



Universidade dos Açores

Departamento de Biologia

MESTRADO EM AMBIENTE, SAÚDE E SEGURANÇA

**MÉTODO PARA ESTABELECIMENTO DE MEDIDAS  
DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO, ORDENADAS  
EM FUNÇÃO DA RAZÃO EFICÁCIA / CUSTO**

---

Por:

João Carlos Gaspar Vasconcelos

Orientador:

Professor Doutor João Miguel Pires Ventura

Ponta Delgada 2008

**Dedico este trabalho à minha  
Mulher e às minhas Filhas,  
por tudo o que em palavras não  
consigo expressar.**

## Agradecimentos

Ao Professor Doutor João Miguel Pires Ventura, docente do Instituto Superior Técnico, pelo apoio, disponibilidade e excelente proposta para dissertação;

Aos elementos que constituíram a Comissão de Peritos de Segurança Contra Incêndio:

- Eng.<sup>a</sup> Irene Ruiz Mealha
- Dr. Carlos Manuel Leite Sousa

Ao Serviço Regional de Protecção Civil e Bombeiros dos Açores pelo apoio na deslocação de um dos seus colaboradores;

À administração do Centro Comercial Solmar, na pessoa do seu coordenador de segurança, o Sr. José Fernando dos Santos Infante;

Ao condomínio do edifício de habitação estudado, na pessoa do Sr. Caetano Matos;

Aos colaboradores na definição de tecnologias e preços:

- Eng.º Hélder Silva – GECITE, Consultores de Engenharia, Lda;
- Eng.º Luís Peixoto – TELEVÉS, Electrónica Portuguesa, Lda.

A Álvaro António Moniz Pereira, pelo apoio na informática.

## Índice

Índice.....	3
1. Resumo.....	4
2. Palavras-chave .....	4
3. Finalidade do estudo.....	5
4. Incêndios Urbanos .....	9
5. Fundamentos do Método EC .....	23
5.1. Método de Análise Hierárquica.....	23
5.2. Método de Delphi.....	24
6. Descrição do método EC .....	29
6.1. Política de Segurança Contra Incêndio .....	32
6.2. Objectivos.....	32
6.3. Estratégias.....	38
6.4. Medidas .....	44
6.5. Graus de implementação das medidas .....	56
6.6. Índice de eficácia das medidas.....	58
6.7. Relação eficácia/custo .....	59
6.8. Informatização do método .....	60
7. Adaptação da metodologia EC às tipologias de edifícios existentes .....	61
8. Aplicação prática do método EC .....	67
8.1. Estabelecimento de medidas.....	70
8.2. Medidas de aplicação preterida .....	71
8.3. Medidas preconizadas .....	74
9. Análise dos resultados da aplicação prática .....	81
10. Conclusões .....	93

## **1. Resumo**

Como é do conhecimento geral, em Portugal existe uma grande quantidade de edifícios construídos ao abrigo de legislação pouco exigente em matéria de segurança contra incêndio. Esses edifícios apresentam condicionantes sob ponto de vista estrutural e funcional que dificultam, e até mesmo impedem, a implementação das medidas de segurança contra incêndio previstas no quadro legal vigente.

Este trabalho utiliza o método de decisão hierárquica, apoiado pelo método de Delphi e por uma folha de cálculo designada de Cost-Effectiveness.xls, metodologia desenvolvida no âmbito do projecto europeu FIRE-TECH (Fire Risk Evaluation To European Cultural Heritage), para proceder a uma aplicação num edifício de habitação de grande altura, construído há cerca de três décadas. O objectivo consiste em concluir-se acerca da possibilidade de utilização da metodologia em estruturas de tipo diferente das do património cultural.

## **2. Palavras-chave**

Segurança contra incêndio, Método de Decisão Hierárquica, Método de Delphi, Incêndios Urbanos, eficácia, custo, implementação de medidas.

### **3. Finalidade do estudo**

Ao longo dos últimos anos, Portugal tem vindo a transpor para a legislação nacional um conjunto de medidas no campo da segurança contra incêndio, originárias de regulamentos e directivas comunitárias, à semelhança de todos os Estados membros da União Europeia. O resultado da integração dessas medidas tem contribuído para um aumento significativo do nível de segurança dos edifícios e recintos, outrora deficitário.

Por seu turno, há algumas décadas a esta parte, a construção tem vindo a ser alvo de estudos e de experiências orientadas para a concepção de estruturas com o objectivo de as dotar de comportamentos que possam fazer face a vários tipos de riscos, tanto naturais como tecnológicos.

No que respeita aos riscos de incêndio, paralelamente ao desenvolvimento da investigação nessa área, as medidas de autoprotecção existentes para os edifícios das diversas tipologias são de cariz prescritivo e constam nos respectivos regulamentos publicados na legislação portuguesa. Dado o carácter empírico desse tipo de metodologia, por vezes torna-se difícil a implementação dos requisitos definidos em todas as circunstâncias, especialmente quando estamos na presença de imóveis que pela sua disposição arquitectónica, implementação ou características específicas não permitem o cabal preenchimento de todas as exigências. Mesmo sendo possível, poderão revelar-se ineficazes quando não integradas num sistema de gestão de segurança que possibilite testar a sua operacionalidade, funcionalidade ou necessidade, com vista a alcançar-se o objectivo principal, consubstanciado na Redução do Risco de Incêndio.

No caso dos edifícios construídos ao abrigo de legislação igualmente prescritiva e menos exigente, e.g. os imóveis construídos antes de 1989 (à data, ano de

publicação da legislação de segurança contra incêndio mais antiga em Portugal, para além do Regulamento Geral de Edificações Urbanas, Decreto-Lei nº 38382, de 7 de Agosto de 1957), a exiguidade ou inexistência de medidas de autoprotecção constitui um factor de risco a ter em consideração, em especial quando a actividade principal desenvolvida num edifício foi alterada e não foi acompanhada do respectivo estudo de segurança. Neste contexto, assume-se com particular relevância a implementação de medidas de prevenção e protecção contra incêndios nessas estruturas, de forma a torná-las mais seguras e de acordo com os padrões e exigências da sociedade actual nessa matéria.

Um projecto concebido para determinada estrutura integra o projecto de especialidade relativo à segurança contra incêndio, fazendo parte do orçamento total destinado a tal edificação. O mesmo não acontece com os edifícios existentes. Para estes, afigura-se difícil a implementação de condições de segurança, face ao investimento necessário e à exiguidade dos recursos financeiros, cada vez mais escassos. Torna-se, portanto, essencial que uma tomada de decisão nessa matéria seja aquela que responda de forma mais eficaz ao problema, sob pena do assunto ser protelado sucessivamente, aumentando os riscos para ocupantes, imóvel, continuidade da actividade, entre outros.

Com efeito, qualquer investimento nessa área, independentemente de se configurar ou não como requisito legal, carece de uma análise que necessariamente terá de conjugar dois factores cruciais incontornáveis em gestão: o custo e a respectiva eficácia.

Desenvolvido no âmbito do projecto FIRE-TECH (Fire Risk Evaluation To European Cultural Heritage)<sup>1</sup>, a metodologia hierárquica para definição de medidas de prevenção e protecção contra incêndios, adiante designada de método EC por razões de economia de expressão, estruturada com vista à optimização da relação eficácia/custo, afigura-se como uma ferramenta capaz de fazer face à resolução das questões atrás levantadas, pelo que a sua adaptação para aplicação em diferentes tipos de edifícios constituirá um instrumento de grande valor acrescentado, tanto para os peritos em segurança contra incêndio como para gestores.

Aguarda-se, há algum tempo, a publicação de um regulamento único no âmbito da segurança contra incêndio em edifícios<sup>2</sup>, o qual integrará requisitos até à data inexistentes para edifícios e recintos como museus, bibliotecas, arquivos, lares de idosos, estabelecimentos industriais, armazéns, parques de campismo e gares de transporte. Por uma questão de rigor face à legislação existente, o presente estudo terá apenas em consideração os edifícios e recintos integrados no quadro legislativo actual, à data de entrega deste documento<sup>3</sup>.

---

1 Fire Risk Evaluation To European Cultural Heritage, Working Group 6, Fire Risk Assessment Methods, Outubro de 2003.

<sup>2</sup> Proposta de Regulamento de Segurança Contra Incêndio em Edifícios, aprovada na generalidade no Conselho de Ministros em 25 de Janeiro de 2007.

<sup>3</sup> Já depois de ter sido submetida a versão provisória da dissertação, foram publicados os diplomas legais (Decreto-lei nº 220/2008, de 12 de Novembro e Portaria nº 1532/2008, de 29 de Dezembro) que constituem a base legal da proposta referida na nota anterior. Todavia, à excepção deste comentário, optámos por não modificar o texto e manter as referências aos regulamentos anteriores.



## 4. Incêndios Urbanos

Tal como a roda, o fogo é uma das maiores descobertas da nossa civilização e está presente em grande parte dos dispositivos, máquinas e processos de uso comum, quer directa, quer indirectamente. A sua utilização controlada tem definido, em especial a partir da revolução industrial, a capacidade e avanço tecnológico dos povos, distinguindo-os. Porém, quando o fogo escapa ao controlo do homem, a sua extinção transforma-se num desafio, sendo cada vez mais pertinente a aquisição de conhecimentos relativos aos riscos que envolve o seu manuseamento e aos métodos utilizados no controlo e limitação dos seus efeitos.

O fogo é uma combustão. Por definição, uma combustão ou oxidação é a reacção química entre um material combustível (substância que arde) e um comburente (substância no seio da qual se dá a combustão: oxigénio, cloro), despoletada por uma energia de activação. Essa reacção é exotérmica, i.e., liberta calor – no caso do fogo, a libertação de calor é rápida, ao contrário do que se passa com a oxidação do ferro em contacto com o oxigénio, processo do qual resulta a ferrugem. Portanto, os três elementos que constituem os ingredientes necessários para que haja fogo são o combustível, o comburente e a energia de activação, os quais se designa de Triângulo do Fogo.



Fig. 1 - Triângulo do fogo

O **combustível** é a substância que arde e pode encontrar-se em vários estados físicos da matéria: sólido, líquido e gasoso. Porém, à excepção das brasas (processo que mais à frente referenciamos) o que realmente entra em combustão são os gases, quer na sua forma natural (butano, propano, acetileno), quer sejam provenientes da evaporação de líquidos ou sólidos quando submetidos a elevação de temperatura. No

caso dos combustíveis líquidos, a evaporação de gases pode dar-se a temperaturas negativas (gasolina,  $-45^{\circ}\text{C}$ , acetona,  $-12^{\circ}\text{C}$ ), à temperatura normal (álcool a  $80^{\circ}$ ,  $10^{\circ}\text{C}$ ; aguarrás,  $34^{\circ}\text{C}$ ), ou a temperaturas mais elevadas (gasóleo,  $65^{\circ}\text{C}$ ; óleos lubrificantes,  $175^{\circ}\text{C}$ ). No caso da evaporação de gases a partir de combustíveis sólidos, esse efeito dá-se quando os materiais são aquecidos e desenvolvem o efeito da pirólise, libertando gases inflamáveis com o mesmo nome. Mas nem sempre os combustíveis sólidos, designados também de combustíveis orgânicos porque contêm carbono, ardem com chama. A partir do momento em que já não existe libertação de gases inflamáveis a chama cessa, dando lugar apenas às brasas (incandescência). Por sua vez, estas são o resultado da combustão do carbono contido no material, o qual apenas reage com o oxigénio a nível superficial. Existem também outros materiais que se apresentam como combustíveis sólidos: os metais. De facto, alguns metais podem arder no estado sólido (incandescência), como são os casos do silício, boro ou titânio e outros que ardem a partir da libertação de vapores, como são os casos do sódio, magnésio, fósforo e alumínio. Ressalve-se que quando estamos a falar desses metais referimo-nos às suas formas puras, não havendo qualquer reacção dessa natureza em materiais com esses compostos usados normalmente em construção civil, e.g. caixilharia de alumínio. Para além dessas considerações, os combustíveis possuem maior ou menor capacidade para arderem em função dos seguintes parâmetros:

- Condutividade térmica – Quanto menor é a capacidade do material para conduzir o calor, maior é a sua combustibilidade;

- Estado de divisão – Quanto mais divididos se encontram os materiais, maior é a sua capacidade para arderem;

- Densidade – Quanto mais denso é um combustível, menor é a sua capacidade de entrar em combustão;

- Miscibilidade – Quando um combustível, e.g. líquido, se mistura com outro sendo este mais inflamável, a resultante é ainda mais inflamável;

- Temperaturas características – Existem três níveis de temperaturas, aplicáveis aos combustíveis líquidos, também designados de pontos, a saber:

- *Temperatura de inflamação* – Temperatura mínima à qual uma substância liberta vapores, os quais, misturados com o oxigénio do ar e na presença de uma energia de activação, formam uma chama que se extingue logo que se retira a energia de activação;

- *Temperatura de combustão* - Temperatura mínima à qual uma substância liberta vapores, os quais, misturados com o oxigénio do ar e na presença de uma energia de activação, formam uma chama que arde continuamente;

- *Temperatura de auto-inflamação* – Temperatura mínima à qual uma substância liberta vapores que se auto-inflamam em contacto com o oxigénio, sem a presença de uma fonte de inflamação.

No quadro abaixo exemplificam-se algumas temperaturas características:

Adaptado de: Guerra *et al*, 2006, *Fenomenologia da combustão e extintores*, ENB.

Combustível	Temperatura de inflamação (°C)	Temperatura de combustão (°C)	Temperatura de auto-inflamação (°C)
Pinho	225	265	280
Madeira dura	~245	~270	~290
Papel	230	-	230
Polietileno	340	-	350
Gasolina	-40	-20	227
Gasóleo	90	104	330
Petróleo	30	43	250 – 450
Óleo lubrificante	157	177	230
Etanol	13	-	370
Butano	-60	-	430
Etileno	-	-	490 – 540

Um último aspecto a ter em conta quando falamos de combustíveis, em particular dos gases combustíveis, quer na sua forma natural, quer quando libertados de líquidos e sólidos, são os seus limites de inflamabilidade. De facto, nem toda a mistura é válida para que um gás se inflame. Existem proporções entre a quantidade de gás disponível e o oxigénio para que tenhamos uma mistura inflamável, o que designa de **limites de inflamabilidade**. Com excepção das chamas de difusão, onde estes conceitos não se aplicam, estão definidos dois limites de inflamabilidade, designadamente:

- Limite inferior de inflamabilidade (LII) – A mistura gás/ar possui a quantidade mínima de gás para que a inflamação se verifique. Abaixo dessa quantidade de gás, a combustão já não é possível, chamando-se de mistura pobre;

- Limite superior de inflamabilidade (LSI) – A mistura gás/ar possui uma grande quantidade de gás. Acima dessa quantidade, a combustão já não é possível, chamando-se de mistura rica.

O quadro apresentado abaixo clarifica o que acabamos de referir. Nele podemos ver em que percentagem os diferentes gases se inflamam para uma quantidade de oxigénio constante na atmosfera (21%). As percentagens que medeiam os limites inferior e superior designam-se de domínio de inflamabilidade.

Adaptado de: Guerra *et al*, 2006, *Fenomenologia da combustão e extintores*, ENB.

Combustível	Domínio de inflamabilidade	
	Limite inferior (%)	Limite superior (%)
Hidrogénio	4,0	75,0
Monóxido de carbono	12,5	74,0
Propano	2,1	9,5
Acetileno	1,5	82,0
Butano	1,5	8,5
Gasolina	1,4	7,6
Éter	1,7	48,0
Álcool	3,3	19,0

O **comburente** é o gás no seio do qual se dá a oxidação. O mais importante é o oxigénio, existente na atmosfera numa percentagem de 21% (a restante atmosfera possui 78% de azoto e 1% de outros). O cloro é também um comburente, embora a sua contribuição para o fogo apenas se verifique em determinados processos; e.g. a utilização de soda cáustica e água em operações de limpeza produz a libertação de cloro. Uma combustão com libertação de chama pode ocorrer num ambiente com um teor de oxigénio na ordem dos 15%. No entanto, depois de iniciada, a combustão pode continuar com quantidades de oxigénio inferiores e quanto mais elevada é a temperatura do fogo menor é o teor de oxigénio necessário. Relativamente a determinados combustíveis como a celulose, pólvora, nitratos e materiais usados em pirotecnia, o oxigénio faz parte da composição da própria substância. Por fim, refira-se que as combustões que se dão com níveis de oxigénio superiores a 21% são mais intensas e de difícil extinção, situação que se pode verificar em certas indústrias, estabelecimentos de saúde e tratamentos por oxigenoterapia no domicílio.

A **energia de activação** é a energia necessária para activar o processo. Dependendo do combustível, a energia de activação poderá ser apenas uma faísca ou chispa (combustíveis gasosos), uma chama livre (combustíveis líquidos) ou uma fonte de calor com maior permanência, quer seja chama ou outra, que consiga promover a pirólise em combustíveis sólidos.

No quadro abaixo, apresentamos alguns exemplos de fontes de energia de activação, para além da chama livre.

Adaptado de: Guerra *et al*, *Fenomenologia da combustão e extintores*, ENB, 2006.

Fonte	Origem	Exemplo
Eléctrica	Resistência	Aquecedor eléctrico, ferro de engomar.
	Arco voltaico	Curto-circuito, faísca de interruptor ou de tomada; Cabo de alta tensão caído no chão.
	Electricidade estática	Descarga entre um extintor e a terra após o esvaziamento rápido do extintor; Descarga atmosférica.
Mecânica	Fricção	Atrito (contacto não lubrificado entre duas peças metálicas em movimento); Chispas provocadas por ferramentas;
	Compressão	Compressão de um gás num cilindro.
Térmica	Superfícies quentes	Placa de fogão eléctrico, ferro de engomar.
	Radiação	Radiador de calor, forno, caldeira; Exposição intensa e continuada ao Sol que provoca a libertação de vapores combustíveis pela madeira.
	Incandescência	Cigarro aceso
Química	Reacção química	Limalha de ferro + óleo; Algodão + óleo.

Mas, todos nós já experienciámos ou observámos circunstâncias em que a presença desses três componentes não é por si só condição única para que um fogo se mantenha e desenvolva. Em particular com os combustíveis sólidos, deverá haver uma permanência mais prolongada da acção da energia de activação para que o fogo não se extinga por si próprio. Um fogo mantém-se e desenvolve-se quando entra na fase da **reacção em cadeia**, altura em que, na chama, se produzem os radicais livres. *Estes radicais livres, gerados a partir das moléculas que participam na reacção de combustão, contêm energia elevada e reagem rapidamente com outras moléculas, formando mais radicais livres (existem ao nível das zonas intermediárias das chamas) expandindo, deste modo, a combustão no tempo e no espaço* (Guerra *et al*, 2006). É a partir da reacção em cadeia que estamos na presença de um fogo que se mantém e desenvolve, aspecto

fundamental para o estudarmos sob ponto de vista do controle das suas consequências e da sua extinção. Pelo exposto, os quatro aspectos importantes a ter em conta num fogo são o combustível, o comburente, a energia de activação e a reacção em cadeia, o que se designa de Tetraedro do Fogo.

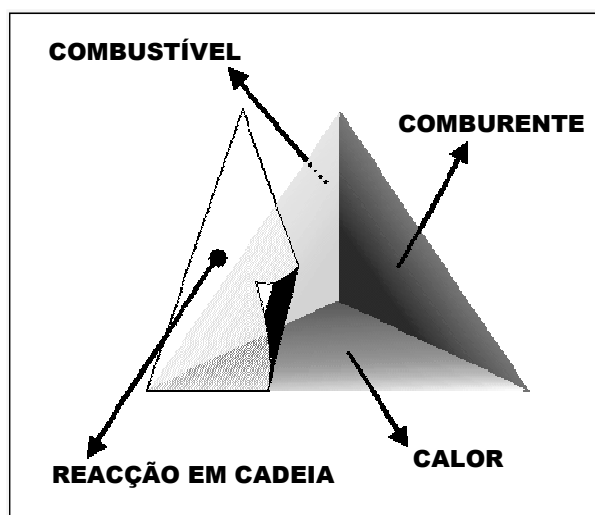






Fig. 2 - Tetraedro do fogo

Os diferentes combustíveis ardem com diferentes características e intensidades, sendo do conhecimento geral que um fogo que envolva uma pilha de madeira é diferente e menos perigoso do que um fogo em líquidos inflamáveis e mais ainda quando se tratam de gases na sua forma natural. Com efeito, os fogos são divididos em categorias, designadas de **Classes de Fogo**. A norma portuguesa NP EN 2:1993 estabelece as classes de fogo A, B, C e D, definidas no quadro abaixo:

Classe	Designação	Substâncias
	Fogos que resultam da combustão de materiais sólidos, geralmente de natureza orgânica, em que a combustão é normalmente acompanhada pela formação de brasas.	Madeira, carvão, papel, tecidos, plásticos, etc.
	Fogos que resultam da combustão de líquidos ou de sólidos liquidificáveis.	Óleos, gasolina, álcool, tintas, ceras, vernizes, etc.
	Fogos que resultam da combustão de gases.	Butano, propano, gás natural, etileno, acetileno, etc.
	Fogos que resultam da combustão de metais leves	Sódio, magnésio, titânio, alumínio, etc.

Dependendo das características de cada substância, do seu grau de divisão, da superfície que ocupa e da quantidade de comburente disponível, as combustões podem ser completas ou incompletas. Nas **combustões completas** existem condições e disponibilidade de comburente suficiente para que se dê a queima de todo o combustível, resultando no máximo de calor libertado e baixa emissão de fumos. Um exemplo disso poderá ser a chama azulada de uma boca de fogão a gás. Ao contrário, numa **combustão incompleta**, que normalmente se dá com insuficiência de comburente em relação à quantidade de combustível que está presente na combustão e que corresponde à quase totalidade dos incêndios, existe grande libertação de fumo, o qual contém ainda combustível por arder. Tomemos ainda o caso da boca do fogão a gás para referir que um desajuste na mistura gás/oxigénio provocar uma combustão incompleta, resultando numa chama amarelada, responsável pelo depósito de fuligem nos recipientes utilizados. Quanto a essa matéria, refira-se que a sua abordagem é pertinente porque numa combustão completa existe uma grande quantidade de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) libertada, enquanto que numa combustão incompleta, a falta de oxigénio disponível para que todo o combustível arda leva à formação de uma molécula com apenas um átomo de carbono e um de oxigénio, produzindo-se deste modo um dos gases mais letais em incêndios: o monóxido de carbono (CO). No quadro abaixo apresentam-se algumas concentrações do CO e respectivos efeitos:

Adaptado de: Coelho, 1998, *Segurança contra incêndio em edifícios de habitação*.

Concentração (ppm)	Percentagem de CO num compartimento (%)	Tempo de exposição	Efeitos
50	0,005	8 h	Nenhuns
200	0,02	2 h	Ligeiros
1000	0,1	1 h	Graves (síncope)
10000	1	1 min	Morte rápida

As combustões podem apresentar-se de quatro formas:

- Combustão lenta – aquela que se dá a temperaturas inferiores a 500 °C, não havendo emissão de luz;
- Combustão viva – aquela que normalmente se designa de fogo, havendo emissão de luz quer através de chama ou incandescência;
- Deflagração – é um tipo de combustão viva rápida, cuja propagação numa mistura inflamável se dá a uma velocidade inferior à velocidade do som;
- Detonação – é uma combustão viva muito rápida, cuja propagação numa mistura inflamável se dá com velocidade superior á do som, originando uma onda de choque que provoca grande destruição.

Para além dos dois gases (CO<sub>2</sub> e CO) que já referimos como **produtos resultantes da combustão**, um fogo também produz outros gases (dependendo do combustível que arde<sup>4</sup>), chama (gases a arder no seio do comburente), brasas (incandescência), vapor de água (proveniente da água contida nos combustíveis), fumos (mais ou menos opacos, resultantes da combustão incompleta e compostos por partículas sólidas não ardidadas) e calor. Este último produto depende em grande medida do tipo de combustível que está presente no fogo e, tal como nos apercebemos, existem combustíveis que libertam mais calor do que outros. Esta característica designa-se de **poder calorífico**, definido como a quantidade de calor libertada pela combustão completa de 1 kg ou 1 m<sup>3</sup> de combustível (dependendo do estado em que se encontra) e é normalmente expresso em quilojoule por quilograma (Coelho, 1998). No quadro abaixo indica-se o poder calorífico de algumas substâncias:

---

<sup>4</sup> Ácido cianídrico (HCN), resultante da queima de fibras acrílicas como carpetes, poliuteranos ou nylons (que também libertam amoníaco (NH<sub>3</sub>); ácido clorídrico (HCl) e fosgênio (COCl<sub>2</sub>) resultante da queima de PVC contido em pavimentos, papel de parede em vinilo e tubagens (Guerra *et al*, 2006).

Adaptado de: Coelho, 1998, *Segurança contra incêndio em edifícios de habitação*.

Combustível	Poder calorífico (kJ/kg)
Madeira	10 040
Álcool a 90°	23 100
Carvão de madeira	27 200
Gasolina	42 700
Butano	47 300
Propano	50 200
Hidrogénio	120 550

Qualquer que seja o combustível presente numa combustão, o desenvolvimento de um fogo engloba o que se designa de fenómenos de **transmissão do calor**. Com efeito, relativamente aos incêndios urbanos, existem três formas de propagação do fogo a outros compartimentos de um edifício ou a estruturas vizinhas, designadas de **condução, convecção e radiação**. O processo de **propagação por condução** é regido pela lei de Fourier e consiste na transmissão de calor nos gases, líquidos em repouso e sólidos (sendo nestes últimos mais importante) por aquecimento ou contacto, de um ponto mais quente para um ponto mais frio, sem que haja transporte de matéria (Coelho, 1998). Por seu turno, a **propagação por radiação** consiste na emissão de luz infravermelha a partir de corpos quentes, em todas as direcções e perpendicularmente à origem, não necessitando de suporte físico para atingir um objecto na sua vizinhança, o que significa que pode propagar-se no vazio, em tudo semelhante à radiação emitida pelo Sol. Por último, a **propagação por convecção**, a mais proeminente em incêndios, resulta da corrente ascendente de gases quentes que transportam consigo energia. Em edifícios, esse tipo de propagação afecta todas as estruturas e elementos de construção que se desenvolvem em altura, em particular caixas de escadas e de elevadores, condutas e coretes. Também podemos verificar esse efeito entre vãos nas fachadas quando as distâncias entre esses na vertical são exíguas e não existem elementos de construção interpostos.

Existe ainda uma outra forma de propagação que se verifica, em especial, na presença de ventos moderados a fortes e humidade reduzida, que se caracteriza pela projecção de material incandescente. Essa propagação é importante em incêndios florestais mas também pode ocorrer em determinados aglomerados urbanos constituídos por edifícios antigos degradados.

Tendo em consideração tudo o que se expôs até a esta parte, consideremos agora **as fases de desenvolvimento de um incêndio num compartimento fechado**, sem a intervenção de quaisquer medidas activas de protecção contra incêndio ou actuação de meios humanos, quer de primeira intervenção, quer de bombeiros.

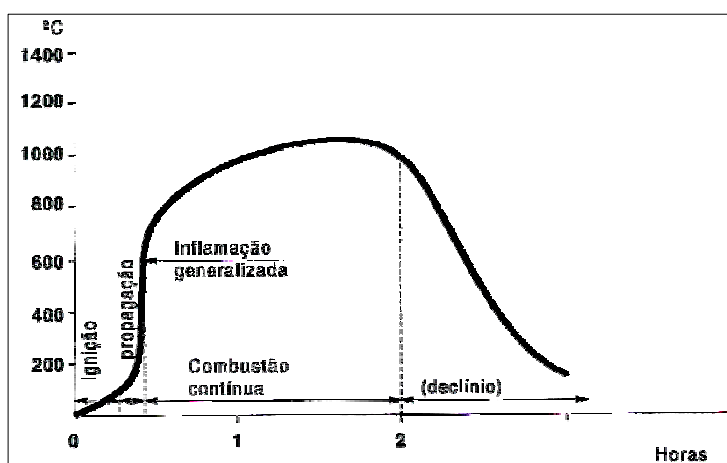
Havendo a presença, em simultâneo, dos elementos do triângulo do fogo numa divisória de um edifício, o fogo tem condições para se iniciar. Logo após atingir as condições para se manter e desenvolver, altura em que se inicia a reacção em cadeia (tetraedro do fogo), o fogo começa por aquecer os materiais à sua volta e, em especial, o ar acima dele, acumulando-se energia junto ao tecto. Nessa zona, ao mesmo tempo que no foco inicial mais chamas se vão desenvolvendo, a acumulação de gases quentes vai promovendo o aumento de temperatura em todo o compartimento, ficando todos os materiais aí existentes em condições de iniciarem a libertação de gases de pirólise (nos combustíveis sólidos orgânicos, que são comuns num compartimento de um edifício urbano). As temperaturas no compartimento vão aumentando rapidamente, tanto por efeito da presença de chamas a partir do foco inicial como também pelo calor radiado a partir do tecto a todo o conteúdo do compartimento (roll-over). Em alguns minutos, o contínuo aumento de temperatura e a presença dos gases de pirólise resultam na combustão generalizada (*Flash-over*), atingindo-se nessa altura o auge do desenvolvimento do incêndio, com temperaturas acima dos 1000 °C na zona do tecto.

Partindo do princípio de que o compartimento se mantém fechado, a combustão generalizada apenas se processará enquanto houver comburente suficiente. A partir desse ponto, o fogo entra na fase de declínio, decrescendo a temperatura e havendo grande produção de monóxido de carbono, uma vez que a combustão entra numa fase de grande carência de oxigénio. Atendendo aos limites de inflamabilidade do monóxido de carbono (12,5 a 74,0), haverá condições para a formação de uma atmosfera que apenas necessitará de oxigénio para que entre em combustão rapidamente. Se ocorrer a ruptura ou abertura de um vão (porta ou janela), a entrada de comburente irá inflamar o monóxido de carbono e os restantes gases de pirólise, num fenómeno que se designa por *Backdraft*.

O desenvolvimento de um fogo num compartimento, com a evolução que explanámos, dependerá de alguns factores como a disposição dos materiais, natureza dos combustíveis envolvidos, quantidade de oxigénio disponível, geometria do compartimento, tipo e dimensões dos vãos, ventilação, materiais empregues nos pavimentos, paredes e revestimentos, condições atmosféricas, taxa de libertação de calor, entre outras (Coelho, 1998), pelo que o descrito constitui um desenvolvimento típico, havendo a hipótese do fogo não se desenvolver se alguns dos factores descritos desempenharem funções reactivas face ao progresso do fogo. A curva abaixo representa as fases típicas de desenvolvimento de um incêndio num compartimento fechado.

Fig. 2 - Fases de desenvolvimento de um incêndio.

Fonte: Coelho, 1998, *Segurança contra incêndio em edifícios de habitação*.



São poucos os minutos necessários para que um fogo passe da fase inicial (ignição) à fase de propagação, havendo ensaios laboratoriais que apontam para um tempo entre os 3 e os 5 minutos, dependendo dos combustíveis presentes no local, tendo em conta que o teor de oxigénio é constante, o que se designa por fogo controlado pelo combustível. Aliás, esse é um aspecto importante em segurança contra incêndio e é referenciado como carga de incêndio.

A **carga de incêndio de um compartimento** é definida como o potencial calorífico de um conjunto de materiais combustíveis existentes num compartimento e é obtida pela soma dos produtos das massas de cada objecto combustível pelo seu poder calorífico, expressa em MJ (megajoule). Associada a esse parâmetro, existe a **densidade de carga de incêndio**, que se traduz pela carga de incêndio por unidade de área ocupada (Coelho, 1998).

Para além da importância dos combustíveis no desenvolvimento de um fogo, a temperatura resultante da sua queima constitui um aspecto fundamental a ter em conta, em especial no que respeita à resistência ao fogo dos elementos de construção. Normalmente, é utilizada a curva ISO temperatura-tempo para efeitos de ensaio dos materiais com aquela função. A curva representa a evolução de um incêndio e tem como base a seguinte expressão:

$$T = T_0 + 345 \log (8t + 1)$$

em que:

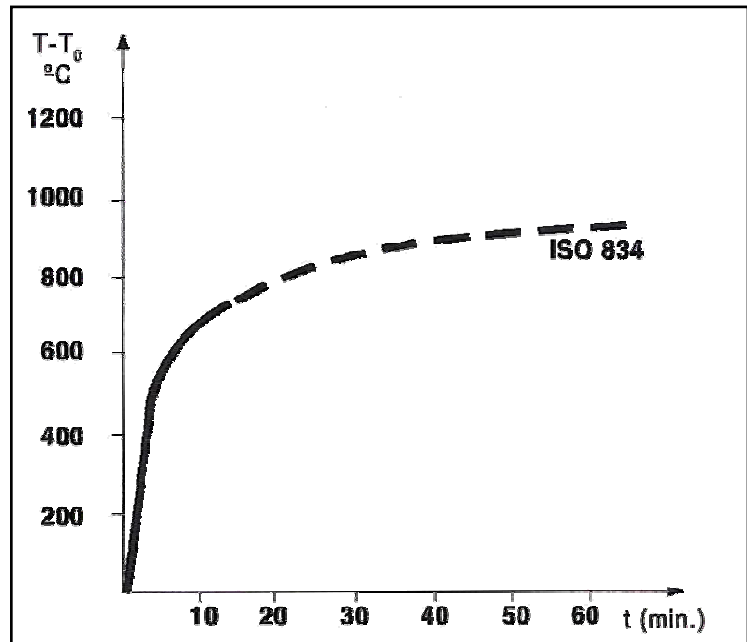
T = temperatura em °C, ao fim do tempo t (em minutos);

T<sub>0</sub> = temperatura inicial em °C;

t = tempo (em minutos).

A figura seguinte apresenta a curva referida.

Fig. 3 - Curva normalizada de temperatura-tempo ISO 834.



Fonte: Coelho, 1998, *Segurança contra incêndio em edifícios de habitação*.

Todos os aspectos que fizemos referência neste capítulo tiveram como objectivo contextualizar o fenómeno do fogo e realçar o facto de toda a segurança contra incêndio se basear no comportamento desse fenómeno e na relação que este opera com as pessoas que directa ou indirectamente sofrem as suas consequências. A implementação de medidas de prevenção e protecção contra incêndio visam o controlo, a limitação e a extinção do incêndio. Cada uma delas e a articulação entre todas promove esse objectivo e a sua evolução está intimamente ligada à investigação em torno da fenomenologia do fogo.

## **5. Fundamentos do Método EC**

O método EC é essencialmente uma ferramenta de decisão. O seu processo integra duas outras metodologias, as quais permitem, por um lado a opinião de peritos em segurança contra incêndio o mais isenta possível de subjectividade e por outro a decisão pelas medidas que melhor vão satisfazer a redução do risco de incêndio na perspectiva da relação eficácia/custo - o Método de Delphi e o Método de Análise Hierárquica, respectivamente.

### **5.1. Método de Análise Hierárquica**

Como já referimos, o método EC possui o seu fundamento científico no Método de Análise Hierárquica, desenvolvido por Thomas Saaty, nos anos 80.

A teorização desta metodologia consiste no princípio de que um raciocínio claro e dedutivo é uma prática que requer muito tempo de treino para ser eficaz na sua aplicação e que este tipo de articulação não é natural, face às evidências que a experiência sugere (Saaty, 1990). Dada a complexidade dos problemas que são colocados aos gestores e dos factores que condicionam cada questão, o raciocínio multicritério adquire uma importância determinante na tomada de decisões ao dividir o problema em partes e ao desenvolver soluções para cada uma delas, relacionando a contribuição de cada parte na subjacente, construindo-se, assim, uma resposta global para o problema.

O método orienta-se para a resolução de problemas numa perspectiva de gestão de benefícios, custos e riscos associados à decisão. Para tal, deverá ter-se em conta qual o peso das consequências relativamente a outras, que objectivos são os mais importantes, que acontecimentos são mais prováveis e o que se deve planear e colocar em prática para se atingirem os propósitos. Isto constitui a base da lógica

multicritério, provada por Thomas Saaty como sendo a metodologia que melhores e mais eficazes respostas produz, quando comparada com os resultados da tradicional lógica dedutiva.

## **5.2. Método de Delphi**

A designação de Delphi deriva do Oráculo de Delfos, situado no sopé do Monte Parnaso, templo dedicado ao deus Apolo.

A fundação do templo de Delfos e o seu oráculo remonta ao tempo em que a História não era registada. Hoje, só sabemos das suas actividades e funções graças aos trabalhos de arqueologia entretanto desenvolvidos. Consta que Gregos e outros indivíduos vindos de todas as partes, entre os quais embaixadores, ocorriam a Delfos para consultarem o oráculo junto às pitonistas e à sua sacerdotisa Pythia, conhecida por ser a voz que revelava a vontade dos deuses. Geralmente, as profecias não eram entendidas apenas como predição do futuro – a função de Pythia era de expressar o propósito divino em forma normativa, com vista ao estabelecimento de uma ordem que regulasse os eventos futuros. Devemos considerar que Delfos era um dos poucos locais da Terra em que o conhecimento era preservado e ordenado. A informação deixada no templo por embaixadores, assim como as respostas dadas, era registada em placas de metal ou pedra, muitas delas encontradas por arqueólogos: *“A profetisa em Delphi [...] trouxe muitas coisas boas para os assuntos públicos e privados da nossa terra”* (Sócrates ca. 400 AC). Provavelmente, Delfos teria sido a maior base de dados da antiguidade. O conhecimento destinar-se-ia à sua divulgação para a construção de um mundo melhor (Cuhls, 2000).

Os primeiros estudos a utilizarem a técnica Delphi foram desenvolvidos pela empresa americana RAND, em Santa Mónica, Califórnia, no início dos anos sessenta do século XX e destinaram-se ao desenvolvimento de tecnologia associada ao uso militar e a sua relação com as decisões políticas de então nessa matéria. Numa época em que o desenvolvimento da informática e dos computadores era limitado, a aplicação de métodos quantitativos de simulação ou modelação, com base em dados disponíveis, só viria a ser uma realidade a partir da década seguinte (Gordon, 1994).

Neste contexto, o desenvolvimento de uma ferramenta, de preferência de suporte não tecnológico, assumia grande importância, face aos investimentos e aos proveitos que a indústria militar, numa época de plena guerra fria, poderia representar.

Para tentar resolver o problema, os investigadores da RAND exploraram a utilização de painéis de peritos, que se mantinham no anonimato, para colocarem questões relacionadas com previsões baseadas na experiência de cada um, entendendo que quando um grupo de especialistas numa matéria está de acordo, então nada de mais correcto poderá haver. Porém, quando esse painel se encontra à volta de uma mesa, muitos outros assuntos são chamados e se as opiniões divergem, a situação degrada-se, não se chegando a qualquer conclusão. Outro factor reside na convicção de que cada perito que formula um argumento acerca de um assunto e este é rebatido, a competência individual é desafiada e geralmente o interlocutor não inflecte a sua posição, mesmo que no decorrer da reunião possa dispor de dados válidos para tal, numa tentativa de salvaguardar a sua reputação. Outros factores também presentes relacionam-se com os dotes individuais (ou falta deles) de oratória e pedagogia, o que contribui para influenciar a opinião dos restantes presentes (Gordon, 1994).

Estes fenómenos de relacionamento entre pessoas, estudados em psicossociologia, induzem imprecisão num trabalho que requer o melhor dos esforços dos peritos o que, somado à sempre presente subjectividade com que cada um se pronuncia sobre uma questão, por mais objectivo que tente ser, o resultado final afigura-se pouco preciso e ineficaz.

No desenvolvimento do método, refira-se o trabalho de Olaf Helmer, Nicholas Rescher, Norman Dalkey, entre outros colaboradores da RAND, que se ocuparam de delinear uma forma de retirar os impedimentos inerentes a uma conferência presencial de peritos. O trabalho final (Gordon and Helmer, 1964)<sup>5</sup>, referência histórica do método de Delphi, foi desenhado por forma a encorajar um verdadeiro debate de ideias entre especialistas, os quais permaneciam no anonimato e assim se assegurava o mesmo “peso” entre todos. Quanto às opiniões vertidas em questionários para o efeito, estas eram enviadas para uma segunda ronda de apreciação de forma a obter-se um maior consenso entre todos, sendo que cada um apreciaria os argumentos de todas as partes e poderia refazer o seu, sem com isso arriscar-se a “perder a face”, uma vez que as respostas fornecidas não identificavam o seu autor. Estes dois aspectos, anonimato e retorno da informação, constituem os grandes fundamentos do Delphi, o qual se apresenta como um método para proporcionar um debate controlado, através da colecta e sintetização de opiniões idóneas. Na maior parte das vezes, o consenso é atingido logo à segunda ronda. Mesmo existindo opiniões extremadas, estas poderão ser tratadas pelos coordenadores do projecto, a quem cabe efectuar a respectiva análise e produzir conclusões, muitas delas igualmente válidas e pertinentes. Em "On the Epistemology

---

<sup>5</sup> GORDON, T. J., HELMER, Olaf (1964): *Report on a Long-Range Forecasting Study*, Rand Corporation, Santa Monica/ California, P-2982.

of the Inexact Sciences",<sup>6</sup> Helmer e Rescher desenvolveram a base filosófica do Delphi e estabeleceram os limites para o que designaram de "ciência inexacta", incluindo nesse conceito as ciências sociais e políticas (Gordon, 1994).

Nos últimos anos, o Delphi tem sido especialmente usado para a antevisão em campos como a ciência e a tecnologia. Algumas modificações e melhorias têm sido introduzidas. No entanto, devemos ter presente as suas vantagens e desvantagens, tendo em conta a aplicação a cada caso (Cuhls, 2000).

A aplicação do Delphi ao presente estudo foi delineada prevendo duas rondas, separadas por um período de duas semanas, a primeira das quais feita com o apoio de um memorando escrito, acompanhado de um portfólio fotográfico, contendo a descrição do edifício, acessos, caracterização da envolvente e os dispositivos de segurança nele instalados. Com base nessa informação, uma Comissão de Peritos em Segurança Contra Incêndio, constituída por três elementos, adiante designada de CPSCI, desenvolveu o seu trabalho de acordo com o descrito no ponto 6, utilizando as tabelas que se juntam no Anexo 1<sup>7</sup>. Ambas as rondas tiveram como referência orientadora os critérios definidos no Apêndice 6 do Grupo de Trabalho 9 do projecto FiRE-TECH, o qual se junta no Anexo 2, embora nem sempre tenha sido seguido o disposto nesse documento por não se entenderem adequadas ao edifício em estudo.

Por seu turno, a 2ª ronda foi antecedida por uma visita ao imóvel, com vista a uma melhor percepção da realidade, aspecto que valeu a aprovação unânime por parte

---

<sup>6</sup> HELMER, Olaf, RESCHER, Nicholas, "On the Epistemology of the Inexact Sciences", *Management Sciences*, Vol. 6, No.1 (1959).

<sup>7</sup> Por razões de economia de recursos, as grelhas já contêm os resultados parciais de cada perito definidos na 1ª ronda Delphi (primeiras três colunas com fundo a cinzento) e finais (4ª e última coluna), apurados na 2ª ronda. Contêm igualmente o conjunto de medidas a adoptar e o respectivo custo em kEuros.

dos elementos da CPSCI, havendo mesmo a realçar que uma parte considerável dos pesos foi alterada na 2ª ronda face à informação recolhida *in loco*.

Sendo o anonimato uma das bases para o sucesso do Delphi, verificou-se que na aplicação à metodologia EC, à semelhança do ocorrido no projecto FiRE-TECH, a sua ausência na 2ª ronda é largamente compensada pelo valor acrescentado que uma visita à estrutura em estudo proporciona. De outro modo, fazendo-se visitas por participante, tal acarretaria custos financeiros e logísticos incomportáveis, para além de uma extensão no tempo que prejudicaria em larga medida a avaliação.

## 6. Descrição do método EC

O método EC consiste num processo de análise hierárquica orientada para a implementação de medidas de prevenção e protecção contra incêndios em edifícios e recintos existentes. É encimado por uma Política de Segurança Contra Incêndio (PO), para a qual são definidos os Objectivos (OB(i)) que se apropriem à sua prossecução. Por seu turno, esses objectivos são alcançados a partir de Estratégias (ST(j)), as quais são operacionalizadas através de Medidas (M(k)), cada uma das quais apresentando um determinado Grau (G(k)). O diagrama constante na figura 1 ilustra melhor o que se expôs. Nele podemos constatar os quatro níveis em que o método se hierarquiza, partindo do geral para o particular.

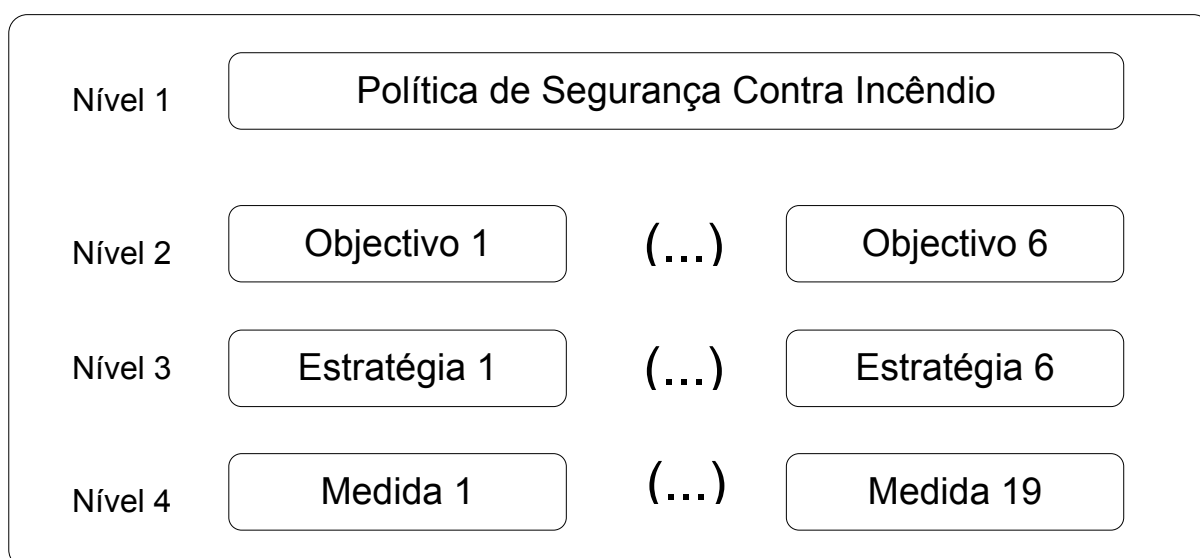


Fig. 4 – Hierarquização do método segundo quatro níveis de importância relativa.

Para a definição da importância das relações entre Medidas, Estratégias, Objectivos e Política é convocado o método Delphi, com vista a servir de processo para a atribuição de importâncias relativas pela CPSCI. Quando necessário, não devemos deixar de equacionar a possibilidade de convocação de outros métodos (SAI Greterner, FRAME, Árvore de Acontecimentos, entre outros) sempre que a atribuição de um peso revele a necessidade de se obterem dados que sustentem a decisão.

A CPSCI debruça-se sobre a informação que lhe é entregue previamente acerca do edifício a estudar e emite uma opinião consubstanciada num peso que determina o quanto importante é a relação de cada parâmetro de um nível em relação ao nível acima. Esta metodologia proporciona a introdução de grande quantidade de informação crítica sobre a matéria, ao mesmo tempo que se reduz significativamente a subjectividade inerente ao parecer técnico de um indivíduo isoladamente. Os resultados das avaliações, que se pretendem consensuais, são inseridos numa folha de cálculo desenvolvida para o efeito, na qual também são introduzidos os custos, em milhares de euros, para cada medida proposta. O resultado final é analisado a partir de gráficos, nos quais são evidenciadas as medidas que melhor relação eficácia/custo apresentam, com vista a atingir-se a redução do risco de incêndio no edifício analisado.

Na aplicação do método a cada caso em particular, a informação colocada à disposição da CPSCI deverá ser acompanhada por uma breve descrição da política e de cada objectivo, estratégia e medida, com o propósito de melhor enquadrarmos aquilo que se pretende de cada um e de se atribuírem os pesos adequados. Do mesmo modo, esta informação deverá ser acompanhada de uma caracterização do edifício que descreva a sua constituição, actividade, localização, acessibilidade de meios externos de socorro, meios de primeira intervenção disponíveis, medidas implementadas e todos os outros aspectos que constituírem informação pertinente, com vista ao conhecimento das suas potencialidades e fragilidades.

A atribuição de importâncias relativas ou pesos tem como referência a pontuação descrita na tabela 1:

Tabela 1 – Escala com definição de pontuação para atribuição de importâncias relativas ou pesos na metodologia de decisão hierárquica proposta por Saaty.

Adaptado de: Vandeveldel *et al*, 2005.

<b>Importância</b>	<b>Pontuação</b>
Nenhuma	0
Muito pouca	1
Fraca	3
Média	5
Forte	7
Absoluta	9

Os valores intermédios (2, 4, 6 e 8) são passíveis de serem atribuídos. Porém, neste trabalho optou-se por só se utilizarem na 2ª ronda, se necessário, funcionando como valores inteiros resultantes da média de pesos atribuídos pelos elementos da CPSCI quando o consenso não fosse atingido, o que acabou por não se verificar.

Os pesos atribuídos aos itens de cada nível em relação ao nível acima são normalizados com o apoio da folha de cálculo Excel Cost\_Effectiveness.xls. O resultado fica expresso entre 0 e 1, sendo a sua soma naturalmente igual à unidade.

O peso de cada Objectivo em relação às Política foi normalizado, donde resulta:

$$\sum_{i=1}^6 OB(i) = 1 \quad (1)$$

em que  $OB(i)$  representa o peso de cada objectivo  $i$  relativamente à política.

Na sequência do exposto, de forma genérica e sempre que possível convocando aspectos particulares de cada tipo de edifício e actividade associada, descrevemos abaixo o que se entende por política, objectivos, estratégias e medidas.

## **6.1. Política de Segurança Contra Incêndio**

A definição de uma política de segurança contra incêndio constitui a primeira etapa deste processo e é tipicamente definida como a “Redução do Risco de Incêndio”. É para a prossecução deste objectivo global que se orienta todo o método, a partir de uma análise prévia dos riscos de incêndio existentes no imóvel ou recinto.

## **6.2. Objectivos**

Sem prejuízo da inclusão de outros objectivos que se entendam necessários, de acordo com a tipologia da estrutura a analisar ou de alguma particularidade que o seu estudo prévio ou a avaliação de riscos assim o indique, definem-se os objectivos que melhor contribuirão para se conseguir atingir a política de segurança contra incêndio. Na sua globalidade, os objectivos visam a protecção da vida e integridade humanas, património, ambiente e continuidade da actividade.

Nas alíneas abaixo são desenvolvidas algumas considerações e realçados alguns aspectos particulares sobre cada um deles.

### **a) Objectivo 1 – PROTECÇÃO DOS OCUPANTES (OB1)**

Considerando todas as tipologias de edifícios e recintos existentes, a protecção dos ocupantes envolve residentes, trabalhadores, visitantes, clientes e utentes que se possam encontrar no local de início do fogo, dentro da estrutura considerada, nas suas imediações ou em edifícios adjacentes que possam sofrer as consequências do incêndio.

Em geral, a protecção dos ocupantes deverá ser de cariz colectivo, realçando-se a importância das medidas de autoprotecção implementadas, as quais devem permitir a retirada, em segurança, da vítima de um incêndio, assumindo particular importância a evacuação segura. Quando, pela arquitectura ou disposição dos espaços de um edifício ou recinto, a evacuação possa não ser uma hipótese segura a considerar, a existência de câmaras de refúgio para abrigo temporário poderá ser equacionada.

A protecção dos ocupantes assume extrema relevância quando se trata de incêndios em hospitais. Com efeito, em alguns sectores de hospitais como os ocupados por cirurgia, unidades de cuidados intensivos, gerontologia e até mesmo psicologia a hipótese da evacuação poderá não ser considerada, compensando-se com o reforço de outros aspectos como a compartimentação, controlo de fumos, meios de intervenção, para citar alguns exemplos, com o propósito de se afastar o perigo da vítima, ao contrário daquilo que é regra.

#### **b) Objectivo 2 – PROTECÇÃO DOS BOMBEIROS (OB2)**

Quando nos referimos à protecção dos bombeiros, temos a tendência para nos cingirmos aos elementos dos corpos de bombeiros voluntários, municipais ou sapadores que efectuem a intervenção externa ao edifício ou recinto. Porém, devemos alargar o âmbito dessa aceção a todos os indivíduos que têm por missão a limitação e eliminação das consequências dos riscos e que para tal possuam formação específica. Deste modo, devemos incluir nesta classe os bombeiros privativos e as equipas de 2ª intervenção, dado que o tipo de missão que lhes é solicitada implica uma maior exposição aos riscos.

Na protecção dos bombeiros devemos incluir o trabalho desenvolvido por estes elementos dentro e fora do edifício ou recinto.

Além dos aspectos que se afiguram evidentes na protecção dos bombeiros, como a exposição aos riscos derivados do combate a um incêndio (exposição a chamas, fumos, trabalhos em altura, etc.), devemos também considerar outras vertentes como a sua saúde e higiene. Um estudo recentemente publicado (Kang, 2008) aponta para a incidência de cancro do cólon e cérebro em bombeiros como resultante da exposição ao benzeno, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, clorofenois, dioxinas, óxidos de etileno, arsénio e asbestos, entre outros. O artigo, publicado no American Journal of Industrial Medicine, compara ainda os resultados com estudos anteriores que apontam para a incidência de outros tipos de cancro naquela população, nomeadamente melanoma, bexiga e Hodgkin's Lymphoma, colocando como hipótese a exposição a outro tipo de agentes cancerígenos que se presumem existirem em novos materiais de construção e de mobiliário, quando envolvidos num incêndio.

Embora de forma indirecta, uma vez que mais adiante falaremos do tipo de corporação de bombeiros que será chamada a intervir no incêndio, devemos ressaltar a importância da existência e uso do equipamento de protecção adequado ao desempenho cabal daqueles operacionais quando expostos àquele tipo de agentes cancerígenos. Por seu turno, uma vez que incluímos neste objectivo as equipas de 2ª intervenção, os aspectos de saúde e higiene afiguram-se pertinentes, sabendo-se que nem sempre esses conjuntos possuem o equipamento de protecção individual apropriado às funções que lhes estão adstritas, como podemos comprovar pela distribuição de tarefas definidas em grande parte de planos de emergência internos.

### **c) Objectivo 3 – PROTECÇÃO DO EDIFÍCIO (OB3)**

Qualquer imóvel ou recinto possui um valor patrimonial. Por norma, esse valor é seguro por uma apólice, não se garantindo, todavia, que abranja, de facto, uma eventual perda total. Este aspecto é tanto ou mais relevante quando se trata de edifícios de património histórico-cultural, cujo valor nem sempre é possível determinar com exactidão, para efeitos de estabelecimento de prémio de seguro.

Independentemente deste tipo de abordagem, devemos ter especial atenção a outros factores como a protecção da estrutura no que respeita à sua estabilidade ao fogo. Este aspecto reveste-se da maior importância porque, mesmo que uma perda patrimonial seja relevante, o colapso de uma estrutura (parcial ou total) poderá também implicar a perda de vidas, o que nos leva a valorizar a protecção de um edifício sob ponto de vista da estabilidade ao fogo da sua estrutura resistente.

Outro aspecto importante é a envolvente. Tomemos como exemplo os centros históricos antigos. A existência de estruturas com vários pisos e volumetrias consideráveis, constituídos por apenas um compartimento corta-fogo, com alçados a curtas distâncias de outros imóveis porque servidos por vias estreitas, ou mesmo com alçados laterais contíguos a outras estruturas, favorece a propagação do fogo, em especial por efeitos de convecção e irradiação. Nesta perspectiva, torna-se necessária uma atenção especial quanto à compartimentação e à limitação da propagação do fogo entre edifícios, tendo presente o exemplo do incêndio do Chiado, na cidade de Lisboa, em 25 de Agosto de 1988.

### **d) Objectivo 4 – PROTECÇÃO DO CONTEÚDO (OB4)**

O conteúdo ou recheio de um edifício constitui, geralmente, o maior valor que o conjunto representa. Mesmo em edifícios do património cultural, os seus conteúdos

são, na sua quase totalidade, ocupados por património histórico-cultural como museologia, bibliotecas ou obras de arte, para citar alguns casos. Ao considerarmos um edifício do património cultural, incluindo também os templos de culto religioso, o resguardo do seu conteúdo deve ser objecto de protecção, no local, de peças de difícil remoção e a retirada de peças valiosas amovíveis para lugar seguro.

Outro exemplo de conteúdos importantes em edifícios do património cultural é o da ocupação de imóveis daquela natureza por serviços da administração pública, como forma de manutenção e recuperação daquelas estruturas centenárias.

Por fim, a protecção de zonas nevrálgicas de um edifício que contenham equipamentos e dispositivos essenciais à organização é da maior importância. Citemos o exemplo das salas com servidores informáticos e as consequências da sua perda, havendo registo de organizações que possuem sistemas alternativos continuamente actualizados, vulgo “backups”, incluindo sedes inteiras, como é o exemplo de alguns dos maiores bancos a operar em Portugal.

#### **e) Objectivo 5 – CONTINUIDADE DA ACTIVIDADE (OB5)**

Está provado que a ocorrência de um incêndio num edifício compromete em maior ou menor grau a actividade nele desenvolvida, quer se trate de habitação, quer se trate de uma empresa de serviços, comércio indústria ou outro ramo de actividade público ou privado.

No caso das organizações empresariais privadas, a ocorrência de um incêndio determina, muitas vezes, a própria existência da actividade, no imediato ou a curto prazo, acarretando com isso consequências económicas e sociais de grande importância. Estudos desenvolvidos pela Siemens (Fire Safety Guide, 2007) indicam que as organizações poderão sofrer consequências desastrosas devido aos efeitos

de um incêndio nas suas instalações – cerca de um terço abre falência, outro terço perde a sua carteira de clientes e encerra a actividade em três anos e o outro terço vê-se forçado a estabelecer parcerias com outras empresas, vender o seu negócio ou esforçar-se para apenas sobreviver.

A continuidade da actividade deve também ser objecto de um plano prévio de gestão de crise realista e exequível, constituindo um aspecto importante com vista à reposição da normalidade num curto espaço de tempo.

#### **f) Objectivo 6 – PROTECÇÃO DO AMBIENTE (OB6)**

Actualmente o ambiente assume uma importância determinante na perspectiva da coexistência de actividades diversas, face às consequências que um evento pode provocar na própria organização, na sua vizinhança ou no território circundante.

A construção de edifícios ou recintos utiliza hoje uma quantidade substancial de materiais, empregues desde a estrutura resistente aos revestimentos e mobiliário. Muitos desses materiais já estão identificados como cancerígenos, como é o caso do asbesto ou amianto, mas outros, isoladamente ou em combinação, estão por caracterizar no que respeita aos seus efeitos, em especial quando na presença de um incêndio.

Os efeitos dos produtos resultantes de um incêndio manifestam-se, fundamentalmente, através dos fumos e efluentes produzidos pelo próprio incêndio ou resultantes da utilização de agentes extintores, em particular a água e as espumas. Se pouco podemos fazer quanto ao controlo da emissão de fumos para a atmosfera, o mesmo não sucederá quanto aos efluentes. De facto, há algum tempo a esta parte, são exigidas bacias de retenção em instalações industriais e de armazenamento de produtos químicos, assim como em laboratórios (industriais, de

investigação, de ensino, de certificação, entre outros). Deste modo, promove-se o tratamento interno dos efluentes antes da sua entrada nos sistemas de saneamento básico ou do seu encaminhamento para a adequada reciclagem.

Para além das questões ambientais, integram-se neste objectivo as considerações relativas à envolvente do edifício em estudo, i.e. edifícios adjacentes. Em alguns casos, devemos considerar os riscos de incêndio externos ao edifício em causa, dependendo das configurações nas quais o conjunto se apresente no terreno.

### **6.3. Estratégias**

Após a atribuição de importâncias relativas dos objectivos em relação à política, a segunda fase consiste na mesma operação, desta feita relacionando a importância de estratégias (ST) em relação aos objectivos. À semelhança daquilo que apontámos nos objectivos, outras estratégias poderão ser acrescentadas sempre que o caso em estudo o justifique. Os pesos atribuídos a cada estratégia são também normalizados, resultando a seguinte expressão:

$$\sum_{j=1}^6 ST(ji) = 1 \quad (i = 1,6) \quad (2)$$

em que  $ST(ji)$  é o peso da estratégia  $ST_j$  relativamente ao objectivo  $O_{Bi}$ .

Neste método, foram definidas as seguintes estratégias:

#### **a) Estratégia 1 - REDUZIR A PROBABILIDADE DE INÍCIO DE INCÊNDIO (EST1)**

Um incêndio é definido como um fogo que atingiu determinadas proporções para as quais o manuseamento de um simples controlo se revela insuficiente para a sua extinção. Ou seja, um incêndio é um fogo que fugiu ao controle humano. Neste

estudo, utilizar-se-á a designação de fogo e incêndio indiferenciadamente, querendo significar sempre de que se trata de um incêndio.

Também é sabido que, à excepção das explosões que se dão no limite superior de inflamabilidade (explosões que originam incêndios, cujo início coincide, praticamente, com o flashover – combustão generalizada), qualquer incêndio começa com uma chama pequena, para a qual um copo de água é suficiente para a extinguir. Nesta perspectiva, a estratégia que se propõe assume uma importância central na própria evolução de fogo a incêndio, sendo a prevenção e os dispositivos associados (detecção e utilização rápida e atempada de meios de primeira intervenção) ferramentas fundamentais.

Nesta estratégia, devemos ter em atenção à importância dada aos mecanismos e disposições que possam contribuir para o início do fogo e aos dispositivos de segurança que possam limitar o seu surgimento.

#### **b) Estratégia 2 - LIMITAR O DESENVOLVIMENTO/ PROPAGAÇÃO DO INCÊNDIO (EST2)**

Esta estratégia inclui várias vertentes, todas elas preconizando a confinação do fogo a um espaço o mais reduzido possível, considerando-se para tal o espaço em que o fogo se declara, o piso, outros pisos adjacentes, o edifício no seu todo ou edifícios vizinhos.

Sob ponto de vista estrutural, e com vista à limitação da propagação do fogo interna e externamente entre edifícios, é fundamental que um imóvel possua uma compartimentação corta-fogo adequada às suas características construtivas e à actividade que nele se desenvolve. Neste aspecto, podemos referenciar alguns elementos como a existência de paredes e portas corta-fogo ou pára-chamas, palas

e varandas entre vãos nas fachadas e elevação de paredes de empena ao nível das coberturas.

Por seu turno, a existência de meios de primeira intervenção e de sistemas automáticos de detecção e extinção de incêndios revela-se fundamental, em especial quando estão em causa locais de risco C, pontos perigosos e pontos nevrálgicos.

Embora não existam estudos acerca do comportamento dos materiais antigos empregues nos edifícios de igual idade, é sabido que a existência de divisões empregando paredes, tectos e pavimentos em tabique ou em madeira (muitas vezes com problemas de carunchos que originam mais porosidade) favorecem o desenvolvimento rápido das chamas entre compartimentos, vertical ou horizontalmente. Deste modo, haverá necessidade de se equacionarem nesta estratégia aspectos como a substituição de tabiques e tectos falsos por materiais com as mesmas características físicas e estéticas (e.g., placas de gesso cartonado), mas com uma adequada reacção ao fogo e a reparação e ignifugação de sobrados e peças de mobiliário.

Ainda nesta estratégia, a existência de meios de primeira intervenção adequados, em quantidades suficientes e operados por pessoas com a formação e treino necessários, são aspectos determinantes na circunscrição, controlo e extinção do fogo ainda numa fase inicial.

Finalmente, a utilização de sistemas de cortina de água poderão ser equacionados como medida compensatória, não obstante não devam substituir elementos resistentes ao fogo ou actuarem isoladamente como barreira de fumos.

### **c) Estratégia 3 - FACILITAR A EVACUAÇÃO DO EDIFÍCIO (EST3)**

A evacuação de um edifício é uma operação delicada, mas contribui decisivamente para o princípio que aponta para se retirar a vítima do perigo. A excepção poderá ser feita apenas em determinadas circunstâncias, como é o caso de unidades de cuidados intensivos e cirurgia em edifícios hospitalares, cuja evacuação pode acarretar riscos mais agravados do que o próprio incêndio, preconizando-se, nestes casos, o afastamento do perigo da vítima.

A ter em conta nesta estratégia, será, sem dúvida, a existência de saídas de emergência e caminhos de evacuação devidamente iluminados e sinalizados, podendo haver a necessidade de estabelecimento de câmaras corta-fogo e câmaras de refúgio entre compartimentos corta-fogo, estas últimas quando as distâncias a percorrer na horizontal ou vertical não permitirem uma evacuação em tempo útil ou implicarem um esforço físico acentuado por parte dos ocupantes para atingirem o exterior do edifício, definindo-se aí um ponto de encontro para controlo e contagem.

Outro aspecto a ter em conta numa evacuação é a relutância com que os ocupantes de um edifício de habitação abandonam os seus lares, havendo registo de consequências graves por via desse comportamento, ao contrário daquilo que acontece, por exemplo, em edifícios administrativos ou escolares. Para fazer face a esse comportamento, haverá necessidade de se equacionarem acções de sensibilização e formação, acompanhadas de simulacros, de preferência enquadrados em planos de emergência próprios.

Finalmente, devemos ter em consideração os ocupantes de um edifício que possuam dificuldades ou incapacidades físicas ou psíquicas para responderem eficientemente à necessidade de evacuação de um edifício ou mesmo à percepção do respectivo alarme. Neste aspecto, há que considerar meios materiais e humanos

para fazer face a estas limitações, havendo necessidade de se estabelecerem instruções particulares de segurança apropriadas.

**d) Estratégia 4 - FACILITAR O COMBATE AO INCÊNDIO E O SALVAMENTO (EST4)**

A salvaguarda da vida surge através do salvamento de vítimas como operação prioritária. Para tal, a estrutura do próprio edifício deverá, em primeira instância, proporcionar o sucesso desta estratégia, com o mínimo de intervenção do equipamento de resgate e dos bombeiros.

No entanto, como estamos a lidar com edifícios existentes, muitos deles centenários, há a possibilidade de tal não acontecer, em especial quando na presença de acessos viários exíguos e de aberturas inadequadas na estrutura que facilitem a entrada e operação dos bombeiros.

Os inconvenientes referidos também são entraves quanto à facilidade colocada ao serviço do combate a incêndios. Assim sendo, devemos considerar o estabelecimento de colunas secas e/ou húmidas, com apoio de tanques e bombas próprios com alimentação eléctrica autónoma, para além de interfaces adequados (uniões de ligação a equipamento hidráulico) entre essas redes e os meios de intervenção dos bombeiros.

Além disso, é fundamental a transmissão de informação aos bombeiros acerca da localização possível de pessoas não evacuadas, do incêndio e dos locais de corte de água, energia e combustíveis líquidos ou gasosos, plantas do imóvel e outros elementos que possam ser solicitados, os quais devem estar sempre disponíveis. Dependendo das características do edifício ou recinto, poderá haver necessidade de implementação de um plano de emergência e/ou plano prévio de intervenção que inclua entidades como os bombeiros ou protecção civil.

**e) Estratégia 5 - LIMITAR OS EFEITOS DOS PRODUTOS EXTINTORES NO EDIFÍCIO OU RECINTO (EST5)**

No original do método, esta estratégia estava integrada na estratégia seguinte – Limitar os efeitos dos produtos resultantes do fogo.

Porém, achamos que os efeitos dos produtos extintores – efluentes resultantes da utilização de água e espumas no incêndio, as quais podem transportar substâncias nocivas para o ambiente e para o edifício e resíduos de pó químico depois de ter entrado em contacto com a chama – terão de ter um tratamento específico e, como tal, serem analisados separadamente, podendo implicar a utilização de medidas específicas para o seu controlo. No caso da utilização da água como agente extintor, não são raras as vezes em que o seu uso exagerado provoca prejuízos mais avultados do que os resultantes do próprio incêndio.

Além desses aspectos comuns a todas as estruturas, existem ainda os edifícios (ou pontos nevrálgicos e/ou perigosos dentro deles) para os quais terá de haver uma atenção especial no que respeita à utilização de agentes extintores. Para citarmos dois exemplos, podemos referenciar os efeitos nefastos que o pó químico seco tem quando utilizado em equipamento eléctrico ou electrónico, em especial nos postos de transformação e salas de servidores de informática. A sua destruição acaba por ser total devido ao efeito que o agente extintor produz sobre o equipamento. Por seu turno, mesmo em edifícios do património cultural, a utilização de água e pó químico poderá contribuir decisivamente para a destruição de obras de arte, dadas as características físicas e químicas daqueles agentes extintores.

Outro aspecto importante para o qual a estratégia contribui é a vertente dos impactes ambientais que a utilização de agentes extintores poderá ter e para a qual está definido um objectivo específico.

Tendo presente a importância que uma estratégia dessas pode desempenhar no todo do método e porque as medidas a adoptar serão necessariamente diferentes, entendemos que deveria constituir uma estratégia *per si*.

**f) Estratégia 6 - LIMITAR OS EFEITOS DOS PRODUTOS RESULTANTES DO INCÊNDIO  
(EST6)**

Nesta estratégia incluem-se os efeitos sobre as pessoas e imóveis dos produtos resultantes do fogo, entendendo-se como tal o calor, fumos e seus componentes com especial destaque para o monóxido de carbono e outros gases tóxicos ou corrosivos, bem como as chamas.

Se, por um lado, os fumos são o maior problema para as pessoas, incluindo bombeiros e equipas de intervenção, por outro, as chamas e o calor desenvolvido tem repercussões importantes no edifício e/ou estruturas adjacentes, dependendo do tipo de materiais com os quais são construídos, assinalando-se diferenças significativas entre estruturas em betão, metal ou madeira ou uma mistura entre estes.

**6.4. Medidas**

O conjunto base de medidas a adoptar descritas neste ponto, num total de dezanove, são postas ao serviço de cada estratégia, definindo-se, numa primeira instância, a importância de cada uma em relação àquele nível acima.

Todavia, o conjunto das medidas que se entendem adequadas para se desenvolver uma estratégia poderá não se esgotar nas que são descritas neste documento. A aplicação do método EC em certos tipos de edifícios poderá definir um acréscimo de medidas, não só de acordo com o tipo de estrutura em estudo

como também tendo em conta a actividade que nele se desenvolve. A título de exemplo, podemos apontar as seguintes situações:

1- Em estabelecimentos industriais e laboratórios de investigação ou ensino (embora fora do âmbito deste estudo): a concepção de bacias de retenção para os efluentes produzidos no combate a incêndios;

2 – Em edifícios habitacionais: a implementação de programas de sensibilização e formação organizados pelos condomínios ou outras entidades orientados para a prevenção, em especial no que respeita a evacuações e possíveis realojamentos;

3 – Em estabelecimentos hospitalares: a implementação de medidas efectivas para afastar o perigo da vítima quando se tratar de áreas afectas a unidades de cuidados intensivos, cirurgia, neonatologia, gerontologia ou psiquiatria.

O peso de cada medida em relação às estratégias foi normalizado, donde resulta:

$$\sum_{k=1}^{19} M(kj) = 1 \quad (j = 1,6) \quad (3)$$

em que:  $M(kj)$  é o peso da medida  $M_k$  relativamente à estratégia  $ST_j$

Consideremos agora alguns aspectos importantes a ter em conta em cada uma das 19 medidas base estabelecidas no método EC:

**a) Medida 1 - Reacção ao fogo dos materiais de construção (M1)**

Nesta medida inclui-se a classificação relativa à reacção ao fogo, de acordo com a tabela de classificação europeia constante no Anexo 6, dos materiais empregues na construção do edifício ou recinto, com especial relevo para a estrutura resistente, paredes tectos, pavimentos e escadas, assim como dos materiais utilizados nos revestimentos e acabamentos internos ou externos (incluindo tintas e vernizes),

devendo ter-se em atenção se alguns desses elementos contêm tratamentos ignífugos ou não.

A atenção a estes detalhes deverá ter em conta o tempo que poderá mediar entre a ocorrência de uma combustão generalizada (flash-over) e a sua propagação a espaços adjacentes, sejam do mesmo piso, de pisos diferentes ou mesmo a edifícios vizinhos.

### **b) Medida 2 - Resistência ao fogo da estrutura (M2)**

Nesta classe de medidas é dado o peso relativo da resistência ao fogo dos elementos estruturais do edifício.

Como este método é especialmente aplicado a edifícios existentes, embora muitos deles já possuam estruturas em betão armado, existem ainda edifícios em que os elementos de suporte não resistem o tempo suficiente durante a ocorrência de um incêndio sem que estejamos perante a eminência de um colapso parcial ou total, devendo-se tomar em atenção aos telhados e vigas, muitos deles ainda em madeira. No caso dos telhados, existem muitos edifícios em betão que mantêm toda a cobertura assente numa estrutura em madeira.

### **c) Medida 3 - Resistência ao fogo dos elementos com função de compartimentação (M3)**

Tal como a medida anterior, podemos associar também esta à ideia de uma protecção do tipo colectiva, uma vez que se relaciona directamente com o confinamento do fogo a um determinado espaço, cujos vãos estão equipados com elementos de construção que impedem o avanço das chamas e a difusão de fumos, do mesmo modo que as paredes, tecto e pavimento do dito compartimento. Esses

elementos têm como função evitar a propagação do fogo para espaços vizinhos, quer sejam outros compartimentos, pisos ou edifícios adjacentes, durante um certo tempo.

**d) Medida 4 - Dimensão dos compartimentos corta-fogo (M4)**

Nos edifícios antigos e noutros que sofreram alterações na actividade, para citar os exemplos mais comuns, o uso de materiais combustíveis em divisórias tanto horizontais como verticais resulta no facto de todo o edifício se configurar como um único compartimento corta-fogo. Se, por um lado, este aspecto poderá ser colocado com evidência em edifícios referidos, por outro dever-se-á também verificar se o edifício em estudo, mesmo que de construção mais recente, possui, efectivamente, a compartimentação corta-fogo com as dimensões adequadas à disposição dos seus espaços e actividades neles desenvolvidas.

**e) Medida 5 - Características e localização de aberturas nas fachadas (M5)**

Este aspecto é hoje uma importante disposição arquitectónica que se apresenta como uma medida eficaz de protecção colectiva, uma vez que vai influenciar o sucesso de operações de salvamento e de combate ao incêndio e proporcionar uma redução do risco de propagação do incêndio a outros pisos, pelo exterior, quando devidamente dimensionadas quanto a áreas das aberturas, distâncias entre elas e interposição de elementos de construção como sacadas.

Em alguns casos, dependendo do tipo de construção, em especial no que respeita a edifícios do património arquitectónico, esta medida nem sempre poderá ser implementada, havendo necessidade de se levar em linha de conta esta lacuna com vista a compensar-se com o enriquecimento de outras medidas.

#### **f) Medida 6 – Distância entre edifícios vizinhos (M6)**

Esta classe de medida é um dos problemas mais comuns que os edifícios situados em zonas históricas urbanas apresentam, locais onde a largura das vias é diminuta. Isto acarreta dois tipos de problema – a propagação do fogo a edifícios vizinhos por radiação e a dificuldade de manobra das viaturas dos bombeiros, quer para o combate a incêndios, quer para manobras de salvamento.

Constitui também um tipo de medida para a qual poucas hipóteses de melhoria são viáveis, com excepção da implementação de cortinas de água nas aberturas para reduzir os efeitos de radiação do fogo. Normalmente, compensa-se essa medida com maior rigor noutras em que se possa intervir com maior eficácia.

#### **g) Medida 7 – Geometria das vias de evacuação (M7)**

Nesta medida incluem-se todos os aspectos relativos à evacuação, designadamente as dimensões de vias de evacuação e saídas de emergência, de acordo com o efectivo, actividade desenvolvida e eventuais condicionantes físicas e psíquicas dos ocupantes. Os percursos de evacuação deverão ser caminhos pelos quais os ocupantes de um edifício ou recinto abandonam o local de forma segura, estabelecendo-se um ponto de encontro no exterior para efeitos de contagem e verificação da presença de todos, ponto esse que deverá estar afastado do sinistro e das operações dos bombeiros.

#### **h) Medida 8 – Condições de acesso para bombeiros (M8)**

À semelhança dos constrangimentos descritos na medida M6 - Distância entre edifícios vizinhos - o tipo de vias que servem os centros urbanos antigos constituem um obstáculo ao bom desempenho dos socorros externos. No entanto, existe a

possibilidade de se estabelecerem condições de circulação e de desimpedimento de vias que possam minimizar essas condicionantes.

Além disso, poderá equacionar-se o estabelecimento de colunas secas ou húmidas destinadas ao edifício em particular ou o reforço de hidrantes nessas vias, quer se trate de zonas antigas ou não.

**i) Medida 9 – Meios de detecção de incêndio (M9)**

Este tipo de medidas apresenta várias vertentes passíveis de implementação, devendo-se ter em atenção que a detecção poderá ser humana (ocupante ou vigilante) ou automática, através de detectores de fumos, chama ou temperatura.

Nesta medida podem também ser incluídos, acessoriamente, outros dispositivos normalmente dedicados à vigilância como sistemas CCTV e detecção de intrusão, uma vez que existe sempre a possibilidade de início de incêndio de forma intencional.

O Sistema de Detecção Automática Incêndio (SADI) é cada vez mais utilizado, em especial devido à aplicação das disposições legais em vigor. Sendo um sistema que envolve alguma importância financeira, deverão os espaços promover a sua adequada implementação através de projecto próprio para o efeito, o qual deverá conter um estudo dos locais e áreas a proteger, definindo o tipo de detector mais eficaz para cada caso.

**j) Medida 10 – Meios de extinção de incêndio (M10)**

Como já nos referimos, a limitação do desenvolvimento do fogo numa fase inicial é um aspecto crucial, uma vez que o risco de incêndio está sempre presente e o propósito da segurança contra incêndio é de o manter num nível aceitável.

Nesta medida incluem-se redes de incêndio armadas, extintores, mantas ignífugas, redes de sprinklers e sistemas extinção automática por gases ou por água pulverizada. A operação destes dispositivos deve prever a formação específica adequada das pessoas que possam utilizá-los no combate ao fogo, sob pena de não servirem para o fim a que se destinam, podendo ainda haver consequências graves quando utilizados indevidamente, e.g. uso de água em instalações e dispositivos sob tensão.

#### **k) Medida 11 – Controlo de fumos (M11)**

Num incêndio, a presença de fumos representa, em geral, o maior obstáculo, tanto para ocupantes como para bombeiros ou equipas de intervenção.

O controlo de fumos é uma medida que deverá ter em conta não só os eventuais prejuízos que o fumo possa provocar no conteúdo do edifício mas também manter os caminhos de evacuação o mais livres possível, de forma a facilitar a retirada de pessoas e o trabalho das equipas de socorro na estrutura em geral.

#### **l) Medida 12 – Sinalização de alarme e emergência (M12)**

A sinalização e o alarme de emergência são dispositivos que num incêndio são utilizados numa fase inicial. A sua implementação e concepção deverão ser feitas de forma a minimizar tanto quanto possível as primeiras reacções das pessoas, normalmente de pânico, com informação, visibilidade nos espaços e orientações versáteis, que contribuam para a preservação da vida e da integridade humanas. Deverá igualmente levar-se em linha de conta o tipo de alarme a utilizar, considerando o tipo de ocupação do edifício, nomeadamente a presença de pessoas com dificuldades locomotoras ou de percepção do alarme.

Com tecnologia disponível, para além do alarme clássico (sirene, besouro ou campainha) é possível, e recomenda-se, a utilização de mensagens gravadas que

difundem procedimentos gerais, em dicção que transmita sensações de calma e que ao mesmo tempo incentive as pessoas a procederem de acordo com as instruções definidas.

Em edifícios e recintos que recebam público de várias nacionalidades, todos esses dispositivos, quando escritos ou oralizados, deverão ser também expressos em Inglês ou em mais outra língua que se entenda necessário.

**m) Medida 13 – Bombeiros privativos ou brigadas de 2ª intervenção (M13)**

Cada vez mais se torna importante não só a formação para a 1ª intervenção (função de todos os ocupantes) mas também a especialização de brigadas de 2ª intervenção apetrechadas com o material protecção individual e de combate a incêndios. Aliás, a constituição de equipas desta natureza contribui para promover uma cultura de segurança, tão necessária nas organizações públicas e privadas no contexto da nossa sociedade.

Quanto à presença de bombeiros privativos, esta medida poderá justificar-se apenas em organizações de grande dimensão ou que desenvolvam uma actividade que envolva riscos agravados de incêndio.

Refira-se, no entanto, que a presença de pequenas equipas dos tipos acima referidos contribui para uma significativa redução do risco de incêndio, dada a prontidão com que podem actuar numa fase inicial.

**n) Medida 14 – Localização e tipo de corporação de bombeiros (M14)**

Nesta classe de medidas, a localização e o tipo de corporação de bombeiros caracterizam normalmente a qualidade e rapidez de resposta ao alerta. No entanto, outras considerações deverão ser tidas em atenção.

A distância a que se encontra o quartel de bombeiros poderá não ser importante, uma vez que estamos a trabalhar com base em tempos de resposta a um alerta. Assim sendo, haverá necessidade de se levar em linha de conta a prontidão das guarnições, tráfego (considerando horas de ponta), largura e estado de vias de comunicação e tipo de viaturas disponíveis para essas intervenções – viaturas ligeiras, médias ou pesadas.

Outro aspecto importante é entenderem-se como corporações de bombeiros mais aptas e treinadas para incêndios urbanos os sapadores e os bombeiros municipais. Porém existem igualmente corporações de bombeiros voluntários que, dada a sua área de intervenção, tipo de solicitações e treino, poderão responder com grande eficácia a incêndios desse tipo.

Finalmente, a articulação com as autoridades policiais afectas ao trânsito. Uma boa coordenação e comunicação entre essas entidades e os bombeiros poderá resultar em tempos de intervenção mais curtos, se existirem dispositivos e procedimentos para criação de corredores para circulação das viaturas dos bombeiros.

As questões mencionadas deverão merecer uma análise caso a caso.

**o) Medida 15 – Manutenção dos sistemas de segurança contra incêndio (M15)**

Em qualquer dispositivo ou equipamento, seja de que natureza for, as operações de manutenção e teste são a sua garantia de fiabilidade, resultando em eficácia quando colocados em acção. Num equipamento que se encontra sempre em funcionamento qualquer anomalia é de fácil detecção. O mesmo não se verifica quando se tratam de equipamentos que funcionam esporadicamente, muitos deles nem uma vez durante o seu tempo útil de vida. Portanto, a manutenção e o teste periódicos são operações fundamentais para garantir, com grande probabilidade, o

seu bom desempenho quando necessário. A esse respeito, refira-se o exemplo do caso do SADI. Com efeito, uma taxa elevada de alarmes falsos por falta de manutenção daquele sistema conduz à descredibilização de todo o sistema, tornando-o ineficaz e, porventura, aumentando os riscos para os ocupantes, que passam a ignorar os avisos.

Dado que se tratam de sistemas de segurança, a manutenção deverá ser efectuada por empresas credenciadas para o efeito e com, no mínimo, a periodicidade que os fabricantes dos dispositivos recomendarem.

Nesta classe de medidas, o que é preponderante é a periodicidade com que a manutenção e os testes são efectuados. Nessas operações incluem-se meios de 1ª intervenção e respectivas redes de incêndio, detecção e/ou extinção automáticas de incêndio, sistemas de bombagem de águas para serviço de incêndios e respectivos reservatórios, geradores de emergência, iluminação e sinalização de emergência, caminhos de evacuação e saídas de emergência.

**p) Medida 16 – Educação para a prevenção de incêndios (M16)**

A validade de todos os sistemas colocados ao serviço da segurança contra incêndio depende directa e indirectamente da formação e sensibilização que as pessoas detêm para os manusear e tirar proveito deles.

À semelhança do método EC, outras metodologias também são usadas para implementação de medidas de autoprotecção orientadas para a redução do risco de incêndio. Em todas elas, podemos facilmente verificar que a formação para a prevenção de incêndios desempenha um papel preponderante na redução dos riscos, o que nos parece absolutamente natural e justificável.

A par da formação em suporte básico de vida ou primeiros socorros, a aquisição de conhecimentos que proporcionem às pessoas uma visão adequada acerca do funcionamento e dos fundamentos da segurança contra incêndio resulta em desempenhos eficazes face a uma ocorrência e repercute-se de forma transversal na vida das pessoas, seja nas empresas, em casa ou noutra actividade. No método EC, refira-se o contributo determinante para a operacionalização da estratégia EST1 – reduzir a probabilidade de início de incêndio, para citar apenas um exemplo.

**q) Medida – Planos de emergência e respectivo treino (M17)**

Um plano de emergência serve, essencialmente, para ganhar tempo.

De facto, o estabelecimento de medidas de prevenção contra incêndios e de procedimentos de actuação em caso de emergência constituem a base de qualquer plano e preconizam uma resposta previamente pensada, mesmo que apenas aproximada e com base em cenários possíveis, a uma ocorrência.

A existência de planos de emergência é um factor importante na redução do risco de incêndio porque operacionaliza meios e pessoas, numa gestão eficiente da emergência, limitando os efeitos ou consequências daquele evento.

O risco de incêndio é tido como aquele que mais penaliza as organizações e pode ser agravado pela ocorrência de outros fenómenos em simultâneo como sismos, inundações ou tempestades. Aliás, é com base na estrutura dos planos de emergência para incêndios que os outros riscos são integrados e contextualizados, o que enriquece este tipo de ferramenta.

Numa nota final, refira-se que o treino de um plano de emergência é tão importante quanto o plano, não fosse o desempenho das pessoas o factor chave no desenvolvimento da gestão da emergência. Por esta razão, o treino periódico,

acompanhado do disposto na medida M16 - Educação para a prevenção de incêndios - promove a resposta que é necessária implementar-se e que constitui requisito essencial da presente medida.

**r) Medida 18 – Gestão das operações de salvados (M18)**

Esta classe de medidas destina-se à gestão do conteúdo dos edifícios, minimizando-se os danos sobre os objectos de valor existentes, sejam peças de arte ou documentos importantes, sob a forma escrita ou em suporte digital.

Ao invés dos edifícios de habitação, para citar um exemplo, é evidente que esta medida tem uma importância vital quando se trata de imóveis do património cultural, cujo conteúdo deverá ser identificado, etiquetado, listado segundo a sua importância, transportado e armazenado em lugar seguro.

Paralelamente, devemos ter em atenção ao tipo de arquivos que hoje se utiliza com muita frequência, como são as cópias de segurança de servidores ou de outros sistemas informáticos, os quais decerto conterão informação importante. A sua perda implicará consequências, em especial na continuidade da actividade, aspecto que se coloca com mais pertinência em edifícios comerciais, administrativos ou mesmo escolares.

A presente medida deverá ser implementada sempre que se entender necessário proteger bens móveis e as operações para a sua remoção do local de sinistro deverão compreender procedimentos e atribuição de funções, independentemente da existência de um plano de emergência.

### **s) Medida 19 – Fiscalização das condições de segurança (M19)**

As inspecções periódicas às condições de segurança nos edifícios só agora é que começam a ser prática, por via da implementação de normas de higiene, saúde e segurança ocupacionais nas organizações. Porém, muitos outros edifícios ficam de parte, como é o exemplo dos habitacionais.

A promoção deste tipo de medida não deve ser encarada como uma acção de cariz penalizador mas sim como uma auditoria que deverá servir o auditado. Só assim é que podemos implementar melhorias que de facto sejam benéficas para os seus utilizadores e que preconizem, com argumentos válidos, a segurança de todos.

Na fiscalização das condições de segurança incluem-se acções de manutenção de instalações e equipamentos técnicos, os quais contribuem para o aumento do risco de incêndio quando não mantidos nas devidas condições de funcionamento e segurança. Neste ponto incluem-se equipamentos de suporte à actividade (elevadores, instalação eléctrica e de fluidos inflamáveis, instalações de gás, ar condicionado, ventiladores, equipamentos de queima e aquecimento de águas, etc.) e ainda espaços destinados a arrecadações e seu conteúdo, acondicionamento indevido de objectos em vias e saídas de evacuação, estado e compartimentação de coretes, entre outros.

### **6.5. Graus de implementação das medidas**

Após a definição da importância relativa de cada medida em relação a cada estratégia (decisão de nível 4), a CPSCI atribui um grau G(k) de implementação a cada medida, de acordo com o que conhece acerca do edifício. O grau varia entre zero - quando a medida está ausente, não se aplica ou não existe possibilidade de implementação – e o valor 1, que significa a sua plena efectivação.

Esta apreciação deverá ser cuidada, em especial na 2ª ronda, altura em que a visita ao edifício proporciona um efectivo conhecimento acerca da real implementação de todas as medidas definidas no estudo e a legitimidade da sua aplicação. Trata-se da fase que requer maior empenho dos peritos porque são confrontados com imóveis existentes e edificados numa altura anterior aos regulamentos vigentes. Neste contexto, há que lidar com edifícios históricos ou de outra natureza, construídos ao abrigo de legislação pouco exigente, em relação aos quais não existe informação disponível que permita efectuar uma avaliação adequada relativamente aos materiais usados (os mais antigos desprovidos de qualquer caracterização técnica no âmbito da segurança contra incêndio), técnicas de construção ou mesmo plantas detalhadas.

Ao aplicar-se um determinado grau a uma medida estabelecem-se prioridades entre esses parâmetros, definindo-se o conjunto que apresenta maior relevância. Os graus são multiplicados pelo peso da medida definido no nível 4, expressando, por seu turno, a sua importância no nível 3, ocupado pelas estratégias. Desta forma, estabelece-se uma linha com uma determinada contribuição para a prossecução dos objectivos e, por sua vez, para a política de segurança contra incêndio, definido como o vector eficácia.

A escolha dos graus deve ser objecto de estudo para cada medida em particular e ponderada atendendo à sua aplicabilidade, fiabilidade e desempenho em função do conhecimento existente acerca do seu contributo na segurança contra incêndio (Cabrita Neves *et al*, 2005).

A análise de cada medida *per se* é feita tendo em conta três alternativas possíveis, considerando-se a Alternativa 0 (zero) como a situação existente à data do estudo, a Alternativa 1 a que proporcionará um nível mínimo de segurança e a Alternativa 2

como a que contempla o conjunto de todas as medidas passíveis de serem implementadas no edifício, de acordo com as suas condicionantes.

### 6.6. Índice de eficácia das medidas

Tendo por base a definição inicial de uma política PO, é possível definir um índice de eficácia  $E(PO)$  das medidas de segurança correspondentes a uma determinada alternativa através da expressão:

$$E(PO) = \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^6 \sum_{k=1}^{19} OB(i) \cdot ST(ji) \cdot M(kj) \cdot G(k) \quad (4)$$

O índice de eficácia obtido, que assume um valor entre 0 e 1, dá-nos uma perspectiva do grau com que o conjunto de medidas de uma determinada alternativa influencia a concretização da política, proporcionando a comparação entre as alternativas.

De modo análogo, é possível definir-se um índice de eficácia  $E(OBi)$ , relacionando as medidas de segurança com cada objectivo  $OBi$  pela expressão:

$$E(OBi) = \sum_{j=1}^6 \sum_{k=1}^{19} ST(ji) \cdot M(kj) \cdot G(k) \quad (5)$$

Este resultado proporciona-nos uma ideia do quanto um dado conjunto de medidas é eficaz em relação a um determinado objectivo definido, permitindo de igual forma comparar as alternativas em questão (Cabrita Neves *et al*, 2005).

## 6.7. Relação eficácia/custo

Quando nos referimos ao método EC como uma ferramenta útil para uma tomada de decisão por parte da administração de qualquer organização, temos presente a relação eficácia/custo. Com efeito, este aspecto é o que melhor articula a necessidade de implementação de medidas de autoprotecção que um conjunto de técnicos propõe com a essência de uma tomada de decisão em gestão empresarial, i.e. o seu custo.

Cada alternativa é composta, neste caso, por um conjunto de 19 medidas, cada uma das quais com um custo associado. As conclusões que se podem retirar a partir dos resultados dos cálculos (4) e (5) já expressam alguma utilidade. Todavia, o que realmente nos interessa saber é se a relação eficácia/custo da Alternativa 1 em relação à Alternativa 0 (situação existente) representa, de facto, um contributo importante para a PO atendendo ao seu custo ou se, de outro modo, será mais vantajoso o investimento na Alternativa 2.

As expressões (6) e (7) quantificam o que acabámos de referir.

$$\frac{E(PO)_1 - E(PO)_0}{\left( \sum_{k=1}^{19} C_k \right)_1} \quad (6)$$

$$\frac{E(PO)_2 - E(PO)_0}{\left( \sum_{k=1}^{19} C_k \right)_2} \quad (7)$$

À semelhança daquilo que mencionámos quando nos referíamos apenas à eficácia das medidas em relação aos objectivos e às estratégias, fundamentado pelas expressões (4) e (5), o mesmo poderá ser feito, por exemplo, quanto à relação entre eficácia/custo das alternativas propostas face a cada objectivo. As expressões (8) e (9) suportam esse cálculo.

$$\frac{E(OB_i)_1 - E(OB_i)_0}{\left( \sum_{k=1}^{19} C_k \right)_1} \quad (8)$$

$$\frac{E(OB_i)_2 - E(OB_i)_0}{\left( \sum_{k=1}^{19} C_k \right)_2} \quad (9)$$

Como é expectável, a variante financeira assume importância neste processo, podendo-se perceber quais as medidas em que o capital é melhor investido.

A análise dos resultados obtidos na aplicação ao edifício que serviu de teste a este estudo é explanada no ponto 8.

### **6.8. Informatização do método**

O presente estudo utilizará a folha de cálculo “Cost\_Effectiveness.xls” desenvolvida pelo Instituto Superior Técnico para o projecto FiRE-TECH. Este suporte informático foi concebido de forma a permitir a introdução dos dados definidos pela CPSCI com a ajuda do método de Delphi, a realização dos cálculos definidos nas equações (1) a (9) e a visualização dos resultados através de gráficos.

O facto de termos a possibilidade de trabalharmos com uma ferramenta informática como a folha Excel, existente na maior parte dos sistemas operativos, significa um acesso mais democrático e tendencialmente universal e permite-nos operar mais facilmente as alterações que se entenderem necessárias, como a inclusão, exclusão ou alteração de medidas, estratégias ou objectivos, de acordo com as características do edifício ou recinto que se pretenda estudar, sempre com base na preservação da vida humana, património, continuação da actividade e ambiente.

## **7. Adaptação da metodologia EC às tipologias de edifícios existentes**

Tratando-se de uma metodologia caracterizada por possuir uma grande versatilidade, abrangendo um largo espectro de opções e considerações, como podemos verificar pela leitura do ponto 3, o EC poderá ser aplicado aos mais variados tipos de edifícios, sem grandes alterações, desde que tomadas algumas precauções relativamente a aspectos que possam constituir particularidade em determinado tipo de estrutura e actividade associada. A título de exemplo, refira-se alguns aspectos a ter em conta na evacuação de edifícios habitacionais, designadamente a relutância com que as pessoas abandonam esses locais (ao contrário do que geralmente acontece nos edifícios administrativos e escolares) ou no que concerne à protecção das pessoas em edifícios hospitalares, quando em algumas circunstâncias de desenvolvimento do fogo não constitui opção a evacuação, em segurança, de pacientes de unidades de tratamento intensivo, cirurgia ou neonatologia, ou então em armazéns de produtos químicos integrados em estabelecimentos comerciais onde a contenção de derrames ou dos efluentes resultantes do combate ao fogo é uma preocupação para a qual uma medida como a construção de bacias de retenção serve de exemplo.

A integração destas particularidades na metodologia é possível, bastando para tal proceder-se a ajustes nos objectivos, estratégias ou medidas, sempre que as características do edifício, conteúdo, envolvente e actividade assim o determinem.

A aplicação do método EC terá apenas em conta os edifícios que possuem regulamentação à luz do quadro legal em vigor. Nesta perspectiva, são considerados os seguintes edifícios e recintos:

- a) Habitacionais;
- b) Estacionamentos;
- c) Administrativos;
- d) Escolares;
- e) Hospitalares;
- f) Espectáculos e reuniões públicas;
- g) Hoteleiros e restauração;
- h) Comerciais;
- i) Desportivos e de lazer.

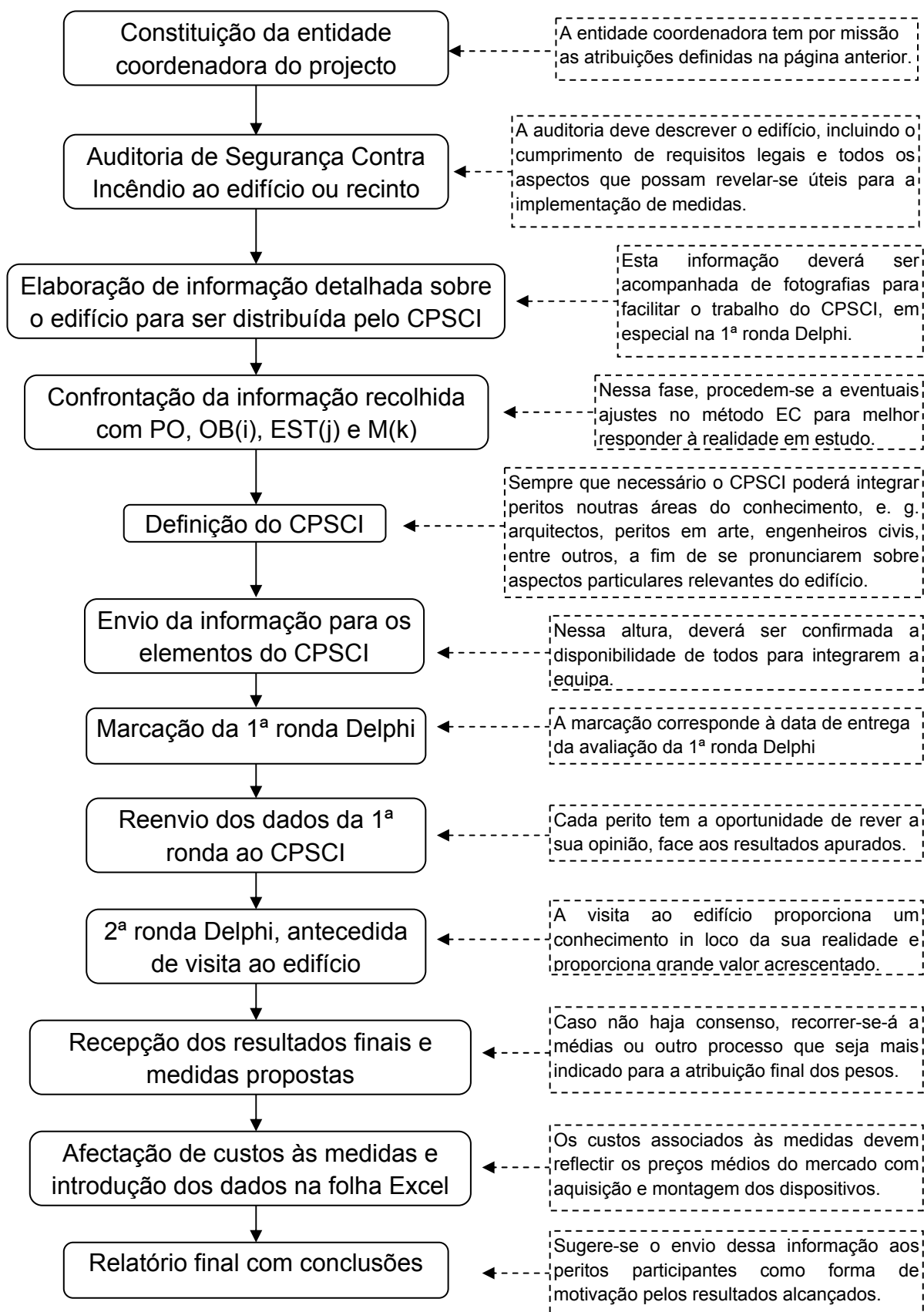
Sob ponto de vista da segurança contra incêndio, as nove tipologias de edifícios consideradas têm aspectos comuns e particulares que resultam da sua configuração e actividade. Ao pretendermos aplicar o método EC a todos os tipos de edifícios e recintos poderá parecer demasiado ambicioso, atendendo também ao facto de apenas ter sido feita uma aplicação prática a um edifício com características próprias e de apenas uma tipologia.

Mas, se analisarmos atentamente o que constitui requisito em matéria de segurança contra incêndio, através da consulta aos regulamentos constantes na legislação vigente sobre esses edifícios, e se compararmos essas exigências com o disposto apenas nas 19 medidas preconizadas no método EC, então podemos facilmente verificar que todos os parâmetros estão lá contidos. Além disso, ao efectuarmos uma auditoria ao edifício para conhecermos as suas potencialidades e fragilidades no âmbito da segurança contra incêndio, estaremos a confrontar a conformidade da estrutura com os requisitos legais estabelecidos para a sua tipologia. Em função desse raciocínio, apenas nos resta aplicar as disposições ao edifício, ajustando, compensando e articulando o que é necessário e possível fazer, uma vez

que se tratam de imóveis existentes com as características do edifício de habitação que serviu de base para a aplicação prática deste estudo. Isto significa que o que é necessário fazer são tomadas de decisão iminentemente políticas, as quais englobam vários critérios e para as quais o método de decisão hierárquica responde com grande sucesso. Nesta tomada de decisões, não devemos descurar a importância da CPSCI e da utilização do método de Delphi, com a variante introduzida neste estudo e no âmbito do projecto FiRE-TECH, pelas razões apontadas. Na sequência do exposto, assume grande importância a metodologia a utilizar em todo esse processo, a qual passamos a explicar.

Antes de mais, deverá ser constituída uma entidade coordenadora do projecto, podendo assumir a figura de um indivíduo apenas, variando de acordo com o número de elementos da CPSCI, edifícios e sua complexidade. Esta entidade terá por missão a constituição da CPSCI, a realização da auditoria de segurança contra incêndio e a calendarização de todo o processo, podendo recorrer a consultas ou a serviços externos para o efeito. Aquando da recepção dos resultados da auditoria, confronta a informação com o método EC, nomeadamente a adequabilidade de Política, Objectivos, Estratégias e Medidas, procedendo aos ajustes necessários. Ainda com base na auditoria, elabora a informação a enviar aos peritos, acompanhada das grelhas para a atribuição de importâncias relativas. Além disso, fica responsável pelos aspectos logísticos associados como o envio e recepção de documentação, compilação e tratamento das avaliações das rondas Delphi e reenvio da informação da 1ª ronda Delphi à CPSCI para reavaliação e preparação da 2ª ronda, repetindo o processo para as rondas subsequentes, se tal for necessário. Por fim, procede à recolha dos resultados finais, acompanhados das medidas propostas, solicita informação sobre os seus custos, procede à introdução dos dados finais na folha de cálculo Cost\_Effectiveness.xls e elabora um relatório com as conclusões. Abaixo, esquematiza-se na globalidade todo o processo, com anotações.

## DIAGRAMA COM A METODOLOGIA A SEGUIR NA IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO EC



Sob ponto de vista da informação, podemos verificar que todo o processo de decisão tem por base os dados proporcionados pela auditoria. Isto significa que deverá haver uma base de trabalho sólida para recolha desses dados e que permita abranger todos os itens que constituem requisito em matéria de segurança contra incêndio, assim como toda a informação que directa ou indirectamente possa contribuir para a redução do risco de incêndio. Este aspecto é tanto ou mais pertinente quando se tratam de edifícios como os que tratamos no método EC porque poderá apontar para soluções alternativas compensatórias que de outro modo poderão não ser equacionadas ou susceptíveis de apreciação. Um exemplo disso ocorreu na aplicação prática deste estudo quando se verificou que existe uma colaboração “de bons vizinhos” entre o posto de segurança e vigilantes afectos ao centro comercial com os moradores das torres, podendo ajudá-los numa ocorrência. Este relacionamento não assume um cariz oficial porque o edifício de habitação não possui vigilância própria, mas constitui um detalhe que poderá contribuir para a redução do risco de incêndio.

No quadro constante no Anexo 7 desenvolvemos uma lista exhaustiva relativa à recolha de informação num edifício com vista à realização de uma auditoria. Numa primeira parte, constam os elementos associados às características do edifício, informação que servirá para o caracterizar em todos os aspectos que possam ser convocados numa análise de segurança contra incêndio. A segunda parte corresponde às condições e medidas de segurança que o edifício possui (incluindo instalações técnicas), todas elas integradas no método EC.

Depois de recolhida a informação, procede-se ao trabalho de auditoria, que confrontará esses elementos com as disposições legais, obtendo-se um resultado final que poderá ser também utilizado numa análise de risco, através dos métodos disponíveis.

Como se pode depreender pela leitura do conteúdo do anexo 7, todos os aspectos a verificar constituem requisito legal. O documento foi elaborado com base na legislação vigente para cada tipo de edifício mas pode ser melhorado com o que o futuro Regulamento Geral de Segurança Contra Incêndio em Edifícios indicar como medida a aplicar, face à análise já desenvolvida com base na proposta aprovada na generalidade em Conselho de Ministros, disponível na sua versão mais recente, datada de 2006.

Todavia, a aplicação do método EC é independente de normas prescritivas, embora as tenha como referência, tal como sucede com as linhas orientadoras (Apêndice 6) para atribuição de pesos, constantes no anexo 6, podendo ou não ser seguidas na totalidade, face às condicionantes constatadas. Como já referimos, o método EC é fundamentalmente uma ferramenta orientada para a tomada de decisão, tendo por base uma determinada informação (auditoria, normas e regulamentos, análise de risco e outros dados) com a qual articula, compensa e adapta aos edifícios existentes as medidas que melhor relação eficácia/custo apresentam para tornarem essa estrutura num lugar com risco de incêndio aceitável.

## 8. Aplicação prática do método EC

A aplicação do método EC foi desenvolvida num edifício de habitação multifamiliar, com uma altura superior a 60 metros, porque se considerou ser uma estrutura que pelas suas características poderia fornecer informação útil sobre segurança contra incêndio no contexto deste trabalho, a saber:

a) Ter sido construído na década de 70/80 do século XX, ao abrigo de legislação pouco exigente em matéria de segurança contra incêndio em edifícios de habitação, havendo naquela época apenas vinte artigos com informação considerada hoje insuficiente, contidos no Regulamento Geral das Edificações Urbanas<sup>8</sup>, publicado no Decreto-lei nº 38 382, de 7 de Agosto de 1951;

b) Insuficiência de medidas de prevenção e protecção contra incêndios implementadas;

c) Escassez de informação difundida aos moradores sobre prevenção contra incêndios e procedimentos de emergência;

d) Constituir um edifício que, pelas características apontadas acima, representa uma preocupação para as entidades que poderão ser chamadas a intervir em caso de incêndio, nomeadamente bombeiros e protecção civil.

Para além desses fundamentos, o tipo de edifício em causa afasta-se consideravelmente das características dos imóveis do património histórico europeu, base em que foi desenvolvido o método EC, razão pela qual se afigura pertinente a sua escolha, com vista a atingir-se os objectivos quanto à generalização do método aos edifícios tipificados existentes em Portugal, sem prejuízo de futuros estudos a realizar noutros imóveis.

---

<sup>8</sup> Vidé Preâmbulo do Decreto-Lei nº 64/90, de 21 de Fevereiro.

Numa primeira etapa, foi efectuado um levantamento sobre a situação existente no edifício de habitação, no que respeita à sua caracterização e condições de segurança. Foi elaborado e distribuído aos elementos da CPSCI um documento com essa informação, constante no Anexo 3, para num prazo de quinze dias se pronunciarem sobre o assunto, com o auxílio das grelhas e do ficheiro “Apêndice 6 – Weighting and Grading”, constantes nos anexos 1 e 2, respectivamente, realizando-se assim a 1ª ronda Delphi.

A 2ª ronda foi imediatamente antecedida por uma visita ao edifício. Uma vez que existem espaços comuns como o piso -2 (parque de estacionamento, sistema de energia de emergência e central de bombagem para serviço de incêndios) e o piso 21 (com dois apartamentos do tipo T3 propriedade daquele estabelecimento comercial), a CPSCI foi acompanhada pelo responsável do condomínio e pelo coordenador de segurança do centro comercial, com vista à consolidação do conhecimento do imóvel e recolha de outros elementos que se entendessem necessários para a atribuição de pesos. A visita revelou-se muito útil porque proporcionou uma noção mais realista acerca do imóvel e suas particularidades, para além de terem sido colocadas questões de grande interesse quanto ao seu funcionamento, em especial no que respeita à segurança contra incêndio. Os aspectos que mereceram mais atenção e que contribuíram para a atribuição de pesos foram:

- a) A compartimentação corta-fogo, porque todos os apartamentos de cada torre são servidos apenas por uma escada que se desenvolve desde o piso zero até ao piso 21, constituindo um vão de grandes dimensões em altura;
- b) O possível envolvimento dos bombeiros nas operações de evacuação, em especial de pessoas de idade avançada, devido à extensão dos percursos a efectuar por escada;

- c) O difícil acesso às fachadas por parte dos bombeiros, dada a dificuldade na aproximação necessária das viaturas para esse tipo de operação, a partir dos acessos disponíveis;
- d) Os meios de extinção de incêndios são constituídos por bocas de incêndio do tipo teatro, guarnecidas com mangueiras flexíveis de 45 mm e agulhetas de ponteira sem possibilidade de regulação de saída de água, instaladas em cada patamar de acesso aos apartamentos e elevadores, equipamento para o qual é necessária formação específica, não sendo por isso considerado meio de 1ª intervenção;
- e) A manutenção dos sistemas, feita de forma irregular, e a inexistência de informação acerca de procedimentos de prevenção e de emergência.

Concluída essa fase, a CPSCI reuniu no mesmo dia e procedeu à reavaliação dos pesos propostos na 1ª ronda, discutindo as diferenças existentes entre os membros e relacionando-as com a informação proporcionada pela visita, tendo-se optado por se atingir decisões por consenso em vez do estabelecimento de médias. Não foram identificadas nem mantidas opiniões extremas que justificassem quaisquer registos em separado, como é prática corrente na aplicação do método de Delphi.

Quanto aos consensos atingidos, um aspecto que nos merece atenção prende-se com a utilização do Apêndice 6 – Weighting and Grading. Esta ferramenta revelou-se um auxiliar importante, embora a prática desenvolvida neste estudo aponte para que a sua utilização não deva ser exclusiva e extensiva a todas as decisões, sob pena de se perder de vista as especificidades próprias do imóvel em estudo. A questão que se levanta tem por base a própria natureza do método EC – um instrumento de decisão aplicável à obtenção de uma boa relação eficácia/custo em segurança contra incêndio – o qual deve ter em conta as necessidades de um imóvel naquela matéria, aplicando,

adaptando e compensando as medidas necessárias para se atingir o objectivo global (PO) face às condicionantes existentes, podendo (ou não) ter como base o estabelecido em regulamentos ou outras directrizes e apoiando-se, sempre que necessário, nos métodos quantitativos ou qualitativos que se entenderem necessários ao estabelecimento de um determinado peso, raciocínio no qual se integra o uso do Apêndice 6. Um dado importante, fruto de um mero acaso, surgiu devido a um problema técnico na recepção, via correio electrónico, por parte de um dos elementos da CPSCI, do referido apêndice, o que o impediu de efectuar atempadamente a 1ª ronda com base naquele documento. O resultado é pertinente e reforça o que acabámos de argumentar. Após a análise comparativa entre os pesos atribuídos na 1ª e 2ª rondas, verificou-se que os dois membros que utilizaram o apêndice viram algumas das suas importâncias relativas alteradas consensualmente quando confrontadas com argumentos directamente ligados à apreciação do edifício apresentados pelo elemento que não usou o referido apêndice, em especial após a visita ao local.

### **8.1. Estabelecimento de medidas**

Após a atribuição de importâncias relativas de todos os parâmetros relativamente ao nível superior, a CPSCI debruçou-se sobre os graus de implementação das medidas para a Alternativa 0 (situação existente), Alternativa 1 (medidas mínimas para se garantir um nível de risco aceitável) e Alternativa 2 (todas as medidas passíveis de serem implementadas). Ao contrário do que aconteceu com a atribuição de pesos, a utilização do Apêndice 6 revelou-se mais útil na graduação das medidas, o que se explica por ser uma ferramenta de aplicação tendencialmente mais técnica. Para além disso, refira-se que o disposto nos regulamentos de

segurança contra incêndio tem alguma expressão nessa fase, servindo de referência para a definição de medidas.

Não foi possível à CPSCI proceder a um juízo mais aprofundado e rigoroso em virtude da falta de elementos disponíveis, nomeadamente plantas à escala, pelo que não foram examinados em pormenor alguns aspectos como áreas, separação de vãos nas fachadas, entre outros. Porém, os membros serviram-se da sua experiência e avaliações no terreno para colmatarem essa lacuna.

## **8.2. Medidas de aplicação preterida**

Tratando-se de um edifício existente, algumas medidas não se afiguram susceptíveis de serem aplicadas, dadas as características construtivas, conteúdo, acessos, ocupação, materiais de construção empregues e envolvente. Essas medidas foram as seguintes:

- **M1** - Reacção ao fogo dos materiais de construção – A parte do edifício referenciada e vistoriada centrou-se nas zonas comuns, não tendo sido visitados os apartamentos. Daquilo que foi visto, apenas foram identificados materiais de construção da classe A1. No entanto, são perceptíveis, do exterior, algumas marquises com tectos em material das classes C e D. Além disso, como não sabemos ao certo quais os materiais que neste momento estão a ser usados dentro dos apartamentos, a CPSCI atribuiu um grau de 0,75 em todas as alternativas, tendo em conta o grau de incerteza resultante da ausência de informação;
- **M2** - Resistência ao fogo da estrutura - O edifício sofreu uma interrupção na sua construção, como atrás referimos, pelo que os materiais de construção ficaram sujeitos a agentes atmosféricos durante um certo período de tempo antes do seu

revestimento final. No entanto, não havendo nada no interior do edifício que nos leve a suspeitar de alguma anomalia (fissuras, deslocamentos ou deterioração), a CPSCI definiu para todas as alternativas o grau 1, considerando tudo conforme e sem necessidade de medidas a implementar. Além disso, pela informação recolhida, todas as paredes estruturais têm uma espessura mínima de 0,2 m e são todas constituídas em blocos de cimento, pelo que devem cumprir com uma resistência de CF180<sup>9</sup>.

- **M6** – Distância entre edifícios vizinhos – O edifício de habitação apresenta um desenvolvimento em altura que lhe permite um grande afastamento das suas fachadas relativamente aos edifícios vizinhos, sendo o mais próximo um imóvel do mesmo complexo que dista cerca de 30 metros. Por esse motivo, foi atribuído em todas as alternativas o grau de implementação 1;
- **M8** - Condições de acesso para os bombeiros – Esta medida contempla o tempo de deslocação dos bombeiros até à chegada ao local e a sua progressão dentro do edifício até chegar ao incêndio. A CPSCI considerou que, embora o tempo de deslocação (num percurso de 3,1 km) seja de cerca de 4 minutos, o tempo de progressão dentro do edifício para se chegar aos pisos superiores seria muito maior (10 a 15 minutos) mesmo que fossem usados os elevadores das torres laterais (lentos e com muitos anos de serviço) e se efectuasse a passagem pelo piso 21 para se chegarem às escadas da torre afectada. Tendo em conta o disposto no Apêndice 6, a CPSCI definiu um grau de 0,8 para todas as alternativas;
- **M11** - Controlo de fumos – Devido às dimensões do vão ocupado pelas escadas, não é tecnicamente viável a implementação de um sistema de pressurização

---

<sup>9</sup> Conforme Coelho, 1998, *Segurança Contra Incêndio em Edifício de Habitação*, Anexo II, p. 245.

que permita contribuir eficazmente para uma evacuação segura ou para o trabalho dos bombeiros. No entanto, cada caixa de escadas possui no seu topo uma clarabóia, comandada a partir do posto de segurança do centro comercial, que se abre através de um motor eléctrico instalado no exterior do edifício, permitindo a desenfumagem, em especial dos pisos superiores. Por esses motivos foi atribuído um grau de 0,4 em todas as alternativas;

- **M13** - Bombeiros privativos ou equipas de 2ª intervenção – A constituição de bombeiros privativos é um aspecto que entendemos não se aplicar a este tipo de edifício. Relativamente a equipas de 2ª intervenção, mesmo que haja um plano de emergência, não entendemos que seja um aspecto a implementar, dado o tipo de ocupação que o edifício possui e a disponibilidade dos seus inquilinos para formação adequada e actuação como equipas estruturadas. Porém, a 1ª intervenção (acção desempenhada por qualquer dos ocupantes face a um incêndio, utilizando os meios de 1ª intervenção como extintores portáteis, bocas de incêndio de carretel ou mangas ignífugas) será de considerar, aspecto que é explorado noutra medida. A CPSCI atribuiu um valor de 0,1 em todas as alternativas porque, de acordo com a informação recolhida, existe um entendimento que designamos de “boa vizinhança” entre as torres de habitação e o centro comercial, havendo a intervenção de um vigilante afecto àquele estabelecimento comercial sempre que solicitado e a propósito de qualquer incidente que se verifique;
- **M14** – Localização e tipo de corporação de bombeiros - O Corpo de Bombeiros Voluntários de Ponta Delgada fica localizado a 3,1 km de distância do edifício e utiliza nesse percurso vias de comunicação que permitem chegar ao local em cerca de 4 minutos. Embora se trate de uma corporação do tipo voluntário, possui

um efectivo misto total de cerca de 140 elementos, dos quais 80 são funcionários a tempo inteiro, a maior parte do quais afectos ao serviço de saúde, funcionando as 24 horas em regime de turnos. Quanto a meios, possui um parque de 26 viaturas - 5 pronto-socorros, 6 autotanques, 1 auto escada de 30 metros, 1 braço articulado de 35 metros, 8 ambulâncias (6 das quais de socorro), 3 de transporte de pessoal e 2 autosapadores (com equipamento de desencarceramento). Para além disso, existe uma estrutura coordenadora ao nível do Serviço Regional de Protecção Civil e Bombeiros dos Açores capaz de mobilizar os meios necessários de outras corporações num curto espaço de tempo para o local (até 30 minutos). Face a essa capacidade de resposta, a CPSCI decidiu por um grau de 0,8 em todas as alternativas por entender que apenas não se trata de uma corporação do tipo sapador ou municipal, com um maior número de efectivos disponíveis e em prontidão para o serviço de combate a incêndios as 24 horas;

- **M18** - Gestão das operações de salvados – A CPSCI decidiu-se pelo grau 0 em todas as alternativas porque entendeu não existirem no edifício objectos que, pela sua natureza ou valor, possam implicar esse tipo de operação.

### **8.3. Medidas preconizadas**

Para o edifício de habitação em estudo, foram definidas pela CPSCI as seguintes medidas:

- **M3** - Resistência ao fogo dos elementos com função de compartimentação – Cada uma das três torres encontra-se compartimentada com uma resistência ao fogo que se considerou ser de pelo menos CF 180 (parede de blocos de cimento maciços de 0,2m), embora não esteja disponível informação adequada. Porém, cada torre possui apenas um espaço comum, constituído pela caixa da escada

que a serve, para a qual todos os apartamentos têm comunicação através de portas em material da classe D, o que configura esse espaço como um único compartimento corta-fogo. A CPSCI decidiu por grau de 0,5 para a alternativa 0 porque toda a zona comum possui uma resistência ao fogo CF180, pelo grau 0,60 para a alternativa 1 com a implementação de portas CF60 nos apartamentos e pelo grau 0,7 na alternativa 2 através a aplicação na entrada para cada torre a partir do centro comercial de portas CF60. Não foi atribuído um valor superior em cada uma das alternativas porque os apartamentos do piso 21 não terão portas corta-fogo porque terão de ter manter uma porta com vidro quebrável em caso de emergência para permitir a passagem entre torres a esse nível;

- **M4** - Dimensão dos compartimentos corta-fogo – Relativamente a cada torre, não existem medidas passíveis de serem aplicadas no que respeita à compartimentação corta-fogo, a não ser o reforço indicado na medida M3. Quantos aos locais de risco agravado de incêndio, identificou-se que metade se encontrava compartimentada, à excepção do espaço localizado no piso -2, ocupado pelo grupo gerador de emergência com respectivo depósito de abastecimento com capacidade de 400 litros de gasóleo, quadros gerais de electricidade, sistema de bombagem para serviço de incêndios e reservatório com capacidade para 130 m<sup>3</sup>. Foi definido um grau de 0,25 para a alternativa 0 e 0,50 para as alternativas 1 e 2, com a implementação de três compartimentos distintos, sendo um para o gerador de emergência e reservatório de combustível, um para os quadros eléctricos gerais e um para o sistema de bombagem de águas do serviço de incêndio junto com o reservatório de água. A CPSCI considerou a dimensão do parque de estacionamento dentro do definido no regulamento próprio, não necessitando de compartimentação;

- **M5** - Características e localização de aberturas nas fachadas – A CPSCI considerou que todas as aberturas nas fachadas se encontram de acordo com as prescrições para um edifício daquela altura, em especial quanto à distância vertical entre elas. Mas, esse dimensionamento pressupõe a utilização de materiais da classe de reacção ao fogo A1 o que não se verifica, uma vez que existe uma grande quantidade de marquises não vedadas ao exterior que possuem tectos falsos em material da classe D. Consequentemente, a função de minimização da propagação do fogo fica falseada pela existência desses materiais. Nesta perspectiva, a CPSCI entendeu não integrar essa questão na medida M1 mas sim aqui, dada a quantidade de situações e à falta de elementos relativos a plantas de corte à escala que permitissem uma melhor avaliação. Foi estipulado um grau de 0,70 para o existente e 1 para as alternativas 1 e 2 com a substituição dos tectos por materiais da classe A1;
- **M7** - Geometria das vias de evacuação – A presente medida foi analisada na sua totalidade à luz do disposto no Apêndice 6. Face ao constrangimento imposto pela existência de uma escada única para todos os apartamentos de cada torre, não se afigura possível qualquer intervenção no sentido de melhorar a configuração do caminho de evacuação existente.

Mas, para efeitos de cálculo nesta medida, o Apêndice 6 tem em consideração a sinalização dos caminhos de evacuação (que entendemos dever estar contida na medida M12 – Sinalização de alarme e emergência), ao invés daquilo que considerámos para esta medida, de acordo com o disposto na alínea g) do ponto 6.4. Todavia, na perspectiva de teste à utilização do Apêndice 6 nesta dissertação, a CPSCI efectuou o cálculo, o qual produziu um grau de 0,23 para a alternativa 0 e de 0,36 para as restantes;

- **M9** - Meios de detecção de incêndios – A detecção de incêndios é, neste momento, apenas humana, podendo haver intervenção da equipa de vigilantes do centro comercial, pelo que a situação inicial obteve um grau de 0,05 e assume um papel determinante na redução do risco de incêndio no edifício. Foi preconizada a instalação de detecção de incêndios com detectores termovelocimétricos ou configuráveis nas cozinhas dos apartamentos para a alternativa 1, obtendo-se um grau de 0,40, e de um detector de fumos ou configurável na sala de cada apartamento para a alternativa 2, ficando definido um grau de 0,60. A determinação destes graus foi feita exclusivamente pelo disposto no Apêndice 6;
- **M10** - Meios de extinção de incêndios – Os meios de extinção existentes reduzem-se às bocas de incêndio do tipo teatro instaladas em cada piso, no patamar de acesso aos apartamentos. Este facto contribuiu para a atribuição de um grau de 0,60 porque foi garantido à CPSCI que a pressão de água disponível é suficiente para a actuação, mesmo ao nível do piso 21, com cerca de 4 kg/cm<sup>2</sup>. Mas, pelas razões já apontadas quanto à utilização desse equipamento por parte dos ocupantes, o pacote de medidas a implementar para as alternativas 1 e 2, com um grau de 0,80, engloba a substituição das bocas de incêndio do tipo teatro por bocas de incêndio de carretel, existindo uma saída adicional com ligação storz para serviço dos bombeiros, a colocação de um extintor de pó químico de 6 kg em cada apartamento e a colocação de uma manta ignífuga nas cozinhas. Não foi atribuído o valor 1 para as alternativas 1 e 2 porque a ocupação diurna dos apartamentos é diminuta e a actuação sobre um fogo poderá revelar-se tardia, mesmo com esses meios disponíveis;
- **M12** - Sinalização de alarme e emergência – Ao ter considerado na medida M7 a sinalização dos caminhos de evacuação e saídas de emergência, pelas razões

apontadas, a CPSCI recomenda a colocação de sinalização fotoluminescente junto aos meios de intervenção instalados nas zonas comuns (escada e hall de cada torre) assim como a sinalização para a interdição do uso dos elevadores em caso de incêndio. Além disso, o edifício não possui qualquer sistema de alarme implementado, para além do contacto via telefone ou por intercomunicador com cada apartamento, a partir do posto de segurança do centro comercial, o que se revela impraticável, tendo em conta os 82 apartamentos. Face ao exposto, foi atribuído o grau 0 para o existente. Dado que todos os ocupantes do edifício possuem telefone móvel e/ou televisão e todos os apartamentos dispõem de intercomunicador com campainha, a CPSCI preconiza para as alternativas 1 e 2 o grau 1, pela implementação, para além da sinalização referida, de um sistema de alarme conjugado com mensagem SMS via GSM e alarme sonoro com utilização das campainhas de cada apartamento (sequência de toques a definir), ao que se seguirá uma mensagem via circuito de TV a todos os utilizadores com instruções sobre o evento e respectivos procedimentos. Esta mensagem é veiculada por um sinal de TV que se sobreporá, através da utilização de moduladores de TV, à emissão de todos os canais, à semelhança dos sistemas utilizados em hotelaria para mensagens de boas vindas. A emissão do sinal é antecedida pelo toque de campainha, a partir de comando próprio no Posto de Segurança e difundido a todos os apartamentos, alertando os ocupantes para ligarem a televisão e recepcionarem as instruções de segurança;

- **M15** - Manutenção dos sistemas de segurança contra incêndio – Esta medida foi baseada no disposto no Apêndice 6, pelo que a situação configurável na alternativa 0 apresenta um grau de 0,26, visto apenas haver manutenção ocasional dos sistemas. Para a alternativa 1 foi calculado o grau 0,86 com a implementação de

serviços de manutenção que permita verificações anuais e o grau 1 na alternativa 2 para os mesmos serviços, mas com periodicidade semestral;

- **M16** - Educação para a prevenção de incêndios – Este aspecto representa um aspecto preponderante na redução do risco de incêndio. Actualmente, o grau de implementação é 0 porque não existe qualquer acção dessa natureza. Para a alternativa 1 preconiza-se a realização de acções de sensibilização em prevenção contra incêndio, resultando num grau de 0,60. Para a alternativa 2, com um grau 1, propõe-se a mesma medida, reforçada com formação no uso de equipamento de 1ª intervenção;
- **M17** - Planos de emergência e respectivo treino – Actualmente, não existe qualquer plano de emergência nem de procedimentos de prevenção e de emergência estipulados, pelo que foi atribuído o grau 0 de implementação na alternativa 0. Para a alternativa 1, com um grau de 0,40, é definida a existência de um plano de emergência implementado, acompanhado de acções de divulgação sobre procedimentos a seguir em caso de emergência. Para a alternativa 2, com um grau de 1, é definido o mesmo plano de emergência, mas acompanhado de treino regular com simulacros ou outros exercícios, prática que tem sido muito mais eficaz do que a existência de um plano que apenas fique no papel e em sessões meramente teóricas;
- **M19** - Fiscalização das condições de segurança – A fiscalização do edifício foi feita até ao momento apenas por visitas esporádicas de responsáveis pelos bombeiros, sobretudo para efeitos de visita de estudo, pelo que nos cálculos referidos no Apêndice 6 apresenta um grau de 0,125 para a alternativa 0. Ainda de acordo com aquele documento, esta medida inclui a fiscalização das condições das instalações técnicas pelo que na alternativa 1, para um grau

calculado de 0,50, aponta-se a implementação de um sistema de auditorias externas para averiguação das condições de segurança do edifício, com periodicidade anual e a verificação das instalações técnicas a cada 3 anos. Para a alternativa 2, com um grau de 0,65, preconiza-se o mesmo que na alternativa 1, sendo ambas as operações de periodicidade anual.

## 9. Análise dos resultados da aplicação prática

Com foi referido ao longo deste trabalho, o método EC apresenta-se como uma ferramenta de decisão quantificada, apoiada no trabalho desenvolvido por uma comissão de peritos (CPSCI), que se serviu do método de Delphi para recomendar um conjunto de medidas de segurança contra incêndio a aplicar ao edifício estudado e definir a importância relativa dessas medidas no contributo para a política de redução do risco de incêndio (PO). Contudo, o estudo não invalida a realização das análises de risco que se entenderem necessárias e pertinentes, como o caso da utilização de árvores de acontecimentos em Ventura *et al* (2005).

Os resultados obtidos são expressos em índices de eficácia e melhoria da eficácia (em percentagem), quer consideradas separadamente, quer relacionadas com cada milhar de euros investidos nas medidas em relação à política e a cada um dos objectivos. Esses dados manifestam-se pertinentes para a tomada de decisão por parte das administrações dos edifícios, nomeadamente na afectação dos recursos financeiros necessários à implementação das medidas preconizadas, tendo por base informação que lhes permite saber antecipadamente quais as áreas em que melhor investirão o seu capital.

A folha Cost-Effectiveness.xls, adiante designada de folha Excel, está concebida de forma a permitir a visualização da informação descrita no parágrafo anterior a partir de gráficos, a maior parte dos quais apresentada no Anexo 8. Existe igualmente a possibilidade de se adicionarem outros gráficos na folha Excel sempre que se entender necessário extrair outro tipo de informação.

Dado que a análise de todos gráficos seria extensa e não contribuiria com valor acrescentado significativo para os objectivos propostos nesta dissertação, entendemos interessante a apresentação e o comentário dos gráficos com

informação relevante, relativamente aos quais possamos retirar algumas conclusões e ficarmos com uma visão mais concreta acerca dos resultados proporcionados pela aplicação do método EC.

Começamos pelo comentário ao gráfico da figura 5 abaixo, relativo ao índice de eficácia de cada medida em relação à política de redução do risco de incêndio, independentemente do seu custo e de forma generalizada.

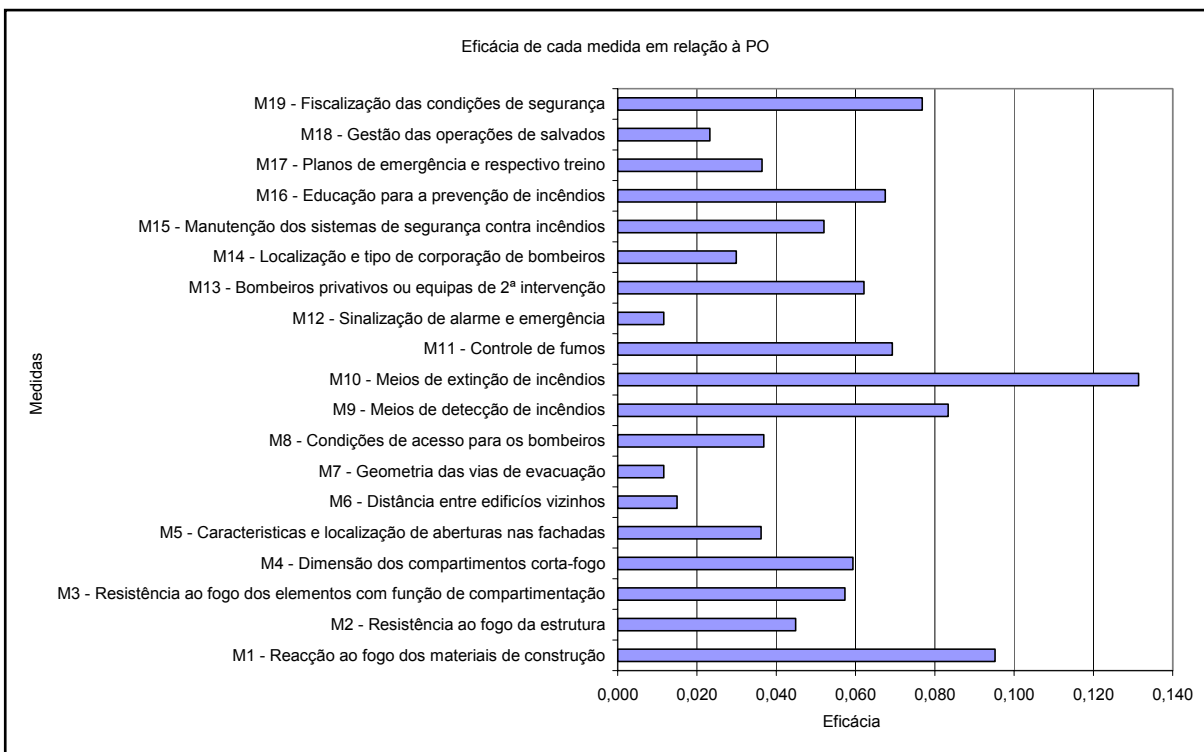


Fig. 5 - Eficácia de cada medida em relação à Política.

Como se pode observar, existem medidas com um índice de eficácia diferenciado relativamente à política, embora não tenhamos uma percepção nítida da importância relativa de cada medida comparativamente às restantes. A folha Excel permite um tratamento de informação versátil sob ponto de vista da sua apresentação, aspecto que é importante com vista a uma análise mais eficiente, facto pelo qual o estabelecimento de uma ordem poderá ser interessante. Na figura abaixo, o mesmo gráfico é apresentado na versão ordenada, sendo possível este tipo de visualização nos restantes gráficos.

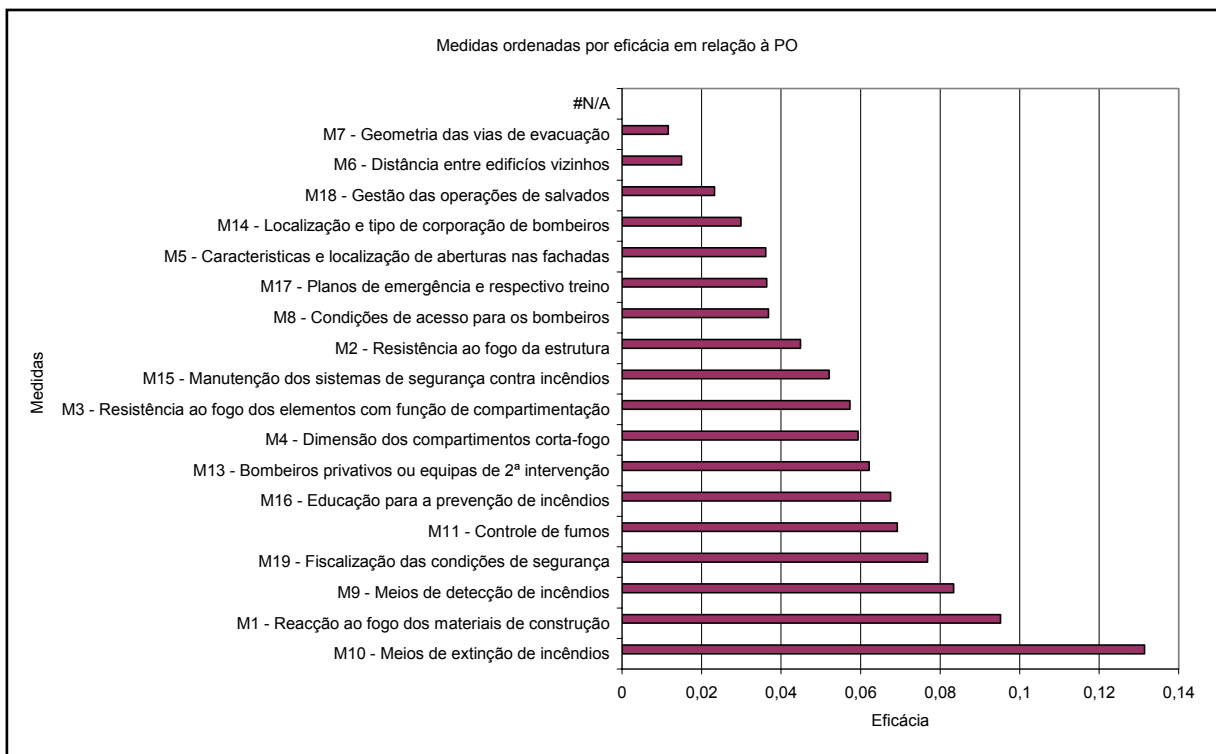


Fig. 6 - Medidas ordenadas por eficácia em relação à Política.

Repare-se que existe uma medida que ficou excluída. Trata-se de M12 – Sinalização de alarme e emergência. Tal facto é considerado nos cálculos da folha Excel como tendo um valor igual ou inferior ao valor mais pequeno apresentado, neste caso a medida M7 – Geometria das vias de evacuação. Nos gráficos seguintes e referência #N/A irá novamente surgir, aplicando-se o que acabamos de expor às medidas que ficarem elididas.

O índice de eficácia  $E$  de cada medida em relação à PO é dado pela expressão (4) e assume um valor entre 0 e 1. Como podemos observar no gráfico da figura 6, algumas das 19 medidas apresentam-se mais eficazes no contributo para a redução do risco de incêndio, das quais podemos realçar os meios de detecção e extinção de incêndios, fiscalização das condições de segurança e a reacção ao fogo dos materiais de construção. Isto não significa que as medidas que apresentam valores mais baixos não deixem de ser implementadas, face aos argumentos apresentados em 8.3. Porém, podemos ficar com uma melhor percepção de quais é que

contribuem mais significativamente para a redução do risco de incêndio, neste caso no edifício de habitação estudado. Além disso, realce-se o facto da educação para a prevenção contra incêndios ter um peso importante no conjunto de todas as medidas, aspecto que reforça a ideia de que o envolvimento e o nível de conhecimento que cada ocupante de um edifício possa adquirir relativamente a essa matéria poderão contribuir para uma redução efectiva do risco de incêndio.

Outra informação passível de ser extraída da folha Excel é a melhoria da eficácia (em percentagem) das medidas em relação à PO e a cada objectivo. O cálculo é efectuado a partir das seguintes expressões:

$$[E(PO)_j - E(PO)_0] \times 100, \quad j=1,2 \quad (10)$$

$$[E(OB_i)_j - E(OB_i)_0] \times 100, \quad j=1,2 \quad (11)$$

Estes dados são importantes quando pretendemos saber quais os ganhos em eficácia das alternativas 1 e 2 relativamente à situação inicial ou alternativa zero. O gráfico abaixo mostra-nos essa relação de forma mais evidente. De realçar a melhoria significativa da eficácia de certas medidas como os planos de emergência, educação para a prevenção e meios de detecção de incêndios considerados na alternativa 2 quando comparados à alternativa 1, facto que poderá ser tido em conta aquando da opção por uma das alternativas para efeitos de implementação.

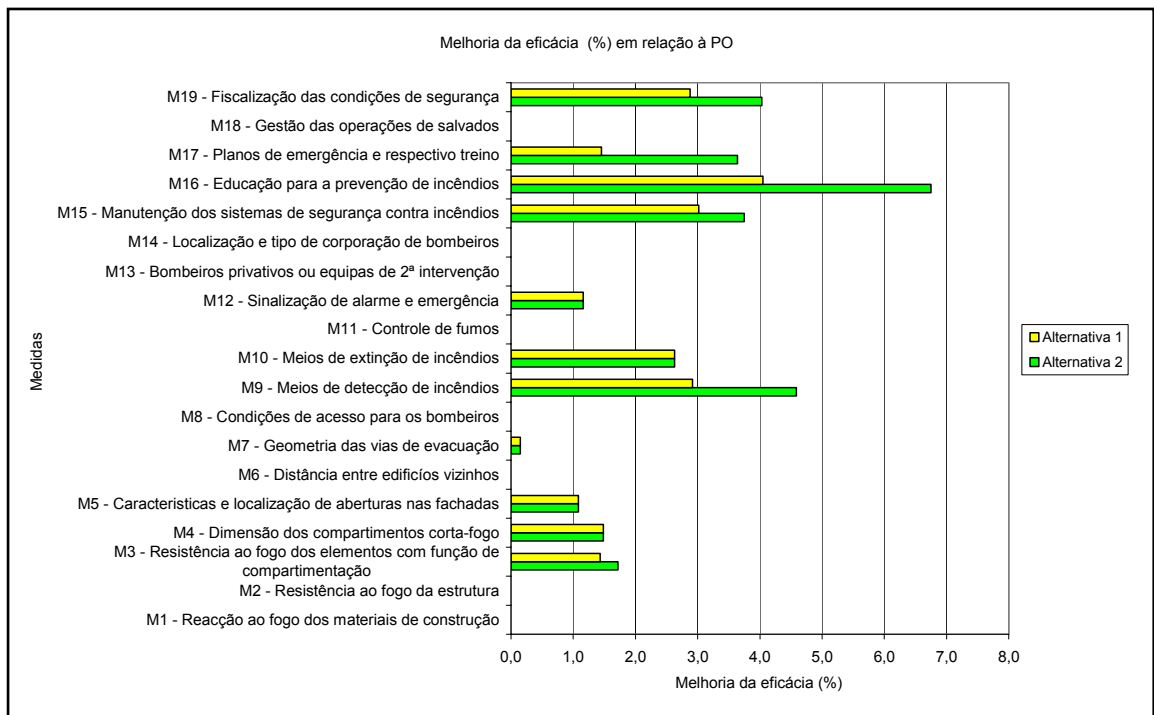


Fig. 7 - Melhoria da eficácia (%) em relação à Política para ambas as alternativas.

Para contextualizarmos o que mencionámos quanto à referência #N/A, os gráficos seguintes apresentam a versão ordenada, neste caso referenciando separadamente os resultados obtidos para as alternativas 1 e 2 e em função da melhoria da eficácia relativamente à política.

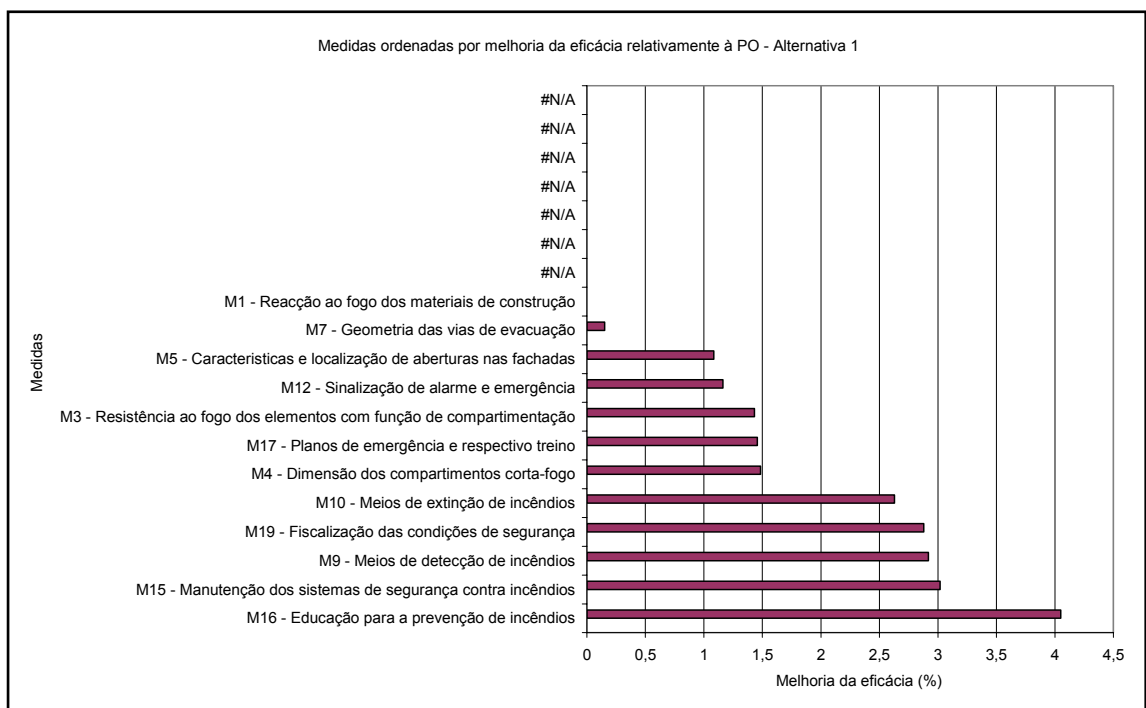


Fig. 8 - Medidas ordenadas por melhoria de eficácia relativamente à Política – Alternativa 1.

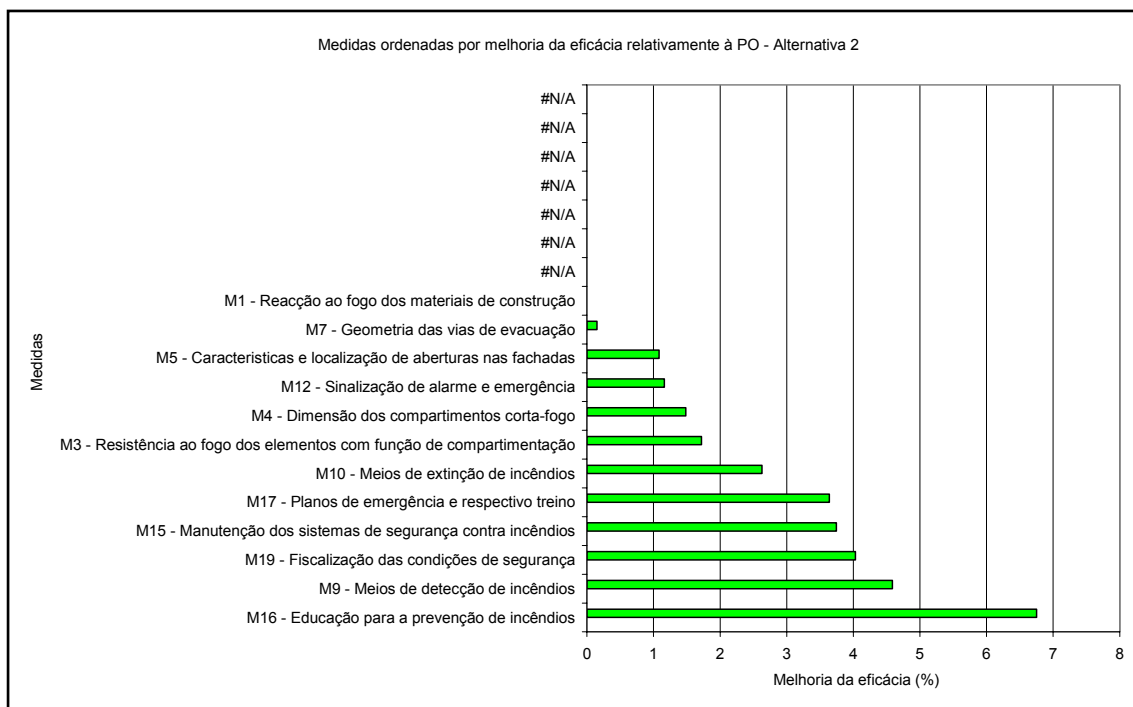


Fig. 9 - Medidas ordenadas por melhoria de eficácia relativamente à Política - Alternativa 2.

A apresentação dos gráficos constantes nas figuras 8 e 9 servem para ilustrar que a informação contida no gráfico da figura 7 pode também ser analisada quando se consideram as alternativas 1 e 2 separadamente.

Ainda relativamente à análise do gráfico da figura 7, convém referir que as organizações, face aos dados que o método EC produz, poderão optar pelas medidas preconizadas na alternativa 1, pelas da alternativa 2 ou mesmo por uma mistura daquelas que se apresentem como melhores soluções para o edifício em causa, desde que superem o definido nas medidas a aplicar na alternativa 1, entendida como mínimo indispensável. Naquele gráfico, para além da medida M16, outras medidas surgem a seguir com melhorias de eficácia significativas, facto a ter em conta, independentemente do custo que envolvem.

Mas, se até agora temos comentado gráficos com aspectos aliados à relação medidas/PO, a folha Excel também permite a visualização da informação relativamente a eficácia de medidas em relação a cada objectivo.

O gráfico seguinte ilustra o que referimos, relativamente ao objectivo 1.

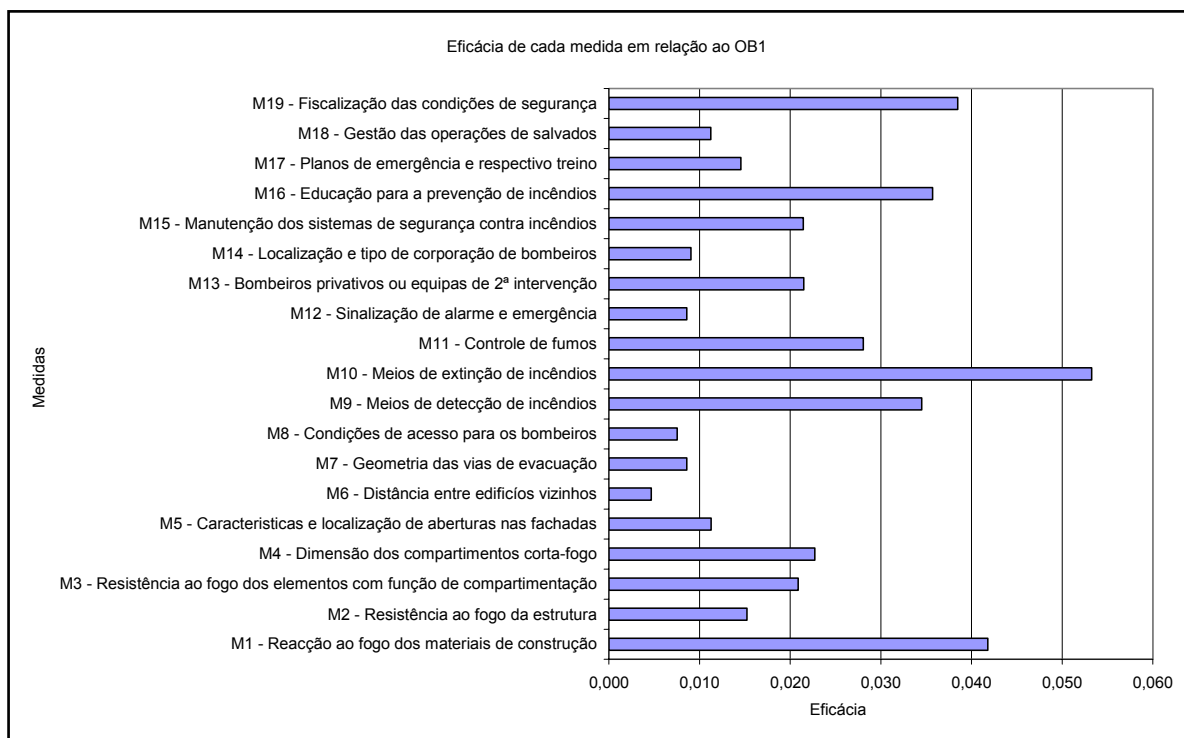


Fig. 10 - Eficácia de cada medida em relação ao OB1 – Protecção dos ocupantes.

A partir no mesmo raciocínio, é possível a observação da melhoria de eficácia:

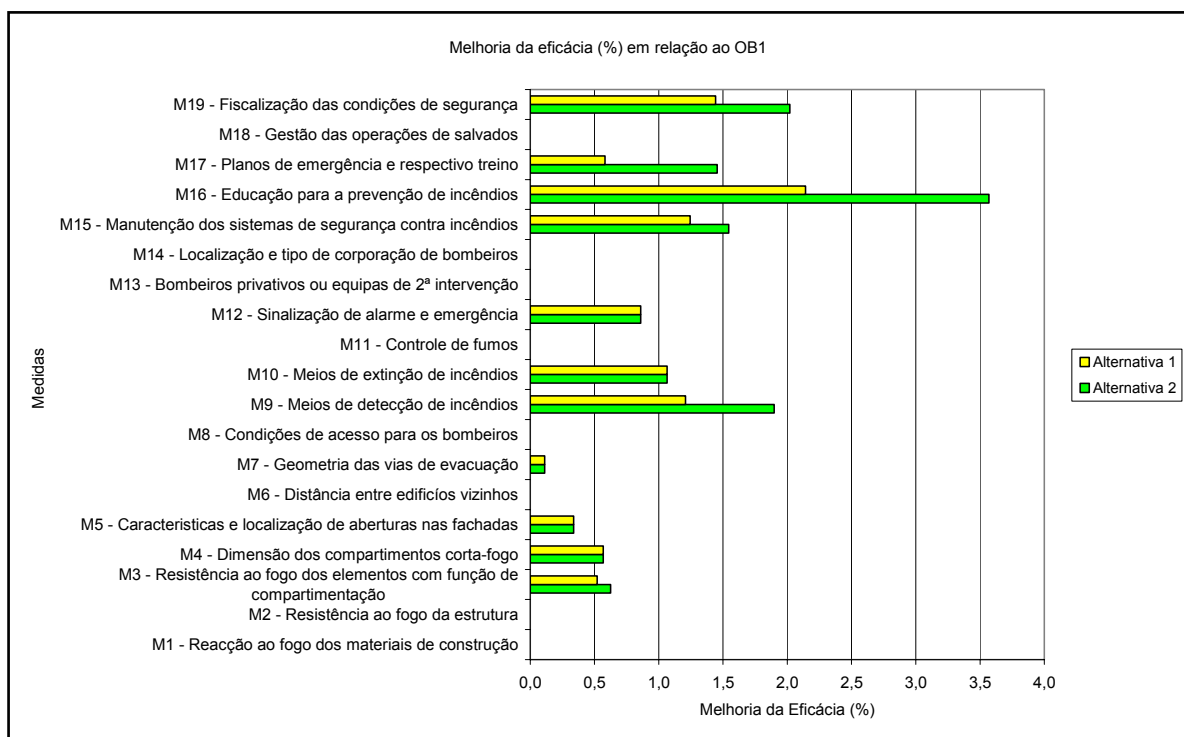


Fig. 11 - Melhoria da eficácia (%) em relação ao OB1 – Protecção dos ocupantes para ambas as alternativas.

Com base na análise do gráfico da figura 11, sendo a preservação da vida o aspecto mais importante em matéria de segurança contra incêndio, note-se que a maior parte das medidas que apresentam melhorias de eficácia superiores são, à parte da detecção de incêndios, a fiscalização de condições de segurança, planos de emergência e treino, educação para a segurança contra incêndio e a manutenção dos sistemas de segurança. A partir da leitura no disposto no Anexo 1 – Pesos, graus de medida, medidas recomendadas e valores do investimento - podemos facilmente verificar que o custo dessas medidas é mais reduzido relativamente a outras, o que não deixa de constituir um dado importante.

Na perspectiva dos custos, refira-se que o método EC proporciona uma leitura da eficácia e melhoria da eficácia das medidas em função de cada milhar de euros investido (kEuro), aspecto igualmente correlacionado com política e com cada objectivo. Considerando ambas as alternativas comparativamente à situação inicial, é possível calcular a eficácia de cada medida em relação à PO pelas expressões (6) e (7), efectuando-se o mesmo raciocínio em relação a cada objectivo pelas expressões (8) e (9). Por seu turno, o cálculo da melhoria da eficácia em relação a cada milhar de euros investido é efectuado para a PO e objectivos, respectivamente, pelas seguintes expressões:

$$\frac{E(PO)_j - E(PO)_0}{\left( \sum_{k=1}^{19} C_k \right)_j} \times 100, \quad j = 1,2 \quad (12)$$

$$\frac{E(OB_i)_j - E(OB_i)_0}{\left( \sum_{k=1}^{19} C_k \right)_j} \times 100, \quad j = 1,2 \quad (13)$$

Os gráficos seguintes exemplificam a visualização dos cálculos efectuados a partir das expressões (12) e (13).

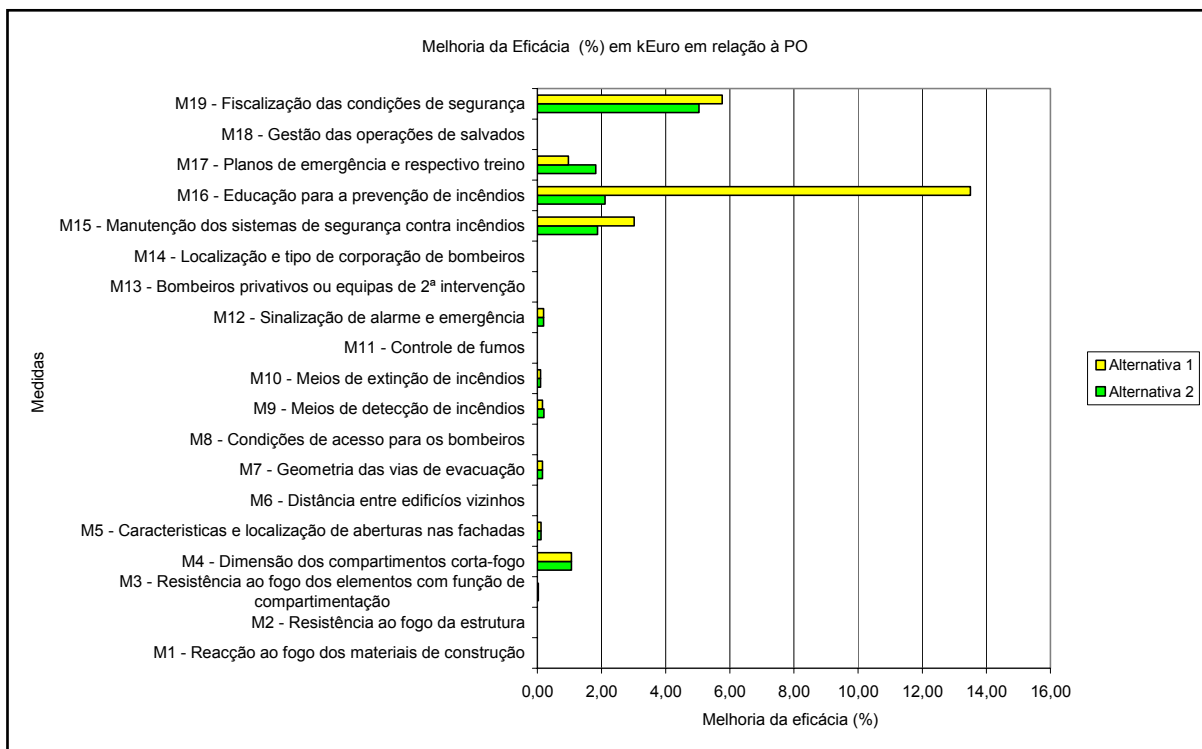


Fig. 12 - Melhoria da eficácia (%) por kEuro em relação à Política em ambas alternativas.

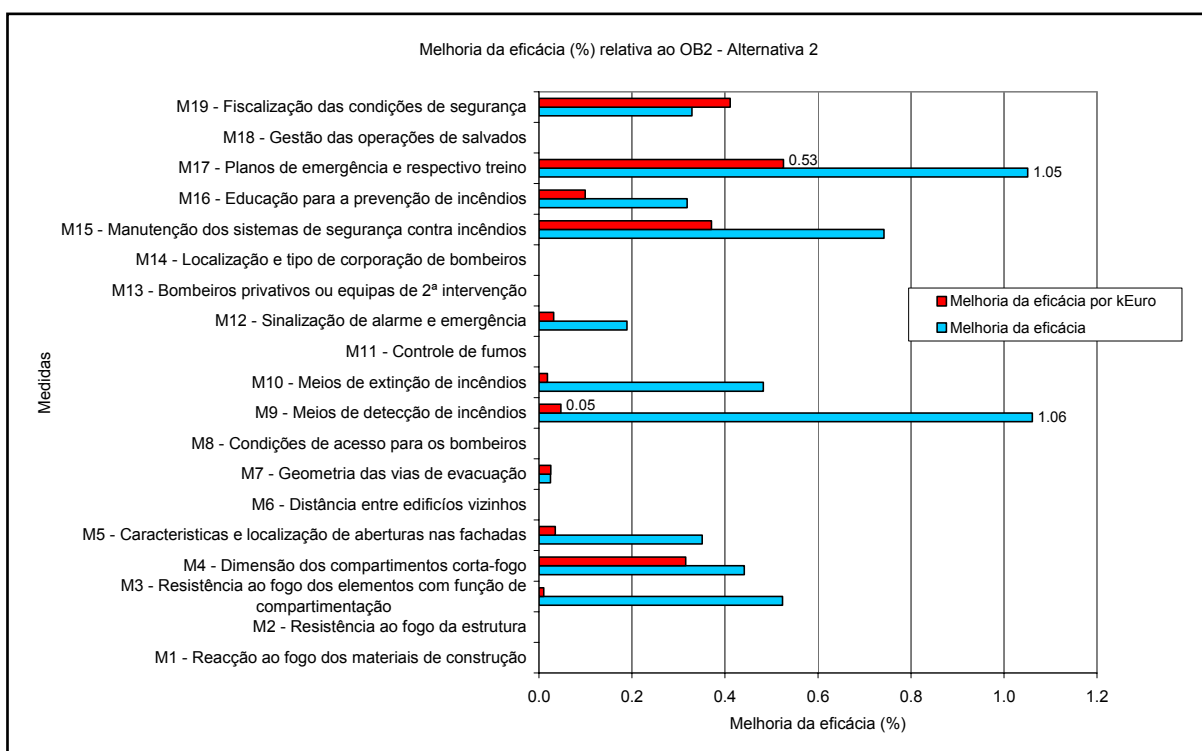


Fig. 13 - Melhoria da eficácia (%) e Melhoria da eficácia por kEuro em relação ao OB2 – Protecção dos bombeiros, ambas relativamente à alternativa 2.

A partir dos gráficos, poderemos obter uma leitura que nos permite saber, para além da melhoria da eficácia, como é que isso se reflecte no capital investido. Se repararmos no gráfico da figura 13, podemos verificar que a melhoria da eficácia na medida M17 – Planos de emergência e respectivo treino - e na medida M9 – Meios de detecção de incêndios - é semelhante (1,051 e 1,061, respectivamente). Porém, se formos comparar, nas mesmas medidas, a melhoria de eficácia por kEuro investido, temos uma melhoria de eficácia na medida M17 de cerca de 10 vezes mais relativamente à medida M9.

Como podemos constatar, existe uma grande variedade de gráficos para efeitos de apresentação de resultados, proporcionando à administração do edifício estudado um leque de opções que visam uma tomada de decisão fundamentada nos dados disponíveis.

Acrescente-se ainda que a variação na atribuição de apenas um ou outro parâmetro não é suficiente para que se verifique uma alteração minimamente significativa nos valores obtidos, facto que foi verificado no trabalho desenvolvido com a utilização da folha Cost-effectiveness.xls.

Feita a apresentação e alguns comentários acerca da informação produzida pela folha Excel, cabe-nos concluir acerca das medidas que melhor se perfilam para a prossecução da política de redução do risco de incêndio. Deste modo, e considerando o gráfico da figura 6 e tendo em conta as medidas de aplicação preterida descritas no ponto 8.2, as medidas que se apresentam mais eficazes são:

- 1º - M10 - Meios de extinção de incêndios;
- 2º - M9 - Meios de detecção de incêndios;
- 3º - M19 - Fiscalização das condições de segurança;

- 4º - M16 - Educação para a prevenção de incêndios;
- 5º - M4 - Dimensão dos compartimentos corta-fogo;
- 6º - M3 - Resistência ao fogo dos elementos com função de compartimentação;
- 7º - M15 - Manutenção dos sistemas de segurança contra incêndios;
- 8º - M17 - Planos de emergência e respectivo treino;
- 9º - M5 - Características e localização de aberturas nas fachadas;
- 10º - M7 - Geometria das vias de evacuação;
- 11º - M12 - Sinalização de alarme e emergência (com valor não significativo).

Como podemos verificar, as medidas ordenadas em função da sua eficácia são a totalidade das medidas preconizadas no ponto 8.3. Para melhor nos elucidarmos acerca da sua pertinência, vamos analisar esses resultados no âmbito da melhoria da eficácia. Recorrendo ao gráfico da figura 7, existe um conjunto destacado de medidas que apresentam uma melhoria da eficácia mais significativa. De forma ordenada, as medidas M16, M9, M19, M15, M17 e M10 são as consideradas.

Atendendo, por último, ao gráfico da figura 12, as medidas que apresentam uma melhoria de eficácia por cada milhar de euros investido em relação à PO são a M16, M19, M15 e a M17, o que significa que são aquelas em que o capital investido possui um melhor retorno.

Face ao exposto, considerando a relação Medidas/PO, as medidas de segurança contra incêndio a implementar no edifício em estudo, que apresentam maior eficácia, são as seguintes:

- Quanto à eficácia e melhoria da eficácia em relação à PO:
  - M10 - Meios de extinção de incêndios (alternativa 1);

- M9 - Meios de detecção de incêndios (alternativa 2).
- Quanto à melhoria da eficácia e melhoria da eficácia por cada KEuro em relação à PO:
  - M16 - Educação para a prevenção de incêndios (alternativa 2);
  - M19 - Fiscalização das condições de segurança (alternativa 2);
  - M17 - Planos de emergência e respectivo treino (alternativa 2);
  - M15 - Manutenção dos sistemas de segurança contra incêndios (alternativa 2).

Nota: Embora os resultados indiquem que a melhoria de eficácia por kEuro investido seja nitidamente superior para a alternativa 1, optámos pela alternativa 2 nestas medidas por ser o conjunto que envolve um esforço financeiro substancialmente inferior comparativamente a outras medidas como a M9, M10, M3 ou a M12.

De acordo com os requisitos actuais no âmbito da organização de emergência num edifício, podemos englobar as medidas M17, M19 e M15 num único conjunto, uma vez que o tipo de edifício em causa integra esse tipo de medidas no capítulo da prevenção integrado no plano de emergência interno, para além das disposições e procedimentos em matéria de emergência propriamente dita.

## 10. Conclusões

O método EC, utilizado em primeira instância no projecto FIRE-TECH e posteriormente numa aplicação experimental no edifício Grandela após o incêndio do Chiado de 1988 (Ventura *et al*, 2005), poderá constituir, pelo que dissertámos ao longo deste trabalho, uma ferramenta muito importante de apoio à decisão quando estiverem em causa edifícios existentes e com reduzidas medidas de segurança contra incêndio implementadas, como foi demonstrado na aplicação prática efectuada. Para tal, foram desenvolvidos alguns aspectos que entendemos ser importantes e que constituem inovação relativamente à metodologia original, para além da aplicação prática a um edifício de habitação, ou seja, de uma tipologia diferente dos imóveis do património cultural para os quais o método foi concebido.

Na estrutura do método EC foi introduzida mais uma estratégia, a partir do desdobramento da Estratégia 5 original – “Limitar as consequências dos produtos resultantes do incêndio”. Deste modo, a Estratégia 5 passou a ser designar-se “Limitar os efeitos dos produtos extintores no edifício ou recinto” e a Estratégia 6 “Limitar os efeitos dos produtos resultantes do incêndio”. A introdução desta alteração permite uma melhor articulação destas estratégias com os objectivos, em particular com o Objectivo 6 – Protecção do ambiente.

Com o intuito de alargar o âmbito de aplicação do método EC a outros tipos de edifícios diferentes dos do património cultural, a descrição de objectivos, estratégias e medidas integrou alguma informação que entendemos útil em relação a ocupantes, bombeiros e actividades afectas a edifícios e recintos. Ainda no âmbito da informação, concebemos e integrámos uma lista de verificação (constante no anexo 7) para recolha de dados de um edifício para posterior envio ao conjunto de peritos (como a informação constante no anexo 3), no seguimento de uma

preocupação expressa no texto original que apontava para o cabal conhecimento de todos os aspectos de segurança contra incêndio do edifício a estudar, por parte dos elementos intervenientes na aplicação do método de Delphi. Aliás, a informação detalhada sobre o edifício a estudar é determinante em todo o processo, contribuindo na totalidade para a definição de pesos e determinação de graus de medida. Fruto da aplicação do método EC, é possível a obtenção de uma perspectiva global quantificada de todos os factores que possam concorrer para a redução do risco de incêndio num edifício, assim como a aquisição de informação relevante acerca da estrutura, concretamente das suas fragilidades e potencialidades.

Por fim, uma das inovações que entendemos ser interessante consistiu na concepção de uma metodologia para a organização de todo o processo, na perspectiva da implementação prática do método EC. Para tal, foi desenvolvido um diagrama, constante na página 64, com a sequência de todas as etapas pelas quais se orienta o processo, desde a constituição da entidade coordenadora do projecto até ao relatório final com conclusões.

No que respeita a conclusões propriamente ditas, é possível a aplicação, sem constrangimentos, do método EC a um edifício de habitação. Pelo conhecimento que dispomos de outras estruturas de natureza e actividade diferentes, acreditamos que a aplicação também seja possível e que os resultados possam igualmente ser positivos, embora a experimentação no terreno seja necessária para que tal conclusão se retire sem margem para dúvidas. Quanto aos resultados, as medidas foram definidas a partir dos dados extraídos da folha Excel e permitem-nos concluir que o investimento na formação e sensibilização dos indivíduos para as questões da segurança contra incêndio poderá ser determinante na redução efectiva do risco de incêndio.

Outro aspecto não menos importante revela-se na forma simples como são identificadas as medidas que possuem uma melhor relação eficácia/custo, muitas delas com efeitos surpreendentes quando relacionadas com o investimento reduzido que implica a sua implementação. Essas medidas, embora algumas delas possam, à primeira vista, parecer insuficientes ou diminutas, devem ser consideradas no seu conjunto e no contributo que o seu somatório introduz na redução do risco de incêndio, face às condicionantes passíveis de serem identificadas em edifícios já construídos. O resultado será sempre mais significativo do que a situação inicial.

Face à análise efectuada ao edifício de habitação, aos resultados obtidos e à forma como podem ser disponibilizados, ficou patente a grande versatilidade e adaptabilidade do método, podendo-se apresentar como uma metodologia com potencial para aplicações mais diversificadas. Aliás, podemos considerar tanto ou mais pertinente e oportuna a aplicação do método EC noutros edifícios existentes afectos ao comércio ou a serviços, para além do património cultural e dos edifícios de habitação, face à necessidade e obrigatoriedade de implementação de medidas de segurança contra incêndio integradas no âmbito da aplicação de normas da higiene, saúde e segurança no trabalho.

Finalmente, gostaríamos de registar que o método EC deverá continuar a ser alvo de estudo e aperfeiçoamento, concretamente com a sua aplicação experimental a outros tipos de edifícios e com melhorias na folha Excel, em especial na disposição da introdução dos dados e na disponibilização de gráficos.



## BIBLIOGRAFIA e REFERÊNCIAS

CABRITA NEVES, I., VENTURA, J., VALENTE, J., (2005) Medidas de Segurança Contra Incêndio do Património Cultural: Um método para a quantificação da sua eficácia e identificação de prioridades, Relatório Interno, Instituto Superior Técnico, Lisboa.

CUHLS, Kerstin; GRUPP, Hariolf, (2000) Germany: national foresight approaches. In: International Seminar Foresight Studies on Science and Technology: International Experiences, Brasília.

Fire Risk Evaluation To European Cultural Heritage (2006) Working Group 6, Fire Risk Assessment Methods – final report, FiRETECH Project.

GORDON, T. J., (1994), The Delphi Method, 33p., summary paper, AC/UNU Millennium Project, 1994.

GUERRA, António Matos (2007), *Caderno de Fenomenologia da Combustão e Agentes Extintores – Princípios Básicos*, Escola Nacional de Bombeiros, 2ª Ed., Sintra.

GUERRA, António Matos, COELHO, José Augusto e LEITÃO, Ruben Elvas (2006), *Fenomenologia da combustão e extintores*, Escola Nacional de Bombeiros, 2ª Ed. Sintra.

INTERNATIONAL FIRE SERVICE TRAINING ASSOCIATION (2001) *Essentials of Fire Fighting*, Boards of Regents, Oklahoma State University, 4ª Ed.

KANG, D., DAVIS, L. K., HUNT, P., KRIEBEL, D. (2008) Cancer Incidence among Male Massachusetts Firefighters, 1987-2003, *American Journal of Industrial Medicine* 51, pp. 229 - 335.

LOSTETTER, Maria Öhlin, BREUNESE, Arnoud (2005), Fire safety aspects in cultural heritage – a case study in historical Delft, *HERON*, Vol. 50, No 4.

REGULAMENTO DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO EM EDIFÍCIOS, proposta aprovada na generalidade no Conselho de Ministros em 25 de Janeiro de 2007.

SAATY, Thomas L. (1990) "How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process". *European Journal of Operational Research*, North Holland, vol. 48, p. 9-26.

SIEMENS (2007), Fire Safety Guide, Siemens Switzerland Ltd.

VANDEVELDE, P. (Coord.), (2005), Fire Risk Evaluation To European Cultural Heritage, Decision Supporting Procedure - User Guide, Department of Flow, Heat and Combustion Mechanics, Ghent University.

VENTURA, J., CABRITA NEVES, I., VALENTE, J., (2005), Avaliação do Risco de Incêndio do Edifício Grandela na Situação Imediatamente Anterior ao Incêndio do Chiado, *in* Análise e Gestão de Riscos, Segurança e Fiabilidade (Volume I), Ed. Salamandra, Lda., Lisboa, pg. 281.

Legislação consultada:

Decreto-Lei nº 426/89 de 6 de Dezembro.

Decreto-Lei nº 64/90 de 21 de Fevereiro.

Decreto-Lei nº 66/95 de 8 de Abril.

Decreto-Lei nº 167/97 de 4 de Julho.

Decreto-Lei nº 168/97 de 4 de Julho.

Decreto-Lei nº 317/97 de 25 de Novembro.

Decreto-Lei nº 410/98 de 23 de Dezembro.

Decreto-Lei nº 414/98 de 31 de Dezembro.

Decreto-Lei nº 409/98 de 23 de Dezembro.

Decreto-Lei nº 305/99 de 6 de Agosto.

Decreto-Lei nº 368/99 de 18 de Setembro.

Decreto-Lei nº 55/2002 de 11 de Março.

Decreto-Lei nº 309/2002 de 16 de Dezembro.

Decreto Regulamentar nº 34/95 de 16 de Dezembro.

Decreto Regulamentar nº 10/2001 de 7 de Junho.

Portaria nº 1063/97 de 21 de Outubro.

Portaria nº 1064/97 de 21 de Outubro.

Portaria nº 1299/2001 de 21 de Novembro.

Portaria nº 1275/2002 de 19 de Setembro.

Portaria nº 1276/2002 de 19 de Setembro.

Portaria nº 1444/2002 de 7 de Novembro.

Resolução do Conselho de Ministros nº 31/89 de 15 de Setembro.

Páginas na Internet:

CÂMARA MUNICIPAL DE PONTA DELGADA, Sigweb, consultada a 2008-06-09 em <http://sigweb.mpdelgada.pt/geoportal/GeoPortal/MapForm.aspx?WMID=35&width=756&height=484>.

GOOGLE EARTH, consultada em 2008-05-12, aplicação informática *online*.

Outras fontes:

INFANTE, José Fernando dos Santos, Administração do Centro Comercial Solmar, comunicação privada.

MATOS, Caetano, Administração do condomínio do edifício de habitação, comunicação privada.

PEIXOTO, Luís, Televés – Electrónica Portuguesa, Lda, comunicação privada.

SILVA, Hélder, Gecite – Consultores de Engenharia, Lda, comunicação privada.