsius. Qualquer umidade no ar aumentará notadamente esse perigo e reduzirá drasticamente o tempo de sobrevivência.

#### **1.8.4. Fumaças Visíveis**

As fumaças são constituídas por partículas sólidas e líquidas transportadas pelo ar e por gases desprendidos dos materiais que queimam. Normalmente, são condições de insuficiência de oxigênio para uma combustão completa, madeira, papel, gasolina e outros combustíveis comuns desprendem minúsculas partículas pretas de carbono chamadas de fuligem ou pó de carvão que são visíveis na fumaça e se acomodam sob superfícies por deposição [OLIVEIRA, 2006, p.08].

A fumaça, incluindo os gases venenosos invisíveis que a mesma contém, são a principal causa de mortes em incêndios, sendo responsáveis por cerca de 50 a 75% das mortes. A fumaça irrita os olhos e os pulmões e normalmente cria pânico. Outros gases da combustão, como o metano (CH<sub>4</sub>), formaldeído e ácido acético, podem ser gerados sob combustões incompletas, condensando-se sobre as partículas de fumaça e sendo transportadas até os pulmões com conseqüências fatais para as pessoas.

### **1.9. EVOLUÇÃO DE UM INCÊNDIO**

São Paulo [2001, p.08] descreve a evolução do incêndio da seguinte maneira:

Inicia-se como ponto de inflamação inicial e caracteriza-se por grandes variações de temperatura de ponto a ponto, ocasionadas pela inflamação sucessiva dos objetos existentes no recinto, de acordo com a alimentação de ar.

Normalmente os materiais combustíveis (materiais passíveis de se ignizarem) e uma variedade de fontes de calor coexistem no interior de uma edificação. A manipulação acidental destes elementos é, potencialmente, capaz de criar uma situação de perigo.

Os focos de incêndio, deste modo, originam-se em locais onde fonte de calor e materiais combustíveis são encontrados juntos, de tal forma que ocorrendo a decomposição do material pelo calor são desprendidos gases que podem se inflamar. Se a fonte de calor for pequena, ou a massa do material a ser ignizado for grande, ou, ainda, a sua temperatura de ignição for muito alta, somente irão ocorrer danos locais sem a evolução do incêndio.

Se a ignição definitiva for alcançada, o material continuará a queimar desenvolvendo calor e produtos de decomposição. A temperatura subirá progressivamente, acarretando a acumulação de fumaça e outros gases e vapores junto ao teto.

Há, neste caso, a possibilidade de o material envolvido queimar totalmente sem proporcionar o envolvimento do resto dos materiais contidos no ambiente ou dos materiais constituintes dos elementos da edificação. De outro modo, se houver caminhos para a propagação do fogo, através de convecção ou radiação, em direção aos materiais presentes nas proximidades, ocorrerá simultaneamente à elevação da temperatura do recinto e o desenvolvimento de fumaça e gases inflamáveis.

Com a evolução do incêndio e a oxigenação do ambiente, através de portas e janelas, o incêndio ganhará ímpeto; os materiais passarão a ser aquecidos por convecção e radiação acarretando um momento denominado de “inflamação generalizada – *Flash Over*”, que se caracteriza pelo envolvimento total do ambiente pelo fogo e pela emissão de gases inflamáveis através de portas e janelas, que se queimam no exterior do edifício.

Neste momento torna-se impossível a sobrevivência no interior do ambiente. O tempo gasto para o incêndio alcançar o ponto de Inflamação generalizada é relativamente curto e depende, essencialmente, dos

revestimentos e acabamentos utilizados no ambiente de origem, embora as circunstâncias em que o fogo comece a se desenvolver exerçam grande influência.

A possibilidade de um foco de incêndio extinguir ou evoluir para um grande incêndio depende, basicamente dos seguintes fatores:

- ✓ Quantidade, volume e espaçamento dos materiais combustíveis no local;
- ✓ Tamanho e situação das fontes de combustão;
- ✓ Área e localização das janelas;
- ✓ Velocidade e direção do vento;
- ✓ A forma e dimensão do local.

Pela radiação emitida por forros e paredes, os materiais combustíveis que ainda não queimaram, são pré-aquecidos à temperatura próxima da sua temperatura de ignição. As chamas são bem visíveis no local;

Se estes fatores criarem condições favoráveis ao crescimento do fogo, a inflamação generalizada irá ocorrer e todo o compartimento será envolvido pelo fogo.

A partir daí, o incêndio irá se propagar para outros compartimentos da edificação seja por convecção de gases quentes no interior da casa ou através do exterior, na medida em que as chamas que saem pelas aberturas (portas e janelas) podem transferir fogo para o pavimento superior, quando este existir, principalmente através das janelas superiores.

Importante fazer aqui um adendo no tocante aos tipos de propagação de um incêndio, conforme segue: o incêndio se propaga mediante a transmissão de calor. O ar, a fumaça e os gases aquecidos tendem a subir. Em decorrência desse processo surge então a regra fundamental dos Incêndios: "o fogo sempre sobe", isto é, a tendência natural das chamas é buscar as partes superiores.

### ✓ Propagação Vertical

Segue a regra fundamental do fogo. É o modo de propagação normal e que predomina nos incêndios, desde que as características do local o permitam.

Os vãos de escadas, elevadores e os espaços entre paredes interiores e exteriores, constituem-se em aberturas verticais que proporcionam a ascensão dos produtos da combustão. Os materiais combustíveis afetados por esses produtos suficientemente aquecidos, durante os seus trajetos de ascensão, poderão ser inflamados e, conseqüentemente, propagar o incêndio, devido ao surgimento de novos focos. Portanto, verticalmente o incêndio propagar-se-á por contato direto das chamas, por convecção e por irradiação.

Quando as características da construção das edificações impedem o movimento ascendente dos produtos da combustão que determinam as correntes de convecção, como por exemplo um teto, estes se dispersam em todas as direções. Essa dispersão se dá inicialmente, a altura do teto até encontrar outros obstáculos, como uma parede. Se nesta não há abertura, os produtos da combustão se acumulam até que são forçados a descer ao longo da parede.

### ✓ Propagação Horizontal

Quando o movimento ascendente das chamas e dos produtos da combustão superaquecidos encontram obstáculos em suas trajetórias, esses deslocam-se em sentido lateral e, se encontram uma abertura, penetrarão em zonas ainda não afetadas pelo incêndio. Nessa trajetória, os materiais existentes se inflamarão e o fogo continuará propagando-se.

A propagação horizontal se processa de forma mais lenta que a vertical. É facilitada pela existência de materiais combustíveis, pelo calor ambiente e, em algumas situações, pelas condições climáticas.

### ✓ Propagação Descendente

Fundamentalmente, um incêndio se propaga no sentido descendente, quando caem materiais incandescentes de um ponto superior a um nível inferior. Evidentemente isto vai depender da estrutura da edificação.

Pode ainda o fogo propagar-se no sentido descendente através dos recobrimentos de paredes, tais como vernizes, pinturas, painéis e painéis inflamáveis. Contudo este processo é muito lento, e portanto, sem muita importância.

Por fim, o fogo, seguindo a trajetória dos líquidos inflamáveis por uma superfície inclinada, poderá determinar também uma propagação descendente.

A fumaça, que já na fase anterior é Inflamação generalizada, pode ter-se espalhado no interior da edificação, se intensifica e se movimenta perigosamente no sentido ascendente, estabelecendo, em instantes, condições críticas para a sobrevivência na edificação.

Caso a proximidade entre as fachadas da edificação incendiada e as adjacentes possibilite a incidência de intensidades críticas de radiação, o incêndio poderá se propagar (por radiação) para outras habitações, configurando uma conflagração.

A proximidade ainda maior entre habitações pode estabelecer uma situação ainda mais crítica para a ocorrência da conflagração na medida em que o incêndio se alastrar muito rapidamente por contato direto das chamas entre as fachadas.

No caso de habitações agrupadas em bloco, a propagação do incêndio entre unidades poderá se dar por condução de calor via paredes e forros, por destruição destas barreiras, ou ainda, através da convecção de gases quentes que venham a penetrar por aberturas existentes.

Com o consumo do combustível existente no local ou decorrente da falta de oxigênio, o fogo pode diminuir de intensidade, entrando na fase de resfriamento e conseqüente extinção.

Traçando-se uma noção geral da evolução de um incêndio encerra-se o presente capítulo. O capítulo seguinte focará a segurança contra incêndio, de modo a permitir visualizar de maneira mais clara a posição da compartimentação nesse contexto.

## **CAPITULO 2**

### **SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO**

#### **2.1. CICLO OPERACIONAL DAS ATIVIDADES DE BOMBEIROS**

De acordo com o entendimento de Filho [2002, p.88] é freqüente a constatação de erros, no trabalho operacional do Corpo de Bombeiros, ou de falhas, na prevenção estrutural, após a ocorrência de um incêndio. A formação de um banco de dados, sobretudo proveniente do ciclo operacional de bombeiros, permite manter atualizadas as normas de segurança contra incêndios, os Projetos Técnicos, as medidas de segurança e as técnicas e táticas de intervenção do Corpo de Bombeiros.

O Ciclo Operacional de Bombeiros é composto por quatro fases que serão explicadas a seguir.

##### **2.1.1. Fase preventiva ou normativa**

Para Filho [2002, p.89] a finalidade da prevenção ou normalização é a de estudar, revisar e elaborar normas de segurança, analisar os riscos que possam propiciar um princípio de incêndio e suas conseqüências e evitar a ocorrência de um incêndio.

No mesmo sentido é o entendimento de Maus [1999, p.21] para quem a presente fase é aquela em que as Normas que regulam os sistemas e dispositivos de segurança são elaboradas, estudadas, interpretadas e comentadas, segundo uma visão aplicada daquilo que o Corpo de Bombeiros entende que deva ser objeto de seu conhecimento, acompanhamento e fiscalização.

### **2.1.2. Fase passiva ou nominal**

Para Maus [1999, p. 21] é a fase em que as concepções normativas saem de uma situação abstrata, para ganhar forma em projetos preventivos e se concretizar na execução da obra.

A finalidade é restringir ou minimizar as conseqüências e os danos de um incêndio que não pode ser evitado: instalar, vistoriar, fazer manutenção e operar sistemas e dispositivos de segurança.

O objeto constitui-se dos projetos executivos, dos equipamentos e sistemas instalados em todas as edificações e áreas de risco.

A fase passiva ou estrutural pode permitir ao Corpo de Bombeiros a análise dos projetos específicos de segurança contra incêndio, o acompanhamento durante a construção da edificação, na instalação, manutenção e operação dos equipamentos e sistemas de segurança contra incêndio e verificar a atuação dos componentes das brigadas de abandono e combate a incêndio [FILHO, 2002, p.89].

### **2.1.3. Fase ativa ou de combate**

A finalidade da fase ativa constitui-se de socorro ou da prestação de serviço, quando há participação da atividade operacional do Corpo de Bombeiros, no atendimento a qualquer caso real de incêndio, prestar atendimento pré-hospitalar, resgatar e salvar vidas e bens.

No entendimento de Maus é ainda a fase em que os sistemas e dispositivos instalados passam a ser utilizados pelos usuários e bombeiros, tanto em caráter de treinamento quanto em situação real.

### **2.1.4. Fase investigativa ou pericial**

A finalidade é elucidar o caso real do incêndio, em todas as suas circunstâncias: causa, desenvolvimento, danos e prejuízos e fornecer subsídios para a retromovimentação das demais fases do ciclo operacional. O objeto é a análise do próprio local ou caso real do incêndio, seus indícios ou vestígios relativos e absolutos.

Nesta fase os sinistros ocorridos serão investigados, com a finalidade de se avaliar o comportamento e o desempenho de todas as partes envolvidas no processo, em todas as fases do ciclo operacional [MAUS, 1999, p. 21].

O perfeito trabalho do ciclo operacional de bombeiros possibilita a detecção de problemas a serem revistos em todas as fases enumeradas anteriormente, objetivando:

- ✓ Fase preventiva – aperfeiçoamento e revisão das normas e Códigos de proteção contra incêndio;
- ✓ Fase passiva – verificação de falhas na execução de projetos e das construções;
- ✓ Fase ativa – readequação de procedimentos e avaliar o desempenho da tropa e equipamentos operacionais (treinamento, equipamentos, viaturas etc.);
- ✓ Fase investigativa – melhoria das técnicas de preservação de local, de coleta de dados de confecção de relatórios, processamento de informações e formação de arquivo para pesquisa em diversas áreas do Corpo de Bombeiros.

## **2.2. OS OBJETIVOS DA SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO E AS CATEGORIAS DE RISCO**

A segurança contra incêndio no Brasil tem estado em evidência nas últimas décadas. Após a ocorrência dos trágicos incêndios nos edifícios Andraus – em 1972, com 16 mortes e 329 feridos; Joelma – em 1979, com 189 mortes e 320 feridos; Grande Avenida – em 1981, com 17 mortes e 53 feridos; e as torres da CESP – em 1987, com duas mortes –, entre outros, verificou-se ser um assunto a ser repensado com mais atenção. As perdas que os incêndios causam nas áreas humanas, sociais e econômicas são notórias.

Disserta Filho [2002, p.35] no sentido de que o desenvolvimento tecnológico proporcionou profundas modificações nas

construções, identificadas na utilização de fachadas envidraçadas, grandes áreas não-compartimentadas, incorporação de materiais combustíveis aos elementos construtivos, aliados ao crescente número de equipamentos de instalações de serviço, que introduziram riscos que anteriormente não existiam nas edificações.

Entende-se que a eliminação total do risco decorrente de um incêndio é uma missão quase que impossível. Para se alcançar um nível aceitável de segurança contra incêndio, com um custo aceitável, é necessário conhecer os objetivos da segurança contra incêndio e saber atuar na prevenção e proteção, desde a elaboração do projeto até a construção, operação e manutenção de uma edificação.

Segundo Malhotra [1982, p. 15] para formular um conhecimento razoável relativo à segurança contra incêndio e definir previamente as exigências de proteção concretas, é necessário, primeiro, ter objetivos ou metas claras de proteção contra incêndio. Esses objetivos ou metas fornecem as bases para o desenvolvimento global de proteção, permitindo ao poder público chegar ao nível de controle justificado para alcançar os objetivos estabelecidos, que são a proteção da vida e da propriedade contra incêndios, sem esquecer as considerações econômicas.

As ações adotadas para se alcançar uma segurança adequada em um edifício devem ser coerentes e implantadas de maneira conjunta. Essas ações constituem o sistema global de segurança contra incêndio [FILHO, 2002, p.36].

A segurança contra incêndio está ligada à probabilidade de risco de ocorrência de determinados eventos que proporcionam perigos às pessoas e ao patrimônio. Como a isenção total de riscos, na prática, é algo inatingível, pode-se entender a segurança contra incêndio como o conjunto de vários níveis de proteção aos riscos existentes.

As categorias básicas de riscos associados ao incêndio são:

- ✓ Risco ao início do incêndio;

- ✓ Risco ao crescimento do incêndio;
- ✓ Risco à propagação do incêndio;
- ✓ Risco à vida humana;
- ✓ Risco à propriedade;
- ✓ Risco ao meio ambiente.

O nível de segurança contra incêndio obtido para uma edificação está diretamente ligado ao controle das categorias de riscos, tanto no processo de construção, como na sua utilização. Os objetivos da segurança contra incêndio, quando relacionados às categorias de riscos, são divididos em gerais e específicos. Na tabela 1, está representada, de forma esquemática, a relação entre os objetivos de segurança contra incêndio e as categorias de risco [FILHO, 2002, p.37].

Tabela 1 – Objetivos da segurança contra incêndio e as categorias de risco

Categoria de risco	Objetivos gerais	Objetivos específicos
Riscos de início do incêndio	- redução de perdas humanas; - redução de perdas econômicas; - redução de perdas sociais.	- segurança da vida humana; - segurança da propriedade atingida.
Risco de crescimento do incêndio	- redução de perdas humanas; - redução de perdas econômicas; - redução de perdas sociais.	- segurança da vida humana; - segurança da propriedade atingida.
Risco da propagação do incêndio	- redução de perdas humanas; - redução de perdas econômicas; - redução de perdas sociais.	- segurança da vida humana; - segurança da propriedade atingida; - segurança da propriedade adjacente.
Risco à vida humana	- redução de perdas humanas; - redução de perdas sociais.	- segurança da vida humana.
Risco à propriedade	- redução de perdas humanas; - redução de perdas econômicas; - redução de perdas sociais.	- segurança da vida humana; - segurança da propriedade atingida; - segurança da propriedade adjacente.

Fonte: MITIDIARI, Marcelo Luis. Abordagem resumida do Sistema Global de Segurança. Apostila (Curso de Especialização em Gestão de Segurança Contra Incêndio e Explosões), Universidade de São Paulo, 2002.

Para Berto [1991, p.407] a segurança contra incêndios é um objetivo a ser perseguido por todas as etapas envolvidas no processo produtivo e no uso do edifício, e nenhuma etapa deve ser menosprezada. Porém, na fase de projeto a questão deve ser especialmente considerada, devido ao fato de ser o momento no qual se estabelece a estrutura básica da segurança contra incêndio.

Para White e Dietenberger [1999, p.01] a segurança contra incêndios envolve a prevenção, detecção, contenção e evacuação e tem início com a tomada de medidas de prevenção que significam basicamente, evitar a ignição dos materiais combustíveis pelo controle tanto da fonte de calor quanto do material combustível. Isto envolve o projeto, a construção e a manutenção da edificação e de seu conteúdo.

Para Ono, Costa e Silva, [2005, p. 01] a segurança contra incêndio é obtida pela integração dos sistemas de proteção ativa e passiva, os quais serão abordados detalhadamente a seguir.

Os objetivos fundamentais da segurança contra incêndio são minimizar o risco à vida e reduzir a perda patrimonial. Entende-se como risco à vida, a exposição severa à fumaça ou ao calor dos usuários da edificação e o eventual desabamento de elementos construtivos sobre os usuários ou sobre a equipe de Combate.

Entende-se como perda patrimonial, a destruição parcial ou total da edificação, dos estoques, dos documentos, dos equipamentos ou dos acabamentos do edifício sinistrado ou da vizinhança. Um sistema de segurança contra incêndio consiste em um conjunto de meios ativos (detecção de calor ou fumaça, chuveiros automáticos, brigada contra incêndio, etc) e passivos (resistência ao fogo das estruturas, compartimentação, saídas de emergência, etc.) que possam garantir a fuga dos ocupantes da edificação em condições de segurança, a minimização de danos a edificações adjacentes e à infraestrutura pública e a segurança das operações de combate ao incêndio, quando essas forem necessárias.

A seleção do sistema adequado de segurança contra incêndio deve ser feita tendo por base os riscos de início de um incêndio, de sua propagação e de suas conseqüências. Não basta identificar o possível dano à propriedade devido ao fogo, mas, por razões econômicas, é necessário também identificar a extensão do dano que pode ser considerado tolerável.

### 2.3. OS REQUISITOS FUNCIONAIS NA SEGURANÇA DE UMA EDIFICAÇÃO

Descreve Filho [2002, p.37] que os requisitos funcionais que devem ser atendidos por uma edificação considerada segura estão ligados à seqüência de etapas de um incêndio (categoria de riscos), as quais se desenvolvem da seguinte forma:

- ✓ Início do incêndio;
- ✓ Crescimento do incêndio no local de origem;
- ✓ Propagação para outros ambientes;
- ✓ Evacuação do edifício;
- ✓ Propagação para outros edifícios;
- ✓ Ruína parcial ou total do edifício.

Estabelecida a seqüência de etapas de um incêndio, pode-se considerar que os requisitos funcionais atendidos pela edificação consistem em:

- ✓ Dificultar a ocorrência do princípio de incêndio;
- ✓ Ocorrido o princípio de incêndio, evitar a ocorrência da combustão generalizada dos materiais combustíveis presentes no ambiente;
- ✓ Viabilizar o confinamento do incêndio no ambiente de origem, antes que a combustão generalizada ocorra;
- ✓ Instalada a combustão generalizada no ambiente de origem do incêndio, evitar a propagação do mesmo para os outros ambientes;
- ✓ Possibilitar a fuga dos usuários da edificação;
- ✓ Evitar a propagação do incêndio para edificações vizinhas (isolamento);
- ✓ Manter a edificação íntegra, sem ruínas parciais ou totais;

- ✓ Permitir as operações de salvamento às vítimas e combate ao incêndio.

Já Malhotra [1982, p.31], estabelece que os requisitos funcionais atendidos e previstos em uma edificação devem:

- ✓ Possibilitar meios de escapes adequados;
- ✓ Prevenir o aumento rápido de um incêndio;
- ✓ Prevenir a propagação interna do incêndio através de seu confinamento;
- ✓ Prevenir a propagação externa do incêndio, através de seu isolamento;
- ✓ Possibilitar meios de controle e de extinção do incêndio.

## **2.4. A SISTEMATIZAÇÃO NAS DECISÕES DE PROJETO**

Os aspectos fundamentais da segurança contra incêndio, a nível de projeto, serão identificados neste capítulo. A influência de cada um deles e suas inter-relações serão consideradas gradativamente. Todavia, uma visão abrangente, ainda que meramente qualitativa, é dada agora a título de promoção de um posicionamento favorável à compreensão do tema. O instrumento para tanto é a “Árvore de Decisões”. Ela foi elaborada pela NFPA - National Fire Protection Association (EUA) e aplicada à segurança de todo tipo de edificação. Sua ramificação lógica traz implícita uma distribuição racional de atribuições e responsabilidades entre proprietários, projetista e usuários do edifício. [NETO, 1995, p.20].

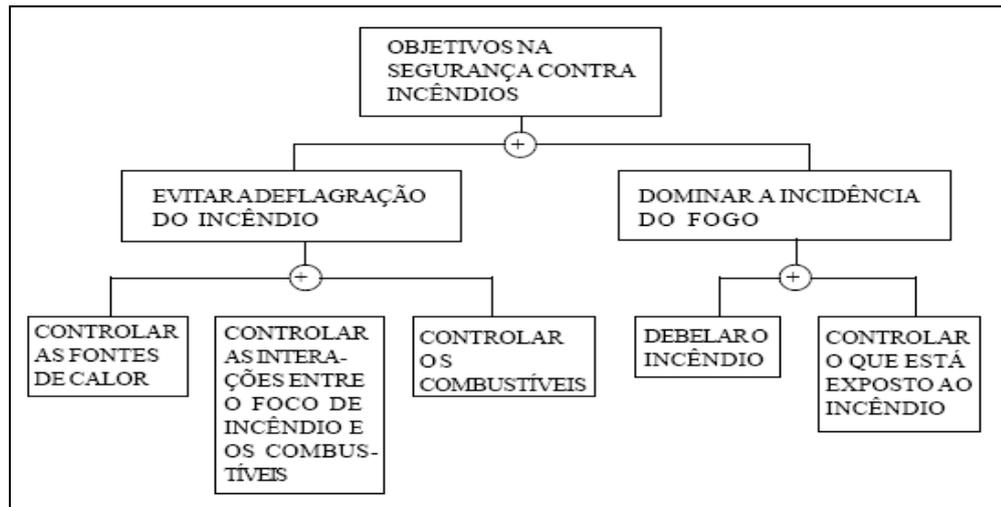


Figura 1: Ramos principais da árvore de decisões de segurança contra incêndio criada pela comissão da NFPA. O sinal (+) assinala os pontos em que cada um dos caminhos abaixo do mesmo constitui uma solução independente.

O ramo “Evitar a deflagração do Incêndio” está relacionado à prevenção. Embora de responsabilidade do proprietário e dos usuários do edifício, a prevenção deve ser facilitada por características incorporadas ao próprio projeto. Os códigos locais de prevenção de incêndios devem estar voltados para isto.

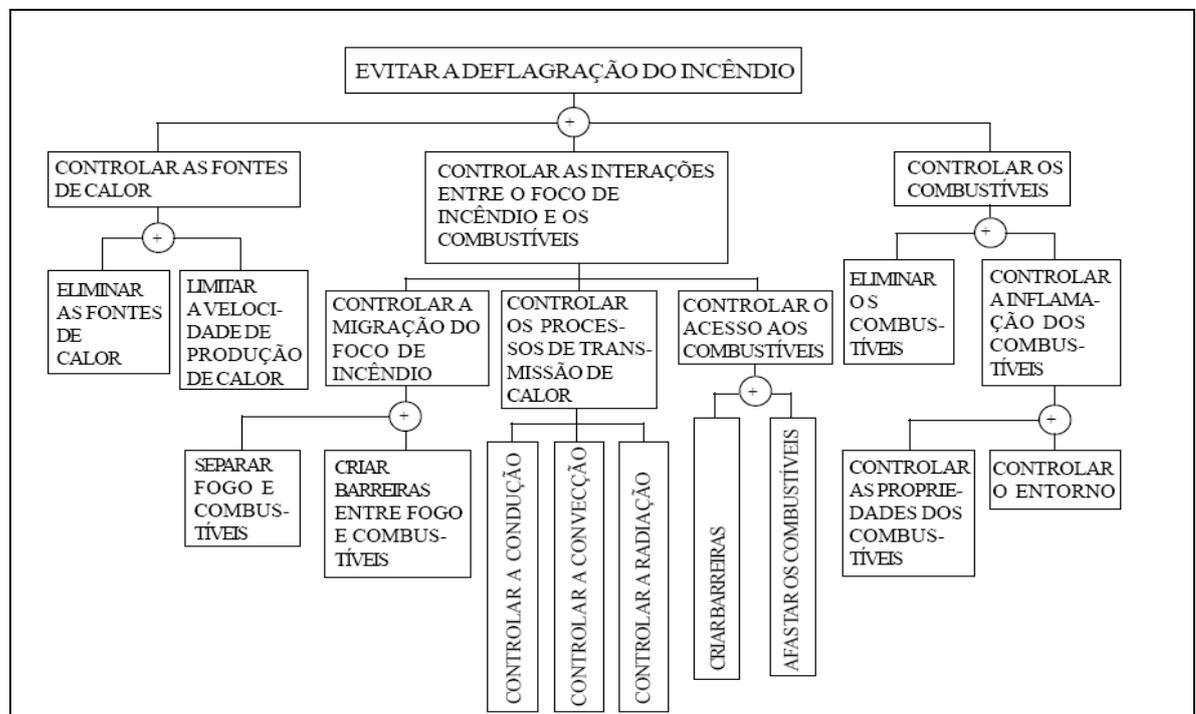


Fig. 2 Componentes do ramo "Evitar a deflagração do incêndio", parte da árvore de decisões da NFPA. Por "combustíveis" entenda-se qualquer material contido no edifício que contribua para o potencial calorífico.

Garantir, entretanto, a não ocorrência de incêndios é praticamente impossível. O ramo “DEBELAR O INCÊNDIO“, por sua vez, enfoca questões como o controle através da escolha dos elementos construtivos, da estabilidade estrutural e do papel das instalações prediais de extinção automática ou manual do incêndio.

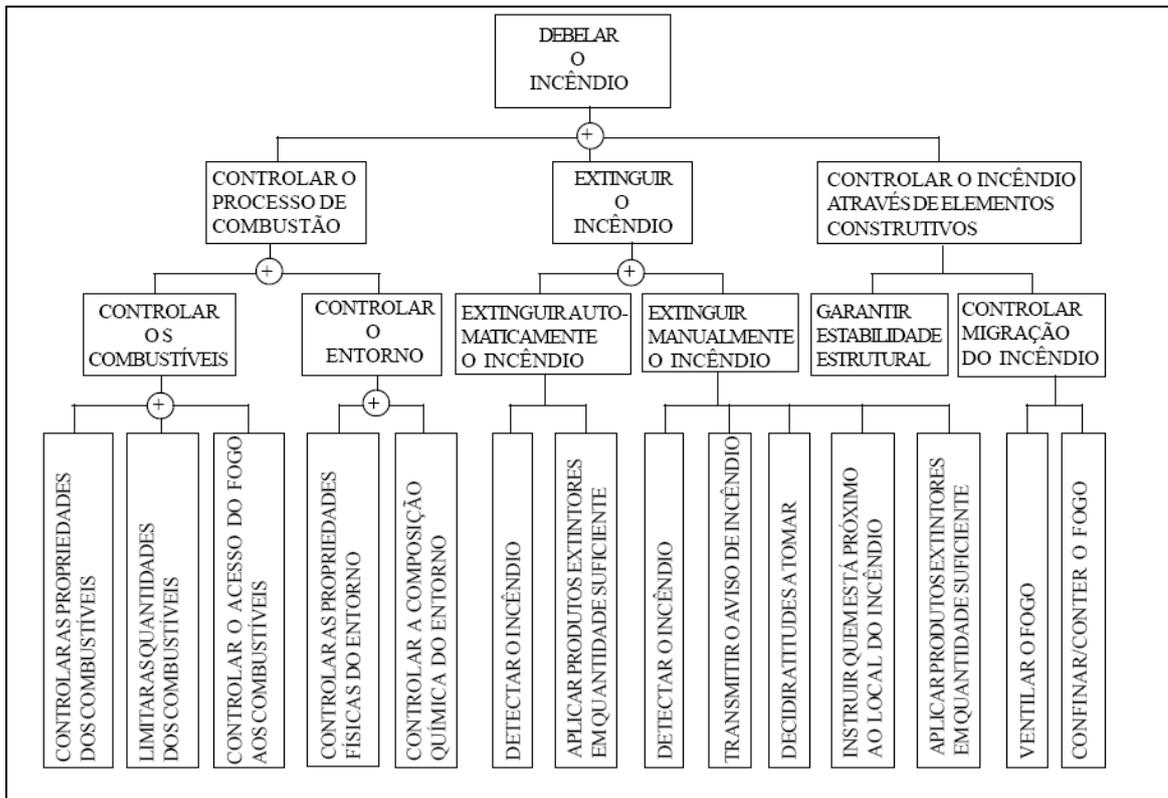


Figura 3 Ramo "Debelar o Incêndio".

Isto mostra que os objetivos da segurança contra incêndio são qualitativamente atingidos tanto pela PREVENÇÃO quanto pela PROTEÇÃO. Portanto, desta forma, o assunto vai ser tratado ao longo deste documento.

## 2.5. A SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO NAS FASES DA CONSTRUÇÃO E UTILIZAÇÃO DA EDIFICAÇÃO

Para Filho [2002, p.37] a segurança contra incêndio deve ser considerada em todas as fases de uma edificação, passando pela concepção do

ante-projeto, pelo projeto executivo, pela construção, pela utilização e pela manutenção.

Se a segurança contra incêndio for desconsiderada em qualquer uma dessas etapas, a edificação ficará suscetível a riscos de inconveniências funcionais, gastos excessivos e níveis de segurança inadequados.

É importante ressaltar que grande parte dos problemas, com relação à proteção contra incêndio, ocorre durante a fase de atividade desenvolvida na edificação e depende do perfil do usuário que a habita e das regulamentações de prevenção contra incêndio existentes [FILHO, 2002, p.37].

## **2.6. SISTEMA GLOBAL DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO**

O sistema global de segurança contra incêndio resulta da garantia do atendimento aos requisitos funcionais, que devem ser contemplados no processo de construção e uso da edificação. Esse sistema é composto por medidas de prevenção e proteção contra incêndio.

### **2.6.1. Prevenção de incêndio**

Faria [1988, p.18] define prevenção de incêndio como sendo as atividades que visam evitar o surgimento do sinistro, possibilitando a sua extinção e reduzindo os seus efeitos antes da chegada das viaturas do Corpo de Bombeiros. As atividades relacionadas com a educação consistem no preparo da população, por meio da difusão de idéias que divulgam as medidas de segurança, para prevenir o surgimento de incêndios nas ocupações. Buscam, ainda, ensinar os procedimentos a serem adotados pelas pessoas diante de um incêndio, os cuidados a serem observados com a manipulação de produtos perigosos e também os perigos das práticas que geram riscos de incêndio.

Para Russo [1975, p.12] prevenção de incêndio é definido como sendo as medidas que visam controlar a sua ocorrência.

No entendimento de Tomizawa [1995, p.15] prevenção de incêndio é definida como o conjunto de ações destinadas a evitar a ocorrência de sinistro ou reduzir a possibilidade de propagação do fogo e evitar a exposição das pessoas e da estrutura ao fogo.

Já para Berto [1998, p. 401] prevenção de incêndio traduz o conceito de prevenir eclosões de incêndio ou de reduzir o risco de alastramento do incêndio e de evitar o perigo para os ocupantes e para a propriedade.

De acordo com a São Paulo [2001, p.01] o termo “prevenção de incêndio” expressa tanto a educação pública como as medidas de proteção contra incêndio em um edifício. A implantação da prevenção de incêndio se faz por meio de atividades que visam a evitar o surgimento do sinistro, possibilitar sua extinção e reduzir seus efeitos antes da chegada do Corpo de Bombeiros.

As atividades relacionadas com a educação consistem no preparo da população, por meio da difusão de idéias que divulgam as medidas de segurança, para prevenir o surgimento de incêndios nas ocupações. Buscam, ainda, ensinar os procedimentos a serem adotados pelas pessoas diante de um incêndio, os cuidados a serem observados com a manipulação de produtos perigosos e também os perigos das práticas que geram riscos de incêndio.

Conclui-se que as medidas de prevenção de incêndio são aquelas destinadas a prevenir a ocorrência de um princípio de incêndio, ou seja, evitar o risco do surgimento de um incêndio.

#### **2.6.1.1. Objetivos da Prevenção de Incêndio**

Com base no que prevê São Paulo [2001, p.03], temos que os objetivos da Prevenção de incêndios são:

- ✓ A garantia da segurança à vida das pessoas que se encontrarem no interior de um edifício, quando da ocorrência de um incêndio;
- ✓ A prevenção da conflagração e propagação do incêndio, envolvendo todo o edifício;
- ✓ A proteção do conteúdo e a estrutura do edifício;

- ✓ Minimizar os danos materiais de um incêndio.

Esses objetivos são alcançados pelo:

- ✓ Controle da natureza e da quantidade de materiais combustíveis constituintes e contidos no edifício;
- ✓ Dimensionamento da compartimentação interna, do distanciamento entre edifícios e da resistência ao fogo dos elementos de compartimentação;
- ✓ Dimensionamento da proteção e de resistência ao fogo da estrutura do edifício;
- ✓ Dimensionamento de sistemas de detecção e alarme de incêndio e/ou de sistemas de chuveiros automáticos de extinção de incêndio e/ou equipamentos manuais para combate;
- ✓ Dimensionamento das rotas de escape e dos dispositivos para controle do movimento da fumaça.
- ✓ Controle das fontes de ignição e riscos de incêndio;
- ✓ Acesso para os equipamentos de combate a incêndio;
- ✓ Treinamento de pessoal habilitado a combater um princípio de incêndio e coordenar o abandono seguro da população de um edifício;
- ✓ Gerenciamento e manutenção dos sistemas de proteção contra incêndio instalado;
- ✓ Controle dos danos ao meio ambiente decorrente de um incêndio.

### **2.6.2. Proteção contra incêndio**

Berto [1998, p 401] define a proteção contra incêndio como um conjunto de disposições, sistemas ou equipamentos em um edifício, que visam reduzir o perigo para os ocupantes e para a propriedade através da detecção e contenção do incêndio.

A proteção contra incêndio para Tomizawa [1995, p.18], é definida como conjunto de medidas adotadas para controlar o crescimento do incêndio, contendo-o em ambientes pré-determinados e efetuar a extinção.

Para Malhotra [1982, p.18], os objetivos da proteção contra incêndios são aqueles destinados à:

- ✓ Segurança das pessoas que se encontram no interior da edificação no momento de um incêndio;
- ✓ Prevenção das propagações do incêndio por toda a edificação;
- ✓ Proteção da propriedade (conteúdo e estrutura da edificação).

Os objetivos da proteção contra incêndio são atingidos e alcançados, segundo Berto [1998, p.407], através do:

- ✓ Controle da natureza e da quantidade de materiais combustíveis constituintes e contidos no edifício;
- ✓ Dimensionamento da compartimentação interna, do distanciamento entre edifícios e da resistência ao fogo dos elementos de compartimentação;
- ✓ Dimensionamento da proteção e da resistência ao fogo da estrutura do edifício;
- ✓ Dimensionamento do sistema de detecção e alarme de incêndio ou do sistema de chuveiros automáticos de extinção de incêndio ou de equipamentos manuais para combate;
- ✓ Dimensionamento das portas de escape e dos dispositivos para controle do movimento da fumaça.

Conclui-se que a proteção contra incêndio são medidas destinadas a proteger e garantir a segurança das pessoas, da propriedade e dos bens materiais através da detecção, controle, contenção e extinção de um incêndio já instalado na edificação. As medidas de proteção contra incêndio são necessárias ao sistema global de segurança, na proporção em que as medidas de prevenção venham a falhar, permitindo o surgimento do incêndio.

As medidas de prevenção e proteção contra incêndio do sistema global de segurança podem ser dispostas com relação aos aspectos construtivos (resultantes do processo construtivo da edificação) e ao uso da edificação (resultante das fases de operação e manutenção da edificação) conforme exposto na tabela abaixo.

Tabela 2: Sistema Global da Segurança contra Incêndio

ELEMENTO	PRINCIPAIS MEDIDAS DE PREVENÇÃO E PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO	
	Relativas ao processo de construção do edifício	Relativas ao uso do edifício
Precaução contra o início do incêndio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- correto dimensionamento e execução de instalações de serviços;</li> <li>- distanciamento seguro entre fontes de calor e materiais combustíveis;</li> <li>- provisão de sinalização de emergência.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- correto dimensionamento e execução de instalações do processo;</li> <li>- correta estocagem e manipulação de líquidos inflamáveis e combustíveis e de outros produtos perigosos;</li> <li>- manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos e instalações que podem provocar o início do incêndio;</li> <li>- conscientização do usuário para a prevenção do incêndio</li> </ul>
Limitação do crescimento do incêndio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- controle da quantidade de materiais combustíveis incorporados aos elementos construtivos;</li> <li>- controle das características de reação ao fogo dos materiais incorporados aos elementos construtivos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- controle da quantidade de materiais combustíveis incorporados aos elementos construtivos.</li> </ul>
Extinção inicial do incêndio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- provisão de equipamentos portáteis;</li> <li>- provisão de sistema de hidrantes e mangotinhos;</li> <li>- provisão de sistema de chuveiros automáticos;</li> <li>- provisão de sistema de detecção e alarme;</li> <li>- provisão de sinalização de emergência.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos de proteção destinados à extinção inicial do incêndio;</li> <li>- elaboração de planos para extinção inicial do incêndio;</li> <li>- treinamento dos usuários para efetuar o combate inicial do incêndio;</li> <li>- formação e treinamento de brigadas de incêndio.</li> </ul>
Limitação da propagação do incêndio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- compartimentação horizontal;</li> <li>- compartimentação vertical;</li> <li>- controle da quantidade de materiais combustíveis incorporados aos elementos construtivos;</li> <li>- controle das características de reação ao fogo dos materiais incorporados aos elementos construtivos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos destinados a compor a compartimentação horizontal e vertical;</li> <li>- controle da disposição de materiais combustíveis nas proximidades das fachadas.</li> </ul>
Evacuação segura do edifício	<ul style="list-style-type: none"> <li>- provisão de sistema de detecção e alarme;</li> <li>- provisão de sistema de comunicação de emergência;</li> <li>- provisão de rotas de fuga seguras;</li> <li>- provisão do sistema de iluminação de emergência;</li> <li>- provisão do sistema de controle do movimento da fumaça;</li> <li>- controle das características de reação ao fogo dos materiais incorporados aos elementos construtivos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos destinados a garantir a evacuação segura;</li> <li>- elaboração de planos de abandono do edifício;</li> <li>- treinamento dos usuários para a evacuação de emergência;</li> <li>- formação e treinamento de brigadas de evacuação de emergência.</li> </ul>
Precaução contra a propagação do incêndio entre edifícios	<ul style="list-style-type: none"> <li>- distanciamento seguro entre edifícios;</li> <li>- resistência ao fogo da envoltória dos edifícios;</li> <li>- controle das características de reação ao fogo dos materiais incorporados aos elementos construtivos (no envoltório dos edifícios).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- controle da disposição de materiais combustíveis nas proximidades das fachadas.</li> </ul>
Precaução contra o colapso estrutural	<ul style="list-style-type: none"> <li>- resistência ao fogo dos elementos estruturais;</li> <li>- resistência ao fogo da envoltória do edifício.</li> </ul>	
Rapidez, eficiência e segurança das operações de combate e resgate	<ul style="list-style-type: none"> <li>- provisão de meio de acesso dos equipamentos de combate nas proximidades do edifício;</li> <li>- provisão de equipamentos portáteis de combate;</li> <li>- provisão de sistemas de hidrantes e mangotinhos;</li> <li>- provisão de meios de acesso seguros da brigada ao interior do edifício;</li> <li>- provisão de sistema de controle de movimento da fumaça;</li> <li>- provisão de sinalização de emergência.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos destinados ao combate;</li> <li>- elaboração de planos de combate de incêndio;</li> <li>- formação e treinamento de brigadas de incêndio;</li> <li>- disposição na entrada do edifício de informações úteis.</li> </ul>

Fonte: BERTO, Antonio Fernando. *Medidas de Proteção contra Incêndio. Aspectos fundamentais a serem considerados no processo arquitetônico dos edifícios*. Dissertação (mestrado em Arquitetura). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. USP, 1991, p. 26.

Com base no que prescreve São Paulo [2001, p.02] a proteção contra incêndio é definida como medidas tomadas para a detecção e controle do crescimento do incêndio e sua conseqüente contenção ou extinção, podendo ser divididas em:

- ✓ Medidas ativas de proteção que abrangem a detecção, alarme e extinção do fogo (automática e/ou manual); e
- ✓ Medidas passivas que abrangem o controle dos materiais, meios de escape, compartimentação e proteção da estrutura do edifício.

#### **2.6.2.1. Medidas de proteção ativa**

Tomizawa [1995, p.18] define proteção ativa como os dispositivos acionados pela intervenção do homem, logo após a eclosão do incêndio.

Para Albuquerque [1996, p.35], proteção ativa são as medidas constituídas de dispositivos automáticos ou que necessitem da interferência humana, que podem detectar ou combater princípios de incêndios.

Conclui-se que medidas de proteção ativa são aquelas destinadas ao combate do princípio do incêndio, as quais entram em ação quando acionadas automática ou manualmente, em resposta aos estímulos provocados pelo fogo. A estas medidas estão vinculados os seguintes elementos do sistema global de segurança:

- ✓ Provisão de extintores de incêndio;
- ✓ Provisão de sistema de hidrantes e mangotinhos;
- ✓ Provisão de sistema de chuveiros automáticos;
- ✓ Provisão de sistema de detecção e alarme de incêndio;
- ✓ Provisão de sinalização de emergência;

- ✓ Provisão de sistema de iluminação de emergência;
- ✓ Provisão de sistema do controle do movimento da fumaça;
- ✓ Provisão de sistema de comunicação de emergência.

Malhotra [1982, p.31] define que um sistema global de segurança compreende medidas ativas e passivas, interligadas diretamente ao projeto do edifício, layout, construção, segurança do consumo de energia, segurança dos dispositivos de produção, detecção e controle do incêndio e sistemas de extinção do incêndio para utilização do Corpo de Bombeiros. Além disso, um sistema global deve também considerar a administração da segurança contra incêndios, no que tange as responsabilidades da administração para a manutenção da segurança contra incêndio.

A proteção ativa contra incêndio é constituída por meios (equipamentos e sistemas) que precisam ser acionados, quer manual ou automaticamente, para funcionar em situação de incêndio. Ela visa a rápida detecção do incêndio, o alerta dos usuários do edifício para a desocupação e às ações de combate com segurança. São exemplos de meios de proteção ativa: sistema de alarme manual de incêndio (botoeiras); meios de detecção e alarme automáticos de incêndio (detectores de fumaça, temperatura, raios infravermelhos, etc., ligados a alarmes automáticos); extintores, hidrantes, chuveiros automáticos (*sprinklers*), sistema de iluminação de emergência, sistemas de controle e exaustão da fumaça, etc. [ONO, 2005, p.III.3]

#### **2.6.2.2. Medidas de proteção passiva**

Entende Tomizawa [1995, p.15] como medidas de proteção passiva aquelas incorporadas ao sistema construtivo, apresentando características funcionais mesmo durante a situação normal da ocupação do prédio.

Para Albuquerque [1996, p. 35] a proteção passiva constitui-se em medidas que não necessitam da interferência humana. Tem por objetivo impedir a propagação do incêndio e facilitar o salvamento de pessoas.

Conclui-se que medidas de proteção passiva são aquelas incorporadas ao sistema construtivo que reagem, de maneira passiva ao desenvolvimento do incêndio, de modo a não contribuírem com o crescimento e propagação do mesmo. Desse modo, facilitam tanto a fuga dos usuários da edificação como permitem o ingresso de brigadas ou do Corpo de Bombeiros para as operações de salvamento e combate a incêndio; são elas:

- ✓ Controle das características de reação ao fogo dos materiais incorporados aos elementos construtivos;
- ✓ Controle da quantidade de materiais combustíveis incorporados aos elementos construtivos;
- ✓ Compartimentação vertical;
- ✓ Compartimentação horizontal;
- ✓ Resistência ao fogo da envoltória da edificação, bem como de seus elementos estruturais;
- ✓ Provisão de rotas de fuga seguras;
- ✓ Provisão de meios de acesso às viaturas do Corpo de Bombeiros e aos equipamentos de combate nas proximidades da edificação;
- ✓ Afastamento seguro entre as edificações.

Para uma efetiva proteção passiva é fundamental a escolha dos materiais de acabamento e revestimento, na distribuição de seus ambientes internos (layout), na circulação interna horizontal e vertical, na composição da fachada, na implantação da edificação no bairro e nos acessos externos, entre outros.

Dessa maneira, verifica-se que tais medidas devem ser, obrigatoriamente, consideradas especificadas no projeto arquitetônico da edificação. Essas mesmas medidas crescem em complexidade, à medida em que a edificação apresenta riscos elevados.

No entendimento de Ono [2005, p. III. 3] proteção passiva contra incêndio é constituída por meios de proteção incorporados à construção da

edificação, os quais não requerem nenhum tipo de acionamento para o seu funcionamento em situação de incêndio. São meios de proteção passiva: a acessibilidade ao lote (afastamentos) e ao edifício (janelas e outras aberturas), rotas de fuga (corredores, passagens e escadas), o adequado dimensionamento dos elementos estruturais para a situação de incêndio, a compartimentação, a definição de materiais de acabamento e revestimento adequados.

Ainda de acordo com Ono, Costa e Silva, [2005, p. III. 3], dentre as medidas de proteção passiva, o papel da compartimentação pode ser definido sob diversas óticas, por estar relacionado a vários fatores, tais como: medidas urbanísticas (distância mínima de separação entre edificações), medidas arquitetônicas (dimensões e formas de espaços fechados, terraços e sacadas), função dos espaços compartimentados (áreas permanentes ou transitórias) e projeto estrutural em situação de incêndio.

#### 2.6.2.2.1. Compartimentação vertical e horizontal

Neto [1995, p.42] conceitua compartimentação como sendo a divisão de um edifício em setores de incêndio. Cada área limitada por paredes, forros e pisos capazes de resistir às chamas que comecem dentro do compartimento. Adicionalmente esta divisão deve prevenir a entrada do fogo originário de compartimentos adjacentes. A compartimentação é a criação de volumes construtivos estanques ao fogo impedindo sua propagação horizontal e vertical, uma vez que a partir da ocorrência de inflamação generalizada no ambiente de origem do incêndio, este poderá propagar-se para outros ambientes através dos seguintes mecanismos principais:

- ✓ Convecção de gases quentes dentro do próprio edifício;
- ✓ Convecção dos gases quentes que saem pelas janelas (incluindo as chamas) capazes de transferir o fogo para pavimentos superiores;
- ✓ Condução de calor através das barreiras entre compartimentos;
- ✓ Destruição destas barreiras.

Frente à necessidade de limitação da propagação do incêndio, a principal medida a ser adotada consiste na compartimentação, que visa dividir o edifício em células capacitadas a suportar a queima dos materiais combustíveis nelas contidos, impedindo o alastramento do incêndio [SAO PAULO, 2001, p.14].

Os principais propósitos da compartimentação são:

- ✓ Conter o fogo em seu ambiente de origem;
- ✓ Manter as rotas de fuga seguras contra os efeitos do incêndio;
- ✓ Facilitar as operações de resgate e combate ao incêndio.

Dentro do tema Compartimentação, podemos encontrar a compartimentação horizontal e a compartimentação vertical. A Compartimentação Horizontal se destina a impedir a propagação do incêndio de forma que grandes áreas sejam afetadas, dificultando sobremaneira o controle do incêndio, aumentando o risco de ocorrência de propagação vertical e aumentando o risco à vida humana.

A compartimentação horizontal pode ser obtida através dos seguintes dispositivos:

1. Paredes e portas corta-fogo;
2. Registros corta-fogo nos dutos que traspassam as paredes corta-fogo;
3. Selagem corta-fogo da passagem de cabos elétricos e tubulações das paredes corta-fogo; afastamento horizontal entre janelas de setores compartimentados.

A compartimentação vertical se destina a impedir o alastramento do incêndio entre andares e assume caráter fundamental para o caso de edifícios altos em geral.

A compartimentação vertical deve ser tal que cada pavimento componha um compartimento isolado, para isto são necessários:

1. Lajes corta-fogo;
2. Enclausuramento das escadas através de paredes e portas corta-fogo;
3. Registros corta-fogo em dutos que intercomunicam os pavimentos;
4. Selagem corta-fogo de passagens de cabos elétricos e tubulações, através das lajes;

Utilização de abas verticais (parapeitos) ou abas horizontais projetando-se além da fachada, resistentes ao fogo e separando as janelas de pavimentos consecutivos (neste caso é suficiente que estes elementos mantenham suas características funcionais, obstruindo desta forma a livre emissão de chamas para o exterior).

## CAPITULO 3

### COMPARTIMENTAÇÃO HORIZONTAL E VERTICAL

#### 3.1. CONCEITUAÇÃO

De acordo com Rosso [1975, p.266], compartimentar significa dividir o edifício horizontal e verticalmente por meio de vedos resistentes ao fogo, em espaços estanques ao fogo e aos seus sub-produtos.

O compartimento é uma área de confinamento, delimitada por paredes e lajes resistentes ao fogo, cuja função é manter o fogo no seu local de origem impedindo-o de se propagar para os locais adjacentes.

Os compartimentos são divisões internas horizontais, verticais, ou uma combinação de ambas, de uma edificação de grande porte, com o propósito de limitar a propagação de incêndio por toda a edificação. As divisões internas podem ser requeridas para permitir a desocupação de edifícios de múltiplos andares, assegurando, a priori, a rápida desocupação dos pavimentos em chamas e, a posteriori, a desocupação dos pavimentos adjacentes, quer acima ou abaixo das áreas diretamente afetadas [MALHOTRA, 1993 apud PURKISS, 1996].

O mesmo entendimento possui Yngve Anderberg [2001, p.41.19]:

Un compartimiento contra incendios es un espacio dentro de un edificio que puede comprender uno o varios pisos y que está delimitado por elementos separadores, de forma que, en caso de incendio, éste no pueda propagarse fuera de él. La compartimentación es importante para evitar que el fuego se propague a espacios demasiado grandes o a todo el edificio. Las personas y los bienes materiales que se encuentren fuera del compartimiento quedan protegidos gracias a la extinción del incendio por el cuerpo de bomberos, a su extinción de forma

espontánea o, al menos, a los elementos separadores, que retardan la propagación del incendio y del humo hasta que los ocupantes puedan ser rescatados.

MALHOTRA [1993] complementa o propósito da compartimentação, acrescentando a função de separar diferentes riscos e diferentes ocupações, por exemplo, compartimentação do incêndio entre edifícios e entre ocupações num mesmo edifício sem, no entanto, assinalar as implicações de cada uma dessas duas situações. Contudo, ele classifica a compartimentação em dois tipos: a **compartimentação essencial** e a **compartimentação** referente ao **controle** das dimensões do incêndio. A primeira assegura que áreas específicas estão sempre isoladas de tal modo, que o incêndio é incapaz de se alastrar para as áreas adjacentes; a separação de rotas de fuga, poços (*shafts*) de serviços, escadas enclausuradas, dutos de ventilação e forros, são exemplos de locais que requerem a compartimentação essencial. A segunda limita o sinistro para reduzir o risco dos usuários e facilitar as ações de combate ao fogo.

De acordo com a National Fire Protection Association Handbook [NFPA, 1997], a compartimentação nas edificações é qualquer barreira que impede ou limita a propagação das chamas de um ambiente para outros adjacentes. A compartimentação perde a sua função na presença de qualquer fenda ou abertura desprotegida.

O IBC – International Building Code unifica os três mais importantes códigos de edificações dos Estados Unidos da América: o BOCA – Building Officials and Code Administrators and Code Administrators International Inc., ICBO – International Conference of Building Officials e SBCCI – Southern Building Code Congress International, Inc.

O IBC 2000 apresenta as seguintes definições para a compartimentação (“compartmentation”) e os seguintes termos complementares:

- ✓ **Compartmentation**: uma área confinada por “fire barriers”, cuja resistência ao fogo deve ter TRRF  $\geq$  120 min. Quando a edificação não é internamente dividida em mais de um

compartimento, a sua área total deve ser tomada como a área do compartimento.

- ✓ Fire barriers: vedos horizontais ou verticais que compartimentam uma área, separando diferentes ocupações ou dividindo uma ocupação em duas. As “fire barriers” podem conter aberturas, com exigências de resistência ao fogo inferiores àquelas das “fire walls”. No Brasil, esse termo “fire barrier” podem ser entendido como parede de compartimentação.
- ✓ Fire wall : separação entre áreas dentro de uma mesma edificação, afim de considera-las como edificações independentes. As “fire walls” podem conter aberturas devidamente protegidas. Cada parte de um ou mais edifício separado por “fire walls” deve ser considerado um edifício separado. A extensão e localização dessas “fire walls” devem prover uma completa separação.
- ✓ Fire partition: parede que separa unidades residenciais, quartos de hotéis, etc., cujo TRRF = 60 min. É permitido aberturas, com resistência ao fogo similar à exigida às “fire barriers”.
- ✓ Party wall: separação entre edifícios geminados por meio de uma parede corta-fogo, sem aberturas. No Brasil, esse termo pode ser entendido como uma parede de isolamento de risco.

A Organização Internacional de Padronização (International Standardization Organization) padronizou o termo técnico “compartimento de incêndio” por meio da norma EN ISO 13943:2000 – Fire safety – Vocabulary. Nela, o compartimento de incêndio é definido como um espaço enclausurado, o qual pode ser subdividido ou separado de outros espaços, adjacentes dentro de um mesmo edifício, por meio de elementos de construção que possuem uma resistência ao fogo específica.

Purkiss [1996] assume a mesma conceituação de MALHOTRA, (MALHOTRA (1993) *apud* PURKISS 1996), mas distingue a compartimentação de um edifício da compartimentação entre edifícios; enquanto a primeira objetiva limitar a propagação do incêndio entre ambientes dentro de um mesmo edifício, a segunda objetiva limitar a propagação do incêndio de um para o outro edifício, atravessando os limites dos lotes. A compartimentação entre

edifícios pode ser estabelecida por medidas que limitam a propagação do incêndio de um edifício para os edifícios vizinhos, tais como: os recuos laterais mínimos entre edifícios, as exigências de resistência ao fogo de quaisquer enclausuramentos com aberturas e dos materiais empregados no revestimento.

A norma brasileira NBR 13860:1997 – “Glossário de termos relacionados com a segurança contra incêndio” define a compartimentação em função de sua disposição espacial, i. e., compartimentação horizontal ou vertical.

De acordo com a NBR 13860:1997, a compartimentação horizontal é uma “subdivisão de pavimento em duas ou mais unidades autônomas, executada por meio de paredes e portas resistentes ao fogo, objetivando dificultar a propagação do fogo e facilitar a retirada de pessoas e bens”, enquanto a compartimentação vertical é o “conjunto de medidas de proteção contra incêndios que tem por finalidade evitar a propagação de fogo, fumaça ou gases de um pavimento para outro, interna ou externamente.”

A Instrução Técnica 03 [2004, p.138-139] - “Terminologia de Segurança contra Incêndio” padroniza os termos e definições utilizadas pela legislação de segurança contra incêndio do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo. De acordo com a IT 03 (2004), a compartimentação de áreas (vertical e horizontal) são “medidas de proteção passiva, constituídas de elementos de construção resistentes ao fogo, destinadas a evitar ou minimizar a propagação do fogo, calor e gases, interna ou externamente ao edifício, no mesmo pavimento ou para pavimentos elevados consecutivos”. É considerado compartimento qualquer parte de uma edificação, abrangendo um ou mais cômodos, espaços ou andares, projetados “para evitar ou minimizar a propagação do incêndio de dentro para fora de seus limites”.

A I.T. 03 [2004, p.138-139] diferencia o compartimento do isolamento de risco; embora ambos sejam medidas de proteção passiva e tenham o objetivo de limitar a propagação do incêndio, o isolamento de risco pode ser tanto um compartimento constituídos de vãos fixos resistentes ao fogo, como um afastamento entre blocos, destinado a evitar a propagação do fogo, calor e gases, entre os blocos isolados. Tal definição implica que os elementos da

compartimentação, enquanto isolamentos de risco, devem ter características isolantes, não apenas para impedir a penetração das chamas, mas também do calor e fumaça.

A compartimentação diz respeito à necessidade de evitar a propagação do fogo para outros ambientes, considerando que o edifício estará somente em condições seguras quando os possíveis danos que possa ocasionar restrinjam às vizinhanças no local onde eventualmente se irrompa. É inaceitável, por exemplo, que em um edifício elevado com vários pavimentos, o incêndio se propague verticalmente atingindo piso ou nível abaixo ou acima daquele em que se originou [TOMIZAWA,1995, p.19].

### **3.2. OBJETIVOS DA COMPARTIMENTAÇÃO**

A NFPA [1997] estabelece dois objetivos da compartimentação: separar o ambiente com elevado perigo de incêndio dos ambientes adjacentes e reduzir o risco de vida dos ocupantes de áreas circundantes ao local do foco do incêndio. Desses objetivos, duas características da compartimentação são sintetizadas: isolamento e estanqueidade [ONO, COSTA E SILVA, 2005, p. III.5].

O isolamento térmico é a capacidade do elemento estrutural impedir que a face oposta ao calor, não-exposta ao incêndio, atinja incrementos de temperaturas superiores a 140 °C, na média dos pontos de medida ou ainda, superiores a 180 °C, em qualquer ponto de medida [VARGAS & SILVA, 2003].

A estanqueidade é a capacidade do elemento estrutural impedir a penetração de chamas e calor através de fissuração excessiva ou fraturas para os compartimentos adjacentes, o suficiente para ignizar um chumaço de algodão [VARGAS & SILVA, 2003].

Se o objetivo da compartimentação é apenas limitar as dimensões do sinistro, independente de qualquer ação de combate, a barreira deve suportar o incêndio estimado durante todo o período de queima do material

combustível, até o resfriamento. De outro modo, se o objetivo da compartimentação é apenas assegurar a desocupação dos usuários e a entrada da equipe de combate, em segurança, o tempo de real resistência pode ser reduzido para um tempo compatível com tais atividades.

De acordo com São Paulo [2001, p.14] os principais propósitos da compartimentação são:

- ✓ Conter o fogo em seu ambiente de origem;
- ✓ Manter as rotas de fuga seguras contra os efeitos do incêndio;
- ✓ Facilitar as operações de resgate e combate ao incêndio.

Distinguindo-se compartimentação horizontal de vertical pode-se dizer que a primeira se destina a impedir a propagação de incêndio no pavimento de origem para outros ambientes no plano horizontal, enquanto a segunda se destina a impedir a propagação de incêndio no sentido vertical, ou seja, entre pavimentos elevados consecutivos.

No entendimento de Tomizawa [1995, p.19] a compartimentação é fundamentalmente necessária para as rotas de fuga, que precisam estar devidamente protegidas e para aquelas partes da construção, que unem diferentes áreas por meio de dutos de passagem de instalações ou onde existam aberturas comunicando de um elemento construtivo a outro.

A dimensão de áreas compartimentadas está relacionada com a ocupação e o tamanho da construção; no caso de edifícios de baixa estatura, a construção inteira pode ser considerada como um compartimento único. Nos edifícios de grandes dimensões ou de altura, torna-se fundamental a subdivisão dos ambientes no mesmo pavimento.

Relativamente ao acima exposto, importante trazer a discussão os parâmetros utilizados para classificação de edificações em que será exigida a compartimentação, e em especial no tocante a área máxima de compartimentação prevista para as mesmas, uma vez que o seu propósito é que não deva se propagar além do compartimento de origem, que possui uma

determinada área, Dessa forma, o compartimento, na realidade deve apresentar uma característica denominada tecnicamente de “corta-fogo”.

Nesse sentido Malhotra [1993] (*apud* PURKISS, 1996) reconhece que os critérios de compartimentação não são muito claros, em relação à magnitude dos valores da área de piso e, até mesmo, do volume do ambiente, estabelecidos para caracterizar e limitar as dimensões de um compartimento de incêndio. É provável que tais critérios têm origens históricas, com base empírica e nem sempre compatível com a evolução dos métodos de combate ao incêndio.

Quando a proteção do patrimônio é relevante sugere que compartimentação caracterizada por compartimentos de diferentes tamanhos pode ser mais apropriada, contudo o projetista precisará consultar as seguradoras para definir os critérios dessas subdivisões [MALHOTRA, 1993].

Ainda com base em Tomizawa [1995, p.20] outra finalidade da compartimentação é separar os diferentes riscos encontrados na mesma construção. A compartimentação entre prédios e entre as diferentes ocupações do mesmo prédio são exemplos dessa medida de proteção, considerada como uma das condições simples e eficazes.

Em determinadas ocupações complexas tais como as lojas de departamentos ou os grandes "shoppings centers", torna-se difícil de se conseguir a compartimentação adequada, necessitando, dessa forma, de medidas de proteção complementares, tais como sistemas de controle de fumaça, chuveiros automáticos.

### **3.3. REGULAMENTAÇÕES E REQUISITOS NORMATIVOS NO BRASIL**

Ono, Costa e Silva [2005, p. III. 11] dissertam no sentido de que a norma brasileira NBR 13860/1997 apresenta apenas uma definição genérica do termo “compartimento”. Portanto, não existe norma brasileira específica sobre compartimentação de edificações atualmente, havendo somente

citações à necessidade de sua implementação ou à instalação de proteção ativa como forma de ampliar a área compartimentada em normas correlatas.

Por outro lado, regulamentações de âmbito local, como códigos de obras e edificações de alguns municípios brasileiros, determinam a necessidade de implementação da compartimentação, porém, muitas vezes de forma pontual.

Ono, Costa e Silva [2005, p. III. 1] entende que na ausência de alguma regulamentação ou norma nacional que trate o assunto, as Instruções Técnicas do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo têm força de lei dentro do Estado, outorgada pelo Decreto Estadual nº 46.076 de 31 de agosto de 2001, para discussão dos requisitos técnicos relacionados ao tema, os quais serão superficialmente abordados a seguir.

### **3.3.1. Instrução Técnica nº 07/2004 do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo**

A I.T. 07 - “Separação entre Edificações (Isolamento de Risco)” estabelece medidas de segurança para controlar o risco de propagação do incêndio por radiação do calor, convecção dos gases quentes e transmissão de chamas, assegurando que o incêndio de uma edificação não se propague às edificações vizinhas, dentro de um mesmo lote.

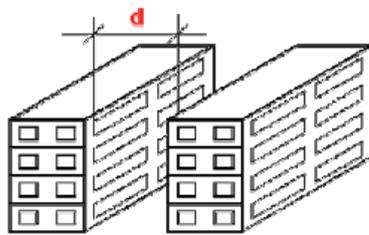
As medidas de segurança compreendem parâmetros para calcular a distância segura entre edifícios e a existência ou não de compartimentação horizontal e vertical. Nesse caso, é considerada a severidade do incêndio em função das conseqüências graves provenientes da ausência de qualquer tipo de compartimentação, tomando-se como condição ideal a existência tanto da compartimentação vertical como da horizontal para confinar o incêndio em áreas limitadas.

A relação entre as aberturas e a geometria da fachada é considerada nos edifícios em análise, para determinar a distância segura entre

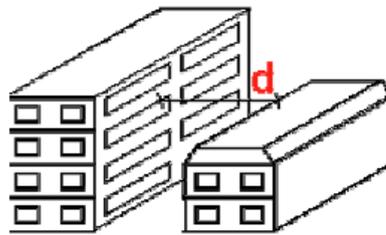
edifícios geminados; a distância pode até variar de um valor nulo, porém, os edifícios devem ser separados por paredes sem aberturas e resistentes ao fogo de valores consideráveis, devido à ausência de proteção das fachadas e de suas aberturas.

Para as edificações localizadas no mesmo lote e que não atendem às exigências de isolamento de risco, a I.T. 07/2004 recomenda considerá-las como uma edificação única, para adoção das medidas de proteção estabelecidas pelo Decreto Estadual nº 46.076/01.

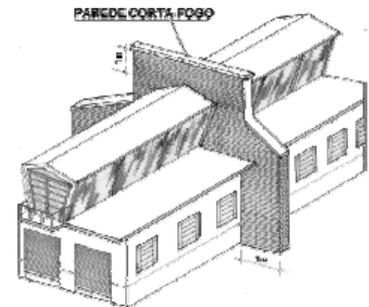
O isolamento de risco pode ser obtido por isolamento ou parede corta-fogo. O isolamento pode ser conseguido, respeitando-se a distância de segurança entre fachadas de edificações adjacentes (Figura 1) e entre a cobertura de uma edificação de menor altura e a fachada de uma edificação adjacente (Figura 2). A parede corta-Fogo entre edifícios contíguos serve de isolamento de edifícios contíguos (Figura 3).



**Figura 1:** Distância de segurança entre fachadas (IT 07 -2004).



**Figura 2:** Distância de segurança entre a cobertura e a fachada (IT 07-2004).



**Figura 3:** Parede corta-fogo entre edifícios contíguos (IT 07-2004).

### 3.3.2. Instrução Técnica nº 08/2004 do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo

A I.T. 08 - “Segurança Estrutural nas Edificações/Resistência ao fogo dos elementos de construção” estabelece o tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF) que os elementos estruturais e de compartimentação

devem atender para evitar o colapso estrutural precoce. Os TRRF's (Tabela 4.2) estabelecidos pela I.T. 08/2004 baseiam-se na NBR 14432/2000.

As escadas e elevadores de segurança, os elementos de compartimentação (sistema estrutural de compartimentação e selagem de caixas, dutos e antecâmaras), devem atender a Tabela 3, não podendo ser inferior a 120 min. Para o de isolamento de risco, as vedações e os elementos estruturais essenciais à estabilidade delas também devem ter TRRF  $\geq$  120 min.

**Tabela 3:** Tempo requerido de resistência ao fogo – TRRF (min) em função da utilidade da edificação.

Grupo	Ocupação/Uso	Divisão	Altura da edificação (m)					
			$h \leq 6$	$6 < h \leq 12$	$12 < h \leq 23$	$23 < h \leq 30$	$30 < h \leq 80$	$h > 80$
A	Residencial	A-1 a A-3	30	30	60	90	120	CT*
B	Serviços de hospedagem	B-1 e B-2	30	60	60	90	120	CT*
C	Comercial varejista	C-1	60	60	60	90	120	CT*
		C-2 e C-3	60	60	60	90	120	CT*
D	Serviços profissionais, pessoais e técnicos	D-1 a D-3	30	60	60	90	120	CT*
E	Educacional e cultura física	E-1 a E-6	30	30	60	90	120	CT*

Fonte: Tabela "A" da IT 08 (2004) (simplificada pelos autores).  
\* CT = utilizar Comissão Técnica junto ao Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo.

Os elementos de compartimentação externos (fachadas) e internos (lajes, selagens dos shafts e dutos de instalações) e os elementos estruturais essenciais à estabilidade dos elementos de compartimentação devem ter o mesmo TRRF da edificação, não podendo ser inferior a 60 min.

Para as ocupações dos Grupos A (A2 e A3), B, E e H (H2 ; H3 ; H5 e H6), as paredes divisórias entre unidades autônomas (apartamentos residenciais; apartamentos de hotéis, motéis e flats; salas de aula; enfermarias e quartos de hospitais; celas de presídios e assemelhados) e entre unidades e as áreas comuns, também devem ter TRRF  $\geq$  60 min., independente do TRRF da edificação; mas, a presença de sistemas de chuveiros automáticos isenta tal exigência. Para atender às exigências resistência ao fogo, as paredes de alvenaria devem ter as características materiais da Tabela 4.

**Tabela 4:** Resistência ao fogo de paredes de alvenaria.

Paredes ensaiadas (sem função estrutural, ensaiadas vinculadas dentro de uma estrutura de concreto armado com dimensões de 2,8 m x 2,8 m, exposta em uma das faces)		Resultado dos ensaios				
		Duração do ensaio (min)	Tempo de atendimento aos critérios de avaliação (min)			Tempo de Resistência ao fogo (min)
			Integridade	Estanqueidade	Isolação Térmica	
parede de tijolos de barro cozido (dimensões: 5 cm x 10 cm x 20 cm; massa: 1,5 kg)	meio tijolo sem revestimento	120	120	120	90	90
	um tijolo sem revestimento	395	360	360	360	360
	meio tijolo com revestimento	300	240	240	240	240
	um tijolo com revestimento	300	360	360	300	300
parede de blocos vazados de concreto de 2 furos (dimensões: 14 cm x 19 cm x 39 cm ou 19 cm x 19 cm x 39 cm; massas: 13 e 17 kg.)	bloco de 14 cm sem revestimento	100	90	90	90	90
	bloco de 19 cm sem revestimento	120	120	120	90	90
	bloco de 14 cm com revestimento	150	120	120	120	120
	bloco de 19 cm sem revestimento	185	160	160	160	160
paredes de tijolos cerâmicos de oito furos (dimensões: 10 cm x 20 cm x 20 cm; massa: 2,9 kg)	meio tijolo com revestimento	150	120	120	120	120
	um tijolo com revestimento	300	240	240	240	240
paredes de concreto armado monolítico sem revestimento com 11,5 cm de espessura	traço em volume: 1 cimento:2,5 areia média: 3,5 agregado graúdo; armadura simples	150	120	120	60	60

Fonte: Tabela do Anexo B da IT 08 (2004) (simplificada pelos autores).

### 3.3.3. Instrução Técnica N° 09 (2004) do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo

A I.T. 09 - “Compartimentação Horizontal e Compartimentação Vertical” estabelece os parâmetros de construção da compartimentação horizontal e compartimentação vertical, e a área máxima de compartimentação limitada em função do tipo de ocupação e da altura da edificação (Tabela 5).

**Tabela 5:** Compartimentação Máxima de Áreas (em m<sup>2</sup>).

Grupo Tipo	Tipos de edificações					
	I	II	III	IV	V	VI
Denominação:	edificação térrea	edificação baixa	edificação de baixa-média altura	edificação de média altura	edificação mediamente alta	edificação alta
Altura:	um pavimento	H < 6 m	6 m < H ≤ 12 m	12 m < H ≤ 23 m	23 m < H ≤ 30 m	H > 30 m
Hospedagem (B-1; B-2)	—	5.000	4.000	3.000	2.000	1.500
Comercio em geral (C-1, C-2)	5.000	3.000	2.000	2.000	1.500	1.500
Shopping centers (C-3)	5.000	2.500	1.500	1.000	2.000	2.000
Serviços (D-1 a D-4)	5.000	2.500	1.500	1.000	800	1.500
Teatros, clubes e restaurantes (F-5, F-6 e F-8)	—	—	—	2.000	1.000	800
Serviço manutenção automotiva (G-4)	10.000	5.000	3.000	2.000	1.000	1.000
Hospitais (H-3)	—	—	—	2.000	1.500	1.000
Indústria (I-1; I-2)	—	10.000	5.000	3.000	1.500	2.000
Indústria (I-3)	7.500	5.000	3.000	1.500	1.000	1.500
Depósitos (J-2)	10.000	5.000	3.000	1.500	2.000	1.500
Depósitos (J-3)	7.500	3.000	2.000	2.500	1.500	1.000
Depósitos (J-4)	4.000	2.500	1.500	2.000	1.500	1.000

Fonte: Tabela do Anexo B da IT 09 (2004) (simplificada pelos autores).

A compartimentação horizontal é obtida pelos elementos verticais de compartimentação: paredes corta-fogo de compartimentação, portas corta-fogo, vedadores corta-fogo, registros corta-fogo (dampers), selos corta-fogo e afastamento horizontal entre aberturas. [ONO, COSTA E SILVA, 2005, p. III.15].

O item “5.1.2 Características de construção” da I.T. 09/2004 apresenta os seguintes requisitos para a compartimentação horizontal:

- a) A parede corta-fogo de compartimentação deverá ser construída entre o piso e o teto devidamente vinculada à estrutura do edifício, com reforços estruturais adequados;
- b) No caso de edificações que possuem materiais construtivos combustíveis na cobertura (estrutura ou telhado), a parede corta-fogo de compartimentação deverá estender-se, no mínimo, a 1,0m acima da linha de cobertura (telhado);
- c) As paredes mencionadas no item anterior devem ser dimensionadas estruturalmente de forma a não entrarem em colapso caso ocorra a ruína da cobertura do edifício do lado afetado pelo incêndio;
- d) As aberturas situadas na mesma fachada, em lados opostos da parede corta-fogo de compartimentação, devem ser afastadas

horizontalmente entre si por trecho de parede com dois metros de extensão devidamente consolidada à parede corta-fogo de compartimentação e apresentando a mesma resistência ao fogo;

- e) A distância mencionada no item anterior poderá ser substituída por um prolongamento da parede corta-fogo de compartimentação externo à edificação, com extensão mínima de 0,9m;
- f) A resistência ao fogo da parede corta-fogo de compartimentação, no que tange aos panos de alvenaria ou de painéis pré-moldados fechando o espaço entre os elementos estruturais, deve ser determinada por meio da NBR 10.636; já a resistência ao fogo dos seus elementos estruturais deve ser dimensionada para situação de incêndio, de acordo com o prescrito na I.T. 08;
- g) As aberturas situadas em fachadas paralelas ou ortogonais, pertencentes a áreas de compartimentação horizontal distintas dos edifícios devem estar distanciadas de forma a evitar a propagação do incêndio por radiação térmica; para isso devem ser consideradas as condições de dimensionamento estabelecidas na I.T. 07;
- h) As distâncias requeridas no item anterior podem ser suprimidas caso as aberturas sejam protegidas por portas ou vedadores corta-fogo ou vidros corta-fogo, estes atendendo às condições da NBR 14925 e apresentando resistência ao fogo conforme as condições do item 5.1.4.2 desta I.T.;
- i) Cada setor compartimentado deverá possuir facilidade de acesso para alcançar as saídas de emergência, que permita o abandono rápido de pessoas.

A compartimentação horizontal deve ser compatível com as prescrições da I.T. 11/04, de forma que cada área compartimentada seja dotada de saídas para o exterior da edificação e áreas adjacentes.

A compartimentação vertical é obtida pelos elementos horizontais de compartimentação: entrepisos corta-fogo, enclausuramento de escadas por meio de parede corta-fogo de compartimentação, enclausuramento de elevadores e monta-carga, poços para outras finalidades por meio de porta pára-chama, selos corta-fogo, registros corta-fogo (dampers), vedadores corta-

fogo, elementos construtivos corta-fogo/pára-chama de separação vertical entre pavimentos consecutivos; selagem perimetral corta-fogo. [ONO, COSTA E SILVA, 2005, p. III.16].

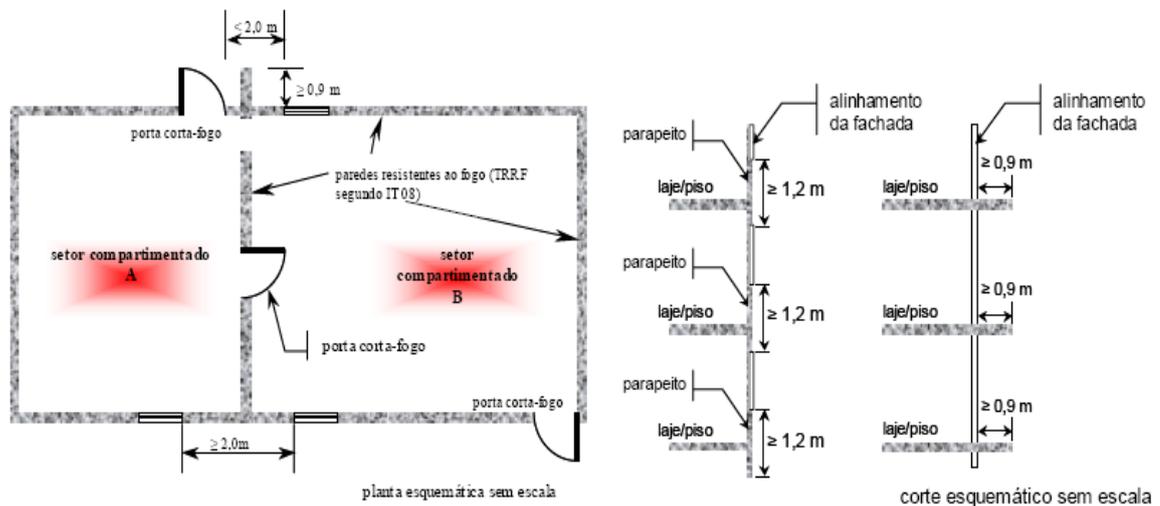
O item 5.2.2.1 “Características de construção” da I.T. 09/2004 apresenta requisitos para as fachadas, a fim de dificultar a propagação vertical do incêndio pelo exterior das edificações:

- a) Deve existir separação na fachada entre aberturas de pavimentos consecutivos, que podem se constituir de vigas e/ou parapeito ou prolongamento dos entrepisos, além do alinhamento da fachada;
- b) Quando a separação for provida por meio de vigas e/ou parapeitos, estes devem apresentar altura mínima de 1,2m separando aberturas de pavimentos consecutivos;
- c) Quando a separação for provida por meio dos prolongamentos dos entrepisos, as abas devem projetar-se, no mínimo, 09,m além do plano externo da fachada;
- d) Os elementos de separação entre aberturas de pavimentos consecutivos e as fachadas cegas devem ser consolidadas de forma adequada aos entrepisos, de forma a não comprometer a resistência ao fogo destes elementos;
- e) As fachadas pré-moldadas devem ter seus elementos de fixação devidamente protegidos contra a ação do incêndio e as frestas com as vigas e/ou lajes devidamente seladas, de forma a garantir a resistência ao fogo do conjunto;
- f) Os materiais transparentes ou translúcidos das janelas devem ser incombustíveis, exceção feita aos vidros laminados. A incombustibilidade desses materiais deve ser determinada em ensaio utilizando-se o método ISO 1182.

Os requisitos da I.T. 09/2004 para compartimentação horizontal e vertical estão ilustrados, resumidamente, na Figura 4.

A área máxima admissível de compartimentação pode variar de 800 m<sup>2</sup> (situações mais restritivas) a 10.000 m<sup>2</sup> (situações mais brandas).

Porém, para alguns casos, por exemplo, edifícios habitacionais, escolares/educacionais, garagens e depósitos de materiais incombustíveis, não é determinada uma área máxima a ser compartimentada.



**Figura 4:** Compartimentação horizontal de áreas contíguas.

**Figura 5:** Compartimentação vertical das fachadas.

### 3.4. REGULAMENTAÇÕES E REQUISITOS NORMATIVOS INTERNACIONAIS

#### 3.4.1. Comunidade Européia

Tomando-se como base os ensinamentos de Ono, Costa, Pignata e Silva [2005, p. III. 17] temos que os códigos gerais nos países da Europa baseiam-se nas prescrições mínimas e classificação de resistência requerida aos materiais e elementos construtivos – as “Euroclasses” – e a harmonização dos métodos de ensaios usados para aferir as características estabelecidas pela própria comunidade, por meio dos Eurocodes. Entretanto, o nível de segurança contra incêndio é de responsabilidade nacional; por isso, os níveis de segurança absoluta variam de um para outro país dentro da comunidade européia.

Conseqüentemente, há uma multiplicidade de códigos e regulamentos usados nos países da Europa para garantir a segurança contra incêndio das edificações. Cada país possui regulamentos ou “instruções técnicas”

mais específicas, tendo por base as tradições e níveis de estimativa de segurança locais, aludindo a métodos de ensaio nacional ou internacional.

Para edificações complexas e grandes, cujas dimensões e particularidades excedem os limites das regulamentações tradicionais, alguns países da Comunidade Européia (Finlândia, Noruega, Suécia e Reino Unido) preferem usar regulamentações prescritivas de segurança contra-incêndio, com recomendações detalhadas para a aceitabilidade de uma edificação e de elementos construtivos.

De acordo com os princípios básicos de segurança contra incêndio da Comunidade Européia, a resistência ao fogo dos elementos construtivos é avaliada pelo seu desempenho quando aquecidos, segundo a elevação de temperatura padronizada pela norma ISO 834/1975.

O aquecimento-padrão é a referência de quase todos os códigos nacionais da Comunidade e permite especificar um tempo mínimo de aquecimento, durante o qual um elemento construtivo deve manter a sua integridade relacionada à sua função. Assim, a resistência ao fogo ganha o significado de integridade durante o sinistro; se esses elementos forem estruturais, com mais de uma função (por exemplo, paredes estruturais e lajes de piso), eles devem suportar as ações de carregamento durante o desenvolvimento completo de um incêndio e manter sua integridade estrutural (a estabilidade ou capacidade de suporte) e a sua integridade física (o isolamento e a estanqueidade) [ONO, COSTA E SILVA, 2005, p. III. 18].

O desenvolvimento total de um incêndio significa o estado de total envolvimento dos materiais combustíveis pelo fogo.

As exigências de tempo requerido de resistência ao fogo são caracterizadas pela condição de segurança necessária à função elemento: isolamento – I (insulation), estanqueidade – E (integrity) e resistência – R (resistance). Essas siglas são usadas junto com um valor de tempo para caracterizar o desempenho de resistência ao fogo do elemento; por exemplo, se um produto apresenta a designação REI 60, ele atende às exigências de

estabilidade estrutural, estanqueidade e isolamento, simultaneamente, durante 60 min. de aquecimento-padrão, aferidas experimentalmente [ONO, COSTA E SILVA, 2005, p. III. 18].

Relativamente a este entendimento, importante levantar a discussão no tocante ao estabelecimento dessas exigências. Assim, se poderia trabalhar com tabelas diferenciadas para cada tipo de ocupação em que o padrão de compartimentação exigido seja ao nível de estabilidade estrutural, estanqueidade e isolamento, somente os dois últimos, somente o último e assim por diante.

Os países latinos da Comunidade usam designação apropriada ao idioma do país, com base nesse padrão. As normas e regulamentações nacionais desses países têm apresentado prescrições e soluções específicas para a compartimentação de edifícios, referente a divisões internas de compartimentos, adoção de proteção ativa para assegurar a compartimentação, ou quando a presença de aberturas (portas & janelas) é inevitável. [ONO, COSTA E SILVA, 2005, p. III. 18].

Algumas dessas particularidades são apresentadas a seguir.

#### **3.4.1.1. NBE–CPI-96 – “Norma Básica de la Edificación, sobre condiciones de protección contra incendios en los edificios”**

A NBE–CPI-96 – “Norma Básica de la Edificación, sobre condiciones de protección contra incendios en los edificios”, instituída pelo Real Decreto nº 2177 de 4 de octubre de 1996, estabelece as exigências de desempenho de elementos construtivos dos edifícios na Espanha. Essas exigências são definidas pelo tempo de resistência ao fogo que o elemento mantém suas características funcionais, tais como: a estabilidade e a capacidade de suporte, a ausência de emissão de gases inflamáveis para a face oposta ao calor, a estanqueidade à penetração de chamas e gases quentes, a resistência térmica suficiente para impedir que a face exposta ao calor alcance temperaturas superiores àquelas estabelecidas pela norma UNE 23093.

As exigências de tempo requerido de resistência ao fogo são caracterizadas pela condição de segurança necessária ao elemento:

- ✓ EF – Quando a estabilidade estrutural em situação de incêndio é necessária;
- ✓ PF – Quando a estabilidade estrutural, a estanqueidade e o isolamento térmico são necessários simultaneamente (função "pára-chamas");
- ✓ RF – Quando a resistência ao fogo é necessária, incluindo todos os requisitos anteriores e, adicionalmente, a resistência térmica.

Em face das exigências serem específicas devido à função dos elementos construtivos, há possibilidade de elementos estruturais e elementos de compartimentação, pertencentes a um mesmo compartimento, terem valores de resistência ao fogo diferentes entre si. Para tais situações, a NBE–CPI [1996, p.36] recomenda que os elementos construtivos separadores de compartimentos devem ter uma resistência ao fogo (RF) pelo menos igual àquela requerida aos elementos estruturais (EF).

#### **3.4.1.2. França**

Para assegurar a compartimentação de um ambiente com aberturas externas, o artigo CO 21 – Résistance à la propagation verticale du feu par les façades comportant des baies permite combinar as dimensões de parapeitos e marquises admitindo que a carga de incêndio da marquise/sacada seja superior 80 MJ/m<sup>2</sup>.

A separação entre edifícios contíguos deve ser conseguida por meio de uma parede corta-fogo sito entre as paredes divisórias de cada edifício (Figura 6). Durante o incêndio, o colapso de algum elemento de vedação de um edifício não facilitará a transmissão do incêndio para o edifício vizinho [ONO, COSTA E SILVA, 2005, p. III. 19].

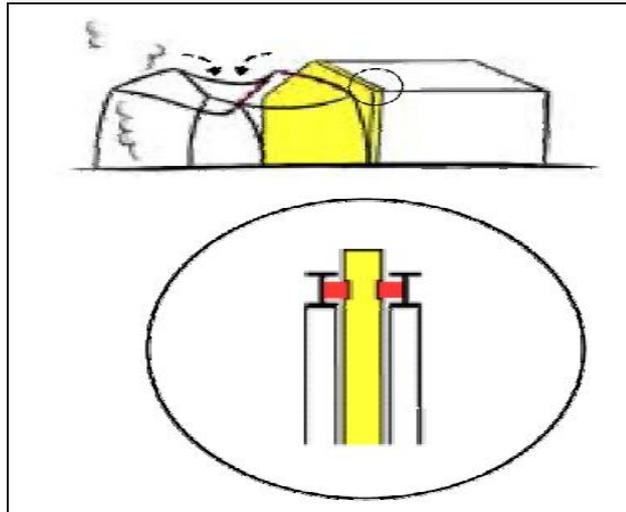


Figura 6: Separação entre edifícios contíguos por meio de uma parede corta-fogo entre as paredes divisórias de cada edifício

### **3.4.1.3. Medidas cautelares de segurança contra riscos de incêndio em centros urbanos antigos - Portugal/1989**

A resistência ao fogo dos elementos construtivos é avaliada em função do tempo de exposição ao fogo, para o qual eles deixam de satisfazer as exigências relacionadas às suas funções. Essas funções são designadas por:

- ✓ EF (estável ao fogo) – para elementos apenas com função estrutural (por exemplo, pilares e vigas);
- ✓ PC (pára-chamas) – para elementos com a única função de compartimentar (divisórias, portas e fôrros) e, portanto, devem manter a estanqueidade;
- ✓ CF (corta-fogo) – para os elementos que atendem à dupla função de estanqueidade e o isolamento térmico.

Quando os elementos estruturais têm a dupla função de estabilidade estrutural e compartimentação, a resistência ao fogo é designada por “PC” (pára-chamas) e, para aqueles com a tripla função de estabilidade estrutural, compartimentação e isolamento, a resistência ao fogo é designada por “CF” (corta-fogo) [ONO, COSTA E SILVA, 2005, p. III. 19].

#### **3.4.1.4. Reino Unido**

The Building Regulations 2000 Fire Safety prescreve formas convencionais de compartimentação e formas especiais. Estas podem ser: paredes comuns a dois ou mais edifícios; paredes dividindo edifícios em partes independentes as quais podem ser avaliadas independentemente para o propósito de determinação da resistência ao fogo e paredes separadoras de casas da área de garagem. Nesses casos especiais, é permitida abertura desde que protegida adequadamente [ONO, COSTA E SILVA, 2005, p. III. 20].

#### **3.4.1.5 Singapura**

De acordo com Ono, Costa, Pignata e Silva [2005, p. III. 18] O Handbook on fire precautions in buildings 2002 do Singapore Civil Defence Force Fire Safety & Shelter Department (Departamento de Amparo e Segurança da Força de Defesa Civil de Singapura) permite a abertura em paredes de separação entre edifícios para a passagem de pequenas tubulações, para meios de escape e portas para a circulação do público; nesse último caso, a porta deve ter a mesma resistência requerida à parede.

A parede de separação é uma parede comum que separa uma unidade da outra e tem a função de impedir a propagação do incêndio para outras unidades.

A existência de portas entre duas unidades residenciais é permitida, desde que ambas pertençam ao mesmo proprietário e sejam unifamiliar (Figura 7). Essa abertura na parede de separação deve ser usada somente para permitir a comunicação entre as duas unidades e não deve ser tomada como meio de escape durante o sinistro. O proprietário deve enviar um documento a FSSD – Fire Safety & Shelter Department, informando que se uma dessas unidades for vendida, a abertura da porta será fechada com alvenaria para ter a resistência ao fogo necessária como uma parede geminada. [ONO, COSTA E SILVA, 2005, p. III. 20].

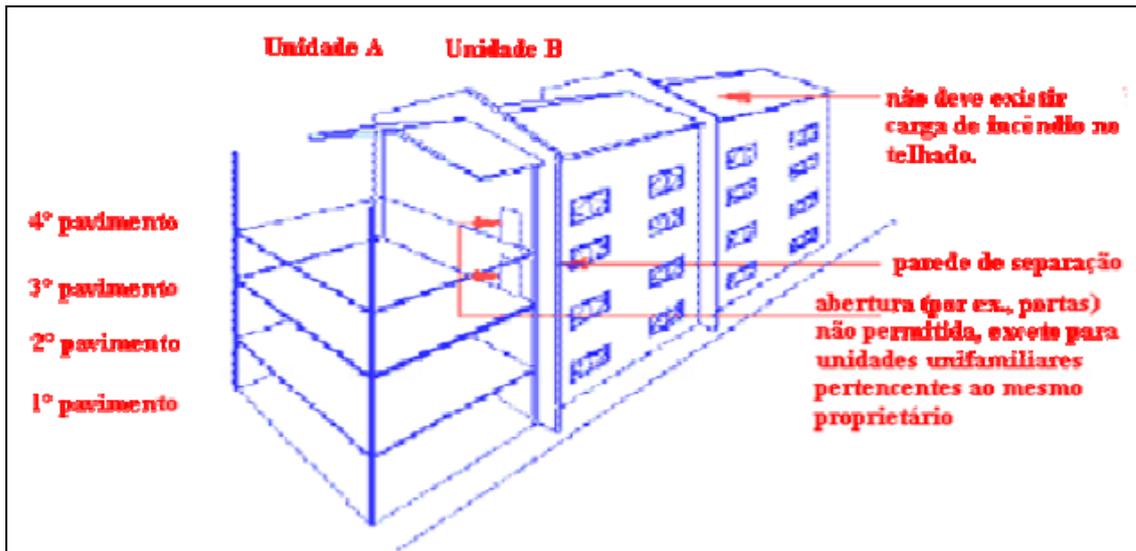


Figura 7: Parede de separação entre unidades unifamiliares

#### **3.4.1.6. New Zealand Building Code**

O código de edificações da Nova Zelândia parece ser o único regulamento que define, explicitamente, a proteção do meio ambiente como um dos objetivos da compartimentação.

De acordo com o New Zealand Building Code, as paredes de compartimentação (“fire separations”) devem ter uma resistência ao fogo adequada para: permitir que os ocupantes tenham tempo suficiente para escape em segurança; que as ações de combate e salvamento se procedam em segurança, inclusive para proteger a propriedade; proteger as unidades adjacentes e outras propriedades vizinhas do dano; impedir a emissão significativa de poluentes dos produtos e subprodutos da combustão para o meio ambiente, durante o incêndio [BARNETT, 1994].

#### **3.4.1.7. BCA 2004 – Building Code of Australia**

O *Building Code of Australia* (BCA 2004) define que os elementos de compartimentação devem ter um tempo de uma resistência ao fogo não-inferior àquele adequado à estabilidade estrutural, integridade e isolamento.

### **3.5.CARACTERÍSTICAS GENÉRICAS DA COMPARTIMENTAÇÃO DE ACORDO COM AS PRINCIPAIS NORMAS E AUTORES**

#### **3.5.1.Rosso [1975]**

A resistência ao fogo dos elementos de compartimentação é avaliada pela integridade física que os elementos de vedação horizontal e vertical, que definem o espaço compartimentado, devem manter durante um tempo preestabelecido, para assegurar a fuga dos usuários em segurança.

Os elementos secundários e equipamentos também participam da compartimentação para impedir a entrada ou saída de fumaça e gases quentes do incêndio para compartimentos adjacentes e, portanto, devem atender às mesmas exigências impostas aos elementos de vedação.

A compartimentação horizontal e vertical poderá conter algum tipo de aberturas, tais como, portas, janelas e caixilhos, os quais devem possuir a característica “corta-fogo”, i. e., isolamento térmico, estabilidade e estanqueidade.

#### **3.5.2. Malhotra [1983]**

O nível de compartimentação está relacionado à utilização do edifício e do seu porte, incluindo sua altura; por exemplo, um edifício de pequeno porte pode ser considerado como um único compartimento.

Malhotra [1993] (*apud* PURKISS 1996) reconhece que os critérios de compartimentação não são muito claros, em relação à magnitude dos valores da área de piso e, até mesmo, do volume do ambiente, estabelecidos para caracterizar e limitar as dimensões de um compartimento de incêndio. É provável que tais critérios têm origens históricas, com base empírica e nem sempre compatível com a evolução dos métodos de combate ao incêndio.

### 3.5.3. NFPA [1997]

Com base no que preceitua a NFPA [1997] a resistência ao fogo requerida à compartimentação depende do propósito e da severidade do incêndio para o qual ela será exposta. Em geral, o histórico de temperaturas alcançadas em incêndio permite uma descrição aproximada, porém adequada, da severidade do incêndio [ONO, COSTA E SILVA, 2005, p. III. 06].

No Brasil, a severidade do incêndio é relacionada ao uso e ao tamanho da edificação, pela norma NBR 14432/2000 – “Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos das edificações”.

A NFPA [1997] classifica as falhas da compartimentação em três categorias:

- ✓ Falhas precoces, resultantes de falhas operacionais (aberturas com vedação deficiente, má conservação de portas corta-fogo, etc.);
- ✓ Falhas aleatórias, resultantes de falhas dos materiais de construção que constituem os vêdos, ocorrência de um incêndio com uma severidade imprevista, deficiências de projeto ainda não-reconhecidas pelos métodos de ensaio e de cálculo;
- ✓ Falhas decorrentes da degradação material, por exemplo, equipamentos elétricos, eletrônicos e mecânicos.

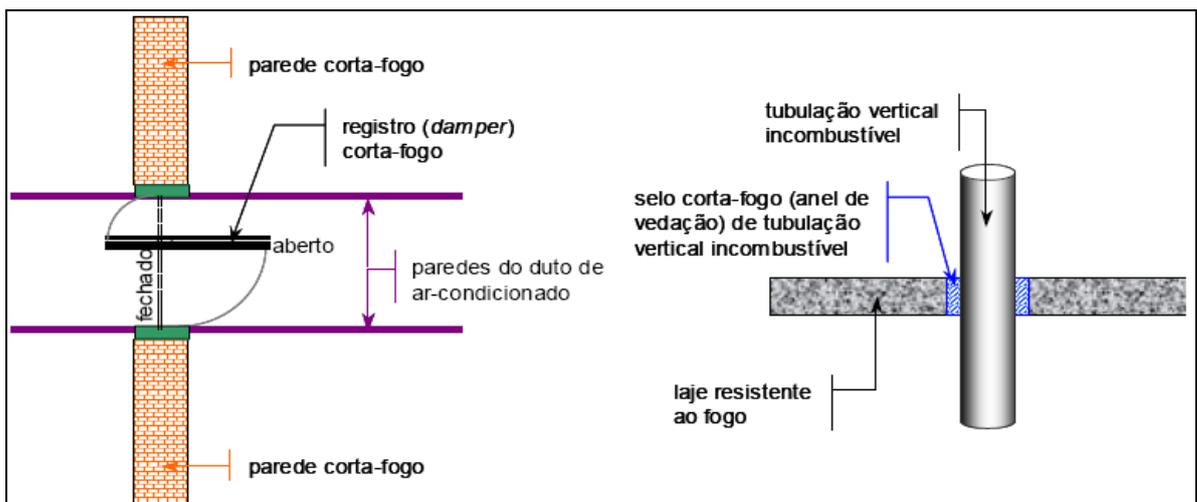
Segundo a NFPA [1997], a eficiência da estabilidade estrutural dos elementos de vedação e da selagem (*firestopping*) é decisiva para assegurar a compartimentação, a fim de confinar o incêndio.

Os espaços horizontais, por exemplo, forros e pisos falsos, podem conduzir o incêndio para compartimentos do mesmo pavimento, sem que possam ser detectados pelos meios de proteção ativa. O incêndio pode causar o desabamento de forros sobre o pavimento, antes da inflamação generalizada do ambiente. Os espaços verticais, por exemplo, interior de paredes e bandeja de cabos, podem propagar o incêndio entre pavimentos.

As aberturas “invisíveis” (frestas entre elementos de fechamento, dutos de instalações prediais), das aberturas verticais (poço de elevador, caixa de escadas, *shafts*) e dos “espaços escondidos” (espaços acima de forros suspensos, embaixo de pisos falsos, atrás de caixas de instalações prediais, em áticos, etc.) comprometem eficiência da compartimentação.

A princípio, as chamas propagadas através dos “espaços escondidos” não são perigosas, mas a existência de quantidades significativas de cargas de incêndio, tais como, tubulações plásticas, fiação elétrica e de comunicação, materiais combustíveis para o isolamento térmico e acústico, podem propagar o incêndio horizontalmente, quando essas cargas encontram-se agrupadas. O confinamento do incêndio em compartimentos contendo esses espaços imperceptíveis é conseguido por meio da selagem.

A selagem (firestopping) é qualquer meio de vedação que impede a liberação de fumaça e calor através de “aberturas invisíveis” e “espaços escondidos” (Figura 8). Para evitar a liberação de fumaça por meio de dutos e bandejas de cabos, os vazios anulares devem ser preenchidos com argamassas do tipo *grout*, de cimento ou de fibras minerais. Os vazios entre paredes e forros podem ser preenchidos por placas de gesso, folhas de metal, argamassa de gesso ou cimento, tijolos.



**Figura 8:** Exemplos de selagem de dutos e *shafts*.

Para edifícios contíguos, a separação entre eles (*building separation*) deve resistir à severidade máxima do incêndio previsto para essas construções. As paredes que separam um edifício do outro, em duas áreas compartimentadas, devem manter a estabilidade estrutural mesmo após a queima completa do material combustível, evitando-se que o colapso estrutural na fase de resfriamento coloque em risco o edifício adjacente.

A separação de edifícios ou a divisão horizontal de um edifício, por meio de uma parede, limita a propagação do incêndio, desde que a parede tenha estabilidade estrutural suficiente para assegurar a sua função de compartimentação durante todo o tempo de exposição ao fogo.

A estabilidade é a capacidade do elemento estrutural manter-se estável, assegurando a sua capacidade de suporte das ações durante o tempo de resistência requerido ao fogo. A estabilidade é determinada por meio de métodos de dimensionamento, levando-se em conta os efeitos da ação térmica na estrutura [VARGAS & SILVA, 2003].

A NFPA [1997] recomenda duas soluções para edifícios contíguos:

- ✓ As paredes divisórias devem ser constituídas de alvenaria armada (*freestanding fire wall*), empregando-se blocos de concreto e armadura. As barras de aço da armadura devem estar alojadas nos furos dos blocos e ancoradas na fundação, em pontos periódicos ao longo do perímetro; os furos com a armadura devem, posteriormente, ser preenchidos por concreto;
- ✓ Os edifícios devem ser separados por paredes duplas, isto é, cada edifício tem a sua parede (*fire wall*); dessa forma, o eventual colapso da parede do edifício em chamas não compromete a propagação do sinistro, nem a integridade estrutural do edifício adjacente.
- ✓ Um outro tópico abordado é a proteção das aberturas inevitáveis – portas e janelas – que são as partes mais vulneráveis da compartimentação. A proteção dessas aberturas geralmente

possui uma resistência ao fogo menor que os vedos (paredes e lajes), por duas razões:

- ✓ 1ª - Os materiais combustíveis de fácil ignição geralmente não ficam próximos às portas e outras aberturas protegidas e,
- ✓ 2ª - A equipe de combate ao fogo pode controlar e extinguir focos localizados de incêndio que se propagem pelas aberturas; contudo, para a compartimentação não perder sua eficiência, a área ocupada pelas aberturas nas paredes deve ser limitada a 25% da sua superfície.

As portas e janelas corta-fogo são largamente utilizadas e aceitas para proteção de aberturas em paredes resistentes ao fogo e seu desempenho deve ser sempre comprovado por testes realizados em laboratórios reconhecidos.

As aberturas também podem ser protegidas por vidros especiais combinados às portas, janelas e paredes corta-fogo, em forma de painéis, se aprovados em testes específicos. A preocupação adicional, neste caso, é com o efeito do calor radiante que pode ser transmitido pelo painel de vidro, de forma muito mais intensa do que por uma parede ou porta sólida.

#### **3.5.4. Instrução Técnica - 03 / 2004 - São Paulo**

Compartimentar um ambiente é separá-lo dos demais ambientes da edificação por meio de paredes, portas, selos e *dampers* corta-fogo. As separações verticais que caracterizam a compartimentação horizontal são: paredes corta-fogo de compartimentação de áreas; portas e vedadores corta-fogo nas paredes de compartimentação de áreas; selagem corta-fogo nas passagens das instalações prediais existentes nas paredes de compartimentação; registros corta-fogo nas tubulações de ventilação e de ar condicionado que transpassam as paredes de compartimentação; paredes corta-fogo de isolamento de riscos entre unidades autônomas; paredes corta-fogo entre unidades autônomas e áreas comuns; portas corta-fogo de ingresso de unidades autônomas. As separações horizontais que caracterizam a compartimentação vertical são: entrespisos ou lajes corta-fogo de compartimentação de áreas; vedadores corta-fogo nos entrespisos ou lajes corta-fogo; enclausuramento de dutos (*shafts*) por meio de paredes corta-

fogo; enclausuramento das escadas por meio de paredes e portas corta-fogo; selagem corta-fogo dos dutos (*shafts*) na altura dos pisos e/ou entrepisos; paredes resistentes ao fogo na envoltória do edifício (Figura 9).

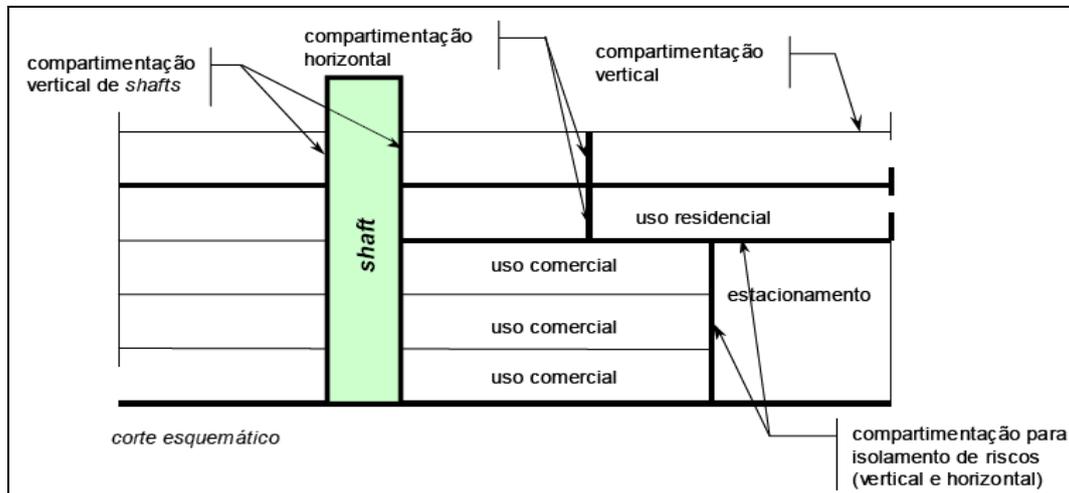


Figura 9: Exemplos de compartimentação num edifício

### 3.6. O PAPEL DO PROJETISTA NO DESENVOLVIMENTO DA COMPARTIMENTAÇÃO

Discorre Tomizawa [1995, p.36] que entre as decisões tomadas ao longo do planejamento da construção de um edifício, existem situações onde eventuais falhas podem apresentar conseqüências graves. Por exemplo, cita-se o caso de cálculo estrutural, no qual a estabilidade do edifício, sendo fator básico para a segurança do usuário, gera preocupações específicas nos setores ligados ao projeto.

Outros aspectos do projeto, ainda que de relevância, são relegados, no Brasil, a planos secundários, uma vez que o desempenho é menos evidente, pelo menos em curto prazo.

Neste caso, situa-se como exemplo a resposta que o edifício dará às condições de segurança contra incêndios na fase de implantação. A

mencionada resposta perfeitamente previsível na fase de projeto, nem sempre é suficientemente estudada por falta de conhecimento técnico específico das normas pertinentes ao assunto.

Grande parte das exigências construtivas, que visa garantir condições de segurança contra incêndio nas edificações, depende fundamentalmente da atuação do projetista de arquitetura. Desse modo, o projeto arquitetônico deve ser elaborado a partir de uma análise de risco e procurar desenvolver um planejamento com base nos fundamentos de Engenharia de Incêndio.

É neste momento que os problemas de incêndio devem ser resolvidos em sua totalidade, apresentando a solução adequada. A estabilidade da estrutura e a integridade dos ambientes internos das edificações são os principais aspectos a serem considerados no projeto de segurança contra incêndios.

Para diminuir a probabilidade de um colapso estrutural e eventual falha no sistema construtivo, o projetista deve prever nestes elementos uma resistência adequada, conforme a situação em que se encontra o ambiente.

O profissional deve conhecer o comportamento dos materiais estruturais frente às temperaturas elevadas, de tal forma que a construção esteja protegida adequadamente nos seus pontos fracos.

Para ROSSO [1975, p.265], a compartimentação é uma medida de proteção passiva de responsabilidade direta do arquiteto, porque é esse profissional quem define os compartimentos de permanência, refúgio e saídas de emergência dos usuários, os materiais de construção dos elementos de vedação e a arquitetura favorável ao confinamento do sinistro ao seu local de origem.

Edifícios comerciais que usam painéis de fechamento podem não ter a compartimentação eficiente, pois as bordas das lajes são recuadas para permitir a fixação de um único painel ao longo de toda a fachada; os painéis são de vidro são vulneráveis às temperaturas elevadas e se quebram,

facilitando a propagação das chamas de um pavimento para o outro e de um edifício para o outro. Supõe-se que essa característica arquitetônica tenha sido a causa da rápida inflamação generalizada nos incêndios dos edifícios Grande Avenida (1981) e Andraus (1972), em São Paulo [ROSSO, 1975, p.268].

Rosso [1975, p.269], ressalta a compatibilização da compartimentação com o caráter do edifício: “A solução mais econômica poderá surgir somente de uma análise custo-benefício, desde que a regulamentação pertinente seja suficientemente flexível”.

No mesmo sentido é o entendimento de Yngve Anderberg [2001, p.41.19.] conforme se depreende abaixo:

El trabajo de ingeniería en materia de seguridad debe comenzar en la fase de proyecto del edificio, pues los requisitos de seguridad contra incendios influyen en gran medida en la disposición y trazado del mismo. Así, el proyectista podrá incorporar las medidas de seguridad contra incendios con mayor facilidad y a menor coste. En el enfoque global deben tenerse en cuenta tanto el interior del edificio como la planificación de la zona exterior.

Com a presente exposição referente a Compartimentação Horizontal e Vertical encerra-se o presente estudo, no intuito de que o mesmo possa representar o início das pesquisas relativas ao assunto, bem como possa servir de referência para sua aplicação futura.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo sobre Compartimentação Horizontal e Vertical demonstrou inicialmente a escassez de matéria e doutrina específica a respeito do tema. Trata-se de um assunto relativamente novo, sendo que se teve o objetivo de apresentar as várias definições de compartimentação nas principais normas, regulamentações e livros técnicos (“*Handbooks*”), fornecendo um panorama desse conceito para a sua aplicabilidade na segurança contra incêndios.

Considerando o resultado da pesquisa descrito no primeiro capítulo, foi possível destacar que fogo é uma forma de combustão, caracterizada por uma reação química que combina materiais combustíveis com o oxigênio do ar, com desprendimento de energia luminosa e energia térmica. Podemos associar o fogo à figura geométrica de um triângulo equilátero, cujos lados, de igual tamanho entre si, atribuem aos elementos que o compõem, igual importância à produção ou manutenção do fogo, quais sejam o calor, comburente e combustível. Prosseguindo-se com a descrição das fases do desenvolvimento do fogo, evidenciou-se que recentemente tem-se preferido estabelecer o seu desenvolvimento com base na fase da eclosão, incubação, propagação, desenvolvimento completo e diminuição, não incluindo nessa definição fenômenos de incêndio como fazem alguns autores. A compreensão da química e física do fogo necessária para interpretar seus fenômenos inclui a dinâmica dos fluidos e a transferência do calor, e prevê que o calor pode se propagar de três diferentes maneiras, quais sejam: a condução, a convecção e a irradiação. Salientou-se que dentre os principais produtos da combustão, dos quais cita-se os gases, as chamas propriamente ditas, o calor irradiado e as fumaças visíveis, esta última representa, contrariamente ao que imagina a opinião popular, o maior risco à vida, decorrente de sua inalação de fumaça, juntamente com os gases aquecidos e tóxicos, e a deficiência de oxigênio. Importante salientar no primeiro capítulo o estudo da evolução de um Incêndio, entendendo que a possibilidade de um foco de incêndio extinguir ou evoluir para um grande incêndio depende,

basicamente da quantidade, volume e espaçamento dos materiais combustíveis no local, do tamanho e situação das fontes de combustão, da área e localização das janelas, da velocidade e direção do vento e da forma e dimensão do local, bem como as suas principais formas de propagação: horizontal, vertical e descendente, as quais devem ser consideradas quando o assunto é compartimentação de ambientes.

O relato contido no capítulo segundo evidenciou a Segurança contra incêndios, contemplando o estudo do ciclo das atividades do corpo de bombeiros, uma vez que é freqüente a constatação de erros, no trabalho operacional do Corpo de Bombeiros, ou de falhas, na prevenção estrutural, após a ocorrência de um incêndio, de modo que necessário se faz a formação de um banco de dados, o qual permitirá manter atualizadas as normas de segurança contra incêndios, os Projetos Técnicos, as medidas de segurança e as técnicas e táticas de intervenção do Corpo de Bombeiros. O nível de segurança contra incêndio obtido para uma edificação está diretamente ligado ao controle das categorias de riscos, que são o risco ao início do incêndio, ao crescimento do incêndio, à propagação do incêndio, à vida humana, à propriedade e ao meio ambiente, com a conseqüente redução de perdas humanas, redução de perdas econômicas e redução de perdas sociais. Tal controle passa pelo atendimento dos requisitos funcionais de uma edificação, a qual deve inicialmente dificultar a ocorrência do princípio de incêndio, sendo que uma vez ocorrido o princípio de incêndio, evitar a ocorrência da combustão generalizada dos materiais combustíveis presentes no ambiente, viabilizar o confinamento do incêndio no ambiente de origem, antes que a combustão generalizada ocorra. Uma vez instalada a combustão generalizada no ambiente de origem do incêndio, evitar a propagação do mesmo para os outros ambientes, possibilitar a fuga dos usuários da edificação, evitando a propagação do incêndio para edificações vizinhas (isolamento), manter a edificação íntegra, sem ruínas parciais ou totais e permitir as operações de salvamento às vítimas e combate ao incêndio. Importante salientar que segurança contra incêndio deve ser considerada em todas as fases de uma edificação, passando pela concepção do ante-projeto, pelo projeto executivo, pela construção, pela utilização e pela manutenção. Nesse sentido

Jolan, [2002, p.37] ressalta que grande parte dos problemas, com relação à proteção contra incêndio, ocorre durante a fase de atividade desenvolvida na edificação e depende do perfil do usuário que a habita e das regulamentações de prevenção contra incêndio existentes. O sistema de segurança contra incêndio resulta da garantia do atendimento aos requisitos funcionais, que devem ser contemplados no processo de construção e uso da edificação. Esse sistema é composto por medidas de prevenção e proteção contra incêndio. Para Berto [1998, p 401] prevenção de incêndio traduz o conceito de prevenir eclosões de incêndio ou de reduzir o risco de alastramento do incêndio e de evitar o perigo para os ocupantes e para a propriedade, e define a proteção contra incêndio como um conjunto de disposições, sistemas ou equipamentos em um edifício, que visam reduzir o perigo para os ocupantes e para a propriedade através da detecção e contenção do incêndio. A proteção contra incêndios constitui-se de medidas ativas e passivas, sendo estas últimas aquelas incorporadas ao sistema construtivo, apresentando características funcionais mesmo durante a situação normal da ocupação do prédio, na qual integra-se a compartimentação.

No terceiro capítulo, iniciou-se com o estudo específico da Compartimentação Horizontal e Vertical, a qual pode ser conceituada como sendo divisões internas horizontais, verticais, ou uma combinação de ambas, com o propósito de limitar a propagação de incêndio por toda a edificação, ou ainda as medidas de proteção passiva, constituídas de elementos de construção resistentes ao fogo, destinadas a evitar ou minimizar a propagação do fogo, calor e gases, interna ou externamente ao edifício, no mesmo pavimento ou para pavimentos elevados consecutivos. Malhotra [1993] classifica a compartimentação em dois tipos: a compartimentação essencial e a compartimentação referente ao controle das dimensões do incêndio. A primeira assegura que áreas específicas estão sempre isoladas de tal modo, que o incêndio é incapaz de se alastrar para as áreas adjacentes, como nos casos da separação de rotas de fuga, poços (*shafts*) de serviços, escadas enclausuradas, dutos de ventilação e forros, enquanto a segunda limita o sinistro para reduzir o risco dos usuários e facilitar as ações de combate ao fogo. Pode-se considerar com base nos estudos realizados que os principais propósitos da

compartimentação são conter o fogo em seu ambiente de origem, manter as rotas de fuga seguras contra os efeitos do incêndio e facilitar as operações de resgate e combate ao incêndio. Segundo Ono, Costa e Silva [2005, p.III. 5] se o objetivo da compartimentação é apenas limitar as dimensões do sinistro, independente de qualquer ação de combate, a barreira deve suportar o incêndio estimado durante todo o período de queima do material combustível, até o resfriamento. De outro modo, se o objetivo da compartimentação é apenas assegurar a desocupação dos usuários e a entrada da equipe de combate, em segurança, o tempo de real resistência pode ser reduzido para um tempo compatível com tais atividades. Hoje a dimensão de áreas compartimentadas está relacionada com a ocupação e o tamanho da construção, de modo que no caso de edifícios de baixa estatura, a construção inteira pode ser considerada como um compartimento único. Nos edifícios de grandes dimensões ou de altura, torna-se fundamental a subdivisão dos ambientes no mesmo pavimento. Com relação a esta situação, importante trazer a discussão os parâmetros utilizados para classificação de edificações em que será exigida a compartimentação, e em especial no tocante a área máxima de compartimentação prevista para as mesmas. Nesse sentido, considerando que o seu propósito é evitar a propagação além do compartimento de origem dos incêndios nas edificações, fica a sugestão da adoção de áreas máximas não muito extensas, possibilitando o atendimento do objetivo do sistema com verdadeira eficácia. Em alguns países da Europa, a exemplo de Portugal as exigências de tempo requerido de resistência ao fogo são caracterizadas pela condição de segurança necessária à função elemento: isolamento – I (insulation), estanqueidade – E (integrity) e resistência – R (resistance). Essas siglas são usadas junto com um valor de tempo para caracterizar o desempenho de resistência ao fogo do elemento; por exemplo, se um produto apresenta a designação REI 60, ele atende às exigências de estabilidade estrutural, estanqueidade e isolamento, simultaneamente, durante 60 min. de aquecimento-padrão, aferidas experimentalmente. Relativamente a este entendimento, importante levantar a discussão no tocante ao estabelecimento dessas exigências. Desta feita, se poderia adotar tabelas diferenciadas para cada tipo de ocupação em que o padrão de compartimentação exigido seja ao nível de

estabilidade estrutural, estanqueidade e isolamento, somente os dois últimos, somente o último e assim por diante, como segue exemplificado abaixo:

- ✓ EF (estável ao fogo) – para elementos apenas com função estrutural (por exemplo, pilares e vigas);
- ✓ PC (pára-chamas) – para elementos com a única função de compartimentar (divisórias, portas e fôrros) e, portanto, devem manter a estanqueidade;
- ✓ CF (corta-fogo) – para os elementos que atendem à dupla função de estanqueidade e o isolamento térmico.

Assim sendo, quando os elementos estruturais têm a dupla função de estabilidade estrutural e compartimentação, a resistência ao fogo é designada por “PC” (pára-chamas) e, para aqueles com a tripla função de estabilidade estrutural, compartimentação e isolamento, a resistência ao fogo é designada por “CF” (corta-fogo). Evidenciou ainda que grande parte das exigências construtivas, que visa garantir condições de segurança contra incêndio nas edificações, depende fundamentalmente da atuação do projetista de arquitetura porque é esse profissional quem define os compartimentos de permanência, refúgio e saídas de emergência dos usuários, os materiais de construção dos elementos de vedação e a arquitetura favorável ao confinamento do sinistro ao seu local de origem. Desse modo, o projeto arquitetônico deve ser elaborado a partir de uma análise de risco e procurar desenvolver um planejamento com base nos fundamentos de Engenharia de Incêndio, doutrina que deve ser desenvolvida com o intuito de se inculir de forma indelével sobre o profissionais da área de segurança contra incêndio.

Ressalta-se que a presente pesquisa é superficial, em vista da complexidade de conceituação e regulamentação apresentadas. Urge a necessidade de se ampliar essa pesquisa e de desenvolver uma padronização para Norma de Segurança contra Incêndios de Santa Catarina.

Ao término deste trabalho fica o sentimento de que os objetivos do pesquisador foram alcançados, mas que a investigação científica sobre o tema deve continuar, para encontrar a melhor definição e parâmetros a

serem adotados no Estado, com vistas à melhoria da qualidade da segurança contra incêndios das edificações catarinenses.

## REFERÊNCIAS DAS FONTES CITADAS

ANDERBERG, Yngve. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. **Medidas de protección pasiva contra incendios**. 2001, 26p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Componentes construtivos estruturais - Determinação da resistência ao fogo**. NBR 5628. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos das edificações**. NBR 14432. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Glossário de termos relacionados com a segurança contra incêndio**. NBR 13860. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio**. NBR 15200. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BARNETT, C. Fire spread. *In*: BUCHANAN, A. H. (Org.). **Fire Engineering design guide**. Christchurch (New Zealand): CAE (Centre for Advanced Engineering – University of Canterbury), 1994.

BERTO, Antonio Fernando. **Tecnologia de Edificações: Proteção Contra Incêndio de Estruturas de Aço**. São Paulo: Pini, 1998.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado, 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Assistência à Saúde. Série Saúde & Tecnologia — Textos de Apoio à Programação Física dos Estabelecimentos

Assistenciais de Saúde — **Condições de Segurança Contra Incêndio** -- Brasília, 1995. 107 p.

COSTA, C. N. **Estruturas de concreto em situação de incêndio**. São Paulo: PEFEPUSP, 2002. [Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Estruturas, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo]

COSTA, C. N.; SILVA, V. P. **Estruturas de concreto armado em situação de incêndio**. In: XXX Jornadas Sul-Americanas de Engenharia Estrutural. Brasília: FINATEC/UnB, 2002.

DIEZ, Carmen Lucia Fornari; HORN, Geraldo Balduino. **Orientações para elaboração de projetos e monografias**. Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes, 2004.

ESPAÑA (país). Real Decreto nº 2177 de 04 de Octubre de 1996, por el que se aprueba la norma básica de la edificación NBE-CPI/96 "**Condiciones de Protección Contra Incendios en los edificios**. Boletín Oficial del Estado (BOE nº 261), Ministerio de Fomento. Madri (España), 29 oct. 2003. Sección I, p.32378-83.

FARIA, Marcos Monteiro de. **Manual de Normas Técnicas do Corpo de Bombeiros para fins de Análise de Projetos (Propostas) de Edificações**. Monografia (Curso de Aperfeiçoamento e Estudo Superiores. Polícia Militar do Estado de São Paulo), 1988.

FILHO, Eduardo Berquó J. **Prevenção de Incêndios. Proposta de procedimentos básicos para a realização de vistorias nos sistemas de proteção contra incêndio, nas edificações e áreas de risco abrangidas pelo Projeto Técnico Simplificado**. Monografia (Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais). Centro de Aperfeiçoamento e Estudos Superiores. São Paulo.2002.

GAMBA, Jose j. **Combate a Incêndio em Edificações Verticalizadas**. 2001.145f. Trabalho de Conclusão de Curso (especialização) – Academia de Polícia Militar, Florianópolis, 2001.

GEVAERD, Evandro Carlos. **Sistema estadual de bombeiros**. 2001. 76 f. Monografia (Especialização) – Academia de Polícia Militar – Universidade do Sul de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOMES, Cláudio. **Prevenção e Combate a Incêndios**. Apostila Curso de Formação de Soldados. Florianópolis. 2005

HANDBOOK ON FIRE PRECAUTIONS IN BUILDINGS 2002. **Singapore Civil Defence Force Fire Safety & Shelter Department**. Singapore, 2002.

<http://www.lmc.ep.usp.br/people/Valdir/artigo.html>. Acesso em 29 de setembro de 2006.

[http://www.bauru.unesp.br/curso\\_cipa/5\\_incendios/1\\_conceitos.htm](http://www.bauru.unesp.br/curso_cipa/5_incendios/1_conceitos.htm). Acesso em 29 de setembro de 2006.

<http://www.nfpa.org/internacional/português>, Acesso em 12 Ago 06.

LACOWICZ, Altair. **Corpo de bombeiros comunitários: a parceria que deu certo**. Chapecó: Imprimax, 2002.

Malhotra, H.L. **Fire Safety Gold for Building**. Inglaterra, 1982, p. 15.

MASNIK, José Luiz. **Aspectos legais**. FECABOM. Disponível em: <<http://www.weblages.com/fecabom/artigos/masnik>> Acesso em 29 de maio de 2006.

MAUS, Álvaro. **Proteção contra Incêndios : Atividades Técnicas no Corpo de Bombeiro – Teoria Geral**. Florianópolis: Editograf. 1999.

MINAS GERAIS. Corpo de Bombeiros Militar. **Instruções Técnicas ( IT- 07). Estabelece os parâmetros da compartimentação horizontal e compartimentação vertical.** Minas Gerais, 2004.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. **Manual de Protecion Conta Incêndio.** 4. Ed, Espanha, Mapfre, 1993.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION (NFPA). **Fire Protection andbook.** 18th Edition. Quincy: NFPA, 1997.

NBE-CPI-96. **Norma básica de la edificación NBE-CPI-96, sobre condiciones de protección contra incendios en los edificios.** Espana, 1996. Disponível em: <http://www.isover.net/asesoria/manuales/nbecpi96.htm> [Acesso em 20.08.2006]

NBR 5627 – **Exigências particulares das obras de concreto armado e protendido em relação à resistência ao fogo** – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1980.

NBR 11.711 – **Portas e vedadores corta-fogo com núcleo de madeira para isolamento de riscos em ambientes comerciais e industriais** – Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

NBR 11.742 – **Porta corta-fogo para saídas de emergência** – Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

NBR 13768 – **Acessórios destinados à porta corta-fogo para saída de emergência** – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

OLIVEIRA, Marcos de. **Manual de Estratégias, táticas e técnicas de combate a incêndios estruturais.** Florianópolis: Editora Editograf, 2005, 136 p.

OLIVEIRA, Marcos de. **Incêndios de Propagação Rápida.** Florianópolis. 2005. Monografia (Curso de Especialização em Planejamento e Gestão em Defesa Civil.

ONO, Rosária. **Aspectos Técnicos do Projeto Arquitetônico visando a Segurança contra Incêndio**. Apostila (Curso de Especialização em Gestão de Segurança contra Incêndio e Explosões) – Universidade de São Paulo, 2002.

ONO, R.; COSTA, C. N.; SILVA, V. P. **A importância da compartimentação e suas implicações no dimensionamento das estruturas de concreto para situação de incêndio**. *In: Anais do 47º Congresso Brasileiro do Concreto*. São Paulo, 2005.

PORTUGAL (país). **Decreto nº 426 de 6 de dezembro de 1989. Medidas cautelares de segurança contra riscos de incêndio em centros urbanos antigos**. Diário da República, Ministérios da administração interna e das obras públicas, transportes e comunicações, Lisboa, 1989.

PURKISS, J. A. **Fire safety engineering design of structures**. Oxford: Butterworth Heinemann, 1996.

ROSSO, Teodoro. **Incêndios e Arquitetura**. São Paulo: FAUUSP, 1975.

SANTA CATARINA. Constituição (1989). **Constituição do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: IOESC, 1989.

\_\_\_\_\_. Polícia Militar. **Organização básica, lei nº 6.217, de 10 de fevereiro de 1983. Dispõe sobre a organização básica da Polícia Militar do Estado de Santa Catarina e dá outras providências**. Florianópolis: IOESC, 1994.

\_\_\_\_\_. Corpo de Bombeiros. **Norma de Segurança contra Incêndios, Decreto nº 4909, de 18 de outubro de 1994**. 2. ed. Florianópolis: EDEME, 1992.

SÃO PAULO (Estado). **Decreto nº 46.076 de 31 de agosto de 2001. Institui o regulamento de segurança contra incêndio das edificações e área de risco para os fins da Lei nº 684, de 30 de setembro de 1975 e estabelece outras providências**. Diário Oficial do Estado de São Paulo, Poder Executivo, São Paulo, SP, 01 set. 2001. Seção I, p.111 (166).

\_\_\_\_\_. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Tecnologia de Edificações**. 1ª ed. São Paulo: PINI, 1988.

\_\_\_\_\_. Corpo de Bombeiros da PMESP. **Regulamento de Segurança contra Incêndio das Edificações e Áreas de Risco do Estado de São Paulo** (Instruções Técnicas – IT's). **Decreto Estadual nº 46076/01**. São Paulo: Secretaria de Segurança Pública do Estado de São Paulo, 2004.

\_\_\_\_\_. Corpo de Bombeiros da PMESP. **Manual de Fundamentos do Corpo de Bombeiros**, Volumes 1, 5, 6, 8, 9, 12 e 14. São Paulo: Scriptum: 1996.

\_\_\_\_\_. Corpo de Bombeiros da PMESP. **Regulamento de Segurança Contra Incêndio das Edificações e Áreas de Risco do Estado de São Paulo** (Instruções Técnicas – I.T. 02). **Decreto Estadual nº 46076/01**. São Paulo: Secretaria de Segurança Pública do Estado de São Paulo, 2004.

\_\_\_\_\_. Corpo de Bombeiros da PMESP. **Regulamento de Segurança Contra Incêndio das Edificações e Áreas de Risco do Estado de São Paulo** (Instruções Técnicas – I.T. 03, 07, 08, 09,11). **Decreto Estadual nº 46076/01**. São Paulo: Secretaria de Segurança Pública do Estado de São Paulo, 2004.

Seito, Alexandre Itiu. **Tópicos da segurança contra incêndio**. In: Tecnologia de Edificações. São Paulo: Pini, nov/1988.

SEITO, Alexandre Itiu. Regulamentos e normas de segurança contra incêndio. Seguros e Riscos, São Paulo, 1988.

SILVA, Valdir Pignata. **Estruturas de aço em situação de incêndio**. Reimpressão. São Paulo: Zigurate, 2004.

TOMIZAWA, Wilson. **Segurança contra Incêndio no Projeto e Construção dos Edifícios – Compartimentação – Regularização**. Monografia (Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais). Centro de Aperfeiçoamento e Estudos Superiores, 1995.

VIDAL, Vanderlei Vanderlino. **Apostila básica de combate a incêndios**. Curso de Formação de Soldados. Florianópolis. 2004. 41f.

WHITE, R.H.; DIETENBERGER, M.A. **Fire Safety** in: Forest Products Laboratory. Wood Handbook – Wood as an engineering material. Madison. USDA. Cap 17, p.17.1-17-17