

SISTEMAS FIXOS DE EXTINÇÃO DE INCÊNDIO POR AGENTES GASOSOS

DANIEL ANTÓNIO REGO DA SILVA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientador: Professor Engenheiro João Lopes Porto

JANEIRO DE 2010

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2009/2010

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2009/2010 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2009*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

À minha família

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer a todas as pessoas que tornaram possível o desenvolvimento deste trabalho. Gostaria de expressar a minha especial gratidão:

- Ao orientador, Professor Engenheiro João Lopes Porto, pelo trabalho de orientação desta dissertação, pelo seu interesse e disponibilidade, pelos comentários oportunos, pela correcção pormenorizada dos textos e pelos sábios ensinamentos que me transmitiu nas várias reuniões;
- À Sepreve, na pessoa do Engenheiro António Fernandes, pelo apoio técnico em projecto e aconselhamento bibliográfico;
- À ADT, na pessoa do Engenheiro Domingos Fernandes, pelas informações e catálogos fornecidos relativos aos gases químicos;
- Ao Engenheiro Pedro Pequito pela informação teórica prestada;
- À Tecnisis, na pessoa do Engenheiro Carlos Neves pela motivação para a temática dos micro ambientes;
- Aos colaboradores das empresas Torção-E-Engenharia Civil LDA. e Ohm-e-Gabinete de Engenharia Electrotécnica pelo auxílio técnico, essencialmente na área de concepção gráfica;
- À minha família e amigos pelo apoio, estímulo e compreensão demonstrados ao longo destes meses de intenso trabalho.

Obrigado,

Daniel Silva

RESUMO

O estudo dos sistemas fixos de extinção de incêndio por agentes gasosos no interior de edifícios constitui o desenvolvimento da dissertação que se apresenta. A questão ambiental envolve todo o trabalho.

No primeiro capítulo fez-se um estudo teórico envolto à temática do fogo. Foram também abordados regulamentos e normas, assim como os protocolos ambientais intervenientes.

O capítulo seguinte descreve os sistemas fixos de extinção de incêndio para protecção de bens. Expõem-se os agentes extintores, os meios de extinção, as características dos diferentes sistemas e a descrição dos dispositivos de utilização. Em suma, os dois capítulos iniciais servem para cultivar o foro teórico e dissipar certas dúvidas que poderão surgir ao longo do restante texto.

O terceiro capítulo inicia o assunto dos gases propriamente dito, tendo-se descrito os agentes gasosos limpos e estabelecido uma ponte entre o passado e o presente. Expuseram-se aí os gases químicos, os gases inertes e o dióxido de carbono.

Apresentados os agentes gasosos, o capítulo quatro contém os sistemas fixos de extinção de incêndio por estes agentes extintores para micro, médios e macro ambientes. Estão aqui expostas as suas características, os tipos de aplicação e as descrições técnicas, recorrendo a textos explicativos e a esquemas elucidativos.

No capítulo cinco surge a implementação em projecto de um sistema fixo de extinção de incêndio por IG-55 num compartimento destinado a um arquivo histórico de um museu. Apresentou-se a obra em análise, assim como o seu enquadramento legal. Posteriormente justificou-se a escolha do agente extintor, as características do sistema a implementar e procedeu-se ao dimensionamento da rede.

No capítulo seguinte, apresenta-se um balanço económico, a comparação entre as várias alternativas e o método de escolha dum agente extintor gasoso para um sistema fixo de extinção de incêndio.

Termina-se o presente trabalho com as considerações finais confinadas às conclusões atingidas, assim como aos possíveis desenvolvimentos futuros.

PALAVRAS-CHAVE: Ambiente, Gases, Incêndio, Protecção, Sistemas.

ABSTRACT

The following dissertation refers to the study of fixed fire extinguishing systems by gaseous agents inside buildings. The environmental issue covers the entire work.

Chapter one is based on a theoretical study regarding the theme of fire. There are also references to regulations and standards, as well as to the environmental protocols involved.

Chapter two describes the fixed fire extinguishing systems for the protection of properties. Other topics include: the extinguishing agents, the ways of extinguishing, the characteristics of different systems and the description of the devices in use. In short, the two opening chapters aim at exposing the theoretical scope of the study and to clarify certain doubts that may arise over the text.

Chapter three focuses on the subject of the gases themselves. It includes the description of the clean gaseous agents and establishes a bridge between the past and present, the explanation of the chemical gases, the inert, and the carbon dioxide.

Chapter four contains the subjects of fixed fire extinguishing by gaseous agents in micro, mediums and macro environments. Here, we analyse the system's characteristics, the types of application and the technical descriptions, using explanatory texts and outlines.

In chapter five, we can observe the actual project of a fixed fire extinguishing system by IG-55 in a compartment for a historical archive of a museum. The building in case is presented, as well as its legal framework. Later on, the choice of extinguishing agent and the characteristics of the system were justified and then the network designed.

The following chapter presents an economic study, the comparison between the various alternatives and the method of choice of a gaseous extinguishing agent for a fixed fire extinguishing system.

The present work finishes with final conclusions, as well as with possible future developments.

KEYWORDS: Environment, Gases, Fire, Protection, Systems.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v

1. CAPÍTULO 1 – GENERALIDADES	1
1.1. INTRODUÇÃO	1
1.2. FÍSICA E QUÍMICA DO FOGO	2
1.2.1. TRIÂNGULO E TETRAEDRO DO FOGO	2
1.2.2. FOCOS DE IGNIÇÃO	4
1.2.3. PONTOS DE TEMPERATURA	4
1.2.4. FORMAS DE PROPAGAÇÃO	4
1.2.5. CLASSES DE FOGO	5
1.3. REGULAMENTAÇÃO, NORMAS E PROJECTO	5
1.3.1. ENTIDADES PORTUGUESAS RESPONSÁVEIS PELA SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO	5
1.3.2. REGULAMENTAÇÃO	6
1.3.3. NORMAS	9
1.4. CONSIDERAÇÕES AMBIENTAIS	10
1.4.1. VISÃO GLOBAL	10
1.4.2. PROTOCOLO MONTREAL	11
1.4.3. PROTOCOLO DE KYOTO	11

2. CAPÍTULO 2 – PANORÂMICA GERAL SOBRE OS VÁRIOS SISTEMAS DE EXTINÇÃO	13
2.1 GENERALIDADES	13
2.2. MÉTODOS DE EXTINÇÃO	14
2.3. AGENTES EXTINTORES	15
2.4. MEIOS DE EXTINÇÃO	15
2.5. CARACTERIZAÇÃO DOS DIFERENTES SISTEMAS	17
2.6. DISPOSITIVOS DE UTILIZAÇÃO	17

3. CAPÍTULO 3 – AGENTES LIMPOS DE EXTINÇÃO	19
3.1. GENERALIDADES	19
3.2. AGENTES LIMPOS ACTUAIS	21
3.3. GASES QUÍMICOS	24
3.3.1. HFC-227EA	24
3.3.2. HFC-125	26
3.3.3. HFC-23	27
3.3.4. HFC-236FA	29
3.3.5. FK-5-1-12	30
3.4. GASES INERTES	32
3.4.1. IG-01	33
3.4.2. IG-100	34
3.4.3. IG-541	35
3.4.4. IG-55	39
3.5. DIÓXIDO DE CARBONO	41
3.5.1. FACTOS HISTÓRICOS	41
3.5.2. CARACTERÍSTICAS	43
4. CAPÍTULO 4 – SISTEMAS FIXOS DE EXTINÇÃO DE INCÊNDIO POR AGENTES GASOSOS	47
4.1. MÉDIOS E MACRO AMBIENTES	47
4.1.1. CARACTERÍSTICAS E FUNCIONAMENTO DO SISTEMA	47
4.1.2. TIPOS DE APLICAÇÕES	50
4.1.3. ENQUADRAMENTO LEGAL	52
4.2. MICRO AMBIENTES	53
4.2.1. GENERALIDADES	53
4.2.2. DESCRIÇÃO TÉCNICA	55
4.2.3. SISTEMA DE ACTUAÇÃO DIRECTA	55
4.2.4. SISTEMA DE ACTUAÇÃO INDIRECTA	57
5. CAPÍTULO 5 – APLICAÇÃO PRÁTICA EM PROJECTO	61
5.1. APRESENTAÇÃO DO PROJECTO	61
5.2. ESCOLHA DO AGENTE EXTINTOR	62

5.3. CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA.....	63
5.3.1. CILINDROS.....	63
5.3.2. TUBAGENS	65
5.3.3. DIFUSORES	67
5.4. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA	67
5.4.1. QUANTIDADE DE AGENTE GASOSO NECESSÁRIO	67
5.4.2. CÁLCULO DO NÚMERO DE CILINDROS	69
5.4.3. QUANTIDADE E POSICIONAMENTO DOS DIFUSORES	70
5.4.4. DESENHO DO TRAÇADO DA TUBAGEM	73
5.4.5. DEFINIÇÃO DO TIPO DE COMANDO DO SISTEMA	76
5.4.6. COMANDOS ASSOCIADOS	76
5.4.7. QUANTIFICAÇÃO E POSICIONAMENTO DE PRÉ-ALARMES E ALARMES NECESSÁRIOS	77
5.4.8. DETECTORES DE INCÊNDIO E ÁREAS DE VENTILAÇÃO	78
5.4.9. SOBREPOSIÇÕES EM PLANTA	80
 6. CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES ECONÓMICAS E COMPARATIVAS.....	 81
6.1. BALANÇO ECONÓMICO	81
6.1.1. ENQUADRAMENTO AMERICANO.....	81
6.1.2. PANORAMA PORTUGUÊS	83
6.2. COMPARAÇÃO ENTRE AS VÁRIAS ALTERNATIVAS.....	85
6.2.1. GERAL	85
6.2.2. PESO	86
6.2.3. TEMPO DE PERMANÊNCIA NA ATMOSFERA.....	88
6.2.4. GWP	89
6.2.5. NOAEL.....	90
6.2.6. COMPARAÇÃO FINAL	90
 7. CAPÍTULO 7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	 93
7.1. VANTAGENS E DESVANTAGENS	93
7.2. PERSPECTIVAS SOBRE A UTILIZAÇÃO DOS GASES LIMPOS	94
7.3. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS.....	95

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 97

ANEXOS 101

ANEXO A1. ORÇAMENTO ADT PARA IG-541 (INERGEN) A.1

ANEXO A2. ORÇAMENTO ADT PARA FK-5-1-12 (NOVEC 1230) A.6

ANEXO A3. ORÇAMENTO SEPVE PARA HFC-227EA (FM-200) A.7

ANEXO A4. ORÇAMENTO SEPVE PARA IG-55 (PROINERTE) A.8

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1.1 – Triângulo do fogo [1]	2
Figura 1.2 - Tetraedro do fogo [15]	3

CAPÍTULO 2

Figura 2.1 – Tipos de operação dos sistemas fixos de extinção de incêndio.....	14
--	----

CAPÍTULO 3

Figura 3.1 – Pegada Ecológica	24
Figura 3.2 – Batimento cardíaco	37
Figura 3.3 – Oxigenação arterial.....	37
Figura 3.4 – Descarga versus tempo	40
Figura 3.5 - Sistema de alta pressão [14]	44

CAPÍTULO 4

Figura 4.1 – Sistema fixo de extinção por agente gasoso	48
Figura 4.2 – Central de Alarme Tyco [25]	49
Figura 4.3 – Central de Alarme Sigma [26].....	49
Figura 4.4 – Quadros eléctricos protegidos por Firetrace.....	53
Figura 4.5 – Extintores para Firetrace [31].....	54
Figura 4.6 – Firetrace de actuação directa [31]	56
Figura 4.7 – Tubo de detecção Firetrace rompido	56
Figura 4.8 – Pormenor de tubo de detecção Firetrace	56
Figura 4.9 – Firetrace aplicado em quadro eléctrico.....	57
Figura 4.10 – Esboço Firetrace de actuação indirecta [31]	58
Figura 4.11 – Firetrace de actuação indirecta.....	58
Figura 4.12 – Central de alarme Firetrace	58
Figura 4.13 – Firetrace de actuação indirecta com detector de fumo [31]	59
Figura 4.14 – Quadros eléctricos	59

CAPÍTULO 5

Figura 5.1 – Planta do piso do arquivo histórico	62
Figura 5.2 – Medidas de cilindro	64
Figura 5.3 – Válvula de cilindro	64
Figura 5.4 – Colectores e mangueiras	65
Figura 5.5 – Pressóstato	65
Figura 5.6 – Fixação de tubulação à laje	66
Figura 5.7 – Difusor	67
Figura 5.8 – Localização dos cilindros	69
Figura 5.9 – Área de influência para o espaço útil	70
Figura 5.10 – Área de influência para o tecto falso.....	71
Figura 5.11 – Área de influência corrigida para espaço útil	71
Figura 5.12 – Posicionamento de difusores e condutas	72
Figura 5.13 – Dimensões de difusores e de tubagens.....	75
Figura 5.14 – Isométrico final do piso.....	76
Figura 5.15 – Localização dos equipamentos.....	77
Figura 5.16 – Detectores de incêndio.....	78
Figura 5.17- Aberturas de despressurização	79
Figura 5.18- Sobreposição de plantas.....	80

CAPÍTULO 6

Figura 6.1 – Comparação de custos dos sistemas no intervalo 500-5.000 m3 de volume	82
Figura 6.2 – Peso dos agentes gasosos	88

ÍNDICE DE TABELAS

CAPÍTULO 3

Tabela 3.1 – Agentes limpos actuais	22
Tabela 3.2 – Características de HFC-227ea.....	25
Tabela 3.3 – Características de HFC-125.....	26
Tabela 3.4 – Características de HFC-23.....	28
Tabela 3.5 – Características de HFC-236fa.....	29
Tabela 3.6 – Características de FK-5-1-12	31
Tabela 3.7 – Características de IG-01	33
Tabela 3.8 – Características de IG-100	34
Tabela 3.9 – Constituição de IG-541 [24]	38
Tabela 3.10 – Características de IG-541	38
Tabela 3.11 – Características de IG-55	40
Tabela 3.12 – Efeitos do CO ₂ na saúde humana [14].....	42
Tabela 3.13 – Imprevistos com CO ₂ [21]	42
Tabela 3.14 – Principais Propriedade do CO ₂	45

CAPÍTULO 4

Tabela 4.1 – Características técnicas do Firetrace.....	55
---	----

CAPÍTULO 5

Tabela 5.1 – Equipamento para cilindros.....	63
Tabela 5.2 – Fixadores da tubagem à laje [28].....	66
Tabela 5.3 – Número de cilindros	69
Tabela 5.4 – Proinerte por difusor [28].....	70
Tabela 5.5 – Área de influência por difusor [28]	70
Tabela 5.6 – Diâmetro nominal de cada difusor	72
Tabela 5.7 – Dimensionamento de tubagem [28]	73
Tabela 5.8 – Diâmetros da tubulação	74
Tabela 5.9 – Quantidade de fixações por trecho de tubo	75

CAPÍTULO 6

Tabela 6.1 – Concentrações de cálculo [13] e [14]	81
Tabela 6.2 – Valores em dólares americano em 2003 [21].....	82
Tabela 6.3 – Acréscimo de custo, em percentagem, face ao Halon 1301 [21].....	83
Tabela 6.4 – Mapa de quantidades de cálculo.....	83
Tabela 6.5 – Orçamentos resumidos	85
Tabela 6.6 – Concentrações de cálculo	86
Tabela 6.7 – Características físicas do local a proteger	86
Tabela 6.8 – Peso de cada agente gasoso	87
Tabela 6.9 – Incrementos de peso	88
Tabela 6.10 – Comparação do tempo de permanência na atmosfera.....	89
Tabela 6.11 – GWP por agente gasoso	89
Tabela 6.12 – NOAEL por agente gasoso	90
Tabela 6.13 – Classificação dos agentes gasosos	91

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

ANPC	–	Autoridade Nacional de Protecção Civil
CBM	–	Bromoclorometano
CE	–	Comunidade Europeia
CEE	–	Comunidade Económica Europeia
CFC	–	Clorofluorcarbono
CO ₂	–	Dióxido de carbono
CQNUMC	–	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança Climática
DEC	–	Departamento de Engenharia Civil
ELINCS	–	European List of Notified Chemical Substances
EPA	–	United States Environmental Protection Agency
GLP	–	Gás Liquefeito de Petróleo
GWP	–	Global Warming Potencial
HCFC	–	Hidroclorofluorcarbonetos
HFC	–	Hidrofluorcarbono
IG	–	Gás Inerte
IPAC	–	Instituto Português de Acreditação
IPQ	–	Instituto Português da Qualidade
ISO	–	International Standard
IVA	–	Imposto Sobre o Valor Acrescentado
LNEC	–	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
LOAEL	–	Lowest Adverse Effect Level
LPCB	–	Loss Prevention Certification Board
NFPA	–	Nation Fire Protection Association
NOAEL	–	No Adverse Effect Level
ODP	–	Ozone Depletion Potential
ONU	–	Organização das Nações Unidas
PFC	–	Perfluorcarbonato
SCIE	–	Segurança Contra Incêndios em Edifícios
SNAP	–	Significant New Alternatives Policy
SPQ	–	Sistema Português de Qualidade
UT	–	Utilização Tipo

1

GENERALIDADES

1.1. INTRODUÇÃO

Entre o rol das maiores conquistas da humanidade encontra-se o domínio do fogo. O que permitiu melhorar a qualidade de vida humana por possibilitar a preparação da alimentação, do aquecimento e a construção de utensílios muito úteis para o seu quotidiano.

O fogo é um fenómeno indispensável ao homem; já os incêndios não só são dispensáveis como devem ser evitados e combatidos. O fogo é uma reacção química de oxidação-redução fortemente exotérmica. Um incêndio é uma ocorrência de fogo não controlado, que pode ser extremamente perigosa para os seres vivos e estruturas. A exposição a um incêndio pode ser mortal, geralmente pela inalação de gases, ou pelo desmaio causado por eles, ou posteriormente pelas queimaduras graves.

Uma das características essenciais da engenharia civil é o evitar tragédias como a que ocorreu no Chiado, em Lisboa, a 25 de Agosto de 1988 [41]. Neste fatídico dia, deflagrou-se um desastroso incêndio numa loja da Rua do Carmo, que liga a Baixa ao Bairro Alto. O facto de a rua ser reservada a peões não permitiu o acesso aos carros de bombeiros, o que levou a que as chamas se tivessem propagado até à Rua Garrett. Esta calamidade destruiu lojas, escritórios e edifícios do século XVIII.

O engenheiro civil assume primordial importância recorrendo a projectos de edificações seguras, sistemas de combate a incêndio eficientes e condições de evacuação adequadas. Estes projectos servem para protecção dos locais após o surgimento de um incêndio. A prevenção é exercida durante o período de utilização dos edifícios.

Há casos em que a extinção do fogo origina maiores prejuízos do que o próprio incêndio. Um dos exemplos é o caso de se usar água como agente extintor numa sala de informática onde os computadores ficariam encharcados e inoperacionais, o que poderia ser uma catástrofe económica para a empresa por haver a possibilidade de perda de dados irrecuperáveis que se encontrariam nos discos rígidos dos computadores. A alternativa a este caos teria sido a implementação de um sistema fixo de extinção de incêndio por agentes gasosos que minimizassem os estragos provocados pelo fogo.

O Regulamento (CE) n.º 2037/2000 [5], referente às substâncias que empobrecem a camada de ozono, vem legislar acerca do calendário de eliminação progressiva destas substâncias; do seu comércio; do controlo das suas emissões; da comunicação de dados para produtores, importadores e exportadores; das sanções e inspecções aplicar e das novas substâncias. Este documento é fundamental para se conhecer a nova fase pós halons.

1.2. FÍSICA E QUÍMICA DO FOGO

1.2.1. TRIÂNGULO E TETRAEDRO DO FOGO

O fogo é uma combustão (reacção de oxidação-redução) fortemente exotérmica e que se desenvolve [1]. Verifica-se emissão de calor, de fumo e ou de chamas e de gases de combustão.

Consideram-se três factores, constituintes do triângulo do fogo, ver figura 1.1, como indispensáveis para o surgimento de um fogo [1]:

- Combustível;
- Comburente;
- Energia de activação.



Figura 1.1 – Triângulo do fogo [1]

O combustível é uma substância que se pode queimar, entrando em combustão. Este pode ser sólido (papel, por exemplo), líquido (gasolina, por exemplo) ou gasoso (gás liquefeito de petróleo – GLP, por exemplo).

O comburente, geralmente o oxigénio, é o elemento que alimenta a reacção química cuja concentração percentual no ar é de 21,5%. Quando esta percentagem baixa para valores abaixo dos 14%, deixa de ser possível a combustão. Estudos médicos realizados pela EPA – Environmental Protection Agency – dos Estados Unidos da América e outros institutos de reconhecida autoridade mundial, impõe que para suporte de vida humana devemos garantir uma taxa de oxigénio no ambiente da sala, após a descarga, de no mínimo 10%. Geralmente, adopta-se uma concentração a rondar os 12%.

A energia de activação é a energia mínima necessária para se iniciar a reacção que é fornecida pela fonte de inflamação.

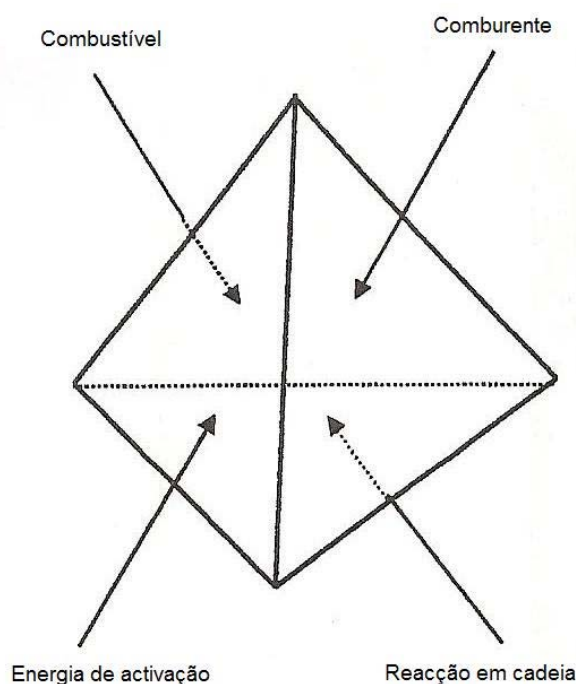


Figura 1.2 - Tetraedro do fogo [15]

No texto anterior já se definiu o combustível, o comburente e a energia de activação. De seguida define-se o elemento que acrescentou a terceira dimensão ao triângulo do fogo – ver figura 1.2 –, a reacção química em cadeia. Sendo a combustão exotérmica, a energia produzida pela combustão das moléculas serve de energia de activação por provocar a combustão das moléculas vizinhas. A reacção em cadeia apenas é possível no meio gasoso.

A chama é uma condição da reacção em cadeia, que continuará até que todos os gases combustíveis sejam libertados pelo material combustível. Com efeito, a união do oxigénio com o combustível, no ponto de inflamação, não é directa. Este facto provoca a formação de produtos intermediários instáveis, principalmente radicais livres, prontos para se combinarem com outros elementos, dando origem a novos radicais, ou finalmente, a componentes estáveis. Consequentemente teremos a presença de tais radicais numa combustão.

A ignição, que não se verifica a uma única temperatura, conduz à combustão. A forma do combustível depende da quantidade de calor, que pode ser absorvida por unidade de massa e por unidade de tempo, da condutividade térmica dos combustíveis, assim como de outros aspectos físicos. Se a mistura estiver no intervalo de inflamabilidade e houver uma fonte de calor, os gases incendeiam-se e ardem com chama. Misturas demasiado pobres para permitirem a ignição ocorrem quando a pirólise (ruptura da estrutura molecular original de um determinado composto pela acção de altas temperaturas, em ambientes com pouco ou nenhum oxigénio) de voláteis cai abaixo de determinados valores mínimos.

A formação de chama requer calor e combustíveis gasosos; e quando o combustível se encontra à partida nesta fase, a taxa de combustão é função da temperatura da zona de reacção e das taxas de fluxo e mistura de ar aí existentes. Com combustíveis predominantemente sólidos, a combustão pode ser parcial e heterogénea, exibindo chamas quando a pirólise produz gases inflamáveis que podem ser transportados para a zona da reacção. Assim, a zona de pirólise pode ser distinta da zona de combustão e as chamas podem ser ligadas ou desligadas do combustível. A produção de chama ocorre dentro de

determinados limites de temperatura e processos de mistura de gases. Todas as variáveis que afectam a ignição, afectam também a combustão, como é o caso da humidade dos combustíveis. O efeito principal da humidade sobre a combustão é a diluição dos gases combustíveis produzidos do material sólido.

A combustão sem chama, ou incandescente, é o processo dominante quando os radicais livres já foram expulsos do combustível. Pode acontecer quando o teor em cinzas é elevado e o de radicais livres baixo, de modo que o aquecimento não produz misturas gasosas voláteis, ou a gravidade específica do combustível é demasiado baixa para conduzir o calor com rapidez suficiente para que se produza a mistura de gases inflamável. Esta combustão é típica de combustíveis de baixa densidade, e apresenta reduzidas perdas de calor por condução, prosseguindo mesmo sob condições de elevado teor de humidade e baixa concentração de CO_2 , sob as quais nunca seria possível a formação de chamas.

1.2.2. FOCOS DE IGNIÇÃO

Existem vários tipos de focos de ignição [1], que têm origem térmica, eléctrica, mecânica ou química. Os focos térmicos abrangem o fogo, os raios solares, as condições térmicas ambientais, a soldadura, os veículos ou as máquinas a motor. Os focos eléctricos incluem faíscas, curto-circuitos causados por instalações eléctricas deterioradas ou sobrecarregadas, electricidade estática ou descargas eléctricas atmosféricas. O atrito pertence aos focos mecânicos. Os focos químicos englobam as reacções exotérmicas e as substâncias reactivas ou oxidantes.

1.2.3. PONTOS DE TEMPERATURA

Os materiais combustíveis têm três pontos de temperatura para a ocorrência de um incêndio. Essas temperaturas estão escalonadas, respectivamente da menor para a maior, como ponto de inflamação, ponto de combustão e ponto de ignição, sendo importantes para o estudo do fogo.

O ponto de inflamação representa a temperatura mínima sob a qual os materiais libertam vapores ou gases inflamáveis, que quando se combinam com o oxigénio do ar e com a chama, começam a queimar. Nesta situação a chama não se mantém porque os gases produzidos são insuficientes.

O ponto de combustão é a temperatura mínima à qual os materiais libertam vapores combustíveis que, ao contactarem com uma fonte externa de calor, se inflamam. As chamas mantêm-se por haver uma maior quantidade de vapores combustíveis e a temperatura estar mais alta.

O ponto de ignição ou de auto-ignição é a temperatura mínima que permite os materiais libertarem vapores combustíveis que, ao entrarem em contacto com o comburente, se inflamam sem a presença de uma fonte externa de calor.

1.2.4. FORMAS DE PROPAGAÇÃO

O calor proveniente de um incêndio é propagado entre diferentes locais devido a quatro formas distintas: irradiação, convecção, condução e projecção de partículas inflamadas.

A radiação é o transporte de energia de forma omnidireccional através do ar ou do vazio, suportada por ondas electromagnéticas. Um exemplo prático é o caso de uma residência em chamas, que transmitirá o seu calor às habitações vizinhas.

A convecção representa a energia transportada pela movimentação de ar aquecido pela combustão. O ar quente é mais leve que o ar frio, pelo que tende a subir até ao topo do andar ou do edifício através de passagens.

A condução é sinónima de energia transportada através de um corpo sólido, da zona mais quente para a mais fria.

O quarto factor aqui considerado é a projecção de partículas inflamadas que pode ocorrer na presença de explosões e fagulhas transportadas pelo vento.

1.2.5. CLASSES DE FOGO

Os fogos, quanto à natureza do combustível e segundo a norma NP EN 2: 1993 [35], dividem-se em quatro classes [1].

Os fogos da classe A resultam da combustão de materiais sólidos, geralmente de natureza orgânica, a qual se dá normalmente com a formação das brasas. Madeira, papel e carvão são alguns dos exemplos.

Os fogos de classe B resultam da combustão de líquidos ou de sólidos liquidificáveis, que ardem sem a formação de brasas. Gasolina, álcool e parafina são alguns exemplos possíveis.

Os fogos da classe C resultam da combustão de gases, como o butano, o gás natural ou o hidrogénio.

Os fogos da classe D resultam da combustão de metais, como, por exemplo, sódio, potássio e magnésio.

Quanto à radiação luminosa [15], o fogo pode ser sem chama, simbolizado pelo triângulo do fogo, e com chama, simbolizado pelo tetraedro do fogo.

1.3. REGULAMENTAÇÃO, NORMAS E PROJECTO

1.3.1. ENTIDADES PORTUGUESAS RESPONSÁVEIS PELA SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO

Antes de iniciar a abordagem acerca da legislação a ser aplicada, serão referenciadas as entidades que trabalham na área da segurança contra incêndio em Portugal, que são a Autoridade Nacional da Protecção Civil (ANPC), o Instituto Português da Qualidade (IPQ), o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) e o Instituto Português de Acreditação (IPAC).

A ANPC [29] veio substituir o Serviço Nacional de Bombeiros e Protecção Civil, tendo este resultado da fusão do Serviço Nacional de Protecção Civil, do Serviço Nacional de Bombeiros e da Comissão Nacional Especializada de Fogos Florestais. A missão da ANPC é planear, coordenar e executar a política de Protecção Civil, designadamente, na prevenção e reacção a acidentes graves e catástrofes, de protecção e socorro das populações e de superintendência da actividade dos bombeiros.

O IPQ [30] é um instituto público que tem por missão a coordenação do Sistema Português da Qualidade (SPQ), a promoção e a coordenação de actividades que visem contribuir para demonstrar a credibilidade da acção dos agentes económicos, bem como o desenvolvimento das actividades inerentes à sua função de laboratório nacional de metrologia. São atribuições do IPQ a gestão, coordenação e desenvolvimento do Sistema Português da Qualidade. Como Organismo Nacional de Normalização, ao IPQ compete promover a elaboração de normas portuguesas e o ajustamento de legislação nacional sobre produtos às normas da União Europeia. Ao IPQ compete também garantir o rigor e a exactidão das medições realizadas e a realização, manutenção e desenvolvimento dos padrões das unidades de medida. No domínio regulamentar, o IPQ também é responsável pelo cumprimento dos procedimentos

das directivas comunitárias e pelo processo de notificação prévia de normas e regras técnicas no âmbito da União Europeia e da Organização Mundial do Comércio. O IPQ assegura a representação de Portugal em inúmeras estruturas europeias e internacionais relevantes para a sua missão.

A actividade do LNEC [31] visa essencialmente a qualidade e segurança das obras, a protecção e a reabilitação do património natural e construído e a modernização e inovação tecnológicas no sector da construção, numa perspectiva de preservação e valorização do ambiente natural e construído. A investigação é desenvolvida no LNEC com base em programas de investigação quadrienais. Para além das actividades de investigação programada, de grande interesse estratégico, e de prestação de serviços de ciência e tecnologia a entidades públicas e privadas nacionais e estrangeiras, no âmbito de uma actividade de consultoria tecnológica, o LNEC tem também sempre considerado a difusão de conhecimentos como uma das suas funções mais nobres, contribuindo para a inovação e a transferência tecnológica, sempre com o objectivo de satisfação do interesse público.

O Instituto Português de Acreditação (IPAC) [33] foi criado pelo Decreto-Lei 125/2004 de 31 de Maio [36], tendo-lhe sido atribuídas as funções de organismo nacional de acreditação, que consistem em reconhecer a competência técnica dos agentes de avaliação da conformidade (entidades que efectuem calibrações, ensaios, inspecções e certificações) de acordo com referenciais internacionais. O IPAC é liderado por um Director, coadjuvado por coordenadores operacionais, e possui uma organização simplificada em que os serviços de apoio, nomeadamente serviços financeiros, de informática, de recursos humanos e logísticos, são subcontratados externamente. Para o desenvolvimento das suas actividades de acreditação, o IPAC possui diversas comissões técnicas e recorre a uma bolsa de auditores e peritos externos. Possui uma Comissão Consultiva representativa das várias partes interessadas na actividade de acreditação, que supervisiona a imparcialidade da sua actuação, bem como a sua orientação estratégica.

1.3.2. REGULAMENTAÇÃO

A regulamentação nacional de carácter geral relativa ao SCIE é a seguinte:

- Decreto-Lei n.º 220/2008, de 12 de Novembro [2];
- Portaria n.º 1532/2008, de 29 de Dezembro [3];
- Portaria n.º 64/2009, de 22 de Janeiro [37];
- Portaria n.º 610/2009, de 8 de Junho [38];
- Portaria n.º 773/2009, de 21 de Julho [23];
- Portaria n.º 1054/2009, de 16 de Setembro [39];
- Despacho n.º 2074/2009, de 15 de Janeiro [4].

O Decreto-Lei n.º 220/2008 [2] “estabelece o regime jurídico da segurança contra incêndios em edifícios”. O artigo 15.º deste Decreto-Lei determina que sejam regulamentadas por portaria do membro do Governo responsável pela área da protecção civil as disposições técnicas gerais e específicas de SCIE referentes às condições de comportamento ao fogo, isolamento e protecção, às condições de evacuação, às condições das instalações técnicas, às condições dos equipamentos e sistemas de segurança e às condições de autoprotecção.

O documento referenciado é a Portaria n.º 1532/2008 [3] que “tem por objecto a regulamentação técnica das condições de segurança contra incêndio em edifícios e recintos, a que devem obedecer os projectos de arquitectura, os projectos de SCIE e os projectos das restantes especialidades a concretizar em obra, designadamente no que se refere às condições gerais e específicas de SCIE referentes às condições exteriores comuns, às condições de comportamento ao fogo, isolamento e protecção, às condi-

ções de evacuação, às condições das instalações técnicas, às condições dos equipamentos e sistemas de segurança e às condições de autoprotecção, sendo estas últimas igualmente aplicáveis aos edifícios e recintos já existentes à data de entrada em vigor do Decreto-Lei n.º 220/2008”.

O Despacho n.º 2074/2009 [4] “define os critérios técnicos para determinação da densidade de carga de incêndio modificada, para efeitos do disposto nas alíneas g) e h) do n.º 2 do artigo 12.º do Decreto-Lei n.º 220/2008”.

Os três documentos supra referenciados constituem a nova e actual regulamentação, que vem substituir o antigo quadro regulamentar. Esta condensação de documentos veio resolver vários problemas e trazer consigo as seguintes vantagens: menor volume; maior facilidade de manuseamento; homogeneidade e coerência; cobertura, praticamente, da totalidade dos edifícios [15].

As condições técnicas presentes nos três documentos legisladores supra expostos são graduadas em função do risco de incêndio dos edifícios e recintos, para o efeito classificados em 12 utilizações tipo e 4 categorias de risco, considerando os edifícios e recintos de utilização exclusiva, assim como os de ocupação mista.

As 12 UTs anteriormente citadas, em que os edifícios e recintos são divididos pelo Decreto-Lei n.º 220/2008 [2], são as seguintes:

- Tipo I «habitacionais»;
- Tipo II «estacionamentos»;
- Tipo III «administrativos»;
- Tipo IV «escolares»;
- Tipo V «hospitalares e lares de idosos»;
- Tipo VI «espectáculos e reuniões públicas»;
- Tipo VII «hoteleiros e restauração»;
- Tipo VIII «comerciais e gares de transportes»;
- Tipo IX «desportivos e de lazer»;
- Tipo X «museus e galerias de arte»;
- Tipo XI «bibliotecas e arquivos»;
- Tipo XII «industriais, oficinas e armazéns».

Consideram-se de utilização exclusiva os edifícios ou recintos que possuem uma única UT. Os edifícios ou recintos que atendem diversas UTs denominam-se de ocupação mista [2].

A Portaria n.º 64/2009 [37] “estabelece o regime de credenciação de entidades para a emissão de pareceres, realização de vistorias e de inspecções das condições de segurança contra incêndio em edifícios (SCIE).”

A Portaria n.º 610/2009 [38] “tem por objecto a regulamentação do funcionamento do sistema informático previsto no n.º 2 do artigo 32.º do Decreto -Lei n.º 220/2008.”

A Portaria n.º 773/2009 [23] “define o procedimento de registo, na Autoridade Nacional de Protecção Civil (ANPC), das entidades que exerçam a actividade de comercialização, instalação e ou manutenção de produtos e equipamentos de segurança contra incêndio em edifícios (SCIE)”.

A Portaria n.º 1054/2009 [39] “fixa o valor das taxas pelos serviços prestados pela Autoridade Nacional de Protecção Civil (ANPC), no âmbito do Decreto -Lei n.º 220/2008”

No que se refere à regulamentação nacional e europeia relativa aos agentes extintores gasosos, temos os seguintes diplomas:

- Regulamento (CE) n.º 2037/2000 do Parlamento Europeu e do Conselho de 29 de Junho [5];
- Decreto-Lei n.º 119/2002 de 20 de Abril [6];
- Decreto-Lei n.º 152/2005 de 31 de Agosto [7];
- Decreto-Lei n.º 35/2008 de 27 de Fevereiro [8];
- Regulamento (CE) n.º 842/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho de 17 de Maio [9];
- Regulamento (CE) n.º 1497/2007 da Comissão de 18 de Dezembro [10];
- Regulamento (CE) n.º 1494/2007 da Comissão de 17 de Dezembro [11].

O Regulamento Europeu n.º 2037/2000 [5] proíbe a produção, colocação no mercado e a utilização das seguintes substâncias regulamentadas: clorofluorocarbonos; outros clorofluorocarbonos totalmente halogenados; halons; tetracloreto de carbono; 1,1,1-tricloroetano; hidrobromofluorocarbonos. O seu Anexo VII apresenta as utilizações críticas dos Halons 1301 e 1211.

O Decreto-Lei n.º 119/2002 [6] “visa assegurar a execução e garantir o cumprimento, na ordem jurídica, das obrigações decorrentes do Estado Português do Regulamento (CE) n.º 2037/2000, do Parlamento Europeu e do Conselho relativo às substâncias que empobrecem a camada de ozono”.

O Decreto-Lei n.º 152/2005 [7] “visa regulamentar as operações de recuperação para reciclagem, valorização e destruição de substâncias que empobrecem a camada de ozono contidas em equipamentos de refrigeração e de ar condicionado, bombas de calor, sistemas de protecção contra incêndios e extintores e equipamentos que contenham solventes, bem como as operações de manutenção e de assistência desses mesmos equipamentos, incluindo a detecção de eventuais fugas das referidas substâncias, nos termos dos artigos 16.º e 17.º do Regulamento (CE) n.º 2037/2000, do Parlamento Europeu e do Conselho”. O mencionado diploma também define os requisitos de qualificações mínimas do pessoal envolvido nas operações referidas anteriormente, bem como nas operações de reciclagem, valorização e destruição das substâncias regulamentadas. Por último, este decreto discrimina as obrigações dos proprietários e ou detentores, dos técnicos qualificados e dos operadores de gestão de resíduos intervenientes no ciclo de vida dos equipamentos que contêm as substâncias regulamentadas.

O Decreto-Lei n.º 35/2008 [8] baseia-se na sua principal premissa: “Passados dois anos de vigência, a experiência de aplicação do Decreto-Lei n.º 152/2005 demonstra a necessidade de se proceder a acertos no que respeita à identificação dos cursos profissionais relevantes para o estabelecimento das qualificações mínimas do pessoal envolvido nas operações acima descritas, às quais é agora aditada a trasfega”.

O Regulamento (CE) n.º 842/2006 [9] tem como objectivo “conter, prevenir e reduzir assim as emissões de gases fluorados com efeito de estufa abrangidos pelo Protocolo de Kyoto. Aplica-se aos gases com efeito de estufa constantes no anexo A ao referido protocolo. O anexo I do presente regulamento contém uma lista dos gases fluorados com efeito de estufa actualmente abrangidos pelo presente regulamento, bem como dos respectivos potenciais de aquecimento global. À luz das revisões previstas no n.º 3 do artigo 5.º do protocolo de Kyoto, aceites pela Comunidade e pelos Estados-Membros, o anexo I pode ser visto e, se for caso disso, actualizado”.

O Regulamento (CE) n.º 1497/2007 [10] “estabelece, nos termos do Regulamento (CE) n.º 842/2006, as disposições normalizadas para a detecção de fugas em sistemas fixos activos e temporariamente fora de serviço, constituídos por um ou mais recipientes interligados, incluindo partes associadas instaladas em resposta a um risco de incêndio específico num espaço definido, seguidamente designados por «sistemas de protecção contra incêndios» ”.

O Regulamento (CE) n.º 1494/2007 [11] “define o formato dos rótulos a utilizar e as disposições adicionais em matéria de rotulagem, aplicáveis aos tipos de produtos e equipamentos referidos no n.º 2 do artigo 7.º do Regulamento (CE) n.º 842/2006”.

1.3.3. NORMAS

Como normas de projecto, serão de considerar as seguintes:

- ISO 14520 [12];
- CEN – prEN 15004 [20];
- NFPA 2001 [13];
- NFPA 12 [14];
- CEPREVEN [20];
- NT 17: 2007 [22].

A ISO 14520 [12] é uma norma que especifica os requisitos e dita recomendações para a concepção, instalação, testes, manutenção e segurança dos sistemas gasosos de combate a incêndio em edifícios, instalações ou outras estruturas, e as características dos vários tipos de agentes extintores de incêndios para os quais estes são um meio adequado de extinção. Este documento abrange os sistemas de inundação total relacionados com edifícios, instalações e outras aplicações específicas, utilizando agentes gasosos de extinção de incêndio não condutores de electricidade que não deixam resíduos e para os quais existem dados suficientes disponíveis actualmente para activar a validação de desempenho e características de segurança por uma autoridade independente. Ela não se destina a indicar a aprovação dos agentes de extinção nela enumerados pelas autoridades competentes. O CO₂ não se inclui nesta, já que se rege por outras normas internacionais.

O IPQ [30] está a trabalhar na CEN-prEN 15004 [20] usando uma versão portuguesa harmonizada. Este documento é utilizado nos projectos de sistemas de extinção de incêndio que recorrem a agentes extintores gasoso limpos, tais como os hidrofluorcarbonos e os gases inertes.

A NFPA 2001 [13] aborda o Padrão de Agente de Limpeza de extinção de incêndios para correctamente adquirir, projectar, instalar, testar, inspeccionar, aprovar, operar e manter os sistemas de agentes gasosos de combate a incêndios para que possam funcionar como previsto, quando necessário. Os requisitos abrangem os agentes halogenados e os gases inertes. A sua actualização em 2008 veio impor as limitações de toxicidade mais recentes e factos completos sobre os diferentes tipos de derivados halogenados e gases inertes de extinção no mercado actual. Importantes mudanças para edição incluem um novo capítulo para os sistemas de aplicação local e mais referências à EPA SNAP (Significant New Alternatives Policy) para agentes aprovados.

A NFPA 12 [14] veio maximizar a segurança, seguindo os mais recentes critérios para sistemas de extinção, recorrendo a dióxido de carbono como agente extintor. Esta norma menciona a instalação e manutenção de sistemas de extinção por dióxido de carbono. O padrão é preparado para a utilização e orientação daqueles que pretendem comprar, instalar, testar, inspeccionar, aprovar lista, operar ou manter os extintores para equipamentos de CO₂. Cobre sistemas de inundação total, sistemas de aplicação local, sistemas de mangueira, fontanários e fontes móveis. A edição de 2008 contém importantes esclarecimentos sobre os requisitos para a função de segurança pessoal, que devem ser incorporados em todos os sistemas de extinção por CO₂. É essencial para os inspectores, instaladores, profissionais de seguradoras e grandes empresas industriais, como é o caso das montadoras e fabricantes de laminados de alumínio.

A norma CEPREVEN [20] é usada nos sistemas de extinção por CO₂ ou neve carbónica, sendo possível estabelecer as seguintes comparações com a NFPA 12: é menos teórica e mais prática; é mais específica em função do tipo de risco; o seu reconhecimento é mais restrito por esta ser aceite, principalmente, apenas em países europeus.

A Nota Técnica n.º 17 [22], de 2007, Complementar do Projecto de Regulamento Geral de SCIE, Ref.^a VII.VI.02/2007-05-31, foi elaborada pela ANPC com o objectivo de dotar os projectistas, instaladores e entidades fiscalizadoras de documentação técnica de referência apropriada na concepção, projecto, manutenção e inspecção de sistemas fixos de extinção por agentes gasosos. A aplicação desta Nota Técnica fica a cargo das entidades referidas. Aguarda-se nova versão das Notas Técnicas por parte da ANPC, face à nova regulamentação.

1.4. CONSIDERAÇÕES AMBIENTAIS

1.4.1. VISÃO GLOBAL

Esta secção aborda a temática da emissão de gases com efeito de estufa para a atmosfera da Terra, assim como o estado de degradação da camada de ozono. Alguns gases com efeito de estufa, como é o caso do CO₂, surgem naturalmente e são emitidos para a atmosfera através da natureza e do homem. Outros gases com efeito de estufa, os gases fluorados como exemplo, são produzidos e emitidos por intervenção humana. O CO₂ e os gases fluorados pertencem ao grupo restrito dos principais gases que penetram na atmosfera por intervenção humana [17].

O dióxido de carbono entra na atmosfera pela queima de combustíveis fósseis, pelos desperdícios sólidos, pelas árvores e pelos produtos de madeira, e também os que resultam de outras reacções químicas. Este composto é removido da atmosfera por plantas, fazendo parte do ciclo biológico do CO₂.

Os gases fluorados são sintéticos e poderosos gases com efeito de estufa que são emitidos por processos industriais. Estes gases são algumas vezes usados como substitutos de substâncias degradantes da camada de ozono – CFCs, HCFC e halons por exemplo. São geralmente emitidos em pequenas quantidades, mas por terem efeito de estufa, sendo muitas vezes referenciados em função do “High Global Warning Potential Gases” ou “High GWP gases”.

Os inventários de gases com efeitos de estufa são contagem das quantidades de gases com efeito de estufa emitidos ou removidos da atmosfera por um determinado período de tempo. Estes inventários disponibilizam informações sobre as actividades que causam as emissões e servem de base para os métodos usados para os cálculos. Estes documentos estão a ser usados por cientistas para criarem modelos atmosféricos e económicos para melhorar o ambiente.

As perspectivas futuras dependem das mudanças efectuadas ao nível das actividades humanas. Segundo o Quarto Relatório de Acção Climática dos Estados Unidos, as emissões de CO₂ aumentaram vinte por cento no período compreendido entre 1990 e 2004.

A missão da EPA [40] é proteger a saúde humana e salvaguardar a sua relação com o meio ambiente. A finalidade desta norma é assegurar: a protecção do ambiente pela comunidade internacional; o acesso global a informações suficientes para se proceder à gestão da saúde humana e dos riscos ambientais; a protecção do ambiente para que este torne o ser humano e os ecossistemas sustentáveis e economicamente produtivos.

A EPA [40] tem desenvolvido importantes lideranças compensatórias ambientais para metodologias de projecto que usam aproximações padronizadas a determinadas elegibilidades de projecto, adicio-

nalmente endereçadas e seleccionadas, identificando opções monitorizadas e quantificações de reduções.

Quando se considera uma alternativa aos halons, existe a necessidade de se olhar ao presumido impacto ambiental provado pela escolha. Os hidrofluorcarbonatos, HFCs, e os perfluorcarbonatos, PFCs, são alternativas importantes para combater o rompimento da camada de ozono. Estes, apesar de não estarem cobertos pelo Protocolo de Montreal, são gases com efeito de estufa [17].

1.4.2. PROTOCOLO DE MONTREAL

O Protocolo de Montreal sobre substâncias que empobrecem a camada de ozono é um tratado internacional, segundo o qual os países subscritores se comprometem a substituir as substâncias que se demonstrou reagir com o ozono (O₃) na parte superior da estratosfera. O tratado esteve aberto para adesões a partir de 16 de Setembro de 1987 e entrou em vigor em 1 de Janeiro de 1989, tendo sido revisto em 1990, 1992, 1995, 1997 e 1999.

Em 1987 as nações mundiais inauguraram o tratado de Montreal que passou a regular a produção e o consumo de produtos destruidores da camada de ozono. A principal meta foi acabar com o uso dos CFCs, que era a fonte de destruição do O₃. Foi então encomendado um estudo para encontrar uma nova forma de substituir os produtos destruidores por outros sem malefícios. Nesse tempo foram estipulados dez anos para que os países se adequassem a eliminar o uso desses produtos clorados.

É importante evidenciar que o Protocolo de Montreal requer mudanças tecnológicas, sem interferir no modelo económico de muitos países, o que faz de si um Protocolo bem sucedido. É de salientar o uso de etiquetas nos produtos que não usam CFCs, que se tem tornado uma estratégia de marketing, de forma a mobilizar consumidores para uma compra mais ecológica.

1.4.3. PROTOCOLO DE KYOTO

O Protocolo de Kyoto [18] é consequência de uma série de eventos iniciados com a Toronto Conference on the Changing Atmosphere, no Canadá em Outubro de 1988, seguida pelo IPCC's First Assessment Report em Sundsvall, na Suécia em Agosto de 1990, e que culminou com a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança Climática (CQNUMC), na ECO-92 no Rio de Janeiro, no Brasil em Junho de 1992.

Constitui-se um tratado internacional com compromissos mais rígidos para a redução da emissão de gases que agravam o efeito de estufa, considerados, de acordo com a maioria das investigações científicas, como causa antropogénicas do aquecimento global.

Discutido e negociado em Kyoto, no Japão, em 1997, foi aberto para assinaturas em 11 de Dezembro de 1997 e ratificado em 15 de Março de 1999. Sendo que, para este entrar em vigor, precisou que 55% dos países que, juntos produzem 55% de emissões, o ratificassem. Tendo assim entrado em vigor a 16 de Fevereiro de 2005.

Por ele se propõe um calendário pelo qual os países-membros têm a obrigação de reduzir a emissão de gases de efeito de estufa em, pelo menos, 5,2% em relação a níveis de 1990 no período entre 2008 e 2012. Para muitos países, como os membros da UE, isso corresponde a 15% abaixo das emissões esperadas para 2008.

As metas de redução não são homogêneas para todos os países, colocando níveis diferenciados para as 38 nações que mais emitem gases. Estados em franco desenvolvimento não receberam metas de redução, pelo menos nesta fase.

A redução dessas emissões deverá acontecer em várias actividades económicas. O protocolo estimula os países signatários a cooperarem entre si, através de algumas acções básicas: reformar os sectores de energia e transportes; promover o uso de fontes energéticas renováveis; eliminar mecanismos financeiros e de mercado inapropriados aos fins da Convenção; limitar as emissões de metano na gestão de resíduos e dos sistemas energéticos; proteger florestas.

Se o Protocolo de Kyoto tivesse sido implementado com sucesso, estimava-se que a temperatura global reduzisse entre 1,4°C e 5,8°C até 2008. Porém, tal não aconteceu, e a comunidade científica vai apresentando cenários e teorias contraditórias entre si quando o tema central é o aquecimento global ou a degradação da camada de ozono.

Os Estados Unidos negaram-se a ratificar o Protocolo de Kyoto, de acordo com a alegação do ex-presidente George W. Bush de que os compromissos acarretados por tal protocolo interfeririam negativamente na economia norte-americana. A Casa Branca também questiona a teoria de que os poluentes emitidos pelo homem causem a evolução da temperatura da Terra. Apesar de o governo dos Estados Unidos não ter assinando o Protocolo de Kyoto, alguns municípios e donos de indústrias do nordeste dos Estados Unidos já começaram a pesquisar maneiras para reduzir a emissão de gases promotores do efeito e estufa – tentando, por sua vez, não diminuir sua margem de lucro com essa atitude. Um dos factores alegados pelos Estados Unidos para a não ratificação do Protocolo de Kyoto foi a inexistência de metas obrigatórias de redução das emissões de gás carbónico para os países em desenvolvimento.

O protocolo de Kyoto expira em 2012, e já há o compromisso da ONU e de alguns governos para o delineamento de um novo acordo ou, o que é mais provável, de uma emenda no Protocolo de Kyoto, que estabeleceria novas metas a serem cumpridas após 2012. As discussões iniciaram em 16 de Fevereiro de 2007 em Washington.

Contudo, as negociações da ONU prosseguiram em direcção à cimeira climática de Copenhaga, Dinamarca, de 7 a 18 de Dezembro de 2009, da qual resultou um acordo sem carácter vinculativo por parte das maiores economias do mundo, tendo havido países contra, como foi o caso do Sudão. Os países ricos prometem apresentar metas de redução de emissões para 2020 até Fevereiro de 2010, mas sem qualquer compromisso quantitativo.

2

PANORÂMICA GERAL SOBRE OS VÁRIOS SISTEMAS DE EXTINÇÃO

2.1. GENERALIDADES

Os regulamentos e normas existentes de segurança contra riscos de incêndio definem os meios de extinção de incêndio a aplicar aos diferentes tipos de edifícios, como forma de limitar o desenvolvimento destas ocorrências e de favorecer a intervenção dos bombeiros.

Assim, far-se-á a apresentação das exigências contidas nos documentos regulamentares existentes, no que se refere aos sistemas de combate a incêndios a implantar nos diferentes tipos de edifícios contemplados. Para além disso, procede-se ainda à caracterização dos diferentes tipos de sistemas preconizados pelos documentos regulamentares.

Um sistema de combate a incêndios apresenta-se como um meio de salvaguarda da perda de bens humanos e materiais, perdas essas que vulgarmente se verificam neste tipo de sinistros e que no entanto, na grande maioria dos casos, poderiam ser atenuadas ou mesmo evitadas se logo no seu início fosse combatido eficazmente.

Pelas razões atrás apontadas, os sistemas de combate a incêndios deverão ser concebidos de forma a que, ao verificar-se o início de um incêndio, eles possibilitem um rápido e imediato meio de o combater, com a sua consequente anulação, devendo pois, logo à partida, o projecto prever e dar satisfação a todas as exigências regulamentares, como forma de limitar o risco de ocorrência e de desenvolvimento dos incêndios.

Os agentes extintores a usar são a água, a espuma, o pó químico, o gás inerte e o sintético [16].

Os sistemas de extinção de incêndio [16] classificam-se segundo os tipos de operação presentes na figura 2.1.

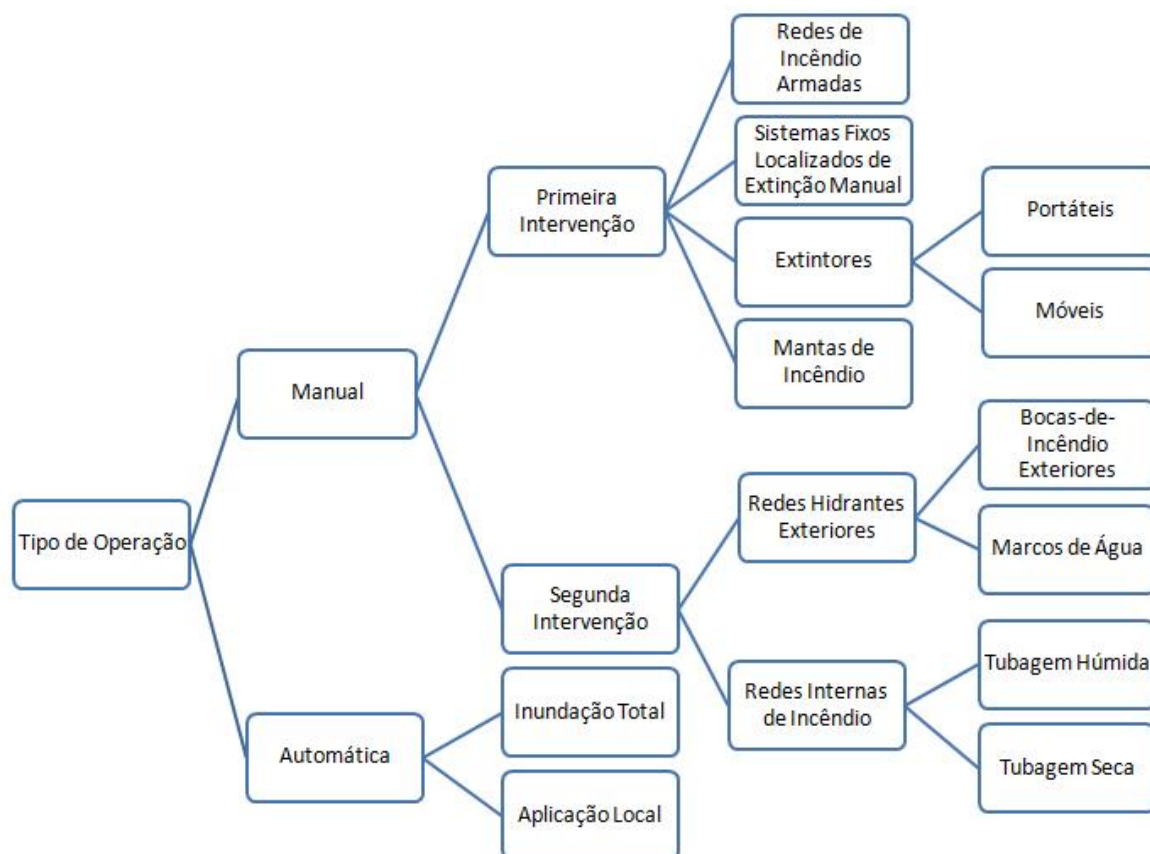


Figura 2.1 – Tipos de operação dos sistemas fixos de extinção de incêndio

A forma de intervenção nos sistemas de extinção de incêndio subdivide-se em veículos de combate a incêndio, a equipamentos exteriores – bocas-de-incêndio exteriores e marcos de água – e a instalações fixas de combate a incêndio [16].

2.2. MÉTODOS DE EXTINÇÃO

O estudo dos métodos de extinção de um incêndio baseia-se na análise do tetraedro do fogo. Estes métodos focam-se na carência de combustível, na limitação do comburente, no arrefecimento do ar e na inibição.

A carência de combustível [15] foca-se na remoção de combustíveis sólidos, sendo assim difícil a sua implementação. Nos casos de combustíveis líquidos ou gasosos, o acesso destes ao fogo poderá ser cortado manobrando válvulas convenientemente colocadas nas respectivas condutas.

A limitação do comburente [15] surge na sequência do impedimento ou da limitação do acesso do comburente ao combustível. Pode assumir duas formas distintas: asfixia ou abafamento. A asfixia caracteriza-se pela limitação do comburente resultante do seu consumo na combustão, em condições que evitam a renovação de ar. O abafamento, por seu lado, limita o comburente resultante de uma acção, exterior à própria combustão, que impede a renovação de ar.

O arrefecimento [15] elimina a energia libertada sob a forma de calor, provocando um abaixamento da temperatura do sistema e a consequente diminuição da energia de activação. É o método mais utilizado pelos bombeiros no combate a incêndios com a utilização de água.

A inibição [15] rompe a reacção em cadeia, impedindo a transmissão de energia de umas moléculas do combustível para outras.

2.3. AGENTES EXTINTORES

Os agentes extintores que se utilizam mais vulgarmente são a água, a espuma, o pó químico e o gás.

A água, à pressão normal, apresenta calor específico, no estado líquido, de 1 cal/g.°C e calor latente de vaporização de 539 cal/g. A vaporização aumenta 1.700 vezes o volume de água. A água pode ser utilizada sob a forma de jacto, pulverizada (chuveiro), finamente pulverizada (nevoeiro) ou de vapor de água. Os aditivos usados na água são os molhantes, os emulsores, os viscosificantes e os opacificantes.

As espumas podem ser químicas, que estão fora de uso, ou físicas. Estas últimas variam segundo os espumíferos e o índice de expansão.

Os pós químicos, dependendo da classe de fogo, podem de ser do tipo ABC, BC ou D. A sua composição é à base de bicarbonato de sódio, bicarbonato de potássio, fosfato de amónio, entre outros constituintes. Dentro das propriedades físicas, os citados devem obedecer às exigências de estabilidade, de dimensão das partículas, de fluidez e de toxicidade.

Os gases, tema central do presente trabalho académico, dividem-se em gases inertes e sintéticos. Actualmente, o Regulamento CE n.º 2037/2000 [5] obrigou a que se criasse a subcategoria dos substitutos dos halons que são os hidroclorofluorcarbonos (HCFCs), os hidrofluorcarbonos (HFCs), os perfluorcarbonos (PFCs), os fluoriodocarbonos (FICs), o IG-541 (azoto, argon e anidrido carbónico) e a IG-55 (azoto e argon). Os dois últimos pertencem à classe dos gases inertes.

2.4. MEIOS DE EXTINÇÃO

Quanto à forma de intervenção, os meios de extinção dividem-se em equipamentos exteriores, em veículos de combate a incêndios e em instalações fixas de combate a incêndio.

Os hidrantes exteriores são constituídos pelas bocas-de-incêndio exteriores e pelos marcos de água.

Os meios de extinção classificam-se, quanto ao tipo de operação, como manuais ou automáticos. No caso da intervenção manual, existem os meios de primeira e os de segunda intervenção. Por outro lado, os sistemas automáticos subdividem-se nos sistemas de extinção por um ou mais dos agentes extintores.

A primeira intervenção engloba os extintores, portáteis ou móveis, os sistemas fixos localizados de extinção manual, as mantas de incêndio e as redes de incêndio armadas. Tal como o próprio nome indica, estes meios são os primeiros a serem usados e costumam ter a característica de serem facilmente manobrados por qualquer pessoa, já que devem ser colocados em uso antes da chegada dos bombeiros. Estes sistemas devem ser usados nas seguintes situações [15]:

- UTs II a VIII, XI e XII de 2.ª categoria de risco ou superior, excepto nas disposições específicas para as UTs VII e VIII;
- UTs II da 1.ª categoria de risco, que ocupem espaços cobertos com áreas superiores a 500 m²;
- As UTs I, IX e X da 3.ª categoria de risco ou superior;
- Os locais que possam receber mais de 200 pessoas;

- As zonas em edifícios de acesso difícil, por serem situadas em empreendimentos complexos, ou que não apresentem uma organização simples dos espaços interiores (sempre que exigido pela ANPC).

Por seu turno, os meios de segunda intervenção constituem-se pelas redes de hidrantes exteriores e pelas redes interiores de incêndio, podendo estas ser de tubagem húmida ou de tubagem seca. Quando reduzidas a colunas montantes, são colunas secas ou húmidas. Os meios de segunda intervenção regem-se pelos seguintes aspectos [15]:

- As UTs I e II da 2.^a categoria de risco devem ser servidas por redes secas ou húmidas;
- As UTs da 3.^a categoria de risco ou superior devem ser servidas por redes húmidas, à excepção das disposições específicas da UT VIII;
- Nas UTs IV, V, VI, VIII e XII da 4.^a categoria de risco, as bocas-de-incêndio da rede húmida devem ser armadas do tipo teatro;
- A rede húmida deve manter-se permanentemente em carga, com água proveniente de um depósito privativo do serviço de incêndios, pressurizada através de um grupo sobrepessor próprio;
- A rede húmida deve ter a possibilidade de alimentação alternativa pelos bombeiros, através de tubo seco, de diâmetro apropriado, ligado ao colectador de saída das bombas sobrepessoras;
- Nas situações susceptíveis de congelamento da água, podem ser utilizadas redes secas em substituição das húmidas, mediante acordo da ANPC;

As redes secas e húmidas devem ser do tipo homologado e de acordo com as especificações da ANPC.

Devem ser utilizados sistemas fixos de extinção automática de incêndios por água através de aspersores [15]:

- Nas UTs II da 2.^a categoria de risco ou superior, com dois ou mais pisos abaixo do plano de referência;
- Nas UTs III, VI, VII e VIII, da 3.^a categoria de risco ou superior, em edifícios, exceptuando-se as disposições específicas para a UT VIII;
- Na UT XII da 2.^a categoria de risco ou superior;
- Nos locais adjacentes a pátios interiores com altura superior a 20 m;
- Nos locais de difícil acesso com elevada carga de incêndio sempre que tal for julgado necessário pela ANPC.

Há ainda a possibilidade, com a utilização destes sistemas, de se duplicar a área de compartimentação de fogo nas UTs, à excepção dos espaços afectos à UT I e aos locais de risco D.

Estes sistemas também podem ser instalados como medida compensatória quando forem devidamente propostos e justificados pelos projectistas e aceites pela ANPC. Os sistemas fixos especiais de extinção suportam os tipos de sistema constituídos por anidrido carbónico, pó químico seco e substitutos dos halons. Estes sistemas ramificam-se em inundação total ou aplicação local. Dentro das classes citadas, os sistemas de anidrido carbónico poderão ser aplicados por descarga prolongada, por linhas de mangueiras manuais ou por sistemas fixos de toma com fonte de abastecimento móvel. Os sistemas à base de pó químico poderão ainda ser usados em linhas de mangueiras manuais. Os restantes sistemas gasosos poderão recorrer a sistemas especiais ou modulares [15].

2.5. CARACTERIZAÇÃO DOS DIFERENTES SISTEMAS

As colunas secas são canalizações verticais fixas e rígidas instaladas nos edifícios, que permitem alimentar bocas-de-incêndio não-armadas situadas nos pisos da edificação. Uma coluna seca compreende uma boca de alimentação, a coluna propriamente dita e as bocas-de-incêndio. A boca de alimentação deve ser colocada no exterior do edifício, em lugar facilmente acessível, ser munida de tampa e estar devidamente sinalizada, de forma a permitir com facilidade a ligação das mangueiras dos bombeiros.

As redes de incêndio armadas são canalizações fixas e rígidas em carga instaladas nos edifícios, que permitem alimentar bocas-de-incêndio armadas, as quais possibilitam uma primeira intervenção rápida no combate ao incêndio. Uma instalação deste tipo é constituída por uma fonte de alimentação, uma coluna em carga e bocas-de-incêndio armadas do tipo carretel ou teatro. As bocas-de-incêndio armadas deverão ser colocadas próximo da entrada no rés-do-chão, nos patamares de escada junto aos acessos das comunicações horizontais comuns e em zonas de garagem.

As colunas húmidas são canalizações verticais fixas e rígidas, que permitem alimentar bocas-de-incêndio não-armadas situadas nos pisos elevados. Uma instalação deste tipo é constituída por bocas-de-incêndio e uma fonte de alimentação autónoma.

As instalações de extinção automática de incêndios são formadas por canalizações fixas e rígidas instaladas nos edifícios, que permitem alimentar os aspersores, os quais são accionados automaticamente. Uma instalação deste tipo é constituída por uma fonte de alimentação, um posto de controlo, as colunas, os troncos, os ramais, os sub-ramais onde são instalados os aspersores. Este tipo de instalação deve ser disposta no edifício de forma a cobrir toda a área a proteger. Estes sistemas poderão ser húmidos, secos ou de inundação.

Nos sistemas húmidos, a tubagem que constitui a rede está permanentemente com água em carga, possuindo neste caso os sprinklers um sensor térmico que impede a saída da água em situações de ausência de incêndio, mas que, quando sujeito a uma determinada elevação da temperatura, rebenta, possibilitando a aspersão de água.

O sistema seco é caracterizado por parte da rede estar permanentemente cheia de ar comprimido, e parte estar permanentemente com água em carga. Neste caso, os sprinklers possuem um sensor térmico que impede a saída do ar em situações de ausência de incêndio, mas que, ao ser submetido a determinada temperatura, rebenta, possibilitando a saída do ar que vai fazer com que se dê a abertura de uma válvula colocada a separar as duas zonas da rede, o que origina deste modo a sua inundação.

O sistema de inundação ramifica-se em inundação total ou aplicação local. O sistema de inundação total abrange todo o volume do compartimento em questão. Na aplicação local, centraliza-se a aplicação do agente extintor, como é o caso do CO₂ nas hottes de cozinha [16].

2.6. DISPOSITIVOS DE UTILIZAÇÃO

As bocas-de-incêndio exteriores [16] são dispositivos instalados nas fachadas dos edifícios ligados à rede pública de distribuição de água, destinados à ligação das mangueiras dos bombeiros para combate directo aos sinistros ou abastecimento dos carros destes.

Os marcos de água [16] são dispositivos instalados nos passeios, junto aos lancis, com várias bocas-de-incêndio (geralmente 3), ligados à rede pública de distribuição de água, destinados à ligação das mangueiras dos bombeiros para combate directo do sinistro ou abastecimento dos carros destes.

As bocas de alimentação [16] são dispositivos instalados nas fachadas dos edifícios, de acordo com as exigências regulamentares, destinadas à ligação de meios utilizados pelos bombeiros para abastecimento e colocação em carga das colunas secas instaladas no edifício.

As bocas-de-incêndio não-armadas [16] são dispositivos instalados no interior dos edifícios ligados a colunas secas ou húmidas, destinados à ligação das mangueiras dos bombeiros para o combate directo aos sinistros. Deverão ser constituídas por duas bocas-de-incêndio tamponadas, dispor de uma válvula de seccionamento por boca-de-incêndio e ficar instaladas em caixa própria devidamente sinalizada.

As bocas-de-incêndio armadas [16] são dispositivos instalados no interior dos edifícios ligadas à rede de incêndio e destinadas ao combate directo a sinistros. As bocas-de-incêndio armadas utilizadas são do tipo teatro, equipadas com mangueiras flexíveis, e do tipo carretel, equipadas com mangueiras semi-rígidas. As bocas-de-incêndio deverão ser equipadas com uma mangueira, uma agulheta e, no caso de boca-de-incêndio do tipo teatro, uma chave de manobra. Deverão também dispor, no caso do tipo teatro, de duas válvulas de seccionamento, uma das quais provida de volante de manobra e, no caso do tipo carretel, de uma válvula de seccionamento.

Os aspersores são dispositivos instalados no interior dos edifícios e alimentados por redes fixas e rígidas, destinados ao combate aos incêndios através de accionamento e funcionamento automáticos, sem intervenção de operador. Os aspersores podem ser classificados em três grupos: os de tipos abertos, os fechados por fusível mecânico e os fechados por fusível químico. Dentro dos grupos atrás mencionados, é possível distinguir: o modelo convencional, o qual produz uma descarga tipo esférica, em que parte da mesma é dirigido para o tecto, sendo concebidos com deflector do tipo universal, que possibilita a sua montagem vertical erecta e pendente; finalmente, os modelos especiais de parede, os quais se destinam a montagem junto de paredes. Estes dispositivos ainda podem ser diferenciados em função dos seus orifícios, os quais deverão ser seleccionados tendo em conta a classe de risco [16].

3

AGENTES LIMPOS DE EXTINÇÃO

3.1. GENERALIDADES

Antes de iniciar o tema deste capítulo, há a necessidade de abordar, genericamente, os halons, os HCFCs e os HFCs. Os primeiros elementos citados são os mais importantes, sendo por esse motivo alvo de maior especificidade.

Começando por definir os halons, há a dizer que são hidrocarbonetos halogenados e agentes extintores de compostos químicos formados por elementos halogenados – flúor, cloro, bromo e iodo. Eram globalmente utilizados em espaços com equipamentos eléctricos, por exemplo, por apagar incêndios eficazmente e sem deixar resíduos. Foram banidos pelo Protocolo de Montreal por serem nocivos à camada de ozono.

Neste ponto da dissertação, revelam-se os detalhes do modo como o novo Regulamento (CE) n.º 2037/2000 [5], para substâncias degradantes do ozono, vai afectar o uso de sistemas de extinção de incêndio e de equipamentos preventivos.

Pelo Protocolo de Montreal, a produção de Halon 1301, 1211 e 2402 em países desenvolvidos cessou a 31 de Dezembro de 1993. O Regulamento (CE) n.º 2037/2000 [5] veio proibir, em 31 de Dezembro de 2002, a utilização de equipamentos de extinção de fogo que recorram a halons anteriormente referenciados. Contudo, as utilizações críticas – que se apresentam listadas nos parágrafos seguintes – para o Halon 1301 e o Halon 1211, que vêm no Regulamento (CE) n.º 2037/2000 [5], vieram criar excepções a tais restrições. Os Halons 1211 e 1301 são mais conhecidos, comercialmente, por BCF e BTM, respectivamente. Os halons recuperados do processo de implementação destes planos podem ser reciclados para as utilizações críticas.

A aplicação do Halon 1301 será permitida [5]:

- Nas aeronaves, para protecção dos compartimentos da tripulação e dos motores, dos porões de carga e dos porões secos;
- Nos veículos militares terrestres e marítimos para protecção dos espaços ocupados pelo pessoal e pelos compartimentos dos motores;
- Para tornar inertes os espaços ocupados em que possam ocorrer libertações de líquidos ou gases inflamáveis nos sectores militar, do petróleo, do gás e petroquímico, e em cargueiros existentes;
- Para tornar inertes os centros de comunicações e de comando das Forças Armadas ou outros, existentes e essenciais para a segurança nacional;

- Para tornar inertes os espaços ocupados em que possa ocorrer a dispersão de materiais radioativos;
- No túnel sob a Mancha, nas instalações aferentes e no material rolante.

O uso do Halon 1211 será autorizado [5]:

- Em extintores portáteis e no equipamento fixo de extinção de incêndios em motores para utilização a bordo de aeronaves;
- Em aeronaves para protecção dos compartimentos da tripulação e dos motores, dos porões para carga e dos porões secos;
- Em extintores essenciais à segurança pessoal para utilização inicial dos bombeiros;
- Em extintores utilizados pelas forças militares e policiais em pessoas [5].

As possíveis alternativas aos halons incluem algumas tecnologias estáveis e novos agentes que têm emergido desde os problemas ambientais associados aos halons que têm vindo a ser reconhecidos. Estas alternativas dividem-se como sendo tradicionais ou novas.

As soluções tradicionais [19] são:

- Detecção e intervenção manual;
- Sistemas de sprinkler, incluindo os que têm pré-acção e rápida capacidade de resposta;
- Dióxido de carbono – aplicação local e inundação total;
- Espuma – baixa ou alta expansão e sistemas de spray;
- Pó químico

As novas opções [19] são:

- Gases inertes – é de salientar que o CO₂ é uma excepção;
- Gases halocarbonados;
- Água nebulizada;
- Geradores de gases inertes;
- Aerosóis de finas partículas;
- Agentes “streaming”.

O Protocolo de Montreal determina que o consumo de HCFCs deverá ser congelado em 2015 e eliminado totalmente em 2040 nos países em desenvolvimento. Actualmente, o mais comum é a substituição do uso de HCFCs pela utilização de HFCs que não afectam a camada de ozono, mas são gases com efeito de estufa. Em alguns países, como é o caso da Suíça, é proibido o recurso aos HFCs. Em função disto, cerca de 10 a 15% do mercado já usa substâncias alternativas sem efeitos significativos para o clima e para a camada de ozono [18]. Com a interdição de fabricação e utilização dos elementos halogenados – nomeadamente o gás Halon 1211 para os extintores e o gás Halon 1301 para os sistemas fixos – por força do Protocolo de Montreal, concretizado no Regulamento comunitário n.º 2037/2000 [5], de 29 de Junho, e transposto para a legislação portuguesa pelo Decreto-Lei n.º 199/2002 [42], de 20 de Abril, a indústria desenvolveu uma série de produtos alternativos, especialmente para os sistemas fixos [22].

Os HFCs foram criados como alternativa aos CFCs, sendo gases de refrigeração que contêm hidrogénio, flúor e carbono. Apenas componentes contendo cloro e bromo são prejudiciais à camada de ozono. Os HFCs contribuem para o aquecimento global, embora em níveis reduzidos quando comparados com os dos HCFCs. Dois grupos de haloalcanos fazem parte da lista de gases do efeito estufa do Protocolo de Kyoto: hidrofluorocarbonos – HFC – e perfluorocarbonos – PFCs [18].

Os ocupantes de determinados espaços cobertos por sistemas fixos devem evacuar imediatamente essas áreas após a audição de um aviso sonoro que será disparado por um alarme. Deverão ser tomadas medidas preventivas que incluem treino pessoal, sinais de avisos, alarmes de incêndio e fornecimento de protecções respiratórias [19]. Em secção própria serão descritos os equipamentos necessários para o efeito.

Em 14 de Junho de 2006 foi publicado o Regulamento (CE) n.º 842/2006 [9] do Parlamento Europeu e do Conselho, de 17 de Maio de 2006, relativo a determinados gases fluorados com efeito de estufa – Protocolo de Kyoto –, onde são listados no Anexo I daquele Regulamento os referidos gases, agrupados em: hexafluoreto de enxofre (SF₆), hidrofluorcarbonetos (HFC) e perfluorcarbonetos (PFC). Quer isto dizer que os HFCs podem ser utilizados em sistemas de protecção contra incêndios desde que sejam respeitadas diversas condições, nomeadamente, evitar a fuga desses gases. Por este motivo é que alguns países já eliminaram os HFCs. Como nota, há a referenciar que o CO₂ é o gás que mais contribui para o aquecimento global do planeta – “efeito de estufa” [22].

3.2. AGENTES LIMPOS ACTUAIS

Os sistemas de supressão de fogo baseados em água – como é o caso dos sprinklers – são dimensionados para proteger pessoas e estruturas. Mas, quando o que está em causa é maquinaria de alto valor, computadores e equipamento electrónico, a água pode causar maiores prejuízos que o próprio fogo. Os sistemas por agentes gasosos limpos são melhores que os que utilizam água e químicos secos na maioria dos casos. Passo a citar alguns exemplos:

- Os agentes limpos não são condutores de electricidade e não estragam os produtos electrónicos, podendo estes estar sob tensão – a água é condutora de electricidade e estraga-os;
- Os agentes limpos são seguros para o ser humano;
- Por actuarem rapidamente, os agentes limpos reduzem facilmente a quantidade de fumo e os estragos pela fuligem;
- Os agentes limpos providenciam supressão a três dimensões, extinguindo os fogos que a água não consegue.

Os agentes extintores limpos são eficientes para grande número de riscos, sendo que a sua permeabilidade e dispersibilidade permitem facilmente chegar a fogos ocultos. Estes agentes gasosos não deixam resíduos após aplicação.

Os agentes extintores limpos agrupam-se em duas famílias de gases que são os sintéticos e os inertes. Os gases sintéticos também poderão ser designados por gases químicos. Tendo os halons uma forte capacidade destruidora da camada de ozono, ODP (Ozone Depletion Potential), tal não se verifica com os gases anteriormente referenciados que têm ODP nulo. Contudo, os gases sintéticos têm um potencial de aquecimento global, GWP, pelo que contrariam o espírito do Protocolo de Kyoto [18]. A excepção é o FK-5-1-12, que ainda não é utilizado em exclusividade dentro desta gama de produtos devido a questões de mercado. Actualmente esse entrave deve-se ao facto de apenas a empresa 3M produzir o FK-5-1-12. Enquanto outras empresas, como a Dupont, não adoptarem esta solução, o FK-5-1-12 será apenas mais um gás químico.

O ODP [34] de um composto químico é a quantidade relativa de degradação da camada de ozono que pode causar. A primeira proposta veio de Wuebbles em 1983. Foi definida como uma medida dos efeitos destrutivos de uma substância, em comparação com uma substância de referência. Precisamente, o ODP de uma dada substância é definido como a razão da perda global de ozono devido a uma determinada substância pela perda global de ozono devido ao CFC-11 com a mesma massa. O ODP

pode ser estimado a partir da estrutura de uma dada substância. Os CFCs têm ODPs aproximadamente igual a 1. Os HFCs apresentam ODPs de 0,005 a 0,2, devido à presença do hidrogénio [34].

A tabela 3.1 contém os gases sintéticos e os gases inertes.

Tabela 3.1 – Agentes limpos actuais

Designação NFPA/ISO (Nome Comercial)	Grupo	Nome Químico	GWP (CO ₂ = 1)	Tempo de permanência na atmosfera	ODP (CFC-11 = 1)
HFC-227ea (FM-200 e FE-227)	Gás sintético	Heptafluoropropano	3.300	37 anos	0
HFC-125 (FE-25)	Gás sintético	Pentafluoroetano	2.800	33 anos	0
HFC-23 (FE-13)	Gás sintético	Trifluorometano	11.700	264 anos	0
HFC-236fa (FE-36)	Gás sintético	Hexafluoropropano	6.300	209 anos	0
FK-5-1-12 (Novec 1230)	Gás sintético	Dodecafluoro-2- metilpentan-3-ona	1	5 dias	0
IG-01 (Argotec)	Gás Inerte	Árgon	0	Permanente	0
IG-100 (Azoto)	Gás Inerte	Azoto	0	Permanente	0
IG-541 (Inergen)	Mistura de Gases Inertes	Azoto (52%) + Árgon (42%) + CO ₂ (8%)	0,08	Permanente	0
IG-55 (Proinerte e Argonite)	Mistura de Gases Inertes	Árgon (50%) + Azoto (50%)	0	Permanente	0
CO ₂	Gás Inerte	Dióxido de Carbono	1	120 anos	0

Todos estes gases são previamente analisados e aprovados por institutos e entidades reguladoras internacionais – a EPA por exemplo –, devendo ter-se em atenção o Regulamento comunitário n.º 2037/2000 [5], de 29 de Junho. No mercado estão disponíveis sistemas fixos de extinção de incêndios em edifícios para micro, médios e macro ambientes.

Os agentes limpos actuais aplicam-se num vasto leque de utilizações, nomeadamente:

- Salas de componentes eléctricos e electrónicos em geral;
- Salas de bastidores, servers, centrais telefónicas, bandotecas, robôs, etc;
- Museus e arquivos históricos;
- Cofres;
- Galerias de cabos;
- Líquidos inflamáveis;
- Áreas ocupadas por humanos.

Por vezes, algumas das tabelas, ao longo do capítulo, terão células preenchidas em tom de cinza. Esta situação deveu-se à dificuldade em encontrar os respectivos dados. Podem-se visualizar, nestas tabelas, certos conceitos que se apresentam de seguida.

O peso molecular de uma substância é a massa de uma molécula dessa substância.

O ponto de ebulição é a temperatura à qual a aplicação de mais calor a um líquido não provoca qualquer aumento de temperatura e o líquido se converte em vapor.

A pressão de vapor é a pressão exercida por um vapor quando este está em equilíbrio dinâmico com o líquido que lhe deu origem.

A temperatura crítica é a temperatura acima da qual a substância pode existir somente na forma de gás. A pressão crítica é a pressão de vapor na temperatura crítica. A densidade crítica é a densidade de um material à temperatura e à pressão críticas.

A resistência eléctrica é a capacidade de um corpo se opor à passagem da corrente eléctrica quando existe uma diferença de potencial aplicada.

O calor específico, que caracteriza uma substância, é uma grandeza física que define a variação térmica de determinada substância ao receber determinada quantidade de calor.

O calor de vaporização é a quantidade de energia necessária para que um mol de um elemento ou de uma substância, que se encontra em equilíbrio à pressão de uma atmosfera, passe completamente para o estado gasoso.

A condutividade térmica é uma propriedade física dos materiais que lhes permite conduzir calor.

3.3. GASES QUÍMICOS

Os sistemas de halocarbonos são agentes químicos de acção rápida que fornecem uma solução segura de extinção de incêndios, a partir de uma quantidade relativamente pequena de agente. Podem proteger-se áreas extensas através de cilindros colocados estrategicamente de forma a modular ao longo da área protegida ou apenas fora dela. Estes agentes actuam principalmente por inibição química a nível molecular, extinguindo assim o incêndio. Um exemplo é o FK-5-1-12, que tem a característica de vaporizar rapidamente e de estar armazenado sob a forma líquida.

Têm sido desenvolvidos gases halocarbonados com potencial de destruição da camada de ozono zero. Os novos gases halocarbonados partilham algumas características comuns dos halons, nomeadamente em termos de área e espaço ocupados pelos cilindros e restantes equipamentos.

Quando se escolhe um novo agente halocarbonado deve-se considerar o seguinte:

- Aspectos Ambientais. Contudo, estes gases podem apenas ser usados onde as alternativas ambientais aceitáveis não existem em termos de segurança e de custo efectivo viável;
- O HFC-23 tem alta pressão vaporizada e vai requerer equipamentos similares aos de CO₂ [19].

Estes gases classificam-se em função do NOAEL e do LOAEL. O NOAEL [20] é a concentração máxima de agente à qual não se observa resposta cardiotóxica. LOAEL [20] representa a concentração mínima do agente à qual se observa resposta cardiotóxica.

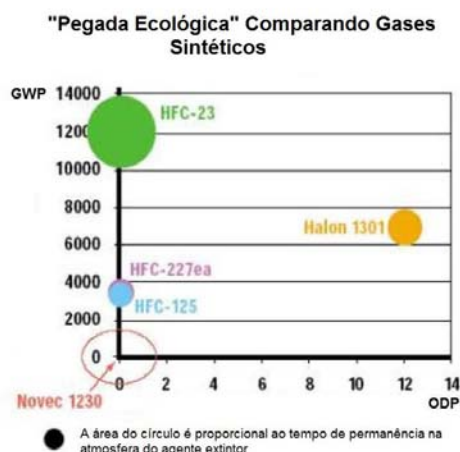


Figura 3.1 – Pegada Ecológica

3.3.1. HFC-227EA

O agente extintor HFC-227ea é um gás limpo – de acordo com a NFPA 2001 [13] – amplamente aceitável como substituto dos halons. O HFC-227ea, ou heptafluoropropano – CF₃CHFCF₃ –, está apto para a protecção da maioria dos riscos onde anteriormente se aplicava o Halon 1301.

A concentração de projecto do HFC-227ea é de 7,9%, sendo prejudicial ao ser humano para valores acima de 9%, considerando um factor de segurança 1,2.

É um gás apto para os fogos das classes A e B. O agente pressuriza-se com azoto seco a 24 bar e armazena-se em cilindros de aço equipados com válvulas certificadas.

Tabela 3.2 – Características de HFC-227ea

Características	
Nome químico	Heptafluoropropano
Fórmula química	$\text{CF}_3\text{CHFCF}_3$
Designação segundo ISO 14520, UNE 23570 e NFPA 2001	HFC-227ea
Nome comercial	FM-200 e FE-227
Peso molecular	170
Ponto de ebulição a a 1,013 bar	-16,4°C
Densidade do líquido a 20°C	1407 kg/m ³
Densidade crítica	274 kg/m ³
Pressão de vapor a 20°C	391 kPa
Pressão crítica	2912 kPa
Temperatura crítica	101,7 °C
Resistência eléctrica relativa a 1 atm. 25°C (N ₂ = 1.0)	2,0
Densidade de atulhamento máximo	1,15 kg/l
Factor de inundação para heptano a 20°C	0,686 kg/m ³
Concentração mínima de projecto para classe A de fogo (NFPA 2001)	5,2 a 5,8 %
Concentração de projecto para classe A de fogo (NFPA 2001)	6,25 a 7 %
Concentração mínima de projecto para classe B de fogo (NFPA 2001)	6,7 %
Concentração de projecto para classe B de fogo (NFPA 2001)	8,7 %
Concentração mínima de projecto para classe C de fogo (NFPA 2001)	5,2 a 5,8 %
Concentração de projecto para classe C de fogo (NFPA 2001)	6,25 a 7 %
Calor específico, líquido a 25°C	1,184 kJ/kg°C
Calor específico, gasoso a pressão constante de 1 atm a 25°C	0,808 kJ/kg°C
Calor de vaporização no ponto de ebulição	132,6 kJ/kg
Condutividade térmica do liquido a 25°C	0,069 W/m°C
NOAEL	9 %
LOAEL	10,5 %
ODP (CFC-11 = 1)	0
GWP (CO ₂ = 1)	3300
Tempo de permanência na atmosfera	37 anos
Toxicidade	Baixa

É a melhor solução para suprimir rapidamente qualquer incêndio, sem danos, sem utilização de grandes espaços e com total visibilidade. A descarga do agente limpo dá-se em dez segundos ou menos, extinguindo o fogo rápida e efectivamente. Utilizam discos de ruptura e válvula patenteados, oferecendo maior flexibilidade e velocidade de descarga.

3.3.2. HFC-125

O HFC-125 é fisicamente similar ao Halon 1301, por isso é uma excelente e eficaz alternativa, com a vantagem de não prejudicar o ambiente, não atacar a camada de ozono, ter baixo potencial de efeito de estufa e apresentar uma vida atmosférica relativamente curta. Actua por inundação total em áreas ocupadas. O modelo PBPK – Physiologically-Based Pharmacokinetic Modeling –, incluído na NFPA 2001 [13], tem demonstrado que a exposição das pessoas ao HFC-125 durante um tempo máximo de 5 minutos e a concentrações de 11,5%, não produzem um nível de HFC-125 no sangue associado a uma sensibilização cardíaca.

É um gás comprimido incolor, inodoro, e liquidificado. É armazenado no estado líquido e é descarregado no local onde haja perigo no estado de vapor incolor e não obscurece a visão. Não deixa nenhum resíduo e tem toxicidade aceitável para uso em espaços ocupados. Extingue o fogo por uma combinação de substância química e mecanismos físicos. Não desloca oxigénio e é seguro para uso em espaços ocupados sem medo de privação de oxigénio.

A concentração mínima é de 8%, para Classe A de incêndio, com inundação total, conforme NFPA 2001 [13] e 8,7%, conforme ISO. O tempo de descarga é de 10 segundos.

A toxicidade do HFC-125 é favorável quando comparado com outros agentes de supressão. Foi avaliado para sensibilização cardíaca por protocolos de teste aprovados pela EPA – a tolerância cardíaca para o HFC-125 é muito mais alta que o Halon 1301 e é aceitável para uso em segurança para protecção de espaços ocupados. Decompõe-se na forma de ácidos de halogéneo quando exposto ao fogo.

A descarga realiza-se através de válvulas certificadas pelas mais acreditadas entidades independentes. O seu cálculo baseia-se em elementos de protecção contra activações acidentais devidas a micro fugas.

O sistema pode ser modular ou centralizado.

Tabela 3.3 – Características de HFC-125

Características	
Nome químico	Pentafluoroetano
Fórmula química	CF_3CHF_2
Designação segundo ISO 14520, UNE 23570 e NFPA 2001	HFC-125
Nome comercial	FE-25
Peso molecular	120,0
Ponto de ebulição a a 1,013 bar	-48,1°C
Densidade do líquido a 25°C	1189,7 kg/m ³
Densidade crítica	574 kg/m ³
Pressão de vapor a 20°C	1.209 kPa

Tabela 3.3 (continuação) – Características de HFC-125

Características	
Pressão crítica	3.595 kPa
Temperatura crítica	66°C
Resistência eléctrica relativa a 1 atm. 21°C (N ₂ = 1.0)	0,955
Densidade de atulhamento máximo	0,93 kg/l
Factor de inundação para heptano a 20°C	0,646 kg/m ³
Concentração mínima de projecto para classe A de fogo (NFPA 2001)	6,7 %
Concentração de projecto para classe A de fogo (NFPA 2001)	8 %
Concentração mínima de projecto para classe B de fogo (NFPA 2001)	8,7 %
Concentração de projecto para classe B de fogo (NFPA 2001)	11,3 %
Concentração mínima de projecto para classe C de fogo (NFPA 2001)	6,7 %
Concentração de projecto para classe C de fogo (NFPA 2001)	Pelo menos 8 %
Calor específico, líquido a 25°C	1,407 kJ/kg°C
Calor específico, gasoso a pressão constante de 1 atm a 25°C	0,797 kJ/kg°C
Calor de vaporização no ponto de ebulição	164,1 kJ/kg
Condutividade térmica do líquido a 25°C	0,0592 W/m°C
NOAEL	7,5 %
LOAEL	10 %
ODP (CFC-11 = 1)	0
GWP (CO ₂ = 1)	2.800
Tempo de permanência na atmosfera	32,6 anos
Toxicidade	Baixa

3.3.3. HFC-23

O trifluorometano – HFC-23 – é gerado como um subproduto durante a produção do clorodifluorometano – HCFC-22.

Características:

- Margem dilatada de segurança em áreas ocupadas;
- Amplamente aceite como substituto do Halon 1301;
- Aplicável a baixas temperaturas;
- Incluído nas normas ISO 14520, UNE 25573 e NFPA 2001.

A concentração de projecto do HFC-23 é de 18% sendo prejudicial ao ser humano para valores de 30%, atendendo a um factor de segurança de 1,6.

Extingue os incêndios por inibição química. O HFC-23 dimensionado atendendo a uma concentração de 16,5%. O seu NOAEL é de 30%, sendo actualmente o agente extintor com maior margem de segurança a este nível. Devido à sua alta pressão de vapor à temperatura ambiente, o HFC-23 não requer pressurização com azoto. O seu dimensionamento contempla elementos de protecção contra activações acidentais devido a fugas.

Tabela 3.4 – Características de HFC-23

Características	
Nome químico	Trifluorometano
Fórmula química	CHF ₃
Designação segundo ISO 14520, UNE 23570 e NFPA 2001	HFC-23
Nome comercial	FE-13
Peso molecular	70.01
Ponto de ebulição a a 1,013 bar	-82.1 °C
Densidade do líquido a 20°C	807 kg/m ³
Densidade crítica	527 kg/m ³
Pressão de vapor a 20°C	4.183 kPa
Pressão crítica	4.836 kPa
Temperatura crítica	25.9 °C
Resistência eléctrica relativa a 1 atm. 25°C (N ₂ = 1.0)	1.04
Densidade de atulhamento máximo	0.85 kg/l
Factor de inundação para heptano a 20°C	1,04 kg/m ³
Concentração mínima de projecto para classe A de fogo (NFPA 2001)	
Concentração de projecto para classe A de fogo (NFPA 2001)	
Concentração mínima de projecto para classe B de fogo (NFPA 2001)	12,9 %
Concentração de projecto para classe B de fogo (NFPA 2001)	16,8 %
Concentração mínima de projecto para classe C de fogo (NFPA 2001)	
Concentração de projecto para classe C de fogo (NFPA 2001)	Pelo menos
Calor específico, líquido a 20°C	4,130 kJ/kg°C
Calor específico, gasoso a pressão constante de 1 atm a 20°C	0,731 kJ/kg°C
Calor de vaporização no ponto de ebulição	239,3 kJ/kg
Condutividade térmica do líquido a 25°C	0,0534 W/m°C
NOAEL	30 %

Tabela 3.4 (continuação) – Características de HFC-23

Características	
LOAEL	>30 %
ODP (CFC-11 = 1)	0
GWP (CO ₂ = 1)	11.700
Tempo de permanência na atmosfera	264 anos
Toxicidade	Baixa

3.3.4. HFC-236FA

O HFC-236fa é um novo agente extintor que veio substituir o Halon 1211 em extintores portáteis. Além deste tipo de aplicação, também é usado em sistemas fixos de extinção de incêndio.

À temperatura da sala, o HFC-236fa funciona bem em sistemas de inundação total. A sua baixa toxicidade e alta eficiência tornam-no atractivo para espaços normalmente ocupados.

Este agente extintor de uso corrente está listado como aceite por utilizadores não residenciais sobre o programa EPA SNAP. Também está listado na Toxic Substance Control Act – TSCA – e na European List of New Chemical Substances (ELINCS) – EC-nr.425-320-1.

Tabela 3.5 – Características de HFC-236fa

Características	
Nome químico	Hexafluoropropano
Fórmula química	C ₃ H ₂ F ₆
Designação segundo ISO 14520, UNE 23570 e NFPA 2001	HFC-236fa
Nome comercial	FE-36
Peso molecular	152
Ponto de ebulição a a 1,013 bar	-1.4 °C
Densidade do líquido a 25°C	1.360 kg/m ³
Densidade crítica	551,3 kg/m ³
Pressão de vapor a 25°C	272.4 kPa
Pressão crítica	3.200 kPa
Temperatura crítica	124,9°C
Resistência eléctrica relativa a 1 atm. 25°C (N ₂ = 1.0)	1,0166
Densidade de atulhamento máximo	
Factor de inundação para heptano a 20°C	
Concentração mínima de projecto para classe A de fogo (NFPA 2001)	

Tabela 3.5 (continuação) – Características de HFC-236fa

Características	
Concentração de projecto para classe A de fogo (NFPA 2001)	
Concentração mínima de projecto para classe B de fogo (NFPA 2001)	6,3 %
Concentração de projecto para classe B de fogo (NFPA 2001)	8,2 %
Concentração mínima de projecto para classe C de fogo (NFPA 2001)	
Concentração de projecto para classe C de fogo (NFPA 2001)	
Calor específico, líquido a 25°C	1,264 kJ/kg°C
Calor específico, gasoso a pressão constante de 1 atm a 25°C	0,84 kJ/kg°C
Calor de vaporização no ponto de ebulição	160,4 kJ/kg
Condutividade térmica do líquido a 25°C	0,0729 W/m°C
NOAEL	10 %
LOAEL	15 %
ODP (CFC-11 = 1)	6,300
GWP (CO ₂ = 1)	0
Tempo de permanência na atmosfera	209 anos
Toxicidade	Baixa

3.3.5. FK-5-1-12

Estamos na presença do único gás químico da listagem anterior que não pertence ao grupo dos HFCs, pelo que, potencialmente, será o que se conseguirá manter no mercado a longo prazo devido aos Protocolos Ambientais anteriormente citados e explicitados. Actualmente o maior entrave à sua exclusiva utilização, dentro dos gases sintéticos, é o facto de ser produzido apenas pela empresa 3M. Portanto, enquanto outras empresas, como a Dupont, não adoptarem esta solução, o FK-5-1-12 será apenas mais um gás químico.

Estamos perante a solução da próxima geração em todas as aplicações consideradas perfeitas para os halons. Os tempos estão a mudar e as substâncias que destroem a camada de ozono já não são aceitáveis e muitas pessoas desejam cumprir as suas obrigações a nível ambiental, seleccionando os sistemas anteriormente referidos com o mínimo de impacto ambiental. Hoje em dia, necessita-se de um agente de rápida extinção, sustentável, limpo, sem potencial de destruição da camada de ozono e como o mínimo possível de emissões de “gases com efeito de estufa” – que possa ser usado em espaços ocupados. O FK-5-1-12, além de cumprir os aspectos anteriormente referenciados, está listado como aceite sem restrições pelo Programa das Novas Alternativas mais Relevantes – SNAP – da EPA e está registado ao abrigo do esquema ELINCS (European List of Notified Chemical Substances). O sistema da Sapphire foi aprovado pelo LPCB (Loss Prevention Certification Board), UL e FM e aceite para ser incluído na norma ISO 14520 e na NFPA 2001. O FK-5-1-12 tem a menor vida útil de halocarbonos alternativos na atmosfera – apenas cinco dias.

Características:

- Os sistemas Sapphire são criados especificamente para FK-5-1-12;
- Excelente capacidade de combate a incêndio;
- Claro, incolor e fraco odor;
- Simples de reabastecer;

O fogo é extinto por combinações químicas e físicas. Este acontecimento não provoca redução significativa de oxigénio contido na sala.

Os sistemas do FK-5-1-12 são individualmente calculados, sendo a área ocupada pelos cilindros apropriadamente escolhida de acordo com o cálculo hidráulico e pela quantidade de agente requerida. A temperatura de operação varia entre 0°C e 50°C.

Nestes sistemas, o FK-5-1-12 é armazenado sob a forma de líquido e misturado com azoto, que é usado para pressurizar o conteúdo a 25 bar e a 20°C. O incêndio é extinto através de inibição química. Após a descarga a mistura ar/ FK-5-1-12 tem uma capacidade calorífica maior do que a do próprio ar. Quer isto dizer que irá absorver mais energia – calor – por grau de temperatura a que esteja sujeita. À concentração de projecto a mistura ar/ FK-5-1-12 absorve o calor suficiente para quebrar a reacção em cadeia. Aquando da activação do sistema, o conteúdo flui através da tubagem até ser descarregado nos difusores onde é rapidamente descarregado em menos de 10 segundos. A descarga deixa um certo nevoeiro na sala, reduzindo um pouco a visibilidade. Normalmente este é limpo rapidamente permitindo a evacuação da sala.

O FK-5-1-12 não é tóxico quando utilizado segundo a Norma NFPA 2001, podendo ser utilizado para aplicações locais e como inundação total.

Tabela 3.6 – Características de FK-5-1-12

Características	
Nome químico	Dodecafluoro-2-metilpentan-3-ona
Fórmula química	$\text{CF}_3\text{CF}_2\text{C}(\text{O})\text{CF}(\text{CF}_3)_2$
Designação segundo ISO 14520, UNE 23570 e NFPA 2001	FK-5-1-12
Nome comercial	Novec 1230
Peso molecular	316,04
Ponto de ebulição a a 1,013 bar	49 °C
Densidade do líquido a 25°C	
Densidade crítica	639,1 kg/m ³
Pressão de vapor a 25°C	40.4 kPa
Pressão crítica	1.865 kPa
Temperatura crítica	168,66°C
Resistência eléctrica relativa a 1 atm. 25°C (N ₂ = 1.0)	2,3

Tabela 3.6 (continuação) – Características de FK-5-1-12

Características	
Densidade de atulhamento máximo	
Factor de inundação para heptano a 20°C	
Concentração mínima de projecto para classe A de fogo (NFPA 2001)	3,5 %
Concentração de projecto para classe A de fogo (NFPA 2001)	4,2 %
Concentração mínima de projecto para classe B de fogo (NFPA 2001)	4,5 %
Concentração de projecto para classe B de fogo (NFPA 2001)	5,9 %
Concentração mínima de projecto para classe C de fogo (NFPA 2001)	3,5 %
Concentração de projecto para classe C de fogo (NFPA 2001)	Pelo menos 4,2 %
Calor específico, líquido a 25°C	1,103 kJ/kg°C
Calor específico, gasoso a pressão constante de 1 atm a 25°C	0,891 kJ/kg°C
Calor de vaporização no ponto de ebulição	88 kJ/kg
Condutividade térmica do líquido a 25°C	0,059 W/m°C
NOAEL	10 %
LOAEL	>10%
ODP (CFC-11 = 1)	0
GWP (CO ₂ = 1)	1
Tempo de permanência na atmosfera	5 dias
Toxicidade	Baixa

3.4. GASES INERTES

Os gases inertes podem ser utilizados como agentes extintores produzindo o principal efeito do abafamento – são exemplos o CO₂, o N₂ (azoto), o Ar (árgon) ou misturas destes, como é o caso do IG-541.

Os sistemas de gás inerte são dimensionados para concentrações de cálculo entre 35 e 50 % de volume para reduzir as concentrações de oxigénio ambiente inferior a 14%, o qual não vai apoiar a combustão da maioria dos combustíveis e a exposição humana deve ser limitada.

Estes são seguros em áreas ocupadas, não são condutores de electricidade, são limpos. Contudo, os seus cilindros requerem maiores áreas de armazenamento do que os gases químicos.

Quando se escolhe um agente de gás inerte, tem de se considerar alguns aspectos importantes. Estes não são gases liquefeitos e estão armazenados a alta pressão em cilindros de gás que têm implicações para o espaço e para o peso. O sistema em causa tem de ser suficientemente robusto para as pressões envolvidas. Os componentes gasosos são misturados para se ter densidade semelhante à do ar. Isto significa que retêm as suas concentrações numa área de risco melhor que a dos halons. Os tempos de descarga rondam os dois minutos, o que pode limitar algumas aplicações que envolvam desenvolvimento rápido de incêndios. Estes gases não estão sujeitos à decomposição térmica e não produzem

produtos degradantes para a atmosfera terrestre [19]. Apesar dos sistemas de extinção por gases inertes terem um efeito prático semelhante ao CO_2 há algumas diferenças substanciais que interessa realçar:

- São armazenados como gases não liquefeitos;
- São, apenas, aplicáveis em inundação total ou para extinção em equipamentos fechados [22].

Os gases inertes extinguem o incêndio de uma forma passiva através da redução do teor de oxigénio no ar, de 21 para 12%, podendo haver perigo para a vida humana se a descarga baixar deste valor [22].

3.4.1. IG-01

O IG-01 é um gás inerte constituído por 100% de árgon.

Tabela 3.7 – Características de IG-01

Características	
Nome químico	Árgon
Fórmula química	Ar
Designação segundo ISO 14520 e NFPA 2001	IG-01
Nome comercial	Argotec
Peso molecular	39,9
Ponto de ebulição a a 1,013 bar	-189,85°C
Ponto de gelo	-189,35°C
Densidade crítica	
Pressão de vapor a 20°C	
Pressão crítica	4,903 kPa
Temperatura crítica	-122,3°C
Resistência eléctrica relativa a 1 atm. 25°C ($\text{N}_2 = 1.0$)	1,01
Densidade de atulhamento máximo	
Factor de inundação para classe A (NFPA 2001)	
Concentração mínima de projecto para classe A de fogo (NFPA 2001)	
Concentração de projecto para classe A de fogo (NFPA 2001)	
Concentração mínima de projecto para classe B de fogo (NFPA 2001)	42 %
Concentração de projecto para classe B de fogo (NFPA 2001)	54,6 %
Concentração mínima de projecto para classe C de fogo (NFPA 2001)	
Concentração de projecto para classe C de fogo (NFPA 2001)	
Calor específico, líquido a 25°C	
Calor específico, gasoso a pressão constante de 1 atm a 25°C	0,519 kJ/kg°C

Tabela 3.7 (continuação) – Características de IG-01

Características	
Calor de vaporização no ponto de ebulição	163 kJ/kg
Condutividade térmica do líquido a 25°C	
NOAEL	43 %
LOAEL	52 %
ODP (CFC-11 = 1)	0
GWP (CO ₂ = 1)	0
Tempo de permanência na atmosfera	Permanente
Toxicidade	Baixa

3.4.2. IG-100

O IG-100 é um gás inerte constituído por 100% de azoto, que tem a capacidade de ser capaz de tratar um fogo em espaços abertos. É um gás incolor e inodoro. Não é corrosivo e pode ser usado até temperaturas normais com materiais como o níquel, aço, aço inox, cobre, latão, bronze e plásticos.

Este gás é armazenado em cilindros de alta pressão na forma de gás comprimido; assim, o espaço necessário para armazenagem de cilindro depende da pressão e da capacidade. Os cilindros poderão funcionar a 200 ou a 300 bar e a sua capacidade será de 80 ou de 140 litros.

Tabela 3.8 – Características de IG-100

Características	
Nome químico	Azoto
Fórmula química	N ₂
Designação segundo ISO 14520 e NFPA 2001	IG-100
Nome comercial	Azoto
Peso molecular	28,0
Ponto de ebulição a a 1,013 bar	-195,8 °C
Ponto de gelo	-210,0 °C
Densidade crítica	
Pressão de vapor a 20°C	
Pressão crítica	3,399 kPa
Temperatura crítica	-146,9 °C
Resistência eléctrica relativa a 1 atm. 25°C (N ₂ = 1.0)	1,0
Densidade de atulhamento máximo	
Factor de inundação para classe A (NFPA 2001)	

Tabela 3.8 (continuação) – Características de IG-100

Características	
Concentração mínima de projecto para classe A de fogo (NFPA 2001)	
Concentração de projecto para classe A de fogo (NFPA 2001)	
Concentração mínima de projecto para classe B de fogo (NFPA 2001)	31 %
Concentração de projecto para classe B de fogo (NFPA 2001)	40,3 %
Concentração mínima de projecto para classe C de fogo (NFPA 2001)	
Concentração de projecto para classe C de fogo (NFPA 2001)	
Calor específico, líquido a 25°C	
Calor específico, gasoso a pressão constante de 1 atm a 25°C	1,04 kJ/kg°C
Calor de vaporização no ponto de ebulição	199 kJ/kg
Condutividade térmica do líquido a 25°C	
NOAEL	43 %
LOAEL	52 %
ODP (CFC-11 = 1)	0
GWP (CO ₂ = 1)	0
Tempo de permanência na atmosfera	Permanente
Toxicidade	Baixa

3.4.3. IG-541

O IG-541 apresenta as seguintes características:

- Dimensionado segundo a ISO 14520, a NFPA 2001 e a CEA 4008;
- ODP = 0;
- Não tem efeito de estufa;
- Não apresenta produtos de decomposição.

O IG-541 consiste em 52% de azoto (IG-100), 40% de árgon (IG-01), e de 8% de CO₂. É um gás inerte, incolor e inodoro. Não é corrosivo e pode ser usado a temperaturas normais em materiais, tais como níquel, aço, aço inoxidável, cobre, latão, bronze e plástico. O IG-541 foi especialmente desenvolvido para fornecer protecção contra incêndios, como substituto do Halon 1301. Todos os componentes do IG-541 – árgon, azoto e CO₂ – são retirados directamente do ar que respiramos, querendo isto dizer, que eles são de origem natural. Uma vez a extinção tendo sido realizada, eles são devolvidos inalterados para a atmosfera, sem contaminar o ambiente.

A bateria de cilindros de IG-541 pode ser colocada mais distante do local a proteger, como era possível com os sistemas de halons obsoletos, sendo também possível maiores diferenças de altura. Na maioria dos casos, quando existe um sistema de halons a converter, o sistema de tubagem existente pode ser mantido. Apenas os difusores e os cilindros do agente extintor necessitam de ser substituídos.

A conversão de 150 bar para o novo sistema de IG-541 200 bar oferece algumas vantagens significativas:

- Mais agente extintor por cilindro;
- Menos espaço de armazenamento – requer 30% menos de espaço para o mesmo volume de agente extintor;
- Colector compacto – três filas de cilindros podem ser ligadas a um único colector;
- Instalação simplificada. O método de ligação patenteado elimina a necessidade de soldaduras na secção de alta pressão do sistema. Custo de instalação mais reduzido porque os componentes do sistema são fabricados segundo o princípio modular;
- Mudança rápida de cilindros. A instalação dos cilindros, patenteada, permite remover ou instalar rapidamente cilindros, por exemplo, depois de uma descarga;
- Rápido de inspeccionar. Uma leitura de pressão simples é suficiente para uma inspecção fidedigna à pressão dos cilindros;
- Poupança de custo, havendo consideravelmente menos cilindros é precisa menos componente relacionada.

O IG-541 tem condutividade eléctrica muito baixa; assim, durante a extinção, reduz a condutividade do ar para valores abaixo de um quarto dos valores para uma atmosfera normal. Isto torna satisfatório o seu uso em salas com equipamento electrónico, como computadores, aceleradores nucleares, entre outros.

O CO₂ existente no IG-541 estimula um involuntário aumento dos ciclos respiratórios, e assim garante um adequado fornecimento de oxigénio à circulação sanguínea, protegendo qualquer pessoa que possa estar presa na área do incêndio dos efeitos dos níveis reduzidos de oxigénio. Permanecer em espaços com atmosfera IG-541 não é perigoso, já que o corpo é exposto a um esforço físico equivalente a subir escadas. Apesar deste panorama, convém evacuar a sala, já que o próprio incêndio pode libertar gases extremamente nocivos à saúde humana. Este gás foi avaliado em termos médicos e aprovado por autoridades líderes em todo o mundo. A baixa concentração de CO₂ é inócua para o ser humano, mas após a extinção estimula um involuntário aumento de ciclos respiratórios, e assim garante um adequado fornecimento de oxigénio à circulação sanguínea.

Todos os alpinistas que se preparam para o “ar rarefeito” em altitude estão profundamente familiarizados com a prática de respirar ar com pouca concentração de oxigénio. O efeito do IG-541 é similar, sendo completamente automática a estimulação respiratória até mesmo em pessoas que estão inconscientes ou adormecidas. Este facto permite que as pessoas possam evacuar a sala, durante a descarga do agente extintor, sem perigo para a sua saúde.

Quando se despeja um gás inerte numa sala – à excepção do IG-541 –, a percentagem de oxigénio vai diminuindo até valores pouco acima dos 10% e o batimento cardíaco humano vai elevando substancialmente. No caso do IG-541, o batimento cardíaco mantém-se constante ao longo do tempo. A figura 3.2 é o reflexo desta realidade.

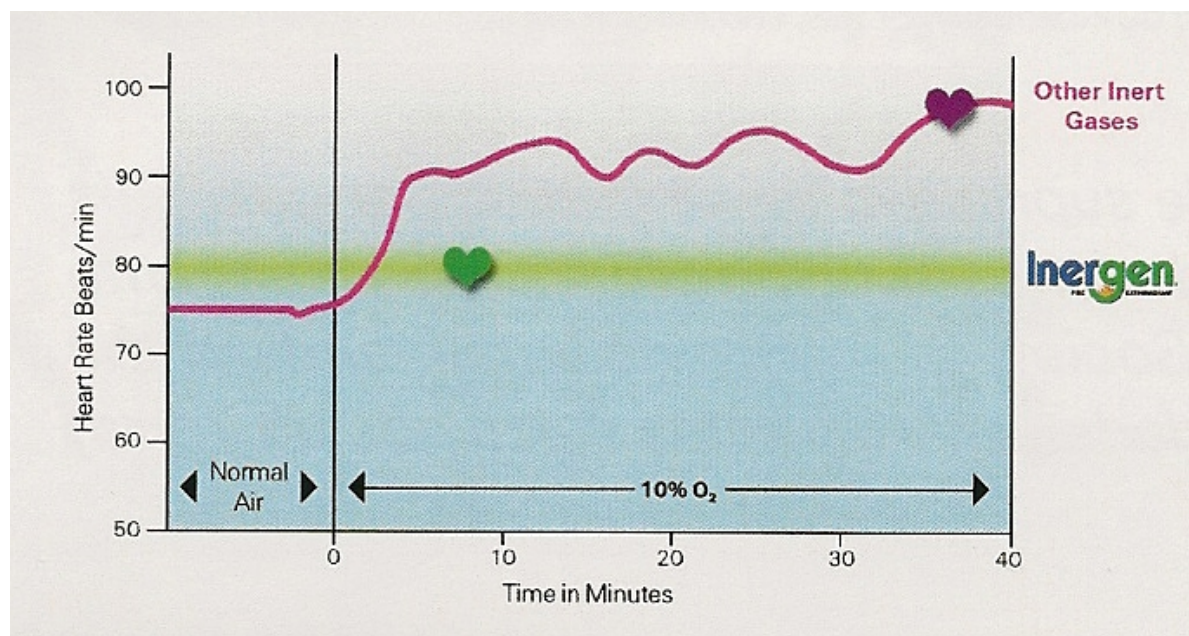


Figura 3.2 – Batimento cardíaco

Por outro lado e nas mesmas condições a oxigenação arterial vai baixando substancialmente. No caso do IG-541, esta oxigenação mantém-se constante ao longo do tempo. A figura 3.3 é o reflexo desta realidade.

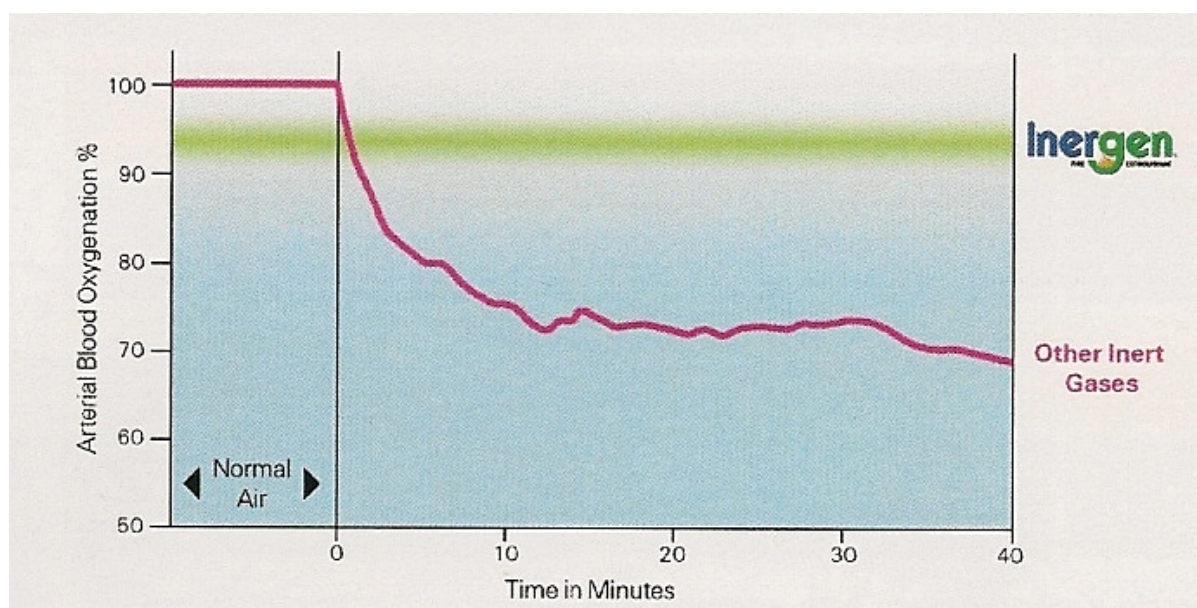


Figura 3.3 – Oxigenação arterial

A tabela 3.9 apresenta os gases constituintes do IG-541, assim como a percentagem a que estes se encontram na atmosfera, no IG-541 e na mistura destes dois.

Tabela 3.9 – Constituição de IG-541 [24]

Propriedades do gás	Atmosfera	IG-541	Atmosfera e IG-541 quando misturados durante uma descarga
Azoto	78,0 %	52 %	67,3 %
Oxigénio	20,9 %	0 %	12,5 %
Árgon	1,0 %	40 %	17,0 %
CO ₂	0,03 %	8 %	3,2 %

Pela tabela 3.10 pode-se ver as características do IG-541.

Tabela 3.10 – Características de IG-541

Características	
Nome químico	Azoto / Árgon / CO ₂
Fórmula química	N ₂ / Ar / CO ₂
Designação segundo ISO 14520 e NFPA 2001	IG-541
Nome comercial	Inergen
Peso molecular	34,00
Ponto de ebulição a a 1,013 bar	-196°C
Ponto de gelo	-78,5°C
Densidade crítica	
Pressão de vapor a 20°C	0.531 m ³ /m ³
Pressão crítica	
Temperatura crítica	
Resistência eléctrica relativa a 1 atm. 25°C (N ₂ = 1.0)	1,03
Densidade de atulhamento máximo	
Factor de inundação para classe A (NFPA 2001)	0.459 m ³ /m ³
Concentração mínima de projecto para classe A de fogo (NFPA 2001)	28,5 %
Concentração de projecto para classe A de fogo (NFPA 2001)	34,2 %
Concentração mínima de projecto para classe B de fogo (NFPA 2001)	31,25 %
Concentração de projecto para classe B de fogo (NFPA 2001)	40,6 %
Concentração mínima de projecto para classe C de fogo (NFPA 2001)	28,5 %

Tabela 3.10 (continuação) – Características de IG-541

Características	
Concentração de projecto para classe C de fogo (NFPA 2001)	Pelo menos 34,2 %
Calor específico, líquido a 25°C	
Calor específico, gasoso a pressão constante de 1 atm a 25°C	0,574 kJ/kg°C
Calor de vaporização no ponto de ebulição	220 kJ/kg
Condutividade térmica do líquido a 25°C	
NOAEL	43 %
LOAEL	52 %
ODP (CFC-11 = 1)	0
GWP (CO ₂ = 1)	0
Tempo de permanência na atmosfera	Permanente
Toxicidade	Baixa

3.4.4. IG-55

Estamos na presença de um gás especificado na NFPA 2001 e que é proveniente da mistura de 50% de Árgon e de 50% de azoto. Pode ser utilizado em locais que requeiram inundação total para extinção de fogo e pode ser utilizada na maioria dos produtos inflamáveis, assim como em locais que requeiram agente não condutor de electricidade e em locais habitados.

Este gás é armazenado em cilindros pressurizados em 200 ou 300 bar. Quando descarregado dentro de um local protegido, o IG-55 não obscurece a visão e não deixa resíduos. Por ser um gás derivado do ar atmosférico, não ataca a camada de ozono nem contribui para o aquecimento global. O IG-55 é um gás inerte incolor, inodoro e com densidade aproximadamente igual à do ar.

O IG-55 deve ser descarregado em inundação total no ambiente da sala para protecção de pessoas e equipamentos de alto valor agregado.

O IG-55 não se decompõe quando entra em contacto com o fogo, não cria subproduto tóxico e não é corrosivo. Após a descarga do gás inerte IG-55, com inundação total do ambiente protegido, resultará um teor residual de oxigénio entre 10% e 15% do volume. Apesar disto, as pessoas poderão respirar normalmente, havendo tempo suficiente para a evacuação do local. Também não haverá decomposição do material queimado pelo fogo. A extinção dá-se em menos de 60 segundos.

O IG-55 é mais efectivo quando utilizado em aplicações de inundação total quando a área de perigo está fechada ou para protecção de equipamentos que estejam juntos para manter o agente após a descarga.

A diferença entre as suas duas marcas comerciais – Argonite e Proinerte – reside essencialmente na concepção da válvula de descarga.

A válvula do sistema de Argonite, ao receber o impulso a 24 Volt, abre completamente, descarregando uma enorme quantidade de agente extintor nos primeiros instantes, baixando o fluxo de saída ao longo do tempo de descarga, de acordo com a pressão que entretanto vai baixando no próprio cilindro.

A válvula do sistema de Proinerte, ao receber o impulso a 24 Volt, abre de forma controlada, de modo a que durante o tempo de descarga, previsto de acordo com a norma, o fluxo seja constante. Esta abertura controlada da válvula permite a passagem imediata do gás de 200 ou 300 bar para 42 bar ao entrar nos colectores. A pressão da sala é controlada por aberturas de ventilação previamente dimensionadas.

Este procedimento controlado de actuação da válvula de descarga permite evitar grandes sobrepresões dentro do compartimento a proteger e, por consequência, a abertura de despressurização necessária é menor. Implica isso também que a quantidade de gás necessária para efectuar a extinção seja menor. A situação anteriormente referenciada pode ser visualizada na figura 3.4.

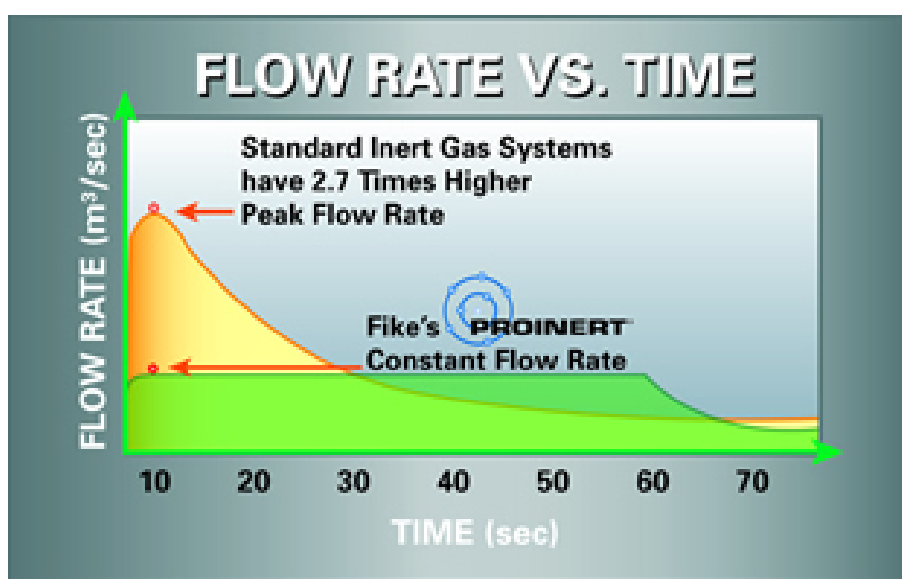


Figura 3.4 – Descarga versus tempo

As características do IG-55 podem ser consultadas recorrendo à tabela 3.11.

Tabela 3.11 – Características de IG-55

Características	
Nome químico	Azoto / Árgon
Fórmula química	N ₂ /Ar
Designação segundo ISO 14520 e NFPA 2001	IG-55
Nome comercial	Poinerte e Argonite
Peso molecular	33,95
Ponto de ebulição a a 1,013 bar	-190,1 °C
Ponto de gelo	-199,7°C
Densidade crítica	

Tabela 3.11 (continuação) – Características de IG-55

CARACTERÍSTICAS	
Pressão de vapor a 20°C	
Pressão crítica	4,150 kPa
Temperatura crítica	-134,7 °C
Resistência eléctrica relativa a 1 atm. 25°C (N ₂ = 1.0)	1,01
Densidade de atulhamento máximo	
Factor de inundação para classe A (NFPA 2001)	
Concentração mínima de projecto para classe A de fogo (NFPA 2001)	31,6 %
Concentração de projecto para classe A de fogo (NFPA 2001)	37,9 %
Concentração mínima de projecto para classe B de fogo (NFPA 2001)	30,1 %
Concentração de projecto para classe B de fogo (NFPA 2001)	39,1 %
Concentração mínima de projecto para classe C de fogo (NFPA 2001)	31,6 %
Concentração de projecto para classe C de fogo (NFPA 2001)	Pelo menos 37,9 %
Calor específico, líquido a 25°C	
Calor específico, gasoso a pressão constante de 1 atm a 25°C	0,782 kJ/kg°C
Calor de vaporização no ponto de ebulição	181 kJ/kg
Condutividade térmica do líquido a 25°C	
NOAEL	43 %
LOAEL	52 %
ODP (CFC-11 = 1)	0
GWP (CO ₂ = 1)	0
Tempo de permanência na atmosfera	Permanente
Toxicidade	Baixa

3.5. DIÓXIDO DE CARBONO

Em termos de lógica organizacional deste trabalho, o CO₂ deveria estar agregado ao subcapítulo dos gases inertes. Contudo, surgiu a necessidade de separar este gás dos demais por ser o que mais contribui para o aquecimento global do planeta (“efeito de estufa”).

3.5.1. FACTOS HISTÓRICOS

Os sistemas com CO₂ têm sido usados desde o início do século XX. O final dos anos 20 veio dar início ao trabalho sobre a primeira norma NFPA, descrevendo as aplicações destes sistemas. Desde este período até ao final dos anos 60, o CO₂ é o único agente extintor que foi usado comercialmente, inde-

pendentemente das aplicações. Entre os anos 70 e 80, recorria-se aos sistemas à base de CO₂ quando os de Halon 1301 eram claramente inadequados ou onde os revendedores do Halon 1301 não conseguiam penetrar no mercado. O ano de 1994 foi de viragem para esta realidade, devido ao facto de se ter banido a produção e importação de produtos à base de halons. Mesmo com a introdução de novas alternativas, sucedeu-se um aumento de sistemas de extinção por CO₂ [21].

Certos profissionais do sector não têm informações suficientes para saber que este é um gás com toxicidade alta e que causa lesões e mortes por interferir com o funcionamento do sistema nervoso [21].

A tabela 3.12 revela os progressivos efeitos para a saúde provenientes da exposição ao aumento dos níveis de concentração de CO₂. Desde que a maior parte dos sistemas de inundação total por CO₂ são dimensionados para concentrações acima dos 34%, torna-se evidente que o CO₂ é letal.

Tabela 3.12 – Efeitos do CO₂ na saúde humana [14]

Concentração (% CO ₂ / Ar)	Tempo	Efeitos
2	Algumas horas	Dor de cabeça e dispneia com actividade física reduzida.
3	1 hora	Dilatação em repouso.
4 a 5	Vários minutos	Aumento da pressão arterial e dispneia incómoda.
	1 a 2 minutos	Distúrbios auditivos e visuais.
6	16 minutos	Dor de cabeça e dispneia.
	Algumas horas	Tremores.
7 a 10	Poucos minutos	Vertigens e aumento cardíaco.
	Menos de 1 hora	Inconsciência.
10 a 15	1 minuto	Suores, sonolência, espasmos musculares graves e inconsciência.
17 a 30	Menos de 1 minuto	Convulsões, coma e morte.

Os acidentes afectos aos sistemas de CO₂ até 1999, ver tabela 3.13, estão muito bem documentados pela EPA. É de salientar que os dados antecessores a 1975 poderão estar muito incompletos, enquanto os posteriores a esta data poderão simplesmente estar incompletos. A veracidade dos números depende dos dados fornecidos pelas empresas [21].

Tabela 3.13 – Imprevistos com CO₂ [21]

Período	Acidentes	Mortes	Lesões
Pré 1975	11	47	7
1975 – 1999	51	72	145
Total	62	119	152

Os sistemas de inundação total por CO₂ poderão ser empregues em espaços de ocupação normal se as salas estiverem equipadas com sistemas de alarme de temporização, se existir um plano adequado de

evacuação e se todos os que estejam expostos às descargas do sistema estejam treinados para reagir e sair imediatamente da sala [21].

3.5.2. CARACTERÍSTICAS

Há duas configurações para o armazenamento do agente em sistemas de CO₂: alta e baixa pressão. O tipo de armazenamento do conteúdo não é um suporte para a relativa segurança do agente, mas sim para a economia do sistema. Para grandes áreas é preferível a utilização de sistemas de baixa pressão, devido ao seu baixo custo relativamente ao de alta pressão.

Os dois métodos comumente aplicados aos sistemas de extinção pelo agente CO₂ são o de inundação total e o de aplicação local.

A extinção por inundação total consiste em preencher um determinado espaço fechado com uma concentração pré-determinada de anidrido carbónico, CO₂, e mantê-la até que todos os objectos contidos no espaço considerado tenham atingido uma temperatura inferior à de ignição. A eficiência destes sistemas é em grande parte assegurada pela estanquidade do local, pelo que devem ser colmatadas ao máximo possíveis fugas, assim como devem ser fechadas portas e outros vãos, garantindo-se a saída prévia de eventuais ocupantes através de um pré-alarme de extinção e a adequada temporização de descarga [22]. Nesta configuração, terão de ser incorporadas importantes características de segurança para garantir que o CO₂ não entra na divisão se estiverem pessoas presentes. Quando o CO₂ é usado em sistemas de inundação total, são introduzidas uma série de medidas de segurança para garantir que o agente não é descarregado enquanto se encontram pessoas no local.

Na aplicação local, o agente é aplicado directamente no fogo ou na região que o rodeia. Este dimensionamento pode ser considerado tomando a área ou o volume como dados do problema [21]. A descarga de CO₂ é feita directamente sobre as superfícies em combustão, verificando-se nas áreas contíguas àquelas uma substituição do oxigénio necessário à combustão por uma atmosfera inerte, até que o fogo tenha sido totalmente extinto. Os difusores para a descarga do gás devem estar estrategicamente colocados de modo a envolver toda a superfície a proteger. Este tipo de sistema é próprio para fogos em superfícies de líquidos inflamáveis e de depósitos de combustíveis quando estes se encontrem num recinto fechado [22]. Estes sistemas podem ser fornecidos para proteger importantes processos industriais que não têm os limites de uma divisão para conter o gás.

Este sistema não goza da segurança dos seus substitutos, mas pode ser usado sob a aplicação local onde os outros não se adequam. Um exemplo concreto é o da máquina de impressão de uma tipografia que não está rodeada por um compartimento que retenha gás.

A escolha entre a inundação total e aplicação local tem a ver com a relação entre os equipamentos e os espaços onde estão colocados e com a segurança das pessoas. A eficácia da extinção por CO₂ é, em primeiro lugar confirmada por provocar uma redução de oxigénio no ar para que o incêndio não se consiga auto-sustentar e, em segundo lugar pelo efeito de arrefecimento [22].

O CO₂ é um gás inodoro, incolor, não corrosivo, não condutor de electricidade, não causador de estragos, que não deixa resíduos e que penetra em todos os espaços do local de risco. Este gás possui densidade relativa superior à do ar em 50%, sendo liquefeito por compressão. Por descompressão brusca, arrefece e pode passar ao estado sólido. O CO₂ extingue o fogo através da redução do oxigénio existente no ambiente e do resfriamento do compartimento, proveniente do contacto do agente a baixa temperatura com a superfície em combustão. O CO₂ ao ser descarregado na atmosfera, aumenta o seu volume em 450 vezes, e expulsa o ar existente no ambiente, sendo mais denso que este. Os sistemas de

CO₂ são recomendados para a protecção de áreas não ocupadas, em função do risco potencial de asfixia.

O CO₂ é um gás abundante que não reage com a maioria das substâncias existentes nos locais onde são aplicados. Este agente extintor é armazenado em cilindros, os quais geralmente são montados no chão fixados directamente à parede ou a um chassi apropriado. Os equipamentos de actuação são montados directamente nas válvulas de descarga de cilindros e podem ser incorporados dos seguintes acessórios: comando eléctrico, accionador manual e accionador pneumático.

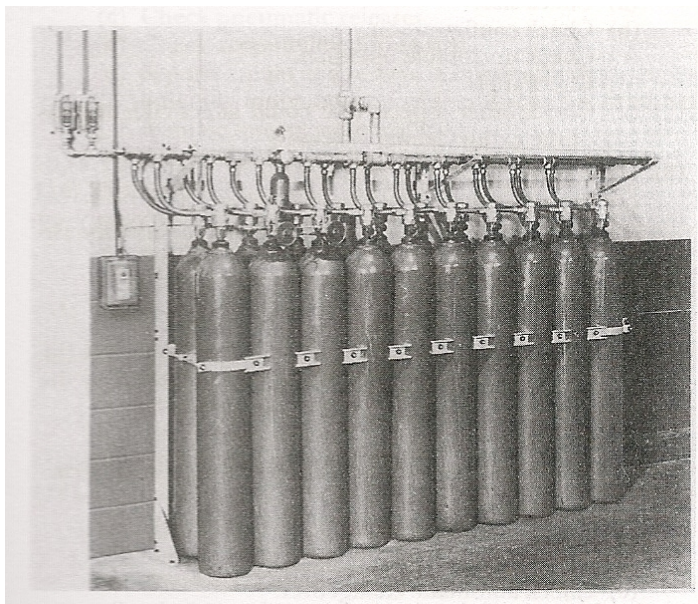


Figura 3.5 - Sistema de alta pressão [14]

Este gás é habitualmente comprimido para o estado líquido para armazenamento em cilindros. A resultante falta de oxigénio livre determina que as instalações sujeitas a perigo de saturação sejam evacuadas imediatamente e que o CO₂ da aplicação local seja evitado por seres humanos.

Este agente extintor é útil em circunstâncias perigosas em que um meio eléctrico e não condutor é essencial ou desejável.

As aplicações são as seguintes:

- Postos de transformação;
- Grupos geradores;
- Hottes de cozinha;
- Conduas de extracção;
- Cabinas de pintura;
- Tipografias;
- Máquinas têxteis;
- Motores de combustão;
- Galerias de cabos;
- Quadros eléctricos;
- Turbinas geradoras [20].

Pelo facto de não ser condutor eléctrico, pode ser usado sobre equipamentos eléctricos em tensão. Praticamente pode actuar sobre todos os materiais combustíveis, excepto em alguns casos especiais como metais da Classe D ou materiais como o nitrato de celulose que contém oxigénio [22].

Tabela 3.14 – Principais Propriedade do CO₂

Características	
Fórmula química	CO ₂
Peso molecular	44,0 g/mol
Densidade a 0 °C e a 101 kPa (abs)	1,98 kg/m ³
Densidade relativa comparada com o ar	1,5
Ponto triplo a -56,6 °C	517,8 kPa
Ponto crítico a 31,9 °C	7,375 MPa
Pressão a -18 °C	2,07 MPa
Pressão a +21 °C	5,86 MPa
Concentração de projecto para classe A	30 %
Concentração de projecto para classe B	75 %
NOAEL	< 5 %
LOAEL	
Vida na atmosfera	120 anos
GWP (CO ₂ = 1)	1
ODP (CFC-11 = 1)	0
Toxicidade	Alta
Normas e certificações	NFPA 12; UL listed; FM Approved; CEPREVEN

4

SISTEMAS FIXOS DE EXTINÇÃO DE INCÊNDIO POR AGENTES GAOSOS

4.1. MÉDIOS E MACRO AMBIENTES

4.1.1. CARACTERÍSTICAS E FUNCIONAMENTO DO SISTEMA

Compreendem-se como médios e macro ambientes os compartimentos dos edifícios que estão delimitados por paredes. As janelas e as portas da sala protegida não devem estar bloqueadas na posição aberta, de modo a não permitirem a fuga do agente gasoso após a sua descarga pelo sistema fixo de extinção de incêndio.

Há pequenas alterações que afectam drasticamente o desempenho do sistema, nomeadamente: a transformação da forma de controlo e do local da ventilação; a substituição, instalação ou remoção de portas e janelas; a instalação e remoção de tectos e de chãos falsos e de paredes; a modificação na forma de controlo ou do local de máquinas; os cortes de condutas e cabos.

Durante o alarme de incêndio, devem-se inspeccionar todos os compartimentos onde o incêndio for detectado. Se este for observado, têm de se executar as acções necessárias para extingui-lo. Nesta fase também se pode chamar os bombeiros, premindo o botão respectivo da central de alarme ou telefonando para estes. É essencial que se abandone o compartimento onde se desenvolve o incêndio.

Após a extinção do incêndio, deve-se verificar se este está completamente extinto e proceder à remoção de qualquer fonte de energia e ou de ignição antes de se ventilar o compartimento. Quando houver instalações de sistemas de ventilação nos compartimentos protegidos, o responsável pelo sistema deve ser contactado.

Os sistemas fixos de extinção de incêndio por agentes gasosos devem funcionar em duas fases que estão apresentadas de seguida para o IG-541.

Fase 1: Detecção do Fogo

Com a indicação de dupla detecção de incêndio indicado pelos detectores à central de comando, desencadeia-se um alarme sonoro e visual (acendimento de sinalizadores colocados sobre as portas) e dá-se início à contagem de tempo prevista para a evacuação da sala. Após a temporização estipulada, um sinal activa automaticamente a válvula da garrafa piloto ou do cilindro principal.

Fase 2: Processamento da extinção

A garrafa ou cilindro piloto pressuriza os comandos de cada um dos cilindros, libertando o gás para o colector. Um redutor à saída do colector reduz a pressão na tubagem para 60 bar. A descarga dos cilindros é concentrada no colector sendo encaminhada para os difusores através da tubagem de distri-

buição. É possível a actuação manual através de operação no botão de alarme existente na sala ou por actuação directa no actuador manual existente na bateria de cilindros.

Os cilindros estão ligados ao sistema de condutas que distribui o gás pelo compartimento a proteger. Os difusores, que estão individualmente calibrados, asseguram a quantidade certa de gás que é distribuída por cada compartimento. Objectos que possam alterar o escoamento livre do gás não devem ser colocados em frente dos difusores.

A figura 4.1 esquematiza a aplicação prática de um sistema fixo de extinção de incêndio por agentes gasosos. Neste caso, é considerada a existência de chão falso.

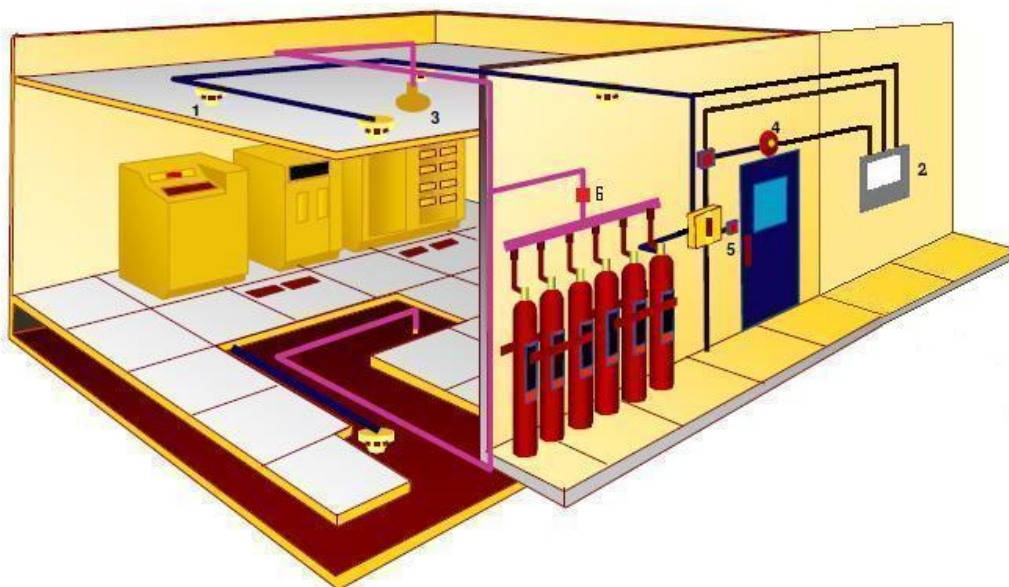


Figura 4.1 – Sistema fixo de extinção por agente gasoso

Legenda da figura 4.1:

- 1 – Detector de incêndio;
- 2 – Central de alarme;
- 3 – Difusor;
- 4 – Sinalizador óptico e acústico;
- 5 – Botão de comando manual;
- 6 – Redutor de pressão;

Existem no mercado várias centrais de alarme, sendo de seguida apresentadas duas delas – da Tyco e da Sigma, respectivamente nas figuras 4.2 e 4.3.



Figura 4.2 – Central de Alarme Tyco [25]



Figura 4.3 – Central de Alarme Sigma [26]

É necessário girar a chave para que se possa aceder aos comandos. Devido às perigosas voltagens destes equipamentos, não se deve abrir a porta de painel, já que dentro deste não existem componentes de interesse para o operador.

Em caso de fogo, os LEDs vermelhos das várias zonas de fogo acendem-se em modo intermitente, os alarmes externos serão activados e o alarme interno tocará em modo contínuo. Ambos os equipamentos possuem um botão para silenciar os alarmes quando o incêndio esteja extinto. Em caso de necessidade, os alarmes podem ser reactivados e posteriormente silenciados, manualmente. O passo seguinte é o da localização da zona que foi afectada pelo fogo.

Também existe o modo manual, que serve para as situações em que na sala se está a efectuar algo que possa ser interpretado pelos detectores como um incêndio. Um exemplo claro é o de se estar a soldar peças metálicas. Nestas circunstâncias, o sistema comportar-se-á como automático apenas depois de se operar o botão do comando manual.

Também é possível proceder a outras operações, tais como: isolamento de zona, teste do painel e de rotina. A operação de inibir e voltar a habilitar zonas provoca uma quebra na alimentação da zona por 10 segundos [26].

4.1.2. TIPOS DE APLICAÇÕES

Neste tipo de instalações, a inundação total é implementada para protecção integral do local. Este tipo de saturação consiste num fornecimento de gás em concentração previamente determinada, de modo a inundar uniformemente o volume a proteger, no espaço de tempo mínimo imposto pelas normas internacionais. A inundação total pode ser usada na extinção de fogos provenientes de três categorias: fogos de líquidos ou gases inflamáveis; fogos superficiais de sólidos inflamáveis; fogos não superficiais, como os que ocorrem em alguns materiais sólidos, sujeitos a aquecimento espontâneo e que ficam em combustão latente. Nestes sistemas a concentração é variável de gás para gás, sendo possível a presença humana em alguns destes, não sendo o caso do CO₂. Os gases limpos substitutos dos halons, especificados no capítulo 3, oferecem condições propícias a este tipo de sistema [22].

Por outro lado, os sistemas podem ser do tipo modular – reservatórios distribuídos pelo local de extinção – ou centralizado – reservatórios associados em baterias fora do local da extinção.

Os mecanismos de activação dividem-se em várias classes consoante a função a desempenhar:

- Sistemas de detecção;
- Sistemas de alarme;
- Sistemas de retardamento de descarga.

O sistema de detecção deve ser adequado ao tipo de material combustível em questão, para que reaja rapidamente perante o fogo, na sua fase de eclosão. Deve ser um sistema que actue por confirmação de zonas ou endereços, detecção cruzada, ou de tipos de detectores distintos, detecção combinada, a fim de evitar alarmes falsos com as consequentes perdas.

Os alarmes são usados para assinalar a eminência da descarga do agente extintor, uma vez que existem perigos para as pessoas presentes no local. O seu tipo – óptico e/ou acústico –, número e localização devem satisfazer os requisitos referentes à ocupação do local e ao tipo de risco.

O sistema de retardamento de descarga actua imediatamente após o alarme, de modo a permitir uma evacuação segura e ordenada do local. Este retardamento deve ser inferior a 60 segundos.

Os mecanismos de activação devem incluir as seguintes funções:

- Abertura de válvulas dos reservatórios;
- Controlo de descarga;
- Interrupção do funcionamento de equipamentos de ventilação e ar condicionado;
- Fecho dos registos e respectivas condutas;
- Comutação das válvulas direccionais para que o agente extintor flua para a zona sinistrada.

O comando destes mecanismos de activação pode ser eléctrico, pneumático ou mecânico [22].

O agente extintor deve ser armazenado em um ou mais reservatórios sob pressão, instalados perto da área protegida. São normalmente utilizados cilindros ou esferas fabricadas em aço, com capacidade variável consoante a dimensão do sistema e o tipo de gás, para o mesmo tempo de descarga de 10 segundos. De notar que, sempre que o mesmo sistema proteja vários compartimentos de risco, o reservatório pode ser único, devendo neste caso existir válvulas direccionais que encaminharão o agente extintor para o compartimento sinistrado.

O gás é transportado desde os reservatórios até ao local a proteger por meio de tubagens e respectivos acessórios. As tubagens devem ser constituídas por um material incombustível e com características físicas e químicas que lhes permitam manter a sua integridade para a pressão máxima de serviço. A tubagem deve ser devidamente projectada de modo a satisfazer as condições de escoamento do gás. O gás extintor pressurizado com o Azoto dá origem a um fluido básico, ou seja, uma mistura de líquido e vapor, o que provoca um abaixamento de pressão ao longo da rede.

A concepção de descarga, a sua instalação e a sua localização de tempo previsto de uma concentração homogénea corresponde à requerida [22].

Os sistemas de extinção por gases fornecem um nível adequado de protecção contra incêndios e activos de elevado valor. Desde arquivos preciosos, frequentemente insubstituíveis, a instalações de processamento de dados electrónicos e hubs de comunicação, os sistemas fixos de extinção de incêndio por gás garantem aos utilizadores a continuidade da sua actividade comercial no caso de um incêndio e reduzem perdas consequentes a um nível elevado. Estão disponíveis dois tipos de sistemas cuja utilização em áreas ocupadas é segura, que são os gases químicos e os inertes. O CO₂ é um terceiro sistema, que não tem a segurança inerente dos outros gases de supressão. Todos estes gases foram testados e certificados por institutos e entidades reguladoras internacionais.

A utilização de extinção de gases comprimidos por sistemas automáticos de inundação total é a melhor escolha para muitas aplicações de incêndios com classe de fogo A, B e C.

Há vários motivos para se utilizarem sistemas de gases, nomeadamente:

- Não danificam equipamentos, instalações e são seguros para o ser humano;
- Maior rapidez de extinção;
- Facilidade de instalação dos sistemas a um custo muito competitivo;
- Baixíssimo nível de resíduos, pouco ou nenhum fumo;
- São gases limpos, não corrosivos e não apresentam condutividade eléctrica;
- A dispersão após aplicação é imediata, através de simples ventilação.

4.1.3. ENQUADRAMENTO LEGAL

No Decreto-Lei n.º 220/2008, que estabelece o regime jurídico da segurança contra incêndios em edifícios, apenas surgem referências aos sistemas de extinção automática de incêndios por agente extintor diferente de água, e não exclusivamente aos ditos sistemas que recorrem ao gás. Estes sistemas devem aplicar-se:

- Quando os agentes extintores estejam homologados e adequados à classe de fogo a que se destinam;
- Somente em espaços confinados, de acesso vedado ao público, e a sua difusão deve ser antecedida de um sinal de alarme e de temporização que permitam a evacuação das pessoas eventualmente presentes, sempre que os agentes extintores gasosos sejam prejudiciais à saúde quando inalados;
- Nas cozinhas cuja potência total instalada nos aparelhos de confecção de alimentos seja superior a 70 kW.

A caracterização destes sistemas de extinção que não utilizam água está feita no Artigo 176.º da Portaria n.º 1532/2008, que aqui se transcreve:

“1 – Nas instalações fixas de extinção automática por meio de agentes extintores diferentes de água podem ser utilizados sistemas de aplicação local e sistemas de inundação total.

2 – Só são admissíveis sistemas de aplicação local se os extintores de funcionamento automático ficarem orientados para o elemento a proteger e cobrirem toda a extensão do mesmo.

3 – A abertura dos sistemas referidos no número anterior deve ser por rebentamento da ampola, sonda térmica ou fusão de um elemento e revelado através de um sinal óptico e acústico.

4 – Os sistemas fixos de extinção automática de incêndios por meio de agentes extintores gasosos são compostos, fundamentalmente, por:

- a) Mecanismos de disparo;
- b) Equipamento de controlo e sinalização;
- c) Recipientes para armazenamento do agente extintor e, quando aplicável, do propulsor;
- d) Redes de condutas para o agente extintor;
- e) Difusores de descarga.

5 – Os mecanismos de disparo podem ser activados por meio de detectores de fumo, de fusíveis, termómetros de contacto ou termóstatos.

6 – Em local adequado e facilmente acessível, próximo da área protegida pela instalação, mas exterior a ela, deve ser colocado, pelo menos, um dispositivo que permita accionar o disparo manual, devidamente sinalizado.

7 – A quantidade de agente extintor contida nos recipientes deve ser suficiente para assegurar a extinção do incêndio e as concentrações de aplicação devem ser definidas em função do risco total, mediante justificação adequada.

8 – Os sistemas de inundação total por agentes gasosos devem:

- a) Assegurar que os vãos existentes nos locais a proteger, em princípio, fecham automaticamente, em caso de incêndio ou, caso tal não aconteça, as dotações referidas no número anterior são aumentadas de forma a obter o mesmo efeito;

- b) Incluir um mecanismo de pré-alarme de extinção cujo accionamento, em função do agente extintor, pode implicar ou não uma temporização, para garantir a prévia evacuação dos ocupantes do local;
- c) Garantir que a temporização máxima a que se refere a alínea anterior não é superior a 60 segundos.

9 – Os locais de armazenagem dos produtos extintores gasosos, destinados a alimentar as instalações físicas de extinção automática de incêndios, devem ser considerados locais que apresentam risco para as pessoas e ser sujeitos a cuidados especiais, dependentes da natureza dos produtos em causa.” [2]

4.2. MICRO AMBIENTES

4.2.1. GENERALIDADES

A maioria dos incêndios é provocada, por curto-circuito em contadores, por sobreaquecimento em cabos, por mau estado de equipamentos, por mau aperto de bornes ou pela libertação de gases inflamáveis. O maior problema é o incêndio alastrar de forma rápida às instalações anexas e eventualmente a todo o edifício. Se não houver ninguém por perto para uma actuação rápida, o fogo pode tornar-se incontrolável. Uma pequena ignição de um incêndio numa cabine eléctrica barata pode deflagrar e causar milhões de euros de prejuízos devido ao incremento dos estragos na sala. Um incêndio desta natureza pode ter impacto em toda a operação do negócio e causar problemas de segurança na vida humana. Em suma, pequenos fogos podem lidar com enormes estragos e acarretar elevadíssimos prejuízos.

Este subcapítulo está dedicado ao Firetrace, que é um sistema do tipo modular, de detecção e extinção automática de incêndios, ideal para a protecção de micro ambientes, como sejam caixas com quadros eléctricos ou extractores de fumos em laboratórios. Actua como aplicação local quando o acesso directo às chamas é muito delicado e complexo (ver figura 4.4).



Figura 4.4 – Quadros eléctricos protegidos por Firetrace

Os sistemas de aplicação local permitem a descarga do gás directamente sobre o material ou equipamento sinistrado, de modo a que este fique rodeado localmente por uma atmosfera com elevado teor de agente extintor. Utiliza-se este tipo de aplicação quando a quantidade de agente extintor ou disposição dos locais de descarga não é suficiente para obter a concentração desejada. As concentrações limites para zonas normalmente ocupadas são as mesmas que para a inundação total.

Os agentes gasosos que se utilizam no Firetrace são o HFC-227ea, o HFC-23, o HFC-236fa, o HFC-125, o FK-5-1-12 e o CO₂. Estes estão armazenados em cilindros, com o aspecto da figura 4.5.



Figura 4.5 – Extintores para Firetrace [32]

O funcionamento do Firetrace não requer o emprego de alimentação eléctrica. Por este motivo, é indicado para paióis de munição ou outros compartimentos sujeitos a explosão. Devido ao facto de não necessitar de alimentação eléctrica externa, o sistema continua a oferecer protecção no caso de qualquer corte de energia.

As aplicações são as seguintes:

- Quadros e armários eléctricos;
- Ductos de extracção de gases e de fumos em laboratório;
- Veículos a combustível não convencional – alimentados a propano, por exemplo;
- Fontes de alimentação;
- Gabinetes de manuseamento de substâncias químicas inflamáveis;
- Alojamento de geradores;
- Transformadores;
- Computadores e processamento de dados;
- Unidades de máquinas de controlo numérico computadorizado.

Os tubos que se utilizam nos sistemas Firetrace apenas são produzidos pela empresa Firetrace International e de exclusiva aplicação autorizada por esta entidade.

4.2.2. DESCRIÇÃO TÉCNICA

O tubo de detecção Firetrace (consultar tabela 4.1) é linear, pneumático e um dispositivo de detecção e extinção de fogo que responde à combinação de calor e à radiação energética do fogo. O tempo de resposta do sistema pode ser alterado em função da pressão que se aplique ao longo do tubo. Este tubo não é poroso, por isso pode conter a pressão por longos períodos de tempo. Este tubo tem a característica de ser resistente à maioria dos químicos e substâncias. O tubo detector Firetrace é feito à base de um material inerte, não condutor de resinas, sendo extrudido através de um processo especial para garantir que a tubulação não seja porosa. Este tubo está disponível em diâmetros exteriores de 4 mm, 6 mm, 8 mm e 12,5 mm. Em termos standardizados, temos um tubo vermelho com diâmetro interno de 4mm e diâmetro externo de 6 mm.

Tabela 4.1 – Características técnicas do Firetrace

Características técnicas	
Temperatura de detecção	100°C a 10 bar de pressão interna
Pressão hidrostática de ruptura	Valor mínimo = 75 bar
	Valor normalizado = 88 bar
Dimensões toleradas	Variações entre +0.1 mm e -0.2 mm
Comprimento máximo	30 m

O tubo é a parte mais importante do sistema de supressão de incêndio Firetrace. Uma vez que o seu desempenho e aprovações foram tidas em conta, é de extrema importância que ele esteja instalado no modo mais eficaz e eficiente possível. Pelo que o seu posicionamento é extremamente importante para uma rápida e eficiente detecção dos incêndios.

O tubo de detecção Firetrace deve estar o mais perto possível do risco de incêndio, quanto possível sem estar exposto a contacto constante com químicos agressivos em líquidos. O tubo deve localizar-se em áreas confinadas às caixas de fumo que atravessem. Deve estar localizado em áreas interiores às hottes que cruzam os canais de fluxo de ar primário, para garantir que todo o calor é forçado a entrar em contacto com o tubo e assegurar que qualquer incêndio seja detectado o mais rápido possível.

Em função do tipo de risco a proteger, existe no mercado o sistema de actuação directa e o de actuação indirecta, que serão posteriormente explicitados.

4.2.3. SISTEMA DE ACTUAÇÃO DIRECTA

Esta modalidade implementa-se em locais de risco a proteger que sejam pequenos e isolados. O sistema Firetrace de actuação directa funciona a baixa pressão. É um sistema de detecção e extinção automática de incêndios baseado num tubo flexível que se conecta directamente a um cilindro apropriado (ver figura 4.6). No ponto de contacto com o fogo, por cerca de 3,5 segundos e a rondar os 100°C, o tubo rompe (ver figura 4.7), surgindo uma espécie de difusor fictício. A pressão diminui com a aplicação de todo o conteúdo do cilindro sobre o foco de ignição do fogo. Extingue-se assim o incêndio em

poucos segundos e evitam-se reacendimentos no interior do armário ou da máquina. Assim, os componentes afectados podem rápida e facilmente ser recolocados. Isto significa que a cabine fica completamente preenchida pelo agente extintor à concentração de projecto que previne a expansão de fogo. O tubo de detecção Firetrace é instalado de forma a percorrer toda a região interior do micro ambiente. Estes sistemas são totalmente automáticos e não podem ser activados manualmente.

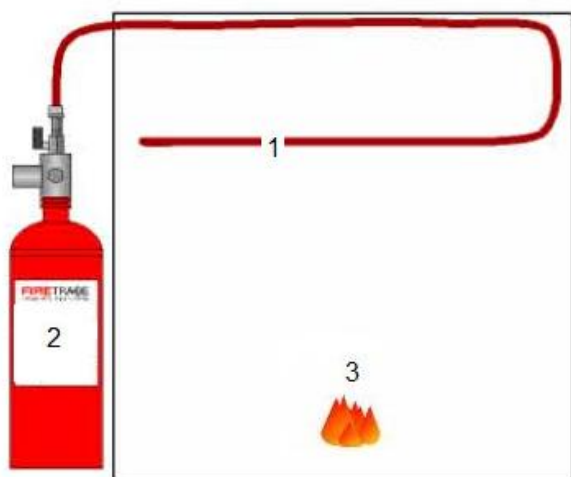


Figura 4.6 – Sistema Firetrace de actuação directa [32]

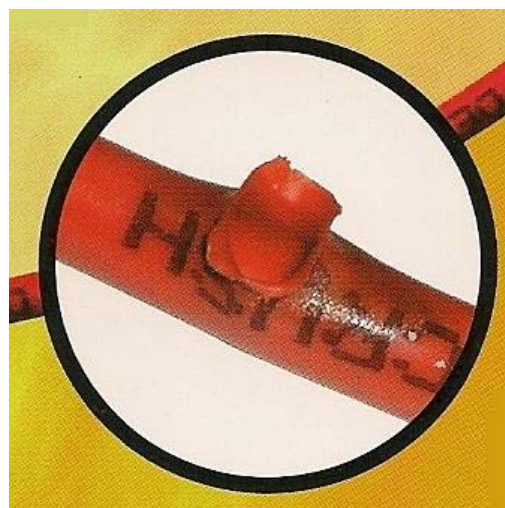


Figura 4.7 – Tubo de detecção Firetrace rompido

Legenda da figura 4.6:

- 1 – Tubo de detecção Firetrace;
- 2 – Cilindro que contém o agente extintor;
- 3 – Foco de ignição do fogo.

O tubo de detecção é usado ao longo do percurso onde há maior probabilidade de ocorrência de um princípio de incêndio, actuando imediatamente na sua extinção – verificar na figura 4.8. Este tubo especial tem grande hermeticidade, é flexível e duradouro, e ainda possui uma densidade de alta precisão à temperatura, para a qual reage rapidamente.



Figura 4.8 – Pormenor de tubo de detecção Firetrace

A título de exemplo prático, a figura 4.9 apresenta a instalação do sistema num quadro eléctrico. Naturalmente que a porta está aberta apenas para se poder observar o trajecto percorrido pelo tubo de detecção Firetrace.



Figura 4.9 – Firetrace aplicado em quadro eléctrico

Resumindo, o sistema Firetrace de actuação directa usa um tubo que faz três operações numa só:

- Detecção do fogo;
- Libertação do agente extintor na região do fogo;
- Extinção do fogo.

4.2.4. SISTEMA DE ACTUAÇÃO INDIRECTA

Na modalidade indirecta, o contacto do tubo detector Firetrace com o fogo a rondar os 100°C vai rompê-lo no foco de ignição. Isto resulta numa queda da pressão comunicada a uma válvula que desvia o fluxo de agente extintor gasoso para um outro tubo – rígido em aço inox ou em cobre – que vai abastecer os difusores. Corta-se assim o fornecimento de gás ao tubo de detecção Firetrace. O sistema de actuação indirecta é utilizado nas situações em que temos, por exemplo, vários armários independentes lado a lado contendo cada um deles quadros eléctricos ou quando há a necessidade da existência de um mecanismo de descarga por difusores fixos. Esquematizando este sistema, pode ser observado na figura 4.10.

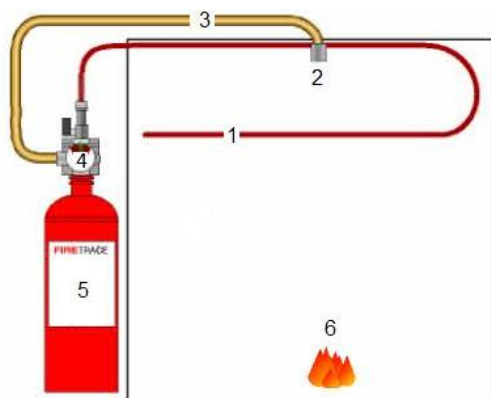


Figura 4.10 – Esboço Firetrace de actuação indirecta [32]

Legenda da figura 4.10:

- 1 – Tubo de detecção Firetrace;
- 2 – Difusor;
- 3 – Tubo de alimentação dos difusores;
- 4 – Válvula;
- 5 – Cilindro que contém o agente extintor;
- 6 – Foco de ignição do fogo.

Este sistema também poderá vir acoplado da instalação de dispositivo de medição de pressão, como se pode ver na figura 4.11. Este cenário permite que a descarga do sistema Firetrace seja monitorizada e integrada na central de alarme – ver figura 4.12 – ou no sistema de gestão do edifício. Esta emissão de sinal pode possibilitar outras funções que sejam requeridas, tais como os alarmes sonoros.



Figura 4.11 – Firetrace de actuação indirecta



Figura 4.12 – Central de alarme Firetrace

O sistema Firetrace de actuação indirecta também oferece a opção de ser activado através de um detector de fumo – ver figura 4.13 – ou de um sistema de detecção externo; ou ainda através de um accionador manual.

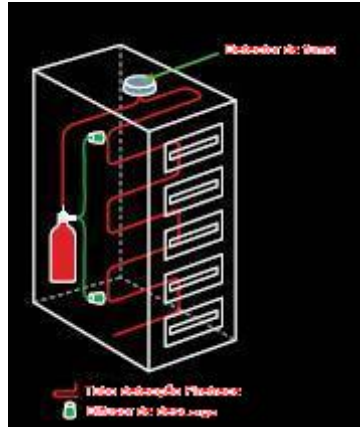


Figura 4.13 – Firetrace actuação indirecta com detector de fumo [32]

A figura 4.14 mostra o caso de quatro armários em série, sem ligações internas entre si. O tubo flexível é o que vai detectar o fogo, enquanto que o tubo à esquerda é rígido e é o que vai alimentar os vários difusores.



Figura 4.14 – Quadros eléctricos

O sistema Firetrace de actuação indirecta usa o tubo Firetrace para detectar o fogo e um segundo tubo rígido para despejar o agente extintor através dos difusores cuidadosamente posicionados, sendo realizadas as seguintes tarefas:

- 1 – Rompimento do tubo flexível e consequente detecção de incêndio;
- 2 – Accionamento da válvula por abaixamento de pressão;
- 3 – Corte de abastecimento de gás ao tubo detector Firetrace;
- 4 – Abastecimento de fluxo exclusivamente ao tubo rígido;
- 5 – Descarga do agente extintor gasoso através de difusores;
- 6 – Extinção do incêndio.

5

APLICAÇÃO PRÁTICA EM PROJECTO

5.1. APRESENTAÇÃO DO PROJECTO

Expõe-se no presente capítulo uma aplicação prática, em projecto, de um sistema fixo de extinção de incêndio por agente gasoso, referente ao projecto da Fundação Museu do Douro, a ser implementado na Régua. Pelo Decreto-Lei n.º 220/2008, o edifício em estudo classifica-se como UT X “museus e galerias de arte” e considera-se de utilização exclusiva.

O Museu do Douro, criado em 1997 por uma lei da Assembleia da República, tem como finalidade a representação do território e do património do Alto Douro. Um dos aspectos dessa lei é a incorporação no museu dos arquivos das principais instituições reguladoras da Região Demarcada do Douro e do Vinho do Porto, nomeadamente, o Arquivo da Companhia Geral da Agricultura das Vinhas do Alto Douro – séculos XVIII e XIX – e, eventualmente, os arquivos do Instituto do Vinho do Porto e da Casa do Douro, do século XX. Os documentos anteriormente citados, cujo valor histórico é incalculável, encontrar-se-ão no arquivo histórico do citado museu, pelo que será este o compartimento a ser analisado ao longo do presente capítulo. A figura 5.1 é a planta do piso onde se encontra o arquivo histórico, que está representado pelo número 1. Esta divisão tem uma área de 256,40 m², um pé-direito útil de 2,60 m e um tecto falso com 0,20 m de altura, existindo 3 portas de acesso. Parte do compartimento que está representado pelo número 2 é o local escolhido para a colocação dos cilindros e seus acessórios. É de salientar que se trata de 20,41 m², aos quais será necessário alterar a disposição de paredes e acrescentar uma porta – ver figura 5.8 – de modo a se isolar este volume e ser apenas acessível por pessoal técnico autorizado [27].

Após várias hesitações e atrasos, apenas em 2006 é que foi instituída a Fundação Museu do Douro. A reorganização dos serviços, neste período, permitiu ganhar capacidade técnica e de gestão para completar a fase de instalação e retomar o trabalho neste território. Portanto, o projecto em causa refere-se ao concurso público lançado em Julho de 2006 [27].

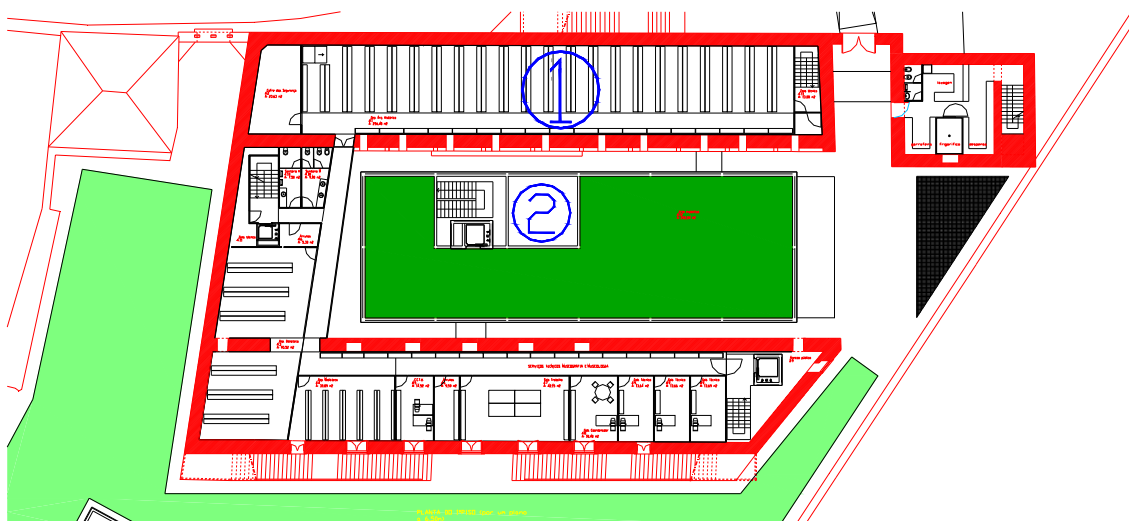


Figura 5.1 – Planta do piso do arquivo histórico

5.2. ESCOLHA DO AGENTE EXTINTOR

A escolha do agente extintor gasoso mais apropriado será baseada na ponderação de um ou mais dos seguintes factores:

- Imposição regulamentar;
- Opção técnica face ao risco estimável;
- Presença humana permanente ou muito frequente no espaço protegido;
- Necessidade de extinção total ou local;
- Espaço disponível para armazenamento dos contentores com o gás;
- Custo associado [22].

Devido ao facto de este trabalho ser meramente académico, o custo associado vai ser colocado de parte. O agente gasoso escolhido foi o IG-55, mais propriamente o Proinerte, que é uma marca comercial registada pela multinacional Fike Corporation, dos Estados Unidos da América. A decisão recaiu sobre um gás inerte que não contém CO_2 na sua constituição. Apesar de os HFCs não afectarem a camada de ozono, produzem efeito de estufa, pelo que foram colocados de parte neste caso de estudo. O FK-5-1-12 poder-se-ia enquadrar, visto ser um produto com um futuro ambicioso em termos de aprovações internacionais ligadas ao ambiente. Contudo, trata-se de um gás cuja produção está confinada apenas a uma empresa.

Pela Portaria n.º 1532/2008, de 29 de Dezembro, o Proinerte pode ser usado como sistema de inundação total para proteger os materiais que se encontram no arquivo histórico, isto é, livros no formato de papel, de eventuais fogos de classe A. Há que assegurar que os vãos existentes no local a proteger fechem automaticamente em caso de incêndio. Também terá de existir um sistema de pré-alarme de extinção que não exceda os 60 segundos [3].

5.3. CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA

Em Setembro de 2004, a Fike Corporation anunciou a aprovação bem-sucedida, pelo Conselho de Certificação de Prevenção de Perdas (LPCB), do seu sistema Proinerte de extinção de fogo. A aprovação do sistema pela LPCB foi obtida por meio de testes para a LPS 1230, requeridos para sistemas fixos de extinção de incêndio. Além disso, a homologação foi obtida recorrendo a testes da série EN 12094, pelo que desde a introdução no mercado do Proinerte, em Abril de 2003, a indústria foi aceitando-o amplamente como um inovador sistema de extinção. As suas características e benefícios tornaram-no o mais rentável e seguro sistema de gás inerte no mercado.

O sistema a implementar é do tipo centralizado, devido ao facto dos cilindros não se localizarem no local de extinção, para que o arquivo histórico ficasse livre de tais equipamentos a ocupar área útil.

5.3.1. CILINDROS

Os cilindros da Fike Corporation para Proinerte são fornecidos com 80 litros e armazenam o gás a 200 ou a 300 bar. Existem outros volumes de cilindros, mas estes não se encontravam nos documentos técnicos consultados, pelo que foram excluídos desta dissertação. As garrafas podem ser utilizadas como cilindro único ou múltiplo, consoante as necessidades. Nesta situação, são interligados por um colector de descarga comum. Os cilindros podem ser montados na horizontal ou na vertical, sendo esta última a disposição mais comum e a que vai ser aplicada neste projecto. Após a instalação, o cilindro deve ser fixado com cintas ou com um arranjo adequado. A geometria de cada cilindro pode ser observada na figura 5.2. As cintas de montagem são usadas para segurar os cilindros de 267 mm de diâmetro a uma parede ou outra superfície adequada. As cintas de montagem são o conjunto de duas peças que se apertam em cada lado do cilindro e aparafusam juntas na frente deste. São imprescindíveis dois conjuntos de cintas de fixação, de forma a segurar o cilindro durante uma descarga do sistema. Os componentes da tabela 5.1 listam o equipamento necessário para garantir a segurança do sistema.

Tabela 5.1 – Equipamento para cilindros

Quantidade	Descrição
4	Cintas de montagem
2	Porcas de 10 mm
2	Parafusos de 10 mm
2	Anilhas de 10 mm

O pacote de actuação Proinerte contém uma válvula solenóide activada electricamente e conectada a um cilindro recarregável que, quando operada, reduz a pressão à saída do cilindro, de 200 ou 300 bar para 42 bar, por meio dum actuador pneumático na válvula. Os acessórios estão igualmente incluídos para permitir a ligação de actuadores de várias garrafas em conjunto. Também está incluído um conjunto de válvulas de conexão ao último actuador pneumático do sistema. Os pacotes de actuação Proinerte podem ser activados eléctrica ou manualmente. A activação eléctrica é realizada através de um sinal a partir da central de alarme. Para iniciar a activação manual, basta remover o pino de travamento e pressionar o botão de activação manual.

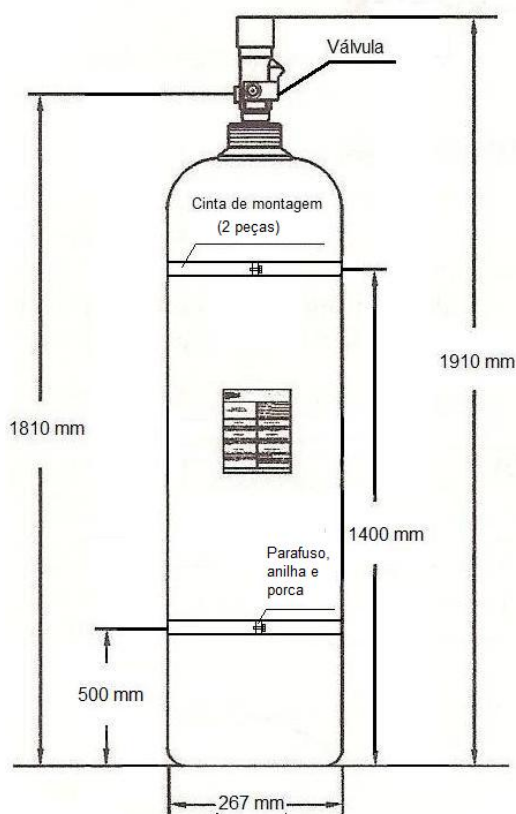


Figura 5.2 – Medidas de cilindro

Cada conjunto de válvulas Proinerte inclui um medidor de pressão e um dispositivo alternador de indicação visual da pressão. A válvula Fike Corporation Proinerte é auto-reguladora de pressão. Esta válvula – ver figura 5.3 – é um corpo de latão forjado que é accionado pneumaticamente. Todas as válvulas são equipadas com um disco de alívio de segurança que rompe se a pressão do cilindro exceder um valor pré-determinado. Esta válvula é projectada para regular a pressão de descarga do sistema a pressão constante. A pressão no tubo e o fluxo do difusor serão constantes para a duração da descarga do sistema, permitindo o uso de baixa pressão e tubulação de diâmetro pequeno em todo o sistema. A válvula reduz significativamente a área de ventilação da sala.

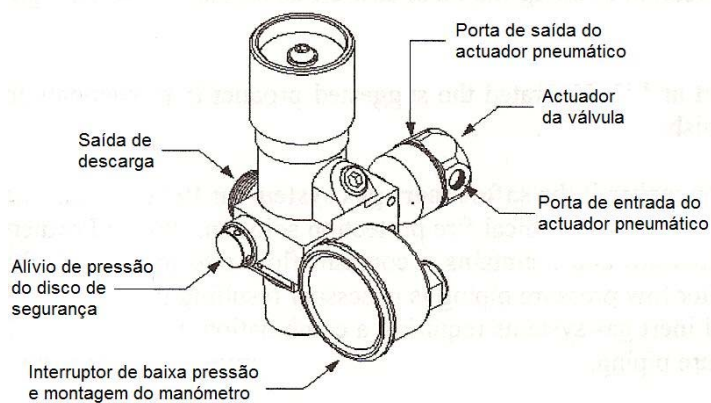


Figura 5.3 – Válvula de cilindro

Um factor de segurança adicional é o facto de o Proinerte entrar na sala protegida sob fluxo constante, prevenindo os picos de pressão potencialmente perigosos, que podem resultar em turbulência destrutiva em bens e em estruturas do edifício.

5.3.2. TUBAGENS

O conjunto de mangueiras de descarga – ver figura 5.4 – é usado como uma conexão flexível entre a válvula do cilindro Proinerte e a tubulação de descarga ou o colector de distribuição. Este grupo de mangueiras inclui uma válvula de retenção, para evitar perdas de agente enquanto um cilindro é removido para serviço. A mangueira de descarga é enfiada para a porta de saída da válvula de selecção com uma conexão fêmea giratória. A válvula de retenção é instalada entre a mangueira de descarga e os tubos. Uma seta de fluxo é inscrita no corpo da válvula, para verificar se está instalada correctamente.

Para sistemas que requerem mais de 5 cilindros, como é o nosso caso, os colectores devem ser interligados por um tubo de alimentação comum. Cada colector vem pré-montado e inclui 25 mm de tubo galvanizado, assim como tês de ligação de 25 mm em material galvanizado. A figura 5.4 mostra toda a configuração descrita. Todos os diâmetros e distâncias desta figura são calculados pelo fabricante.

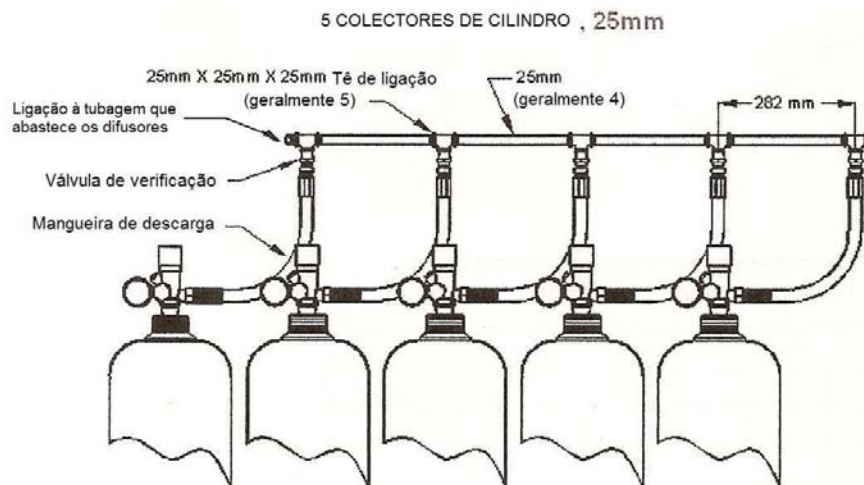


Figura 5.4 – Colectores e mangueiras

O pressóstato – ver figura 5.5 – ao controlar a pressão, transmite um sinal eléctrico ao painel de controlo, para confirmar que o sistema descarregou o agente extintor. Este aparelho pode ser montado adjacente à parede do cilindro ou do colector. Existe outra variante de pressóstato, que contém um manómetro e permite verificar, no momento, a pressão a que se encontra o gás nos vários cilindros, permitindo assim uma verificação simples da eficiência do sistema fixo de extinção.



Figura 5.5 – Pressóstato

A tubulação deve ser firmemente fixada à laje do tecto – ver figura 5.6 – utilizando suportes sólidos, considerando as forças de impulsão e a expansão térmica. A distância máxima entre estes apoios não deverá exceder os valores da tabela 5.2. Os suportes devem ser sempre capazes de transportar a carga do tubo de suporte quando este se encontra cheio de agente extintor. O número e a sua localização no sistema de canalização devem estar indicados no isométrico da tubulação, ver figura 5.14.

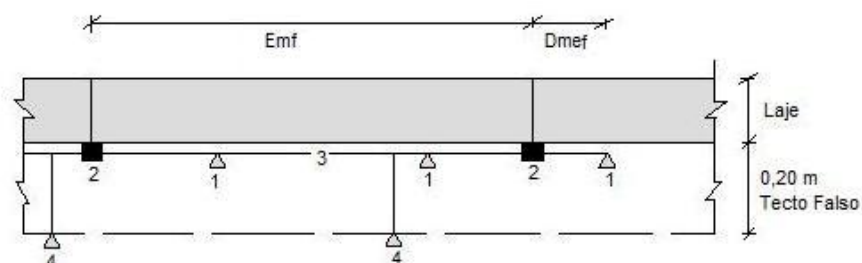


Figura 5.6 – Fixação da tubulação à laje

Legenda da figura 5.6:

- 1 – Difusor para o tecto falso;
- 2 – Fixador de tubagem à laje;
- 3 – Tubo que transporta o Proinerte;
- 4 – Difusor para o ambiente;

E_{mf} – Espaçamento máximo entre fixadores;

D_{mef} – Distância máxima entre a extremidade do tubo e o fixador mais próximo.

Tabela 5.2 – Fixadores da tubagem à laje [28]

Diâmetro nominal [mm]	Espaçamento máximo [m]	Distância máxima aos extremos [m]
15	1,5	0,5
20	1,8	0,6
25	2,1	0,7
32	2,4	0,8
40	2,7	0,9
50	3,4	1,1
65	3,5	1,2
80	3,7	1,3
100	4,3	1,5
125	4,8	1,6
150	5,4	2,0

5.3.3. Difusores

A função do difusor Proinerte, num sistema de extinção de incêndios, é distribuir uniformemente o gás. Os bicos são projectados para completar a descarga de gás inerte em 60 segundos ou menos.

Os bicos de descarga Proinerte estão disponíveis nos tamanhos de 15, 20, 25 e 40 mm, que correspondem aos segmentos de distribuição de tubos que os alimentam. Cada difusor tem 12 orifícios – ver figura 5.7 – e fornece um padrão de descarga de 360 graus.



Figura 5.7 - Difusor

5.4. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

O dimensionamento do sistema poderá ser efectuado por cálculo manual ou por software de cálculo automático. Será demonstrada a componente manual de cálculo do sistema, recorrendo à norma NFPA 2001 e a documentação técnica da Fike Corporation. Sempre que as unidades das grandezas sejam omitidas, subentende-se que se esteja a usar o Sistema Internacional de Unidades.

Perante esta opção há que, para a concentração recomendada e o tempo de descarga necessário:

- Calcular a quantidade de agente gasoso necessário;
- Calcular o número de cilindros;
- Desenhar o traçado da tubagem;
- Quantificar e posicionar os difusores;
- Definir como é o comando – automático e/ou manual – do sistema;
- Definir comandos associados;
- Quantificar e posicionar pré-alarmes e alarmes necessários [22].

5.4.1. QUANTIDADE DE AGENTE GASOSO NECESSÁRIO

O capítulo 5 da NFPA 2001 dedica-se ao dimensionamento propriamente dito do sistema fixo de extinção. A quantidade de Proinerte, sendo um gás inerte, calcula-se pela equação 5.1:

$$X = \left(\frac{V_s}{s} \right) * \ln \left(\frac{100}{100-C} \right) \quad (5.1)$$

Onde:

X é o volume de gás inerte adicionado em condições standardizadas de 1,013 bar a 21°C por volume de espaço protegido [m³/m³].

V_s é o volume específico de gás inerte a 21°C e a 1,013 bar [m³/kg].

s = 0,6598+0,00242*t [m³/kg] é o volume específico de gás inerte a 1 atm e à temperatura t.

t é a temperatura mínima prevista do volume protegido [°C].

C é a concentração de projecto de gás inerte [%].

A equação 5.2 é uma alternativa à anterior, que limita o número de incógnitas a apenas duas: a temperatura da sala e a concentração de gás inerte.

$$X = 2,303 * \left(\frac{294,4}{273+t} \right) * \text{Log}_{10} \left(\frac{100}{100-C} \right) \quad (5.2)$$

Admite-se que o compartimento esteja a uma temperatura ambiente de 20°C e que a concentração, C, de Proinerte é de 37,9%, segundo a tabela 3.12. Estes dados, pela tabela A.5.5.2(h) da norma NFPA 2001, levam-nos a que o V_s seja igual a 0,7081 m³/kg. Substituindo estes dados na equação 5.1, vem o seguinte resultado:

$$X = \left(\frac{0,7081}{0,6598+0,00242*20} \right) * \ln \left(\frac{100}{100-37,9} \right) = 0,476 \text{ m}^3/\text{m}^3$$

A equação 5.3 é utilizada para o cálculo do peso de Proinerte necessário:

$$M_x = \frac{X}{V_s} * V \quad (5.3)$$

Onde:

M_x é a massa de Proinerte a colocar nos cilindros [kg].

V é o volume total do arquivo histórico, incluindo o tecto falso [m³].

Assim sendo, temos o seguinte resultado:

$$M_x = \frac{0,476}{0,7081} * 256,40 * (2,60 + 0,20) = 482,96 \text{ kg} - \text{valor a ser distribuído pelos vários cilindros.}$$

Separando a massa de Proinerte pelos dois espaços, temos os valores de cálculo que se encontram abaixo.

$$\text{Para a sala: } M_x = \frac{0,476}{0,7081} * 256,40 * 2,60 = 448,47 \text{ kg.}$$

$$\text{Para o tecto falso: } M_x = \frac{0,476}{0,7081} * 256,40 * 0,20 = 34,50 \text{ kg.}$$

Note-se que 92,86% ($\frac{448,47}{482,96}$) do gás será difundido no espaço útil do compartimento, e apenas 7,14% deste servirá para extinguir um possível incêndio no tecto falso.

5.4.2. CÁLCULO DO NÚMERO DE CILINDROS

O catálogo da Fike Corporation que foi consultado só apresenta os cilindros de 80 Litros para as pressões de armazenamento a 200 e a 300 bar, como se pode facilmente consultar na tabela 5.3, que se apresenta de seguida.

Tabela 5.3 – Número de cilindros

Volume do cilindro	Enchimento nominal	
	200 bar	300 bar
80 Litros	22,8 kg	32,1 kg

A equação 5.4 serve para o cálculo do número de cilindros.

$$N_c = \frac{M_x}{M_c} \quad (5.4)$$

Onde:

N_c é o número de cilindros.

M_c é a massa de cada cilindro [kg].

Para uma pressão de 200 BAR, temos $N_c = \frac{M_x}{M_c} = \frac{482,96}{22,8} = 22$ cilindros.

Para uma pressão de 300 BAR, temos $N_c = \frac{M_x}{M_c} = \frac{482,96}{32,1} = 16$ cilindros.

Por uma questão de economia, a escolha será a de 16 cilindros de 80 Litros a 300 Bar.

A figura 5.8 mostra o posicionamento dos 16 cilindros, de 80 Litros a 300 Bar, na planta do piso. Como já foi dito, procederam-se a alterações na arquitectura, entre a caixa de elevadores e a área expositiva, que serviram para a colocação da pilha de cilindros. Estas modificações envolveram paredes e uma porta.

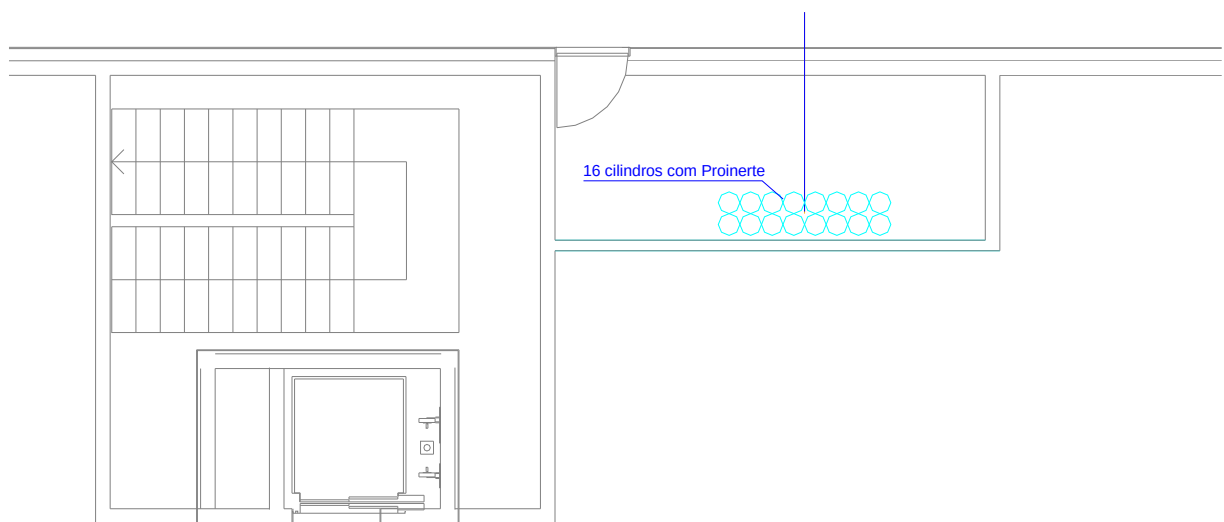


Figura 5.8 – Localização dos cilindros

5.4.3. QUANTIDADE E POSICIONAMENTO DOS DIFUSORES

Os sistemas Proinerte geralmente são obrigados a descarregar o agente no espaço protegido dentro de 60 segundos. Portanto, o tamanho dos difusores e a quantidade prevista para qualquer área devem ser suficientes para despejar o fluxo necessário de agente no período de tempo determinado [28]. A tabela 5.4 ajuda neste processo.

Tabela 5.4 – Proinerte por difusor [28]

Caudal de gás por difusor (kg / 60 segundos)		
Dimensão nominal do difusor [mm]	Caudal mínimo de cálculo [kg]	Caudal máximo de cálculo [kg]
15	0,6	34,0
20	3,5	66,0
25	7,5	104,0
40	15	225

A área de cobertura de cada difusor também deve ser considerada em projecto, sendo esta expressa como um raio de cobertura – “R” – ao longo do eixo de descarga. A área abrangida pelos difusores é sempre a mesma, independentemente do tamanho do tubo ou do orifício [28]. A tabela 5.5 reflecte estes dados.

Tabela 5.5 – Área de influência por difusor [28]

Área abrangida por difusor			
Padrão do difusor	Dimensão “R” (raio de circunferência)	Altura do espaço	Local no projecto
360°	7,0 Metros	De 0,3 a 5,0 Metros	Sala
360°	3,5 Metros	Até 0,3 Metros	Tecto falso

Como já foi explicitado, estamos na presença de um arquivo histórico que requer 448,47 kg de Proinerte e um tecto falso que necessita de 34,50 kg deste gás. Tomando como base a análise preliminar da tabela 5.5, chega-se às figuras 5.9 e 5.10, que representam a área de influência de cada um dos difusores considerados no pré-dimensionamento. Note-se que estes atingem um raio de acção de 7,0 m para o volume útil do compartimento e um raio de 3,5 m para o volume ocupado pelo tecto falso.

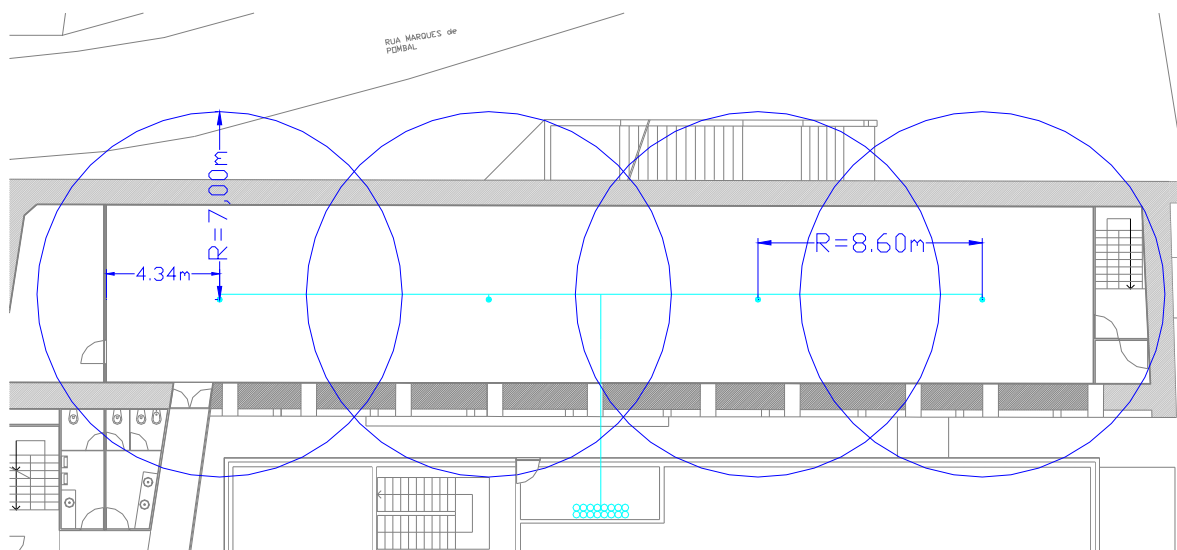


Figura 5.9 – Área de influência para o espaço útil

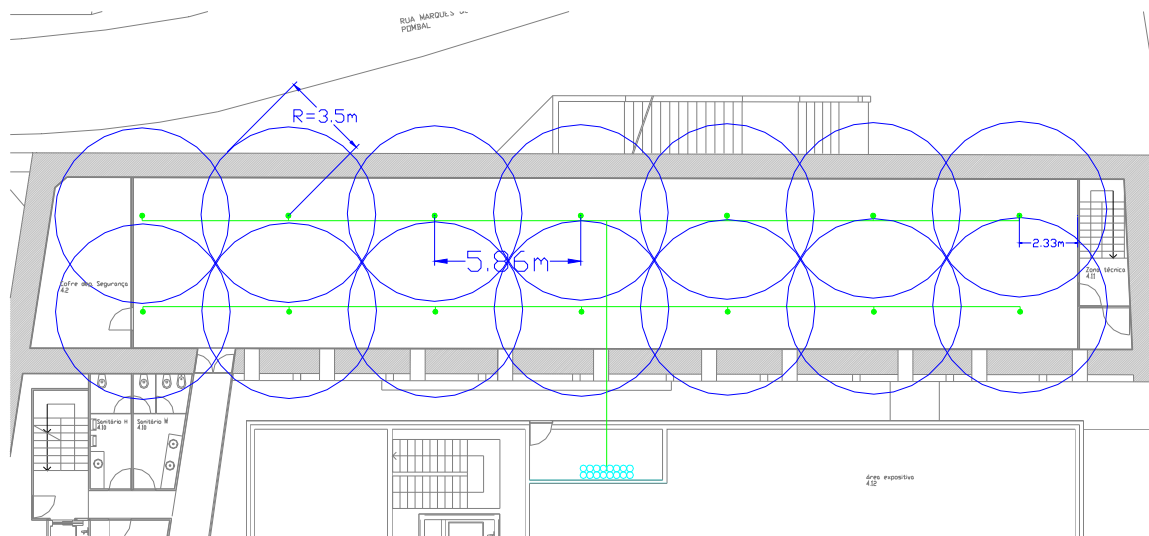


Figura 5.10 – Área de influência para o tecto falso

Este pré-dimensionamento considerou 4 difusores para o volume útil do arquivo histórico e 14 difusores para o espaço ocupado pelo tecto falso.

Geralmente, as entidades internacionais recomendam que o espaçamento máximo entre difusores seja inferior a 6 metros; e a distância máxima a uma parede seja inferior a 3 metros. Pela figura 5.9, a distância máxima entre difusores é de 8,60 metros; e a distância máxima entre um difusor e uma parede é de 4,34 metros. Ambos os valores estão contra as recomendações, pelo que a solução será acrescentar difusores ao longo do eixo existente, de forma a garantir as imposições da tabela 5.5 e as distâncias aconselhadas pelas autoridades internacionais. Ora, a figura 5.10 confirma ambos os requisitos, pelo que se manterão os 14 difusores previamente distribuídos. Neste caso o espaçamento máximo entre difusores é de 5,86 metros e a distância máxima entre um difusor e a parede é de 2,33m.

A nova configuração, que agora corresponde a 8 difusores no volume útil, pode ser visualizada na figura 5.11. Assim, sob o tecto falso passa-se a ter um espaçamento máximo entre difusores de 5,16 metros e uma distância máxima a uma parede de 2,55 metros.

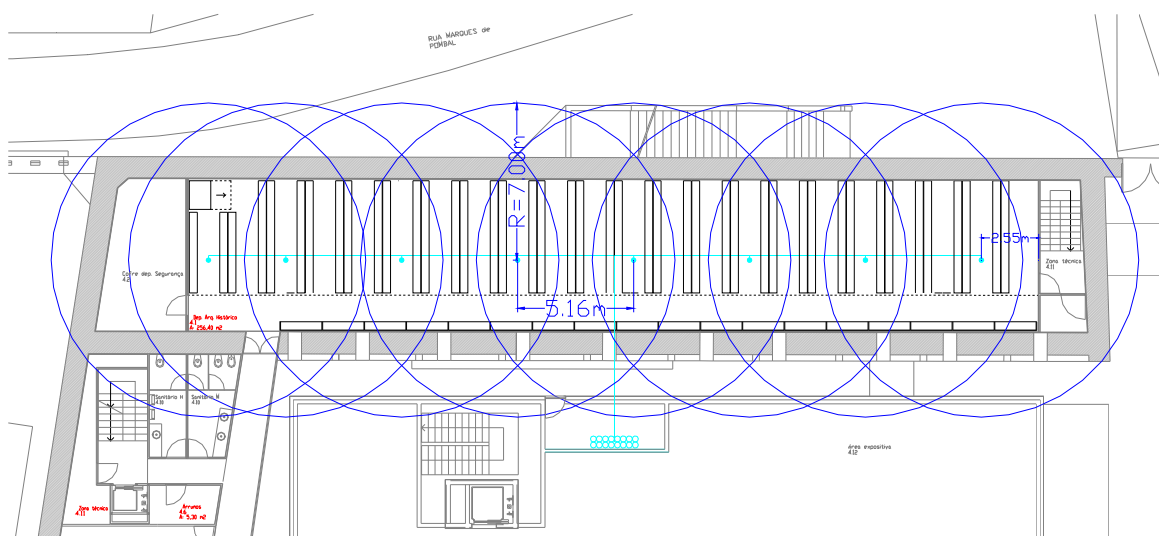


Figura 5.11 – Área de influência corrigida para espaço útil

Compactando e simplificando as figuras 5.10 e 5.11 chega-se à figura 5.12, onde se visualiza o posicionamento de difusores e de condutas, assim como a sua numeração. A rede azul é a que abastece os difusores voltados para o arquivo histórico, enquanto o traçado verde é o que fornece agente extintor aos difusores localizados no tecto falso. Na figura 5.14 vê-se o isométrico da figura 5.12, onde se esclarece a que nível anda cada tubulação e a localização dos acessórios da rede.

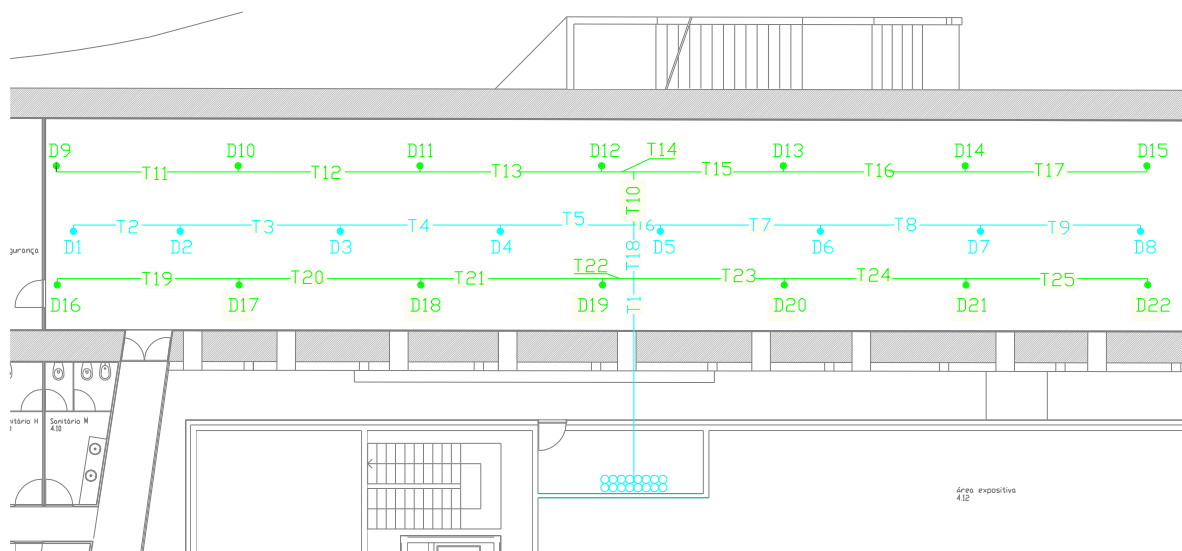


Figura 5.12 – Posicionamento de difusores e condutas

O passo seguinte será a consulta da tabela 5.4 para obter a dimensão nominal de cada difusor em função do caudal de gás a difundir por cada um. Assim se constrói a tabela 5.6. Note-se que $\frac{448,47 \text{ (kg de ProInerte)}}{8 \text{ (número de difusores)}} = 56,06 \text{ kg}$ e que $\frac{34,50 \text{ (kg de ProInerte)}}{14 \text{ (número de difusores)}} = 2,46 \text{ kg}$.

Tabela 5.6 – Diâmetro nominal de cada difusor

Difusor	Caudal de gás por difusor [kg]	Dimensão nominal do difusor [mm]	Local a proteger
D1	56,06	20	Volume útil do arquivo histórico
D2	56,06	20	
D3	56,06	20	
D4	56,06	20	
D5	56,06	20	
D6	56,06	20	
D7	56,06	20	
D8	56,06	20	
D9	2,46	15	Volume de tecto falso
D10	2,46	15	
D11	2,46	15	
D12	2,46	15	
D13	2,46	15	
D14	2,46	15	
D15	2,46	15	
D16	2,46	15	

Tabela 5.6 (continuação) - Diâmetro nominal de cada difusor

Difusor	Caudal de gás por difusor	Dimensão nominal do difusor	Local a proteger
	[kg]	[mm]	
D17	2,46	15	Volume de tecto falso
D18	2,46	15	
D19	2,46	15	
D20	2,46	15	
D21	2,46	15	
D22	2,46	15	

5.4.4. DESENHO DO TRAÇADO DA TUBAGEM

O tamanho adequado para cada secção de tubulação é seleccionado com base no fluxo de projecto para cada secção. O sistema Proinerte deve descarregar o agente de forma a lançar 95% da concentração de cálculo dentro de 60 segundos, de acordo com a NFPA 2001 e a ISO 14520. Portanto, esses requisitos de tempo devem ser considerados ao estimar as dimensões dos tubos [28].

Os diâmetros da tubulação devem estar de acordo com a tabela 5.7. Para determinar a vazão de uma secção de tubo, divide-se a quantidade de agente extintor que flui pelo tempo de descarga, 60 segundos [28].

Tabela 5.7 – Dimensionamento de tubagem [28]

Diâmetro		Quantidade de agente necessário [kg/min]
[mm]	[polegadas]	(máximo)
15	1/2"	42
20	3/4"	82
25	1"	130
32	1 1/4"	232
40	1 1/2"	318
50	2	480
65	2 1/2"	682
80	3"	1065
100	4"	1860
125	5"	2940
150	6"	4200

A tubulação considerada tem um longo percurso a percorrer, que se inicia nos cilindros e termina no último difusor. Com estes dados, já é possível preencher a tabela 5.8 com os resultados finais. Note-se que não foi necessário aumentar o diâmetro de qualquer um dos troços de tubo para se abastecer correctamente os difusores, porque em nenhuma das situações o diâmetro do tubo era inferior ao do difusor. Note-se que, por exemplo, o tubo T3 é dimensionado para abastecer os difusores D1 e D2, pelo que a quantidade de Proinerte a transportar por este é calculada por $56,06 + 56,06 = 112,12$ kg.

Tabela 5.8 – Diâmetros da tubulação

Tubo	Comprimento	Quantidade de Proinerte a transportar	Diâmetro		Confirmação de diâmetros
	[m]	[kg]	[mm]	[polegadas]	OK
T1	7,49	482,96	65,00	2 1/2"	OK
T2	3,64	56,06	20,00	3/4"	OK
T3	5,36	112,12	25,00	1"	OK
T4	5,36	168,17	32,00	1 1/4"	OK
T5	4,50	224,23	32,00	1 1/4"	OK
T6	1,06	224,23	32,00	1 1/4"	OK
T7	5,36	168,17	32,00	1 1/4"	OK
T8	5,36	112,12	25,00	1"	OK
T9	5,36	56,06	20,00	3/4"	OK
T10	1,70	17,25	15,00	1/2"	OK
T11	5,86	2,46	15,00	1/2"	OK
T12	5,86	4,93	15,00	1/2"	OK
T13	5,86	7,39	15,00	1/2"	OK
T14	1,03	9,86	15,00	1/2"	OK
T15	4,83	7,39	15,00	1/2"	OK
T16	5,86	4,93	15,00	1/2"	OK
T17	5,86	2,46	15,00	1/2"	OK
T18	1,70	465,71	50,00	2"	OK
T19	5,89	2,46	15,00	1/2"	OK
T20	5,86	4,93	15,00	1/2"	OK
T21	5,86	7,39	15,00	1/2"	OK
T22	1,00	9,86	15,00	1/2"	OK
T23	4,86	7,39	15,00	1/2"	OK
T24	5,86	4,93	15,00	1/2"	OK
T25	5,83	2,46	15,00	1/2"	OK

A figura 5.13 mostra as dimensões adoptadas no dimensionamento final, para os difusores e tubagens, em função das tabelas 5.6 e 5.8. Para facilidade de leitura, os diâmetros dos tubos estão em polegadas, enquanto que os diâmetros dos difusores estão em milímetros. Na figura 5.14 pode-se ler melhor todos os elementos num isométrico final com os elementos resultantes do cálculo.

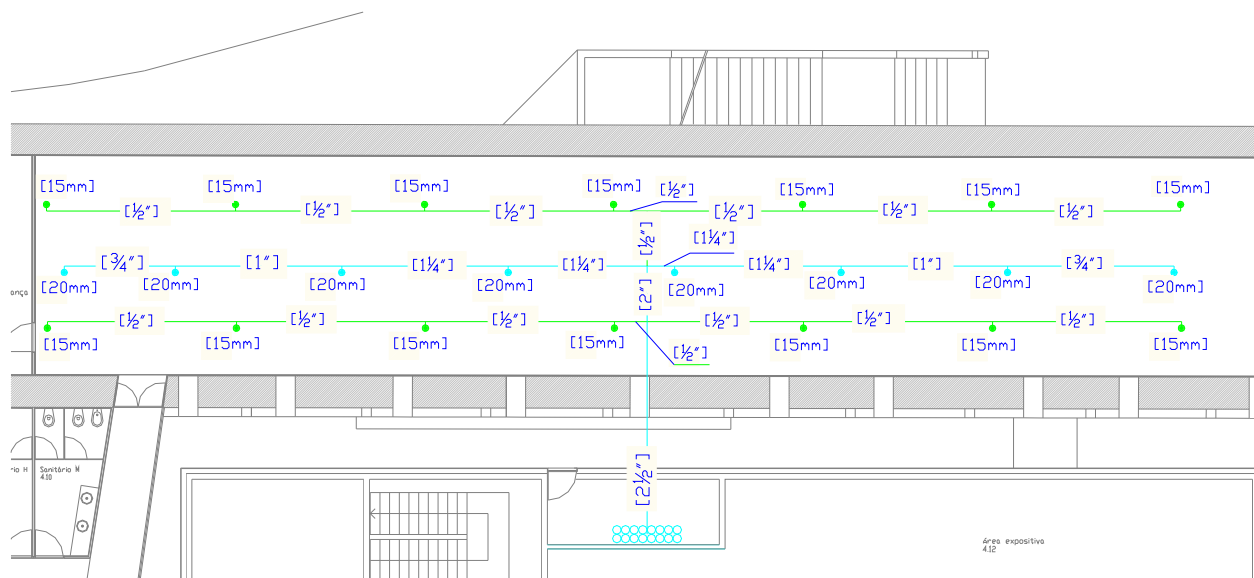


Figura 5.13 – Dimensões de difusores e de tubagens

Consultando as tabelas 5.2 e 5.8, chega-se à tabela 5.9 onde se verifica os espaçamentos máximos entre os fixadores dos tubos à laje, assim como a distância do último fixador ao final do tubo. Note-se que estas distâncias são função do diâmetro do tubo.

Tabela 5.9 – Quantidade de fixações por trecho de tubo

Tubo	Diâmetro	Espaçamento máximo entre fixações	Distância máxima entre fixação e extremidade do tubo	Número de fixações (N _i)	Espaçamento entre fixações
	[polegadas]	[m]	[m]	[unidade]	[m]
T1	2 1/2"	3,50	1,20	3	2,10
T2	3/4"	1,80	0,60	3	1,12
T3	1"	2,10	0,70	3	1,88
T4	1 1/4"	2,40	0,80	3	1,78
T5	1 1/4"	2,40	0,80	3	1,35
T6	1 1/4"	2,40	0,80	1	-
T7	1 1/4"	2,40	0,80	3	1,78
T8	1"	2,10	0,70	3	1,88
T9	3/4"	1,80	0,60	4	1,32
T10	1/2"	1,50	0,50	2	0,70
T11	1/2"	1,50	0,50	5	1,22
T12	1/2"	1,50	0,50	5	1,22
T13	1/2"	1,50	0,50	5	1,22
T14	1/2"	1,50	0,50	2	0,03
T15	1/2"	1,50	0,50	4	1,28
T16	1/2"	1,50	0,50	5	1,22
T17	1/2"	1,50	0,50	5	1,22
T18	2"	3,40	1,10	1	-
T19	1/2"	1,50	0,50	5	1,22
T20	1/2"	1,50	0,50	5	1,22
T21	1/2"	1,50	0,50	5	1,22
T22	1/2"	1,50	0,50	1	-
T23	1/2"	1,50	0,50	4	1,29
T24	1/2"	1,50	0,50	5	1,22
T25	1/2"	1,50	0,50	5	1,21

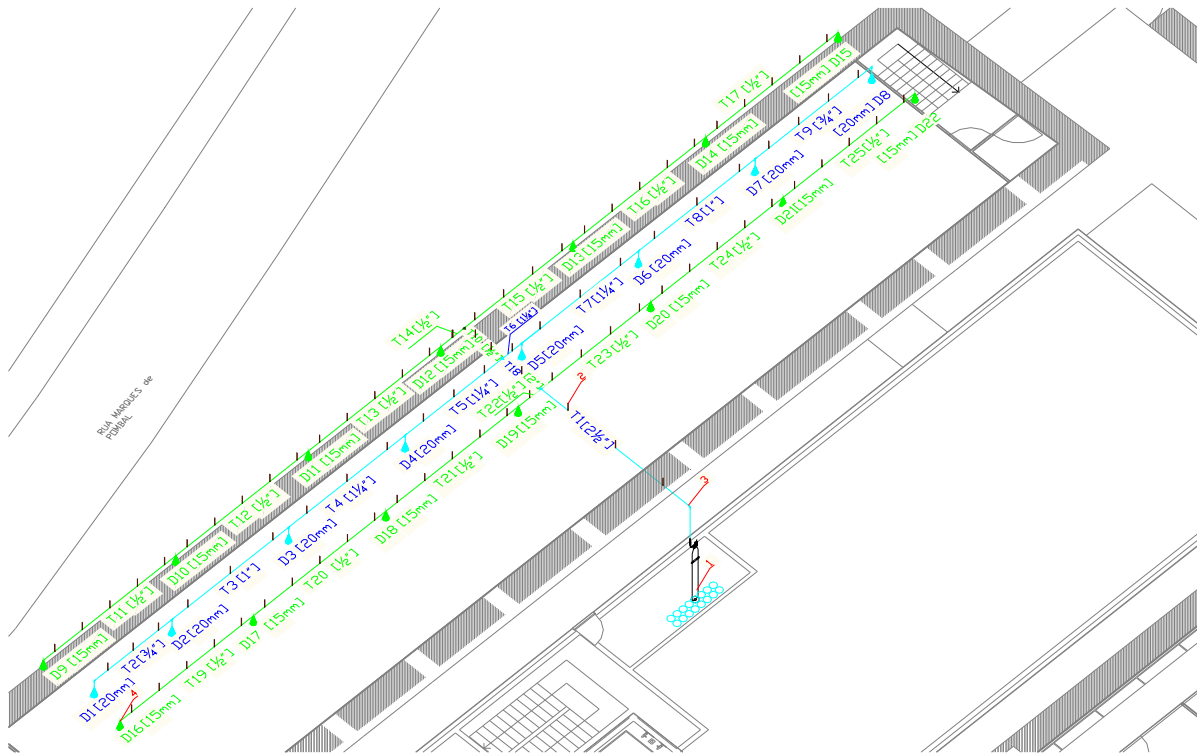


Figura 5.14 – Isométrico final do piso

Legenda da figura 5.14:

- 1 – Cilindro;
- 2 – Fixador de tubo a laje;
- 3 – Tubo;
- 4 – Difusor.

5.4.5. DEFINIÇÃO DO TIPO DE COMANDO DO SISTEMA

Este sistema possui dois tipos de comandos: o manual e o automático. Situam-se na central de alarme, que está localizada em planta na figura 5.15.

5.4.6. COMANDOS ASSOCIADOS

Os comandos do sistema permitem detectar, localizar e extinguir o incêndio. O comando de activação do mecanismo pode ser eléctrico, pneumático ou mecânico, com a localização da figura 5.15.

5.4.7. QUANTIFICAÇÃO E POSICIONAMENTO DE PRÉ-ALARMES E ALARMES NECESSÁRIOS

Cada uma das portas terá no exterior um sinalizador acústico e luminoso, com um sinal de aviso de local protegido. O pré-alarme de extinção existente não excederá os 60 segundos; e o alarme soará contínuo enquanto os cilindros não se tiverem esvaziado. O som no interior da sala provém de uma sirene disposta nesse local, segundo a disposição da figura 5.15.

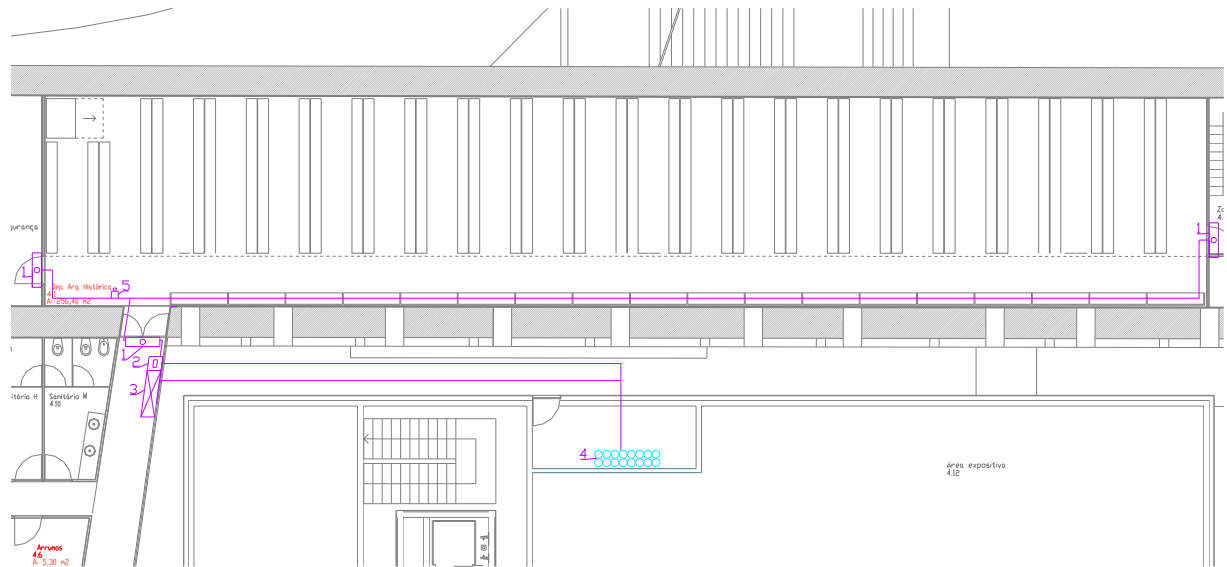


Figura 5.15 - Localização dos equipamentos

Legenda da figura 5.15:

- 1 – Sinalizador óptico e acústico;
- 2 – Botão de comando manual;
- 3 – Central de alarme;
- 4 – Cilindros;
- 5 – Sirene.

5.4.8. DETECTORES DE INCÊNDIO E ÁREAS DE VENTILAÇÃO

Geralmente, os detectores são dimensionados para que cada um abarque uma área de influência de 60 m^2 e que, no máximo, esteja a 5,80 metros de uma parede, de outro detector ou de outro qualquer obstáculo. Devido à obrigatoriedade da dupla detecção de incêndio para que se activem os alarmes, consideram-se 30 m^2 como a área de influência a considerar por cada detector. Neste caso concreto existirão detectores sob o tecto falso e outros na zona do tecto falso, para que se possam detectar incêndios em ambos os espaços físicos. A área do arquivo histórico é de $256,40 \text{ m}^2$, que é a mesma acima e abaixo do tecto falso; por isso temos 9 detectores abaixo do tecto falso e 9 acima deste ($256,40 \text{ m}^2 / 30 \text{ m}^2 \rightarrow 9$ detectores). Portanto, temos no total 18 detectores de incêndio que serão conectados à central de alarme, como se pode ver na figura 5.16.

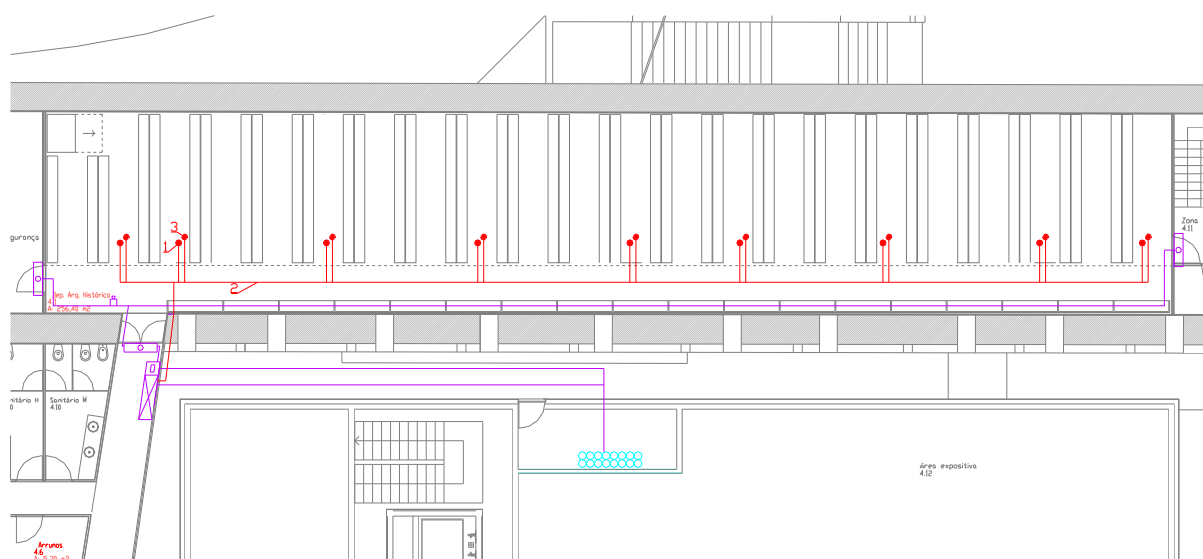


Figura 5.16 – Detectores de incêndio

Legenda da figura 5.16:

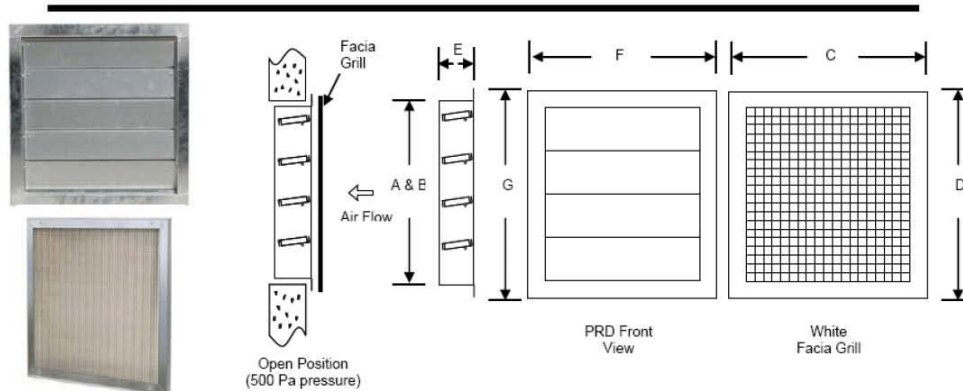
- 1 – Detector de incêndio voltado para o arquivo histórico;
- 2 – Tubo de conexão da central de alarme aos detectores de incêndio;
- 3 – Detector de incêndio voltado para o tecto falso.

A área de ventilação requerida será função da quantidade de agente extintor usado e a pressão máxima no compartimento, entre outros elementos. Esta abertura de ventilação controla a redução de pressão do compartimento. Foi calculada por uma folha de cálculo fornecida pela empresa Sepreve, cujo resultado foi de $0,314 \text{ m}^2$. Portanto, temos uma janela de despressurização PRD500, cuja configuração pode ser vista na figura 5.17. Pode-se usar este sistema em paredes e em portas.



PRD High-X Range – Pressure Relief Vents

Dimensions



Vent Size	PRD200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200
A (w)	245	345	445	545	645	745	845	945	1045	1245
B (h)	215	315	415	515	615	715	815	915	1015	1215
C	305	405	505	605	705	805	905	1005	1105	1205
D	305	405	505	605	705	805	905	1005	1105	1205
E	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115
F	265	365	465	565	665	765	865	965	1065	1265
G	255	355	455	555	655	755	855	955	1055	1255

THE ALL NEW PATENTED HIGH-X PRD PRESSURE VENTS

The High-X Range of Pressure Relief Vents is a new patented development in the world of pressure relief vent for gaseous extinguishing system that provides a greater efficiency factor of free vent area at all pressures than its competitors. This mean that you need less PRD vents, Smaller holes, less builders work, smaller vents and we know provide a greater size range..

The Patent Pending vent can be mounted flush in a wall, door, ductwork or in a ceiling. This leads to a much more effective and flexible range of pressure vents than ever before.

The range comes with a 2 hour fire rating

The High-X range is supplied in complete kit form. There are two kits. The PRD-G kit for internal walls and the PRD-L kit for external walls.

When mounting the High-X PRD's in doors or narrow walls a Z frame is required. When ordering we need to know the thickness or the door or wall.

For applications in fresh air or return duct work the vents can be motorised to hold the blades in the open position to allow air movement for day to day use. But in a fire condition will close and work as PRD's.

All dimensions shown are actual sizes. When cutting a hole in a structure a clearance must added to the figures above. Use dimension A&B plus a clearance for your hole size.

Figura 5.17 – Aberturas de despressurização

5.4.9. SOBREPOSIÇÕES EM PLANTA

Como resultado final da rede, mostra-se na figura 5.18 uma planta do arquivo histórico contendo os difusores, as tubagens, os detectores e os equipamentos.

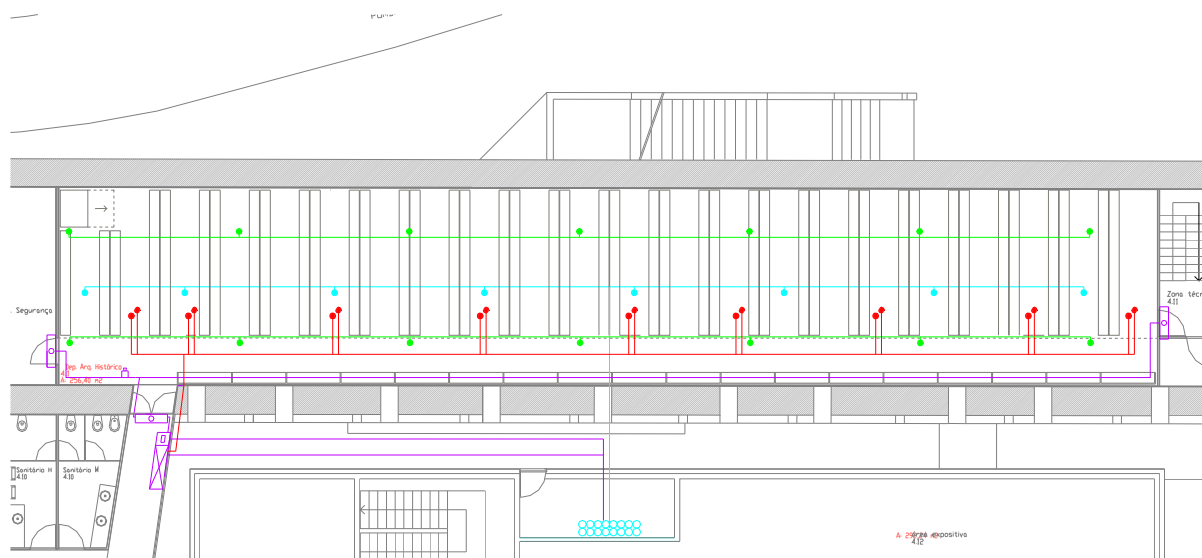


Figura 5.18 – Sobreposição de plantas

Note-se que não há difusores nem detectores de incêndio sobre os armários, já que essa situação diminuiria a eficiência do todo o sistema. Naturalmente que essa preocupação não se prende aos difusores que protegem a região entre o tecto falso e a laje do piso superior.

6

CONSIDERAÇÕES ECONÓMICAS E COMPARATIVAS

6.1. BALANÇO ECONÓMICO

6.1.1. ENQUADRAMENTO AMERICANO

A 8 de Agosto de 2003 foi publicado um documento, escrito por Robert T. Wickham, intitulado de “Review of the Use of Carbon Dioxide Total Flooding Fire Extinguishing Systems” [21]. Este texto, tendo sido patrocinado pela EPA, possui elevado grau de fiabilidade relativamente ao seu conteúdo. O citado documento apresenta um capítulo que compara, em termos de custos, vários sistemas fixos de extinção alternativos aos que usam Halon 1301 para médios e macro ambientes. Esses dados serão apresentados neste capítulo, com o objectivo de se dar a conhecer o mercado americano para valores que remontam a 2003.

Do ponto de vista orçamental, as fábricas de sistemas gasosos foram convidados a usar um nível de preço que representa o preço médio de venda para distribuidores ou instaladores. O preço deverá incluir o agente, os cilindros, os actuadores, as mangueiras de descarga, as válvulas de retenção, as válvulas de controlo, os alarmes de pré-descarga, não incluindo a montagem e o transporte de mercadorias. O preço não deve incluir a tubulação de distribuição e seus acessórios, os suportes de tubulação e cabides, os tubos de actuação e acessórios, os cabos eléctricos e caixas de derivação ou de trabalho para instalar.

As comparações seguintes tiveram como base as concentrações de cálculo utilizadas para cada um dos sistemas gasosos da tabela 6.1. Em cada um dos casos, tomou-se a concentração de cálculo mais desfavorável, considerando-se todas as normas em vigor na altura deste estudo de mercado.

Tabela 6.1 – Concentrações de cálculo [13] e [14]

Agente	Concentração
Halon 1301	6,0 %
CO ₂	34,0 %
HFC-23	19,5 %
HFC-227ea	8,7 %
FK-5-1-12	5,5 %
IG-541	40,0 %

A tabela 6.2 mostra a comparação de preços para sistemas fixos de extinção de incêndio com gases inertes, químicos e com o Halon 1301, sendo que este último apenas surge para se estabelecer uma ponte com o passado. Serão mencionados os valores para quatro volumes de sala. É natural que não surjam todas as alternativas presentes no capítulo 3 da presente dissertação, como é o caso do IG-55.

Tabela 6.2 – Valores em dólares americanos em 2003 [21]

Agente	500 m ³	1.000 m ³	3.000 m ³	5.000 m ³
	[\$]	[\$]	[\$]	[\$]
Halon 1301	5.300	7.900	17.300	27.300
CO ₂	11.000	19.000	52.000	83.000
HFC-23	22.000	40.000	113.000	187.000
HFC-227ea	16.000	29.000	78.000	126.000
FK-5-1-12	19.000	37.000	106.000	168.000
IG-541	20.000	34.000	95.000	153.000

A figura 6.1 é uma representação gráfica da mesma informação, para se ler melhor os dados da tabela anterior.

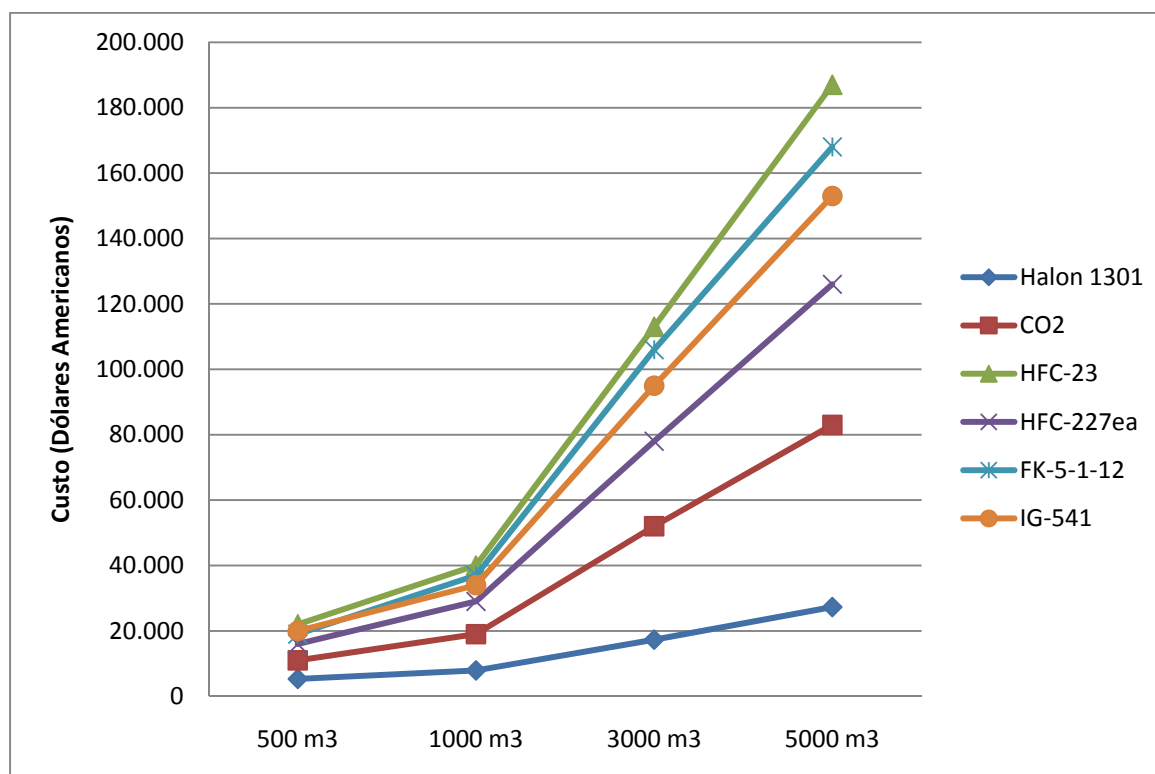


Figura 6.1 - Comparação de custos dos sistemas no intervalo 500-5.000 m³ de volume [21]

Outra maneira de se olhar para as comparações de custo, pelo autor, é através de uma percentagem, tomando como base os sistemas por Halon 1301, que está representada na tabela 6.3.

Tabela 6.3 – Acréscimo de custo, em percentagem, face ao Halon 1301 [21]

Agente	500 m ³	1.000 m ³	3.000 m ³	5.000 m ³
	[%]	[%]	[%]	[%]
Halon 1301	0	0	0	0
CO ₂	108	140	200	204
HFC-23	315	406	553	585
HFC-227ea	202	267	351	361
FK-5-1-12	259	368	513	515
IG-541	277	330	449	460

Pela leitura da tabela 6.3, nota-se que os sistemas que usavam Halon 1301 eram bem mais baratos que os usados pelas várias alternativas no mercado americano sob valores praticados em 2003. Ao lidar com os custos do sistema, não se pode comparar sempre directamente um sistema com outro sem tomar algumas questões pertinentes em consideração, tais como as válvulas para direccionar o gás para vários espaços distintos. Esta perspectiva de custo, para os que têm historicamente usado os Halon 1301 para sistemas de inundação total, serve para que se compare as actuais soluções com as anteriormente implementadas [21].

6.1.2 PANORAMA PORTUGUÊS

A tabela 6.4 apresenta o mapa de quantidades de cálculo do caso de estudo, que serve de base para o orçamento do sistema fixo de extinção de incêndio por Proinerte.

Tabela 6.4 – Mapa de quantidades de cálculo

Número	Designação Rubrica	Unidade	Quantidade
1.	Características do espaço		
1.1	Arquivo histórico com 256,40 m ² , pé-direito útil de 2,60 m e 3 portas	m ³	666,64
1.2	Tecto falso com 0,20 m de altura	m ³	51,28
2.	Sistema de detecção		
2.1	Central de alarme	un	1,00
2.2	Bateria (12 V e 7 A)	un	2,00
2.3	Detector óptico de fumos	un	16,00
2.4	Base para detector	un	16,00
2.5	Sirene para interior	un	1,00
2.6	Sinalizador acústico-luminoso	un	3,00
2.7	Sinal de local protegido	un	3,00
2.8	Botão para activação de extinção	un	1,00
2.9	Botão para inibição de extinção	un	1,00
2.10	Sinal de porta	un	3,00

Tabela 6.4 (continuação) – Mapa de quantidades de cálculo

Número	Designação Rubrica	Unidade	Quantidade
3.	Sistema fixo de extinção		
3.1	Bateria de Proinerte com actuação mecânica manual e solenóide		
3.1.1	- 80 L a 300 bar	un	16,00
3.1.2	Quantidade de Proinerte	kg	482,96
3.2	Difusores aço 360°		
3.2.1	- 15 mm	un	14,00
3.2.2	- 20 mm	un	8,00
3.3	Tubagens		
3.3.1	Comprimento		
3.3.1.1	- 1/2"	m	70,66
3.3.1.2	- 3/4"	m	10,20
3.3.1.3	- 1"	m	10,32
3.3.1.4	- 1 1/4"	m	13,26
3.3.1.5	- 1 1/2"	m	2,12
3.3.1.6	- 2"	m	3,08
3.3.1.7	- 2 1/2"	m	7,49
3.3.2	Acessórios		
3.3.2.1	"T" de ligação	un	10,00
3.3.2.2	"L" de ligação	un	3,00
3.3.2.3	Fixador tubo/laje 1/2"	un	63,00
3.3.2.4	Fixador tubo/laje 3/4"	un	7,00
3.3.2.5	Fixador tubo/laje 1"	un	6,00
3.3.2.6	Fixador tubo/laje 1 1/4"	un	8,00
3.3.2.7	Fixador tubo/laje 1 1/2"	un	2,00
3.3.2.8	Fixador tubo/laje 2"	un	2,00
3.3.2.9	Fixador tubo/laje 2 1/2"	un	3,00
4.	Janelas de despressurização		
4.1	PRD500	m ²	0,31
5.	Serviços		
5.1	Fornecimento e montagem dos equipamentos	un	1,00
5.2	Engenharia, assessoria e colocação em serviço	un	1,00

Mapas de quantidades de cálculo similares, para os vários agentes extintores gasosos, foram enviados para várias empresas do sector com o intuito de se obter preços. É de salientar que as respostas das ditas empresas acederam aos pedidos com orçamentos para os seguintes gases: IG-541 (Inergen); FK-5-1-12 (Novec 1230); IG-55 (Proinerte) e HFC-227ea (FM-200).

De seguida esmiúçam-se os orçamentos recebidos e estudados que se encontram nos anexos. Cada um dos documentos apresenta o sistema de detecção e o sistema de extinção. Devido às características especiais do Proinerte, o orçamento para o IG-55 apresenta um ponto extra, que é o das janelas de despressurização. Note-se que as despesas afectas aos serviços técnicos, ora estão englobados nos preços dos sistemas, ora estão discriminados em separado. Todos os valores estão isentos de IVA.

A tabela 6.5 apresenta o preço total de cada um dos sistemas. Vê-se que o preço relativo aos sistemas de detecção de incêndio varia muito pouco entre as diferentes soluções propostas. A partir deste momento, apenas interessa examinar as componentes do sistema fixo de extinção.

Tabela 6.5 – Orçamentos resumidos

Tipo de sistema	Preço total	Preço do sistema de detecção	Preço do sistema de extinção	Preço de cada difusor	Preço de cada cilindro carregado
	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
HFC-227ea	35.862,76	2.323,76	33.539,00	68,50	8.434,00
FK-5-1-12	40.919,99	2.963,17	38.451,04	40,69	9.266,67
IG-541	27.559,61	2.963,17	25.090,66	40,69	1.116,49
IG-55	46.790,76	2.323,76	44.476,00	68,50	2.000,00

O sistema mais barato é o IG-41 e o mais caro é o IG-55; curiosamente, são dois sistemas fixos de extinção de incêndio por gás inerte. As diferenças mais acentuadas concentram-se nos sistemas de extinção propriamente ditos, onde o valor de cada difusor é semelhante. Já em termos de cilindros, carregados com o respectivo agente extintor, o preço unitário varia. Consta-se que os preços dos cilindros se agrupam segundo os que contêm gases inertes e os que armazenam gases sintéticos.

6.2. COMPARAÇÃO ENTRE AS VÁRIAS ALTERNATIVAS

6.2.1. GERAL

Vários estudos têm sido efectuados com o intuito de hierarquizar os sistemas fixos de extinção por agentes gasosos. A maioria foca-se nos substitutos do Halon 1301, mas muitos destes estudos fazem uma abordagem da identificação de vários atributos desejáveis de um sistema de extinção; ou atribuem um valor numérico a cada atributo para cada um dos diferentes sistemas; ou usam a matemática para chegar aos valores que parecem ser a melhor escolha científica. A dificuldade deste tipo de abordagem é o facto de nem toda a gente concordar com os atributos relevantes afectos a cada sistema fixo de extinção de incêndio.

Por este motivo, a abordagem que será efectuada ao longo das próximas páginas será focalizada nas normas NFPA 12 e 2001, em catálogos técnicos cedidos por empresas do sector e em cálculos manuais baseados em todos os elementos que foram consultados para a elaboração desta dissertação. Saliente-se que serão abordados os gases em questão e não os sistemas por si só, excluindo-se assim cilindros, tubagens e afins.

Feito o balanço económico, passa-se à comparação dos agentes extintores a outros níveis, agora com a presença do CO₂, do HFC-125, do HFC-236fa, do IG-01, do IG-100 e do IG-55. Toma-se como base de trabalho o caso de estudo presente no capítulo 5, isto é, o combustível presente, sendo madeira e papel, leva à consideração de fogo da classe A. Por este motivo, a tabela 6.6 representa as concentrações de cálculo (pelas normas NFPA – ver tabelas do capítulo 3) para cada um dos agentes gasosos. Os aspectos abordados serão o peso, o tempo de permanência na atmosfera, o GWP e o NOAEL. Não foram considerados outros factores por não se considerarem primordiais na escolha de um sistema fixo de extinção de incêndio por agente gasoso.

Tabela 6.6 – Concentrações de cálculo

Agente	Grupo	Concentração
		[%]
HFC-227ea	Gás sintético	7,0
HFC-125	Gás sintético	8,0
HFC-23	Gás sintético	19,5
HFC-236fa	Gás sintético	8,0
FK-5-1-12	Gás sintético	4,2
IG-541	Mistura de gases inertes	34,2
IG-55	Mistura de gases inertes	37,9
CO ₂	Gás inerte	30

As características físicas do espaço podem ser verificadas na tabela 6.7.

Tabela 6.7 – Características físicas do local a proteger

Zona Protegida	Espaço nominal	Comprimento	Largura	Altura
	[m ³]	[m]	[m]	[m]
Tecto Falso	666,87	37,83	6,78	0,20
Compartimento	51,30	37,83	6,78	2,60
Total	718,17	37,83	6,78	2,80

6.2.2. PESO

Pelo capítulo 5 da NFPA 2001, a quantidade de gás sintético necessário para atingir a concentração de cálculo deve ser calculado a partir da seguinte fórmula:

$$W = \frac{V}{S} * \left(\frac{C}{100-C} \right) \quad (6.1)$$

Onde:

W é o peso de agente limpo [kg].

V é o volume de compartimento a proteger [m³].

S é o volume específico de agente vaporizado a 1 atmosfera e à temperatura t [m³/kg].

C é a concentração de projecto de gás inerte (percentagem de volume).

t é a temperatura mínima prevista do volume protegido [°C].

Admite-se que o compartimento esteja a uma temperatura ambiente de 20°C e que a concentração, C, de agente extintor gasosa é a que consta na tabela 6.6. Estes dados, consultando as tabelas A.5.5.1(a) a

A.5.5.1(n) da NFPA 2001, levam-nos a que o V seja o da tabela 6.8. Substituindo estes dados na equação 6.1, vem o resultado da tabela 6.8.

Para os gases inertes basta seguir o raciocínio do subcapítulo 5.4.1. que se resume à equação 5.3, onde V_s se vai consultar às tabelas A.5.5.2(a) a A.5.5.2(h) da NFPA 2001. Não se aborda o IG-01, nem o IG-100 devido à falta de dados para saber qual a concentração de gás a implementar para um fogo da classe A. Contudo, bastaria proceder a cálculos análogos aos dos restantes gases inertes.

Pela NFPA 12, o peso de CO_2 necessário para desenvolver uma determinada concentração na atmosfera é expressa pela equação 6.2.

$$M = \frac{V}{F_d} \quad (6.2)$$

Onde:

M é a quantidade de CO_2 [kg].

V é o volume da sala [m^3].

F_d é o factor de descarga [m^3/kg].

Não foram necessários mais cálculos ou correcções, porque a concentração de CO_2 é inferior a 34% e não existem aberturas no arquivo histórico para possíveis perdas de agente extintor gasoso.

A tabela 6.8 ilustra o peso dos vários agentes gasosos.

Tabela 6.8 – Peso de cada agente gasoso

Agente	V	C	T	S	V_s	s	Peso do Agente
	[m^3]	[%]	[$^{\circ}\text{C}$]	[m^3/kg]	[m^3/kg]	[m^3/kg]	[kg]
HFC-227ea	717,92	7,0	20,0	0,137	-	-	393,57
HFC-125	717,92	8,0	20,0	0,197	-	-	316,57
HFC-23	717,92	19,5	20,0	0,341	-	-	510,29
HFC-236fa	717,92	8,0	20,0	0,153	-	-	408,29
FK-5-1-12	717,92	4,2	20,0	0,072	-	-	437,84
IG-541	717,92	34,2	20,0	-	0,707	0,708	424,29
IG-55	717,92	37,9	20,0	-	0,7081	0,708	482,96
CO_2	717,92	30,0	20,0	-	-	-	574,34

A tabela 6.9 é um quadro comparativo dos pesos dos gases em termos de percentagem de peso adicional sobre o agente gasoso HFC-125. É claro que o HFC-125 é o mais leve e o CO_2 é 81% mais pesado que ele, sendo o mais pesado de todos. Os restantes gases encontram-se dentro desta faixa, sendo que o HFC-23 se realça entre os demais por ser o segundo mais pesado, o que não deveria acontecer por pertencer ao grupo dos gases químicos. Contudo, tal facto deve-se à concentração de cálculo requerida pelas normas, ver tabela 6.6, que se baseia no NOAEL, ver tabela 6.12. Note-se que o peso de cada agente extintor não tem relação directa com o número de cilindros nem com o espaço que ocupam os respectivos sistemas, já que cada sistema possui cilindros de volumes diferentes e a pressões distintas.

Tabela 6.9 – Incrementos de peso

Agente	Peso do Agente	Incremento Face ao HFC-125
	[kg]	[%]
HFC-227ea	393,57	24%
HFC-125	316,57	0%
HFC-23	510,29	61%
HFC-236fa	408,29	29%
FK-5-1-12	437,84	38%
IG-541	424,29	34%
IG-55	482,96	53%
CO ₂	574,34	81%

A Figura 6.2 é uma apresentação gráfica do peso de cada agente gasoso presente na tabela 6.9.

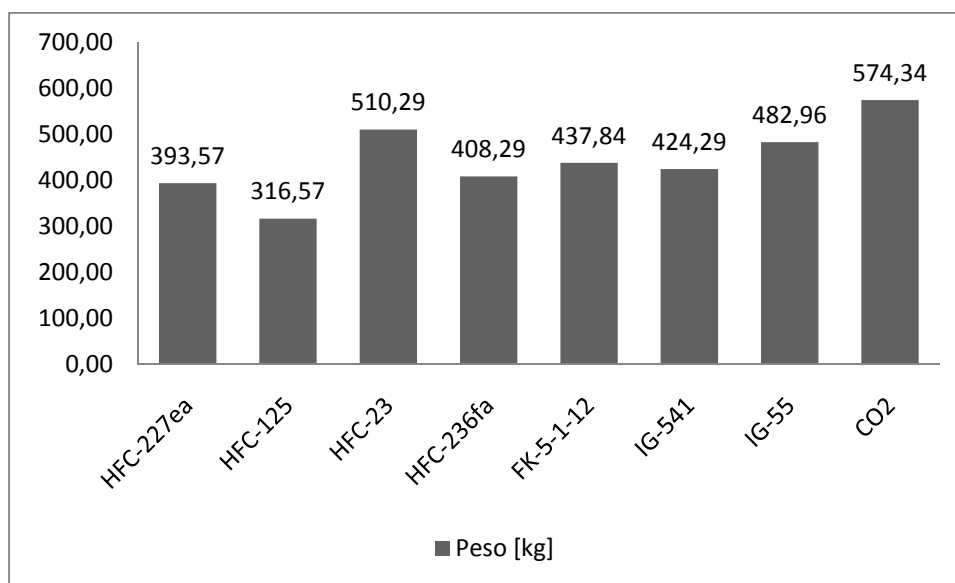


Figura 6.2 – Peso dos agentes gasosos

6.2.3. TEMPO DE PERMANÊNCIA NA ATMOSFERA

A tabela 6.10 ilustra o tempo de permanência dos vários agentes gasosos na atmosfera, assim como a comparação entre si. Note-se que os gases inertes, à excepção do CO₂, estão permanentemente na atmosfera. Esta situação não é minimamente preocupante pelo facto de serem gases naturais e não terem qualquer efeito nefasto para a camada de ozono. Apenas é possível comparar o tempo de permanência na atmosfera entre os gases sintéticos e o CO₂. Destes agentes extintores, o que mais tempo permanece na atmosfera é o HFC-23, nela permanecendo cerca de 19.285 mais tempo que o FK-5-1-12. O próprio CO₂ fica retido na atmosfera num período de tempo que excede em 8.766 vezes o do

FK-5-1-12. É de salientar que apenas o FK-5-1-12 fique menos de uma semana no ar, já que os restantes ficam no mínimo 33 anos.

Tabela 6.10 – Comparação do tempo de permanência na atmosfera

Agente	Tempo de permanência na atmosfera	Base de Comparação: FK-5-1-12
HFC-227ea	37 anos	2.703
HFC-125	33 anos	2.411
HFC-23	264 anos	19.285
HFC-236fa	209 anos	15.267
FK-5-1-12	5 dias	1
IG-01	Permanente	-
IG-100	Permanente	-
IG-541	Permanente	-
IG-55	Permanente	-
CO ₂	120 anos	8.766

6.2.4. GWP

A tabela 6.11 contém o GWP a que corresponde cada gás sintético e inerte. É de salientar que os gases sintéticos – exceptuando-se o FK-5-1-12 – apresentam um potencial de aquecimento global elevadíssimo, pelo que será importantíssimo ponderar acerca destes dados no futuro, na implementação de sistemas fixos de extinção por agentes gasosos. Por natureza, esta classificação baseia-se no facto do GWP do CO₂ ser unitário.

Tabela 6.11 – GWP por agente gasoso

Agente	GWP
HFC-227ea	3.300
HFC-125	2.800
HFC-23	11.700
HFC-236fa	6.300
FK-5-1-12	1
IG-01	0
IG-100	0
IG-541	0,08
IG-55	0
CO ₂	1

6.2.5. NOAEL

A tabela 6.12 abrange o NOAEL a que corresponde cada gás limpo. Note-se que, à excepção do CO₂, os gases inertes apresentam NOAEL elevado e de igual valor, isto é, 43%. Quer isto dizer que se pode usar maior concentração de agente extintor gasoso inerte do que do químico. Já nos gases químicos a distribuição de NOAEL não é homogênea e varia entre os 9% do HFC-227ea e os 30% do HFC-23. O CO₂, mais uma vez, é um caso particular, onde basta ultrapassar os 5% de concentração de agente extintor para que o organismo responda por via do sistema respiratório.

Tabela 6.12 – NOAEL por agente gasoso

Agente	NOAEL
HFC-227ea	9 %
HFC-125	7,5 %
HFC-23	30 %
HFC-236fa	10 %
FK-5-1-12	10 %
IG-01	43 %
IG-100	43 %
IG-541	43 %
IG-55	43 %
CO ₂	< 5 %

6.2.6. COMPARAÇÃO FINAL

Segue-se a comparação final, que poderá determinar a escolha de um agente extintor gasoso a usar num sistema fixo de extinção de incêndio. O ideal seria a aplicação de um método de análise de multicritério, passando-se a uma abordagem de hierarquização.

Portanto, este subcapítulo poderia ter sido trabalhado com base na análise de multicritério, segundo a qual se criariam parâmetros classificativos, utilizando dados qualitativos e/ou quantitativos mensuráveis, chegando a um resultado final concreto. Uma das dificuldades seria a ponderação relativa de factores económicos (peso do agente extintor), factores ambientais (tempo de permanência na atmosfera e GWP) e factores humanos (NOAEL).

Tal subjectividade, levou à consideração de um método de estudo que hierarquiza cada uma das categorias, cabendo ao decisor final optar por uma alternativa em função de um ou mais dos parâmetros. Quer-se dizer com isto, que, com os vários parâmetros, será possível atingir diversas soluções.

A tabela 6.13 é uma compilação das classificações dos agentes extintores gasosos anteriormente referenciados, que ilustram a ordem de preferência face ao peso, ao tempo de permanência na atmosfera, ao GWP e ao NOAEL. A classificação será de 1 a 10, sendo a nota 10 correspondente ao gás com as melhores características para a respectiva categoria.

Tabela 6.13 – Classificação dos agentes gasosos

Agente	Peso	Tempo de permanência na atmosfera	GWP	NOAEL
HFC-227ea	9	4	3	3
HFC-125	10	5	4	2
HFC-23	4	1	1	6
HFC-236fa	8	2	2	5
FK-5-1-12	6	6	6	5
IG-01	-	10	10	10
IG-100	-	10	10	10
IG-541	7	10	7	10
IG-55	5	10	10	10
CO ₂	3	3	6	1

Pela tabela 6.13, conclui-se que o HFC-125 é a melhor escolha se o aspecto a considerar for o peso. Em termos de tempo de permanência na atmosfera escolhem-se os seguintes gases: IG-01, IG-100, IG-541 e IG-55, seguindo-se o FK-5-1-12. O GWP leva à escolha do IG-01, IG-100 e IG-55 em detrimento dos restantes. Já o NOAEL desvia a decisão para o IG-01, IG-100, IG-541 e IG-55.

7

CONSIDERAÇÕES FINAIS

7.1. VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS GASES LIMPOS

Os vários agentes extintores apresentam características próprias à supressão de incêndios. Contudo, aquando do dimensionamento de sistemas fixos de extinção baseados em água, pó químico ou espuma, excluem-se os cenários que possibilitem a protecção de bens materiais de elevado valor, que possam estar, por exemplo, num arquivo histórico de um museu, como sejam documentos originais que remontam à época da monarquia portuguesa. Outra situação é uma sala de processamento de dados de uma empresa multinacional, cuja destruição de equipamentos eléctricos poder-se-ia tornar numa catástrofe económica. Nestas circunstâncias, os sistemas fixos de extinção de incêndio por agentes gasosos devem ser implementados para evitar danos maiores que o próprio fogo, reduzir o tempo de inactividade; e por outro lado serem rápidos e limpos.

Os capítulos anteriores permitiram aprofundar a temática dos agentes limpos actualmente usados em sistemas fixos de extinção de incêndio. Apresentam-se de seguida as suas virtudes e as suas lacunas.

As vantagens da utilização dos agentes limpos são as seguintes:

- Eficiência de extinção;
- Ausência de danos nos equipamentos;
- Permissão da continuidade de funcionamento;
- Compatibilidade com a presença humana, à excepção do CO₂;
- Capacidade de aceder a fogos ocultos;
- Não deixa resíduos;
- Alguns dos gases permitem aplicação local, nomeadamente o CO₂.

Por outro lado, as desvantagens do uso desses gases são as seguintes:

- Sistemas caros;
- Cilindros de difícil manuseamento e pesados;
- Área ocupada, em particular nos inertes e CO₂;
- Humidade nas tubagens após descarga, por efeito de condensação;
- Por não deixar resíduos, pode não se detectar fugas, ou disparos acidentais;
- Impossibilidade de utilização de manómetro obriga a controlo por pesagem, no caso do CO₂.

7.2. PERSPECTIVAS SOBRE A UTILIZAÇÃO DOS GASES LIMPOS

Na presente dissertação procurou-se, o mais exaustivamente possível, apresentar os vários sistemas fixos de extinção de incêndio por agentes gasosos, fazendo-se a descrição dos vários elementos que os constituem bem como as suas características e enquadramento no panorama português. Foram abordados os micro, médios e macro ambientes. Os vários gases a aplicar nestes sistemas também foram expostos, tendo-se procedido à aplicação prática em projecto de um deles. Por fim, efectuaram-se comparações entre estes agentes extintores gasosos.

Contudo, o interesse pela protecção contra incêndio em locais que contêm material combustível de elevado valor veio despertar o interesse da comunidade científica ligada ao ramo, surgindo assim novos produtos e novas aplicações práticas, sobretudo desde que os halons foram colocados de lado com a entrada em vigor do Protocolo de Montreal. Por outro lado, grande parte dos agentes gasosos referidos encontravam-se, até à data, congelados em termos de uso, por não terem capacidades suficientes para competir com os halons. Os sistemas foram evoluindo, assim como as preocupações afectas ao ambiente – principalmente pelos protocolos de Montreal e de Kyoto – e à presença humana nesses locais. A utilização do Firetrace para micro ambientes é mais um importante passo rumo à revolução tecnológica.

As potenciais razões de insucesso em extinção por agentes gasosos passam pelos seguintes aspectos:

- Perdas por aberturas significativas;
- Ar condicionado não desligado – em situações de admissão de ar exterior;
- Falha electrónica no sistema de detecção;
- Não actuação da válvula de descarga de agente;
- Aumento de volume da sala;
- Resposta tardia da detecção.

Seguindo um raciocínio de longo prazo, prevê-se que o futuro dos sistemas fixos de extinção de incêndio por agentes gasosos passará pelos gases inertes e pelo FK-5-1-12. Os gases inertes passarão incólumes a qualquer protocolo internacional relacionado com o ambiente, por apresentarem GWP igual a zero, ou quase; no caso do IG-541 devido à presença de CO₂. Contudo, estes têm o defeito de ocupar muito espaço físico para armazenamento de gás, quando comparados com os gases químicos. Além disso, os grandes volumes tornam os agentes inertes mais baratos. Se a tendência se mantiver, possivelmente no futuro os tratados internacionais eliminarão os HFCs de uso, passando a ser o FK-5-1-12 o único representante da família dos gases sintéticos. Este composto químico apresenta GWP relativamente baixo e fica apenas 5 dias na atmosfera, tendo a vantagem de ocupar muito menos espaço que os gases inertes e de não ser um HFC. Esta questão, da eventual exclusão dos HFCs nos acordos internacionais, apenas poderá ser consumada se a produção do FK-5-1-12 se alastrar a várias empresas e a sua representação se espalhar. Como conclusão; no grupo dos inertes, o ideal será usar o IG-55; enquanto que, em termos de gases sintéticos aconselhável será implementar o FK-5-1-12.

Como balanço final, há a referir que não existem registos mensuráveis de danos, provocados por um incêndio com início numa sala protegida por um sistema fixo de extinção por gases, devidamente projectado, instalado e mantido [20].

7.3. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Hoje em dia, a escolha dum agente limpo, a usar em sistemas fixos de extinção de incêndio, é uma tarefa que permite a realização de critérios muito abrangentes, podendo induzir em soluções diferentes. Por isso, o desenvolvimento das análises de multicritério, aplicada a casos em concreto, será, certamente, uma metodologia da maior importância em trabalhos futuros.

Para tal seria necessário mais tempo para pesquisa e para contacto directo com as várias entidades intervenientes na área. Outra das questões a estudar seria um projecto mais complexo que implicasse a protecção de espaços múltiplos pelo mesmo sistema.

A fim de aprofundar a temática, seria interessante estudar todos os sistemas fixos de extinção de incêndio por agentes extintores diferentes de água existentes em micro, médios e macro ambientes. Estas soluções recorreriam, por exemplo, a espuma, pó químico, água, gás, ar hipóxico, água nebulizada e a geradores de aerossóis.

Deve-se aproveitar o momento actual de indecisões para se desenvolver novas soluções e apostar na investigação. O mercado regulará as soluções que serão implementadas e aceites no futuro, pelo que a comunidade científica se deve concentrar na elaboração de alternativas viáveis e implementáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Almeida, V. *Física das Construções*. AEFEUP, Porto, 2004.
- [2] *Decreto-Lei n.º 220/2008 – Regime Jurídico da Segurança Contra Incêndios em Edifícios*, 12 de Novembro de 2008.
- [3] *Portaria n.º 1532/2008 – Regulamento Técnico de Segurança Contra Incêndio em Edifícios*, 29 de Dezembro de 2008.
- [4] *Despacho n.º 2074/2009 – Critérios Técnicos para Determinação da Densidade de Carga de Incêndio Modificada*, 15 de Janeiro de 2009.
- [5] *Regulamento (CE) n.º 2037/2000 do Parlamento Europeu e do Conselho – Substâncias que Empo- brecem a Camada de Ozono*, 29 de Junho de 2000.
- [6] *Decreto-Lei n.º 119/2002*, 20 de Abril de 2002.
- [7] *Decreto-Lei n.º 152/2005*, 31 de Agosto de 2005.
- [8] *Decreto-Lei n.º 35/2008*, 27 de Fevereiro de 2008.
- [9] *Regulamento (CE) N.º 842/2006 do Parlamento europeu e do Conselho – Relativo a Determinados Gases Fluorados com Efeito de Estufa*, 17 de Maio de 2006.
- [10] *Regulamento (CE) N.º 1497/2007 da Comissão – Disposições Normalizadas para a Detecção de Fugas em Sistemas Fixos de Protecção contra Incêndios que Contenham Determinados Gases Fluorados com Efeito de Estufa*, 18 de Dezembro de 2007.
- [11] *Regulamento (CE) n.º 1494/2007 da Comissão*, 17 de Dezembro de 2007.
- [12] *ISO 14520 – Gaseous fire extinguishing systmes - Physical properties and system design – Part 1: General requirements*, 2006.
- [13] *NFPA 2001 – Clean Agent Fire Extinguishing Systems*, 2008.
- [14] *NFPA 12 – Carbon Dioxide Extinguishing Systems*, 2008.
- [15] Porto, J. *Mestrado Integrado em Engenharia Civil – Segurança Contra Incêndios em Edifícios*. AEFEUP, Porto, 2008
- [16] Pedroso, V. *Manual dos Sistemas de Distribuição e Drenagem de Águas*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 2004.
- [17] <http://www.epa.gov/climatechange/emissions/index.html> - 29/10/2009
- [18] <http://www.wikipedia.org> – 27/10/2009
- [19] Department of Trade and Industry, Environment Transport Regions. *Phase Out Of Halons – Advice on Alternatives and Guidelines for Users of Fire Fighting and Explosion Protection Sys- tems*. Department of Trade and Industry, 2001.
- [20] Pequito, P. *Sistemas de Extinção por Agentes Diferentes de Água*. PDF LPG, Lisboa, Junho/2009.
- [21] Wickham, R. *Review of the Use of Carbon Dioxide Total Flooding Fire Extinguishing Systems*. Wickham Associates, Stratham, 2003.
- [22] *NT 17 – Sistemas de Extinção por Agentes Gasosos*, 2007.
- [23] *Portaria n.º 773/2009*, 21 de Julho de 2009.

- [24] Tyco Integrated Systems. *Inergen® Sistema de Extinção*. Tecnisis.
- [25] Tyco Fire & Integrated Solutions. *Centrais de Extinção Prescient II – Manual de Operação*. Portugal, 2006.
- [26] Sigma XT. *Extinguishant Control Panel Operation and Maintenance Manual*. 2009.
- [27] Pereira, G. *Um Museu para o Alto Douro Vinhateiro*. Faculdade de Letras da Universidade do Porto / Grupo de Estudos de História da Viticultura Duriense e do Vinho do Porto, 2006.
- [28] Fike Corporation. *Manual P/N: 06-294- Fike Proinert Fire Extinguishing System*. Maio de 2004
- [29] <http://www.proteccaocivil.pt/AutoridadeNacional/Pages/Apresentacao.aspx> - 26/10/2009.
- [30] <http://www.ipq.pt/custompage.aspx?modid=916> – 26/10/2009.
- [31] <http://www.lnec.pt/apresentacao> - 26/10/2009.
- [32] <http://www.firetrace.com/> - 02/11/2009.
- [33] <http://www.ipac.pt/ipac/contactos.asp> - 18/12/2009.
- [34] <http://www.ciesin.org/TG/OZ/odp.html> - 18/12/2009.
- [35] *NP EN 2 – Classes de fogos*, 1993.
- [36] *Decreto-Lei n.º 125/2004*, 31 de Maio de 2004.
- [37] *Portaria n.º 64/2009*, 22 de Janeiro de 2009.
- [38] *Portaria n.º 610/2009*, 8 de Junho de 2009.
- [39] *Portaria n.º 1054/2009*, 16 de Setembro de 2009.
- [40] <http://www.epa.gov/epahome/whatwedo.htm> - 20/12/2009.
- [41] <http://pt.wikipedia.org/wiki/Chiado> - 22/12/2009.
- [42] *Decreto-Lei n.º 199/2002*, 20 de Abril de 2002.

ANEXOS

**ORÇAMENTOS PARA O SISTEMA
FIXO DE EXTINÇÃO DE INCÊNDIO
POR AGENTE GASOSO DO CASO
DE ESTUDO**

ANEXO A1. ORÇAMENTO ADT PARA IG-541 (INERGEN)



ADT Always There®

Sensormatic - Protecção Contra Furtos, Lda
Edif. Entrepósito,
Pg. José Queirós 1, Fração 5, Piso 3
1801-802 Lisboa, Portugal

Tel.: +351 217 510 560
Fax.: +351 217 510 589
www.adt-pt.com

PROPOSTA

Proposta Nº 0293/10-00

Cliente: DANIEL SILVA

Data Proposta: 12-11-2009

Ao cuidado de: Exmo Sr. Daniel Silva

Obra: Arquivo Histórico com 718m3

Telefone:

Sistemas: Inergen

Fax:

e-mail:

Key Account Manager: Domingos Fernandes

Telefone: +351 916 605 406

e-mail: dofernandes@tycoint.com

Exma(o)s. Senhora(e)s,

No seguimento da Vossa consulta, a qual desde já agradecemos, vimos pelo presente apresentar proposta para os sistemas solicitados.

Agradecemos desde já a atenção dispensada na análise da nossa Proposta, colocamo-nos desde já ao dispor para eventuais esclarecimentos que julguem necessários.

Com os melhores Cumprimentos,

Domingos Fernandes

Anexos:

- x Condições Particulares da Proposta
- x Condições Gerais de Venda
- x Resumo da Proposta
- x Mapa de Quantidades

Matriculada na C.R.C. Lisboa sob o N.º1109
NIF: 502 226 145
Capital Social: €10.268.454

N.º Registo de Produtor EEE PT001311
Alvará do INCI N.º 58765

A Tyco International Company



ADT Always There®

Sensormatic - Protecção Contra Furtos, Lda

Edif. Entrepoto,
Pç. José Queirós 1, Fracção 5, Piso3
1801-802 Lisboa, Portugal

Tel.: +351 217 510 560
Fax.: +351 217 510 589
www.adt-pt.com

CONDIÇÕES PARTICULARES DA PROPOSTA: 0293/10-00 Data: 12-11-2009

1. **Valor total da Proposta:**
28287,83 Euros (Acrescidos do imposto I.V.A. à taxa legal em vigor)
2. **Validade da Proposta:**
60 dias a contar da data mencionada
3. **Prazo de Fornecimento e/ou execução:**
4 semanas, sujeito a confirmação à data da adjudicação;
(Considera-se adjudicação a assinatura do presente documento, ou documento de adjudicação do Cliente previamente aceite pela ADT).
4. **Garantia:**
2 anos, contra comprovados defeitos de fabrico.
5. **Local de Fornecimento e/ou execução:**
Vossas Instalações ou Local de Obra
6. **Condições de Facturação e Pagamento (Sujeito a aprovação de crédito quando aplicável):**
Materiais: 30% c/a adjudicação a pronto pagamento e 70% c/o fornecimento, a 30 dias da data de factura.
Instalação: 100% com a Execução dos mesmos a 30 dias da data da Factura (Quando aplicável).
Serviços: 100% com a Execução dos mesmos a 30 dias da data da Factura (Quando aplicável).
Aluguer: Não Aplicável.
7. **Manutenção:**
Sujeito a proposta e contrato específico, aguardamos solicitação para o mesmo.
8. **Exclusões:**
Conforme condições Gerais de Venda, desde que não consideradas no âmbito da presente Proposta.

FORMALIZAÇÃO DA ADJUDICAÇÃO Contrato Nº TP Nº

O cliente declara aceitar as condições particulares e condições gerais de venda propostas pela Sensormatic - Protecção Contra Furtos, Lda (adiante designada por ADT).

Encomendado Por: Em (data): Morada de Entrega: AD:

Pedido Por:

Telefone:

e-mail:

Data de Entrega:

Facturar a: BP:

DANIEL SILVA

Data de Instalação:

Contacto da obra:

Telefone:

e-mail:

Contribuinte Nº:

Obs.

Key Account Manager: Domingos Fernandes e-mail: dofernandes@tycoint.com Telem.: +351 916 605 406

Pela ADT:

Pelo CLIENTE:

Assinatura e Carimbo

Assinatura e Carimbo

Matriculada na C.R.C. Lisboa sob o N.º1109
NIF: 502 226 145
Capital Social: €10.268.454

N.º Registo de Produtor EEE PT001311
Alvará do INCI N.º 58765

A Tyco International Company



ADT Always There®

Sensormatic - Protecção Contra Furto, Lda

Edif. Entrepoto,
Pç. José Queirós 1, Fracção 5, Piso3
1801-802 Lisboa, Portugal

Tel.: +351 217 510 560

Fax.: +351 217 510 589

www.adt-pt.com

CONDIÇÕES GERAIS DE VENDA

(sem prejuízo de outras condições particulares que venham a ser estabelecidas por acordo escrito entre a Sensormatic - Protecção Contra Furto, Lda e os seus Clientes, as quais prevalecem sobre as Condições Gerais de Venda).

ACEITAÇÃO DOS TERMOS E CONDIÇÕES GERAIS DE VENDA

Os presentes Termos e Condições Gerais de Venda (de ora em diante designados por "Condições Gerais") aplicam-se a todas e quaisquer vendas de produtos e sistemas realizadas pela ADT Fire & Security, designação comercial de Sensormatic - Protecção Contra Furto, Lda, (de ora em diante designada por ADT) aos seus Clientes, independentemente da natureza e da qualidade que estes revestirem.

ACEITAÇÃO DE ENCOMENDAS

A realização de uma encomenda de produtos e/ou serviços por parte do Cliente à ADT representa a aceitação das presentes Condições Gerais, as quais, caso não tenham sido previamente apresentadas e/ou enviadas ao Cliente, são apresentadas e/ou enviadas ao Cliente aquando da confirmação da aceitação da encomenda por parte da ADT. As encomendas devem ser realizadas por formulário fornecido pela ADT (através de carta, fax ou correio electrónico), encontrando-se as encomendas efectuadas por correio electrónico sujeitas a confirmação por parte da ADT por essa mesma via. Qualquer encomenda só será considerada aceite pela ADT após confirmação escrita por parte desta aos seus Clientes. A ADT reserva-se no direito de não aceitar encomendas por parte de Clientes que à data da sua emissão não demonstrem capacidade financeira, se encontrem na condição de devedoras ou em litígio com esta.

PAGAMENTO E PROPRIEDADE DOS PRODUTOS

Todos os pagamentos serão efectuados pelo Cliente a pronto pagamento, na data de entrega do produto objecto da encomenda, salvo nos casos em que existam outras condições previamente acordadas por escrito entre a ADT e o Cliente. A propriedade dos produtos comercializados pela ADT aos seus Clientes apenas se transferirá para estes no momento em que o pagamento do preço de aquisição dos referidos produtos tenha sido integralmente realizado à ADT Portugal, não prescindo a ADT do direito de retenção. A ADT reserva-se ao direito de transferir a dívida do cliente para entidades terceiro, tendo o cliente que efectuar o pagamento a esta entidade. A comunicação da transferência de dívida será realizada pela ADT através de carta registada.

PREÇOS E IMPOSTOS

Os preços constantes nas propostas e tabelas de preços dos produtos comercializados pela ADT não incluem nenhum imposto aplicável, pelo que os impostos aplicáveis a qualquer venda de produtos, nomeadamente IVA à taxa legal em vigor, acrescem aos mesmos. Os preços constantes nas tabelas de preços referidas no parágrafo anterior manter-se-ão inalterados até à emissão de novas tabelas por parte da ADT ou até à alteração das tabelas de preços existentes, salvo nos casos em que os preços dos produtos na origem sofram variações consideráveis ou nos casos em que os produtos sejam substituídos, casos em que poderão ser alterados pela ADT sem necessidade de emissão de novas tabelas de preços ou de alteração das tabelas de preços existentes. As variações de preços e produtos apenas serão comunicadas periodicamente pela ADT aos Parceiros e Clientes habituais, entendendo-se Clientes Habituais como todos os que apresentem um consumo de produtos comercializados pela ADT superior a 200.000 (Duzentos mil) Euro nos 6 (seis) meses anteriores à variação de preços e/ou produtos em questão, pelo que deverá o Cliente confirmar junto da ADT se as tabelas de preços de que dispõe se encontram actualizadas. A ADT não se responsabiliza por eventuais prejuízos resultantes das alterações de preços referidas na presente cláusula.

PRazo DE GARANTIA DE PRODUTOS

A ADT garante o bom funcionamento dos produtos que comercializa, de acordo com um uso normal, diligente e convenientemente acondicionados, dos mesmos por parte do Cliente, durante o prazo de 2 (dois) anos a partir da data de entrega dos mesmos, salvo outra indicação expressa e salvo as excepções previstas na legislação vigente. As substituições ou reparações efectuadas no período de garantia dos produtos fornecidos pela ADT não prolongam o referido prazo de garantia dos mesmos. Todos e quaisquer pedidos de assistência e reparação de produtos comercializados pela ADT que sejam efectuados após o decurso do prazo de garantia dos mesmos estão sujeitos à aplicação da tarifa de assistência técnica da ADT em vigor. A garantia sobre equipamentos informáticos como sendo computadores, impressoras ou monitores, mas não limitado a, é sempre assegurada pelos serviços técnicos certificados dos respectivos fabricantes, limitando-se a ADT a assegurar o bom funcionamento do software neles instalado. A garantia sobre software e hardware não é aplicável sempre que a avaria ou regular funcionamento seja causada por vírus, spywares, hackers ou outros ataques informáticos, cabendo ao cliente tomar as medidas necessárias contra este tipo de ameaças.

LIMITAÇÃO DA RESPONSABILIDADE

Salvo disposição legal imperativa em contrário, a ADT não será responsável, em circunstância alguma, nomeadamente por, mas não limitado a quaisquer perdas indirectas ou consequenciais, perda de clientela ou lucros cessantes que o Cliente venha sofrer, nem danos ou prejuízos causados ao próprio e a terceiros, que venham a resultar de atrasos na entrega dos produtos e/ou serviços encomendados pelo Cliente ou de defeitos e/ou avarias dos produtos fornecidos pela ADT. Salvo disposição legal imperativa em contrário, a responsabilidade total da ADT perante o Cliente, seja a que título for, é limitada ao montante de 25% do valor de factura do produto que tenha originado os danos ou prejuízos causados ao Cliente.

MORA NOS PAGAMENTOS

Em caso de mora do Cliente no pagamento de quaisquer quantias devidas pelo fornecimento de produtos, vencer-se-ão juros moratórios sobre as quantias em dívida à taxa legal em vigor, até efectivo e integral pagamento das quantias em dívida. Sem prejuízo do disposto no parágrafo anterior, a ADT reserva-se o direito de, em caso de mora do Cliente no pagamento de quaisquer quantias devidas pelo fornecimento de produtos, exigir ao Cliente o pagamento de todas as despesas efectuadas pela ADT para cobrar ao Cliente os montantes por este devidos, nomeadamente todas as despesas bancárias e todas as despesas relativas às diligências judiciais e extra-judiciais levadas a cabo para o efeito.

PRazos DE ENTREGA

O prazo de entrega dos produtos comercializados pela ADT será comunicado ao Cliente após a recepção por parte da ADT Portugal da respectiva encomenda. A ADT não se responsabiliza por quaisquer atrasos de entrega de produtos para os quais não se tenha comprometido, pelo que os prazos de entrega constantes das encomendas efectuadas pelos Clientes apenas obrigam a ADT se forem expressamente reconhecidos e aceites pela ADT. A ADT não será responsável por quaisquer atrasos na entrega de produtos, nem por quaisquer prejuízos emergentes dos mesmos, se tais atrasos se verificarem devido a caso fortuito ou a circunstâncias de força maior, nomeadamente falta ou escassez de matéria prima não imputáveis à ADT, greves, revoltas, conflitos laborais de qualquer tipo, embargos de transporte, condições climáticas anormalmente más, fogos, cheias, explosões ou outras catástrofes, actos governamentais, ou ordens, restrições ou outras razões, desde que adequadamente comprovadas e fora do controlo e da previsão da ADT e que a impossibilitem de agir.

ENTREGAS E PORTES

O envio dos produtos comercializados pela ADT é efectuado a partir do armazém principal da ADT em Lisboa. Todos os custos relativos ao envio e/ou transporte de produtos por parte da ADT serão da responsabilidade do Cliente, mas apenas nos casos em que o valor da encomenda não ultrapasse os 1.000 (mil) Euro. No caso de encomendas de valor superior a 1.000 (mil) Euro, a ADT assumirá a responsabilidade pelos custos relativos ao seu envio e/ou transporte, excepto no caso de envio e/ou transporte de produtos para fora do território de Portugal Continental ou transportes ADR, caso em que o Cliente será responsável pelo transporte dos mesmos.

EXCLUSÕES ÀS PROPOSTAS

A menos que estejam explicitamente incluídos nas Condições Particulares da Proposta ou nos mapas de quantidades da proposta, encontram-se excluídos todos e quaisquer Trabalhos de Construção Civil; Tubagens, Esteiras e outros Caminhos de Cabos; Enfiamentos, passagem e ligações de Cabos; Interligação com Materiais, Equipamentos, ou Sistemas de Terceiros; Intervenções em Tectos e Divisórias; Trabalhos ou intervenções relacionadas com Selagem ou Tapamento de Ductos; Alimentações, Protecções Eléctricas, Quadros, Terras e outros Similares; Fixações Mecânicas e Estruturas Metálicas; Armazenamento em Obra, Estaleiro, incluindo Meios Mecânicos ou Eléctricos de Elevação, Energia, Alimentações e Quadros Provisórios; Intervenções na área das Canalizações de Águas e Esgotos, Pinchalaria, Ar Condicionado, e outras especialidades intervenientes; Autorizações, Licenciamentos, Vistorias e outros Processos Legais; Mobiliário, Caixas, Armários ou Bastidores específicos para albergar Equipamentos e/ou Materiais; Montagem e Instalação dos Equipamentos; Fichas e ligação dos Equipamentos; Outras Infra-Estruturas eventualmente não mencionadas; Erros e omissões do projecto.

REPARAÇÕES / DEVOLUÇÕES

A ADT não aceita material para reparação ou devolução sem um nº prévio de autorização da reparação/devolução, designado por RMA (Return Material Acceptance). Este nº (RMA) é pedido à ADT e aceite por esta última. O Material para reparar ou devolvido tem de obrigatoriamente possuir este nº bem visível na Guia ou outro documento que acompanhe o mesmo. Os materiais que não possuírem esta identificação serão guardados em local próprio, à responsabilidade da entidade que o envio, não podendo ser imputados eventuais danos sofridos à ADT ou em alternativa, serão devolvidos à origem com gastos de transporte à cobrança. As devoluções de produtos após 8 dias do seu fornecimento sofrem uma depreciação de 10% do seu valor independente do seu estado ou estado da embalagem; as devoluções de produtos após 30 dias do seu fornecimento sofrem uma depreciação a calcular, em função do tempo de garantia já decorrido. Salvo outro acordo com o cliente as devoluções só serão aceites para produtos que se apresentem na sua embalagem original e esta em bom estado.

EXPORTAÇÕES

A exportação de algumas tecnologias para fora do Espaço Europeu poderá estar interdita, condicionada ou limitada por razões de segurança ou protecção de patentes. A exportação de produtos para alguns países também poderá estar sujeita a embargos económicos decretados por Portugal, Estados Unidos, Comunidade Europeia ou ONU. A ADT reserva-se ao direito de conhecer o destino dos produtos por si comercializados sempre que estes se destinem a exportação. Para estes casos o Suporte Comercial da ADT deverá de ser contactado afim de prestar todos os esclarecimentos necessários para este efeito.

SITUAÇÕES DE LITÍGIO

Em caso de litígio entre a ADT e o Cliente, determina-se que o foro competente será o da Comarca de Lisboa.

Matriculada na C.R.C. Lisboa sob o N.º1109

NIF: 502 226 145

Capital Social: €10.268.454

N.º Registo de Produtor EEE PT001311

Alvará do INCI N.º 58765

A Tyco International Company



ADT Always There®

Proposta 0293/10-00
12-11-2009

RESUMO DA PROPOSTA POR SISTEMA

Cap.	Designação	Valor (s/IVA)
A	EQUIPAMENTOS	
1	Sistema Automático de Detecção de Incêndio	
2	Sistema de Detecção de Gases Tóxicos e /ou Explosivos	
3	Sistema de Detecção de Intrusão e Roubo	
4	Sistema de Circuito Fechado de Televisão (CCTV)	
5	Sistema de Controlo de Acessos	
6	Sistema Anti-Furto (EAS)	
7	Sistema de Contagem de Pessoas	
8	Reconhecimento Automático de Matrículas	
9	Sistema de Gestão Centralizada de Segurança	
10	Sistema de Intercomunicação de Emergência e/ou Hospitalar	
11	Sistema de Som Ambiente e/ou Alarme por Voz	
12	Sistema de Extinção Automática Fixa	27.559,61
13	Sistema de Extinção de Hottes de Cozinha	
14	Extintores Portáteis	
15	Sinalização e/ou Iluminação de Emergência	
16	Outros Sistemas:	
B	INSTALAÇÃO DO(S) SISTEMA(S):	
C	ENGENHARIA, ASSESSORIA TÉCNICA E COLOCAÇÃO EM SERVIÇO:	728,22
Observações		
Total de Homem x Hora de Acessoria Técnica à Obra incluídas:		4
Total de Homem x Hora de Colocação em Serviço incluídas:		8
A Colocação em Serviço referida inclui os seguintes Itens: Mão de Obra, Custos de Deslocação e Estadia Relativos a Programação, Arranque do(s) Sistema(s), Testes e Ensaios , Documentação e Formação.		
O prolongamento dos trabalhos devido a razões alheias à ADT, serão facturadas de acordo com tabela horária em vigor na empresa, acrescida de custos de deslocação e estadia.		
TOTAL DA PROPOSTA		28.287,83

A Tyco International Company



ADT Always There®

Proposta 0293/10-00
12-11-2009

Sistema de Extinção Automática Fixa

Item	Código	Designação	Qtd.	Un.	Pr. Unit.	Pr. Total
		Arquivo com um Volume de Sem chão falso / Com Tecto falso e com 3 Portas de acesso	718	m3		
12.1		Componente Eléctrica				
12.1.1		Central de Detecção e Extinção				
	508.033.050.EA PS-1270	Central Extinção Tyco MZXE de 2+1 Zonas	1	un	400,64	400,64
		Bateria Tyco PS-1270 (12V 7,0 A)	2	un	10,33	20,66
12.1.2	516.600.051.Y	Detector Tyco 601PH óptico avançado + Base 5B	20	un	13,24	264,80
OPÇÃO	517.050.604	Pré-base Tyco EM-5B	20	un	1,54	Opção
12.1.3	ROSHRDSR	Sirene Roshni ROLP/R/D 24V vermelha (IP66)	1	un	14,26	14,26
12.1.4	LAMP1000BZ 16292-215x80	Sinalizador Acústico-luminoso LAMP1000BZ	6	un	33,85	203,10
		Sinal "Gás Disparado" Sinalux 16292 215x80	6	un	3,68	22,08
12.1.5	UTKAPX61EG	Botão APX61EG p/ activação de extinção	3	un	5,74	17,22
	EXTRAF15151ZWPT	Sinal "Activação Extinção" Sinalux 10833E1	3	un	5,86	17,58
12.1.6	UTKAPX61EW	Botão APX61EW p/ inibição de extinção	3	un	5,74	17,22
	EXTRAF15151ZWPT	Sinal "Inibição Extinção" Sinalux 10833E2	3	un	5,86	17,58
12.1.7	UTKCS03S	Contacto Magnético Tyco UTKCS03S (metálico)	3	un	7,67	23,01
12.1.8	298.233.001	Sinal de Porta Sinalux ING/SP	3	un	9,24	27,72
12.2		Componente Mecânica				
12.2.1	IV83000158MA	Bateria de Inergen de 15 Cilindros 80L 300 Bar c/ actuação mecânica manual e Solenoide	1	un	16.747,31	16.747,31
		Difusores				
12.2.2		Difusor calibrado IN-xx iso-7	16	un	40,69	651,04
		Válvulas de Alívio de Pressão				
12.2.3	302728	Válvula de alívio de pressão A 1000-XX completa	0	un	633,18	0,00
12.3		Serviços				
12.3.1		Montagem dos equipamentos eléctricos (inclui fornecimento e montagem da cablagem)	1	un	1.423,08	1.423,08
12.3.2		Montagem dos equipamentos mecânicos (inclui fornecimento e montagem da tubagem de distribuição)	1	un	7.692,31	7.692,31
TOTAL						27.559,61

A Tyco International Company

ANEXO A2. ORÇAMENTO ADT PARA FK-5-1-12 (NOVEC 1230)

Nota: Foi recebido outro orçamento por parte da ADT para FK-5-1-12 (Novec 1230). Como essa proposta foi por escrito, passa-se a expor as diferenças para o actual. Há necessidade de 525 kg de agente extintor em 3 cilindros de 147L. Neste caso o ponto 12.2.1 terá um custo de 27.800,00€ e o ponto 12.3.2 deverá ser alterado para 10.000,00€. Os restantes valores e quantidades são comuns aos do orçamento que se apresenta de seguida. Assim, o valor total passa para de 27.559,61€ para 40.919,19€.

ANEXO A3. ORÇAMENTO SEPREVE PARA HFC-227EA (FM-200)

SEPREVE

EQUIPAMENTOS DE PREVENÇÃO E SEGURANÇA, LDA.



MATRICULADA NA CONSERVATÓRIA DO REGISTO COMERCIAL DE GONDOMAR COM O NRº 501783067

AV. D. MIGUEL, 551
 APARTADO 112
 4439-909 RIO TINTO
 E-MAIL: sepreve@sepreve.pt
 TELEFS. 22 9756467 / 22 9756468
 TELEFAX. 22
 CAP. SOCIAL 100.000 €
 IVA - PT - 501 783 067



Orçamento :	10 - 46	Data :	11.01.2010
Tipo de obra :	SISTEMA FIXO DE EXTINÇÃO POR HFC-227 ea	Página :	Página 1 de 1
Cliente :	ENGº DANIEL SILVA		

Pos.	Descrição	Qtd.	Uni.	P. Unit.	Total
1.	SISTEMA DE DETECÇÃO DE INCÊNDIOS				
1.1	CENTRAL 2Z.DET.+COM.EXTINÇÃO PROTEC REFº EXT201	1,00	UN	1.690,00	1.690,00
1.2	BATERIA 12V-7AH	2,00	UN	21,53	43,06
1.3	DETECTOR OPTICO CONV. C/BASE PROTEC 3000/OP	1,00	UN	39,13	39,13
1.4	SIRENE VERMELHA, 101dBA, IP65 C/BASE STD. PROTEC 3000/SSR2	1,00	UN	45,82	45,82
1.5	ARMADURA OPTICO-ACUSTICA DE EXTINÇÃO	3,00	UN	120,00	360,00
1.6	SINAL 200X300MM "ÁREA EQUIPADA C/SIST.FIXO DE EXTINÇÃO"	2,00	UN	13,45	26,90
1.7	BOTÃO PARA ACTIVAÇÃO DE EXTINÇÃO	1,00	UN	30,00	30,00
1.8	BOTÃO DE ENCRAVAMENTO	1,00	UN	48,50	48,50
1.9	DISTICO P/SINALIZ."ATM.PERIGOSA"	3,00	UN	13,45	40,35
1.10	CABLAGENS E ACESSÓRIOS - EXCLUIDO	1,00	VG		
1.11	ASSESSORIA TÉCNICA, COLOCAÇÃO EM SERVIÇO E TESTES - INCLUIDO	1,00	VG		
				Total Capitulo	2.323,76
2.	SISTEMA FIXO DE EXTINÇÃO POR HFC-227 ea				
2.1	SISTEMA DE EXTINÇÃO POR HFC 227 ea 3X150 LT	1,00	UN	11.850,00	11.850,00
2.2	AGENTE EXTINTOR (HFC-227 ea)	456,00	KG	29,50	13.452,00
2.3	DIFUSOR AÇO 360º DE 15MM	14,00	UN	68,50	959,00
2.4	DIFUSOR AÇO 360º DE 20MM	8,00	UN	71,00	568,00
2.5	TUBAGENS, ACESSÓRIOS E INSTALAÇÃO	1,00	VG	6.710,00	6.710,00
2.6	ASSESSORIA TÉCNICA, COLOCAÇÃO EM SERVIÇO E TESTES - INCLUIDO	1,00	VG		
				Total Capitulo	33.539,00

IVA: NÃO INCLUIDO

Total Capitulo

ANEXO A4. ORÇAMENTO SEPREE PARA IG-55 (PROINERTE)

SEPREE

EQUIPAMENTOS DE PREVENÇÃO E SEGURANÇA, LDA.



MATRICULADA NA CONSERVATÓRIA DO REGISTO COMERCIAL DE GONDOMAR COM O NRº 501783067

AV. D. MIGUEL, 551
 APARTADO 112
 4439-909 RIO TINTO
 E-MAIL: sepreve@sepreve.pt
 TELEFS. 22 9756467 / 22 9756468
 TELEFAX. 22
 CAP. SOCIAL 100.000 €
 IVA - PT - 501 783 067



Orçamento :	10 - 47	Data :	11.01.2010
Tipo de obra :	SISTEMA FIXO DE EXTINÇÃO POR IG55	Página :	Página 1 de 1
Cliente :	ENGº DANIEL SILVA		

Pos.	Descrição	Qtd.	Uni.	P. Unit.	Total
1.	SISTEMA DE DETECÇÃO DE INCÊNDIOS				
1.1	CENTRAL 2Z.DET.+COM.EXTINÇÃO PROTEC REFª EXT201	1,00	UN	1.690,00	1.690,00
1.2	BATERIA 12V-7AH	2,00	UN	21,53	43,06
1.3	DETECTOR OPTICO CONV. C/BASE PROTEC 3000/OP	1,00	UN	39,13	39,13
1.4	SIRENE VERMELHA, 101dBa, IP65 C/BASE STD. PROTEC 3000/SSR2	1,00	UN	45,82	45,82
1.5	ARMADURA OPTICO-ACUSTICA DE EXTINÇÃO	3,00	UN	120,00	360,00
1.6	SINAL 200X300MM "ÁREA EQUIPADA C/SIST.FIXO DE EXTINÇÃO"	2,00	UN	13,45	26,90
1.7	BOTÃO PARA ACTIVAÇÃO DE EXTINÇÃO	1,00	UN	30,00	30,00
1.8	BOTÃO DE ENCRAVAMENTO	1,00	UN	48,50	48,50
1.9	DISTICO P/SINALIZ."ATM.PERIGOSA"	3,00	UN	13,45	40,35
1.10	CABLAGENS E ACESSÓRIOS - EXCLUIDO	1,00	VG		
1.11	ASSESSORIA TÉCNICA, COLOCAÇÃO EM SERVIÇO E TESTES - INCLUIDO	1,00	VG		
	Total Capitulo				2.323,76
2.	SISTEMA FIXO DE EXTINÇÃO POR IG55				
2.1	SISTEMA DE EXTINÇÃO POR IG55 16X80 LT (482,96 KG)	1,00	UN	32.000,00	32.000,00
2.2	AGENTE EXTINTOR (IG55) - INCLUIDO	482,96	KG		
2.3	DIFUSORES	22,00	UN	68,50	1.507,00
2.4	TUBAGENS, ACESSÓRIOS E INSTALAÇÃO	1,00	VG	8.680,00	8.680,00
2.5	ASSESSORIA TÉCNICA, COLOCAÇÃO EM SERVIÇO E TESTES - INCLUIDO	1,00	VG		
	Total Capitulo				42.187,00
3.	JANELAS DE DESPRESSURIZAÇÃO				
3.1	JANELAS DE DESPRESSURIZAÇÃO PR-VENT500L HIGH-X	1,00	UN	1.780,00	1.780,00
3.2	INSTALAÇÃO DE JANELA DE DESPRESSURIZAÇÃO	1,00	UN	500,00	500,00
	Total Capitulo				2.280,00

IVA: NÃO INCLUIDO

Total Capitulo

