



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Departamento de Engenharia Mecânica

Equipamento de produção de água gelada para melhorar a eficácia do combate a incêndios florestais

RICARDO FILIPE COUTO FREITAS
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia Mecânica

Orientador:

Professor Especialista Francisco Manuel Gonçalves dos Santos

Júri:

Presidente: Professor Doutor Rui Pedro Chedas de Sampaio

Vogais:

Professora Doutora Engenheira Cláudia Casaca

Professor Especialista Francisco Manuel Gonçalves dos Santos

Novembro de 2014



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Departamento de Engenharia Mecânica

Equipamento de produção de água gelada para melhorar a eficácia do combate a incêndios florestais

RICARDO FILIPE COUTO FREITAS

(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia Mecânica

Orientador:

Professor Especialista Francisco Manuel Gonçalves dos Santos

Júri:

Presidente: Professor Doutor Rui Pedro Chedas de Sampaio

Vogais:

Professora Doutora Engenheira Cláudia Casaca

Professor Especialista Francisco Manuel Gonçalves dos Santos

Novembro de 2014

Agradecimentos

Ao desenvolver um trabalho inserido numa temática que desperta a curiosidade de bastantes pessoas, é normal receber constantes *feedbacks* que, por muito desajustados que pudessem parecer, muitos deles contribuíram, de certa forma, para enriquecer o conteúdo deste projecto. Posto isto, aproveito para agradecer a todas as pessoas que indirectamente, e provavelmente sem saberem, ajudaram à elaboração deste trabalho.

Agradeço a ajuda prestada pelo Senhor Eng. Gonçalves dos Santos no papel de orientador, pela sua disponibilidade, compreensão e orientação nos momentos mais difíceis. A sua competência e partilha de conhecimentos foi, sem dúvida, um factor chave para o sucesso deste projecto.

Deixo um agradecimento especial aos Bombeiros Voluntários de Almeirim, em especial ao Comandante Jorge Costa e ao Bombeiro de 1ª Tiago Catrola, pela disponibilidade e ajuda prestada no esclarecimento das mais diversas dúvidas que surgiram ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço a todos os meus amigos que, de alguma forma, me acompanharam nesta jornada, desde o seu início até ao seu desfecho. Aproveito para deixar um agradecimento especial aos colegas e amigos, Filipe Rodrigues, Pedro Pardal e Sónia Antunes, pelo constante apoio e carinho que, mesmo estando longe, fizeram questão que nunca carecesse.

Por fim, agradeço à minha família, cujo apoio e dedicação incansáveis me trouxeram até aqui e fizeram de mim a pessoa que sou hoje.

Resumo

Os incêndios florestais e o seu respectivo combate constituem um tema de análise e debate que, dentro da normalidade, deverá sempre estar apoiado pelo melhor que a tecnologia tem para oferecer. Pessoas e entidades que seguem esta ideologia acabam por contribuir de forma positiva para que o nível de eficiência do combate a incêndios continue a aumentar.

Sendo a engenharia uma ciência que visa aplicar conhecimentos para a criação/aperfeiçoamento do mais diverso tipo de serviços, será no âmbito da produção de frio que este trabalho pretende dar um contributo para aquilo que poderá vir a ser o futuro do combate a incêndios florestais.

Ao longo deste trabalho, serão explorados os actuais conceitos e metodologias referentes ao combate a incêndios florestais, assim como a regulamentação que hoje em dia visa auxiliar e promover as várias vertentes de segurança, combate e prevenção. Uma vez conhecidas e estudadas as principais noções teóricas, será proposta uma solução com base na utilização de água gelada com o propósito de melhorar os níveis de eficácia do combate a incêndios.

Associados à solução encontrada, estão os princípios termodinâmicos cuja compreensão é imprescindível para entender o funcionamento de uma máquina frigorífica e o porquê desta solução puder ser considerada um passo em frente na temática do combate a incêndios florestais. Uma vez conhecidas as noções essenciais, estas serão postas em prática para, numa primeira análise, estudar a gama de potências frigoríficas associadas a uma futura execução deste projecto.

Tendo como base um conceito inovador, este será um trabalho que irá constantemente ao encontro de condicionantes que irão por à prova a sua viabilidade. Desta forma, realizou-se um levantamento de pontos críticos, cujas soluções deverão ser posteriormente analisadas e discutidas.

Palavras-chave: incêndio florestal; veículo de combate a incêndios; água gelada; ciclo frigorífico; potência frigorífica; bomba de aspiração.

Abstract

Wildfires and their respective fighting has become a topic of analysis and debate that, within the normal range, should always be supported by the best that technology has to offer. Persons and entities who follow this ideology ultimately contribute positively so that the level of efficiency of firefighting continues to increase.

Being engineering a science that aims to apply knowledge to the creation/improvement of the most diverse types of services, it will be through cooling that this work aims to make a significant contribution to what may become the future of wildfires fighting.

Throughout this work, will be explored the current concepts and methodologies relating to wildfire fighting, as well as regulations that nowadays aims to assist and promote the various aspects of security, combating and prevention. Once known and studied the main theoretical notions, will be proposed a solution based on the use of cool water in order to improve the levels of the efficiency of firefighting.

Associated with the solution found, are the thermodynamic principles whose understanding is essential to recognize the workings of a cooling machine and why this solution can be considered a step forward in the theme of fighting wildfires. Once known the essential notions, they will be put in place to, in a first analysis, study the range of refrigerating powers associated with a future implementation of this project.

Based on an innovative concept, this is a work that will constantly encounter problems that will test its viability. Thus, it will be created a list of critical points, whose solutions should be further analyzed and discussed.

Keywords: wildfire; firefighting vehicle; cooled water; refrigeration cycle; refrigerating powers; aspirating pump.

Índice Geral

Agradecimentos	I
Resumo	III
Abstract.....	V
Índice Geral	VII
Índice de Figuras	IX
Índice de Tabelas	XI
Índices de Gráficos	XIII
1 Introdução	1
2 Conceitos associados aos Incêndios Florestais	3
2.1 Configuração de um Incêndio Florestal.....	3
2.2 Comportamento do Fogo	4
2.3 Propagação de um Incêndio Florestal	5
2.3.1 Vento e Correntes de Convecção	5
2.3.2 Combustíveis Florestais.....	7
2.3.3 Transmissão de Energia.....	7
2.4 Combate a Incêndios.....	8
2.4.1 Meios de combate.....	9
2.4.2 Métodos de ataque por terra	12
2.4.3 Métodos de ataque por meios aéreos.....	13
2.4.4 Metodologias pós-incêndio	15
2.5 Os incêndios florestais em Portugal.....	17
2.5.1 Legislação aplicável	17
2.5.2 Dados Estatísticos.....	23
3 Os incêndios Florestais no âmbito da Produção de Frio	29
3.1 Actuação com Água.....	29
3.2 Princípios de refrigeração	31
3.2.1 Fluido frigorífero	31
3.2.2 Constituintes de um ciclo frigorífico	32
3.2.3 Ciclo de <i>Carnot</i>	37
3.2.4 Ciclo de Carnot Vs Ciclo Teórico Vs Ciclo Real.....	38

3.3	Solução com base na utilização de Água Gelada	40
3.4	Equipamento geral de um veículo de combate a incêndios	42
3.4.1	Ligações <i>Storz</i>	42
3.4.2	Bomba de aspiração	43
3.4.3	Mangueiras	44
3.4.4	Agulhetas	45
3.4.5	Disjuntores.....	46
3.4.6	Conjuntores.....	47
4	Estudo e concepção do equipamento de produção de água gelada	49
4.1	Estudo das estruturas de suporte	49
4.1.1	Atrelado	49
4.1.2	Veículo pesado de mercadorias	50
4.2	Estudo das potências de arrefecimento	53
4.2.1	Análise de ciclo teórico	59
4.3	Factores de concepção	61
4.4	Pontos críticos.....	63
5	Conclusão	67
	Bibliografia.....	69
	ANEXOS	73
	Anexo A – Características e equipamentos de presença obrigatória impostos pelo Despacho nº 21638/2009 num Veículo Florestal de Combate a Incêndios	75
	Anexo B – Diagrama p-h do fluido R134a – Ciclo frigorífico teórico (regime +40°/-7°).....	95

Índice de Figuras

Figura 2-1 - Configuração de um incendio florestal [1].....	4
Figura 2-2 - Propagação de um incêndio florestal em função do vento [1]	6
Figura 2-3 - Ilustração de um incêndio propagado por acção de correntes de convecção [1]	7
Figura 2-4 - Modos de transmissão de energia durante um incêndio florestal [1]	8
Figura 2-5 - Exemplos de veículos terrestres de combate a incêndios [1] [3] [4].....	10
Figura 2-6 - Exemplos de meios aéreos para extinção de incêndios [6]	11
Figura 2-7 - Exemplos de equipamentos de protecção individual [6].....	12
Figura 2-8 - Ilustração do método indirecto de combate a incêndios [1]	13
Figura 2-9 - Descarga de agente extintor por um meio aéreo durante um incêndio florestal [1]	14
Figura 2-10 - Ilustração da metodologia pós-incêndio – Rescaldo [1].....	15
Figura 2-11 - Ilustração da metodologia pós-incêndio – Preservação de vestígios [1]..	16
Figura 2-12 - Exemplo de mapa ilustrativo do Risco temporal de incêndios em Portugal continental [7].....	19
Figura 2-13 - Exemplo de mapa ilustrativo do Risco espacial de incêndios em Portugal continental [8].....	20
Figura 2-14 - Mapa ilustrativo da área ardida no ano de 2012 [10]	26
Figura 3-1 - Ilustração do triângulo de fogo e tetraedro do fogo	29
Figura 3-2 - Modos de actuação com água [1]	30
Figura 3-3 - Representação teórica do efeito do compressor num diagrama p-h [Adaptação de 14].....	33
Figura 3-4 - Representação teórica do efeito do condensador num diagrama p-h [Adaptação de 14].....	34
Figura 3-5 - Representação teórica do efeito do dispositivo de expansão num diagrama p-h [Adaptação de 14]	36
Figura 3-6 - Representação teórica do efeito do evaporador num diagrama p-h [Adaptação de 14].....	37
Figura 3-7 - Representação do ciclo de Carnot num diagrama t-s [14].....	38
Figura 3-8 - Representação simples dos componentes principais de um circuito frigorífico e comparação dos ciclos teórico e real num diagrama p-h [Adaptado de 14]	39

Figura 3-9 - Exemplo de elementos de ligação do tipo Storz [16]	43
Figura 3-10 - Exemplo de bomba de serviço de incêndios instalada num veículo de combate a incêndios [18]	44
Figura 3-11 - Exemplo de carretel incorporado num veículo de combate a incêndios [18]	44
Figura 3-12 - Lanços de mangueira flexíveis arrumados nos cofres do veículo [18]	45
Figura 3-13 - Exemplo de agulheta [19]	45
Figura 3-14 - Ilustração das reacções na agulheta de acordo com o modo de funcionamento [19]	46
Figura 3-15 - Disjuntor e exemplo de aplicação [19]	46
Figura 3-16 - Conjuntor e exemplo de aplicação [19]	47
Figura 4-1 - Exemplo de esfera de engate com suporte de tracção [20]	50
Figura 4-2 - Exemplo de chasis de um veículo pesado de mercadorias [21]	51
Figura 4-3 - Tipos de cabina em veículos pesados de mercadorias [21]	52
Figura 4-4 - Exemplo de superestrutura do tipo plataforma [21]	52

Índice de Tabelas

Tabela 2-1 - Número de ocorrências e consequente área ardida (2002-2012) [10]	24
Tabela 2-2 - Número e especificação das ocorrências, número de reacendimentos e área ardida no ano de 2012 [10].....	27
Tabela 3-1 - Propriedade do fluido refrigerante R134a [12].....	32
Tabela 4-1 - Caudais volúmicos máximos [16].....	55
Tabela 4-2 - Calor específico da água a +4°C e a +25°C [22]	55
Tabela 4-3 - Massa volúmica da água a +4°C e a +25°C [23]	55
Tabela 4-4 - Caudais mássicos máximos.....	56
Tabela 4-5 - Potências de arrefecimento necessárias para arrefecer os caudais de água das possíveis saídas	56
Tabela 4-6 - Caudais mássicos mínimos	57
Tabela 4-7 - Caudais volúmicos mínimos	58
Tabela 4-8 - Tabela-síntese elucidativa das potências de arrefecimento e caudais máximos e mínimos para as possíveis saídas	58
Tabela 4-9 - Propriedades termodinâmicas dos quatro pontos de interesse no ciclo frigorífico teórico.....	60

Índices de Gráficos

Gráfico 2-1 - Número de ocorrências em função do tempo (2002-2012)	25
Gráfico 2-2 - Área ardida em função do tempo (2002-2012).....	25
Gráfico 2-3 - Disposição dos distritos em função do número de ocorrências e de área ardida no ano de 2012.....	28

1 Introdução

A noção de que os incêndios florestais são uma constante ameaça, tanto a ecossistemas, como a populações, é um conceito que desde cedo ficou presente na consciência das pessoas. Dada a situação actual e os momentos difíceis que todos os anos os bombeiros por todo o mundo enfrentam para fazer com que os incêndios florestais permaneçam uma realidade apenas para alguns, é necessário compreender a gravidade das consequências inerentes a este tipo de sinistro, nomeadamente, a destruição de recursos naturais, bens e, por vezes, vidas humanas.

Este projecto tem como principal objectivo incentivar o avanço tecnológico dos meios de combate a incêndios florestais. Desta forma, será estudado e um meio de produção de água gelada com o intuito de arrefecer a água destinada a combater um determinado incêndio florestal – nunca dispensando eventuais testes e ensaios que permitam verificar os níveis de eficiência desta ideia. A viabilidade desta solução é sustentada pela teoria do triângulo do fogo, onde as acções tomadas terão em vista a remoção eficaz da componente “calor”.

Existem variadíssimos meios e métodos de combate a incêndios florestais que, no âmbito deste projecto, deverão ser compreendidos antes de se proceder ao estudo e implementação de qualquer alteração que vise modificar o actual processo de combate a incêndios. Para este efeito, existem regulamentações e manuais que clarificam e, de certa forma, ajudam a identificar e perceber os mais diversos equipamentos e metodologias utilizadas durante um combate a um incêndio florestal.

Pretende-se ainda com este trabalho “abrir caminho” para um nível mais avançado de estudo e análise do tema, nomeadamente, selecção de equipamentos, avaliação e debate de pontos críticos e, se possível, estudar processos de optimização que integrem eventuais avanços tecnológicos.

2 Conceitos associados aos Incêndios Florestais

Um incêndio florestal é caracterizado pela ocorrência de fogo sem controlo sobre qualquer forma de vegetação, podendo este ser provocado, tanto por causas naturais, como por acção humana, intencional ou negligente. Contudo, os impactes provocados por estes eventos são de certa forma suscetíveis a acções de mitigação por parte do ser humano. Para além das medidas de prevenção a nível estrutural e de ordenamento do território, existe ainda a acção de combate, processo que visa travar a progressão do incêndio.

É importante referir que, na ausência de acção humana, a iniciação de um incêndio florestal tenderá a ocorrer em estações de seca e calor – épocas em que a vegetação se encontra com um teor de humidade bastante reduzido. Assim que a energia radiante emitida pelo Sol incide sobre a vegetação seca de área reduzida, é possível a ocorrência de combustão espontânea e posterior alastramento das chamas para a vegetação circundante.

2.1 Configuração de um Incêndio Florestal

Antes de analisar a forma como o fogo se comporta enquanto consome um determinado terreno florestal, é necessário conhecer alguns conceitos vocabulários utilizados nas práticas de combate a incêndios florestais.

Um incêndio florestal começa por um ponto que se desenvolve num pequeno círculo à medida que o foco de incêndio se vai alastrando a novos combustíveis. Contudo, à medida que se vai desenvolvendo, a configuração do incêndio adaptar-se-á aos factores que o envolvem.

Às diferentes partes de compõem um incêndio florestal (Figura 2-1) são dados os seguintes nomes [1]:

- Frente principal ou cabeça – Zona onde o incêndio se propaga com maior intensidade;
- Retaguarda ou cauda – Zona oposta à frente, onde o incêndio assume menor intensidade, ainda que possa também progredir nessa direcção;

- Flanco – Partes laterais situadas entre a frente e a retaguarda;
- Dedo – Saliência num flanco, correspondente ao local onde o incêndio se propaga com maior velocidade;
- Bolsa – Zona compreendida entre o flanco e o dedo
- Ilha – Área situada no interior do perímetro do incêndio que não foi afectada pelo mesmo;
- Foco secundário – Ponto exterior, separado do perímetro do incêndio principal, onde se verifica a ignição de um novo foco de incêndio.



Figura 2-1 - Configuração de um incêndio florestal [1]

2.2 Comportamento do Fogo

O comportamento do fogo é um conceito bastante importante para compreender a forma como o incêndio terá tendência a alastrar. A sua boa avaliação é também fundamental para planear os métodos de combate adequados e definir um perímetro de segurança apropriado [1].

De uma forma simplificada, a previsão e evolução do incêndio é feita com base na análise dos seguintes factores: as condições meteorológicas, a topografia e os combustíveis. Este último, no caso dos incêndios florestais, será qualquer tipo de vegetação que se encontre em contacto com o fogo, nunca esquecendo que as diferentes espécies e configurações

florestais terão um papel preponderante no modo de propagação do incêndio. Generalizando, os três factores previamente enunciados podem ser vistos da seguinte forma [1]:

- **Características dos combustíveis** – Distribuição vertical e horizontal, dimensão, quantidade ou carga, humidade do combustível, combustibilidade e percentagem de vegetação seca de área reduzida;
- **Características do relevo (topografia)** – Forma, declive e exposição das vertentes;
- **Condições meteorológicas** – Temperatura e humidade relativa do ar, direcção e velocidade do vento.

De forma a caracterizar um determinado incêndio florestal, podem ser considerados dois parâmetros essenciais: a velocidade de propagação e a intensidade. Como o próprio nome indica, a velocidade de propagação refere-se ao espaço percorrido pelo incêndio por unidade de tempo (geralmente expressa em m/min ou km/h). Já a intensidade da frente de fogo, pode ser considerado o indicador mais importante relacionado com o comportamento do fogo, sendo definido como a libertação de energia por unidade de tempo. Este parâmetro advém da velocidade de propagação, da carga combustível disponível para arder e do calor libertado por unidade de peso de combustível.

2.3 Propagação de um Incêndio Florestal

2.3.1 Vento e Correntes de Convecção

O vento e as correntes de convecção são conhecidos como sendo os principais factores condicionantes da propagação e desenvolvimento de incêndios. Desta forma, é possível considerar a existência de dois tipos de incêndios florestais: os propagados pela acção do vento e os pela acção das correntes de convecção.

Nos incêndios propagados pela acção do vento (Figura 2-2) é possível observar a inclinação das colunas de fumo de acordo com a direcção do vento e, assim, determinar com alguma facilidade a cabeça, retaguarda e flancos do incêndio. Contudo, neste tipo de incêndios, existem outras características importantes [1]:

- Apresentam-se em forma de ovo ou sob forma elíptica;

- A intensidade e sentido de propagação estão directamente relacionados com a direcção e velocidade do vento;
- Ocorrem, frequentemente, focos secundários na zona a jusante da frente de incêndio;
- A retaguarda e os flancos podem ser dominados, com relativa facilidade;
- É possível prever para onde o incêndio se irá propagar.



Figura 2-2 - Propagação de um incêndio florestal em função do vento [1]

Quanto aos incêndios propagados pela acção de correntes de convecção (Figura 2-3) é possível constatar a presença de colunas de fumo direitas, onde é necessário também ter especial atenção quanto à sua configuração, sendo esta um parâmetro de difícil avaliação.

Neste tipo de incêndios é necessário ter em conta os seguintes factores [1]:

- A velocidade e direcção de propagação são irregulares, sendo praticamente impossível prever para onde o incêndio se propagará;
- Poderá haver incursões a descer encostas sem a ajuda do vento;
- Não existe, em circunstâncias normais, a projecção de materiais e partículas incandescentes a grande distância;
- Partículas incandescentes originadas pelo incêndio podem cair, de forma aleatória, nas imediações da coluna de fumo;
- O incêndio propagar-se-á de forma pulsante;
- A dificuldade em dominar o incêndio é bastante elevada.



Figura 2-3 - Ilustração de um incêndio propagado por acção de correntes de convecção [1]

2.3.2 Combustíveis Florestais

Quanto à propagação dos incêndios através dos combustíveis florestais, a categorização mais comum é a seguinte [1]:

- **Incêndio de superfície** – As chamas propagam-se junto ao solo, queimando os combustíveis apenas ao nível da superfície;
- **Incêndio de copas** – As chamas atingem as camadas mais altas do combustível, nomeadamente as copas das árvores;
- **Incêndio subterrâneo** – Propaga-se através das raízes ou na manta morta inferior, normalmente, com uma combustão sem chama (a quantidade de gases inflamáveis libertados não é suficiente para manter a chama);
- **Incêndio de projecção** – A propagação é efectuada, essencialmente, pela projecção ou deslocamento de materiais incandescentes.

2.3.3 Transmissão de Energia

Na propagação de um incêndio florestal é essencial referir os modos de transmissão de energia, sendo eles, convecção e radiação (o fenómeno de condução pode, neste âmbito, ser desprezado devido à dominante abrangência dos restantes fenómenos). Ambos os fenómenos são responsáveis por aquecer e provocar a evaporação da água presente na

vegetação circundante, preparando-a desta forma para que se inicie a combustão – Figura 2.4.

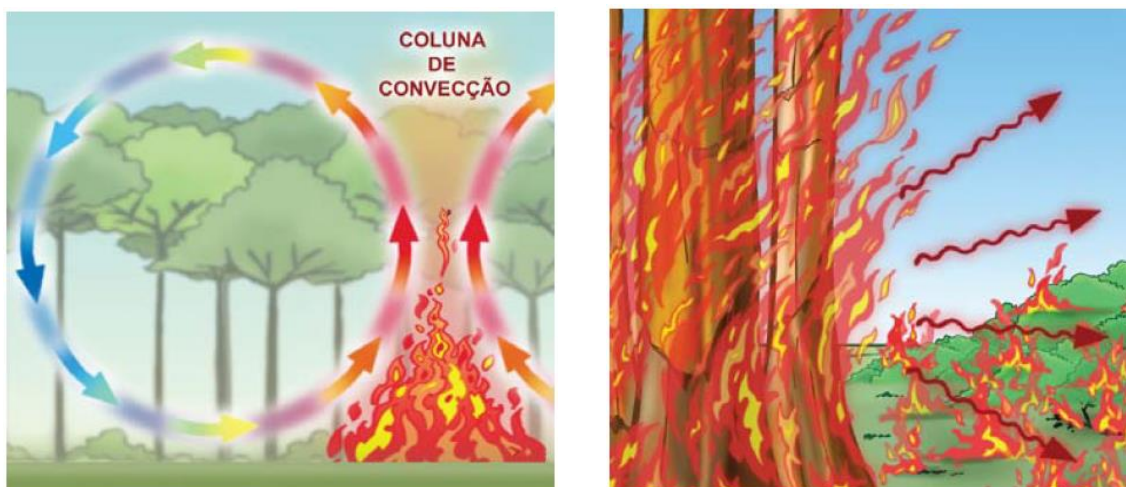


Figura 2-4 - Modos de transmissão de energia durante um incêndio florestal [1]

Também associado à propagação de um incêndio florestal está a projecção e deslocamento de matéria inflamada. Este meio de propagação é muitas vezes responsável pelo surgimento de focos secundários em locais relativamente afastados do incêndio principal e também por afectar seriamente a segurança e integridade dos bombeiros.

A projecção de matéria pode ocorrer, essencialmente, por dois motivos [1]:

- Materiais leves a arder que se elevem no ar impulsionados pelas correntes de convecção e acabam por cair fora do perímetro do incêndio principal;
- Materiais pesados, nomeadamente pinhas e troncos, que desçam a encosta ainda a arder.

2.4 Combate a Incêndios

As táticas de combate a um incêndio florestal dependem em grande parte das circunstâncias em que ele se desenvolve. A acção de combate só deverá ter lugar uma vez definidas estas circunstâncias e ponderados os meios e recursos disponíveis para o efeito.

De notar que a eficácia da tática adoptada depende, não só da correcta decisão sobre a sua aplicação, como também da actuação eficaz dos executantes das manobras necessárias à sua concretização.

Os principais problemas inerentes à adopção das táticas mais apropriadas são os seguintes [2]:

- Carência de formação e treino dos intervenientes, aos mais diversos níveis (comando, chefias intermédias e executantes das manobras);
- Concentração dos esforços de extinção por meios terrestres apenas recorrendo a água, posicionando veículos e suas guarnições em estradas e caminhos, quase nunca recorrendo a técnicas de combate indirecto envolvendo pessoal com ferramentas manuais, tractores ou contra-fogo;
- Para além dos grupos helitransportados, não existem equipas especializadas de pessoal apeado com material de sapador dedicadas à supressão;
- Utilização de água pelos meios terrestres nem sempre efectuada correctamente, desperdiçando-a e não a combinado com o recurso a material de sapador (ferramentas manuais);
- Ausência de registo do recurso a tractores e máquinas de rasto, suspeitando-se que o envolvimento desses meios terá uma frequência reduzida;
- Coordenação entre meios aéreos e terrestres muitas vezes deficientes, sendo vulgar a realização de descargas em locais para onde não foram posicionados meios terrestres como garantia da rentabilização dessas descargas;
- Elevado número de reacendimentos, por inexistência de equipas dedicadas ao rescaldo (processo para evitar que um incêndio recomece após ter sido dominado).

2.4.1 Meios de combate

Os meios utilizados no combate a incêndios são, de maneira geral, os seguintes [2]:

- Veículos com características todo-o-terreno ou, no mínimo, tracção total (Figura 2-5):
 - a. Veículo de combate a incêndios;
 - b. Veículos de apoio logístico, como veículos tanque destinados às operações de reabastecimento de água;
 - c. Veículos de comando táctico utilizados para apoio ao comando das operações;
 - d. Tractores com charruas ou grades de disco e tractores de rasto com lâmina para abertura de faixas de contenção ou de segurança.



Figura 2-5 - Exemplos de veículos terrestres de combate a incêndios [1] [3] [4]

- Meios aéreos para extinção de incêndios em fase inicial e apoio a grandes incêndios (Figura 2-6).
 - a. Helicópteros
 - i. Meios aéreos para missões de combate a incêndios;
 - ii. Meios aéreos para missões de reconhecimento, avaliação, comando e controlo;
 - iii. Meios aéreos para missões de primeira intervenção em emergências, evacuação aero-médica, busca e salvamento e apoio a operações terrestres.
 - b. Aviões, maioritariamente aerotanques para realizar missões de combate a incêndios, reconhecimento e guiamento de meios aéreos.



Figura 2-6 - Exemplos de meios aéreos para extinção de incêndios [6]

- Equipamentos que guarnecem os veículos de combate a incêndios.
 - c. Ferramentas manuais (material de sapador), nomeadamente, pá, enxada, machado, batedor, entre outros;
 - d. Equipamentos hidráulicos (mangueiras, agulhetas, extintores, entre outros);
 - e. Ferramentas mecânicas, nomeadamente, motosserras e roçadoras motorizadas;
 - f. Equipamento especializado em técnicas de contra fogo;
 - g. Equipamento de comunicação.
- Produtos para extinção/contenção, aplicados por meios aéreos ou terrestres.
 - a. Agentes extintores (água e espumas);
 - b. Agentes retardantes (espumas e caldas químicas).
- Vestuário e equipamento de protecção individual que deverá ser utilizado por todo o pessoal envolvido nas operações de combate em terra (Figura 2-7).
 - a. Vestuário, nomeadamente, cogula, camisa e calça de protecção, luvas, cinturão e botas;
 - b. Equipamento de protecção (capacete e óculos);
 - c. Equipamento de sobrevivência individual – cantil, lanterna e *fire shelter* (abrigo portátil de incêndio florestal).



Figura 2-7 - Exemplos de equipamentos de protecção individual [6]

2.4.2 Métodos de ataque por terra

É possível destacar três métodos de ataque a incêndios florestais por terra [2]:

- Método directo – Consiste no ataque directo às chamas, sempre que possível, recorrendo a táticas ofensivas na cabeça do incêndio de maneira a impedir de imediato o seu desenvolvimento. Sempre que não estiverem reunidas as condições de segurança, o ataque efectua-se a partir da retaguarda e pelos flancos, em direcção à frente de incêndio. É ainda possível destacar duas situações típicas de combate directo a um incêndio florestal:
 - a. Recorrendo a água, com base em veículos de combate especializados;
 - b. Recorrendo a material de sapador, geralmente, quando e onde não é possível chegar com os veículos de combate. Pode ainda ser combinada, a esta situação, a descarga de agentes extintores por parte de meios aéreos, sendo que nestas ocorrências será necessário tomar precauções acrescidas. Inerente ao risco de se ser atingido por um lançamento de um meio aéreo estão as seguintes metodologias de segurança individual [1]:
 - i. Sair da área de descarga, se ainda for possível;
 - ii. Sair de uma área com árvores de grandes dimensões e com aspecto deteriorado;
 - iii. Permanecer deitado de barriga para baixo, de frente para a aeronave com capacete e óculos bem apertados, pés afastados para proporcionar maior estabilidade ao corpo e agarrar firmemente o equipamento transportado de maneira a que este não seja projectado.
- Método indirecto – Método utilizado para travar a propagação das chamas, quando o ataque directo não é possível (Figura 2-8). Consiste essencialmente em tentar limitar o incêndio a uma determinada área, sendo esta delimitada por faixas de

contenção (zonas previamente tratadas para retardar a propagação das chamas ou para extinguir o incêndio). Estas faixas podem existir das seguintes formas:

- a. Previamente existentes – Estradas, caminhos florestais, aceiros e arrifes;
- b. Construídas na altura do incêndio através do desbaste de combustível florestal.



Figura 2-8 - Ilustração do método indirecto de combate a incêndios [1]

- Método combinado – Consiste na aplicação em simultâneo dos dois métodos previamente enunciados.
- Contra-fogo – Esta técnica consiste na queima de vegetação num local para onde o incêndio se esteja a dirigir, desta forma, a intensidade do incêndio tenderá a diminuir quando este chegar ao local, tornando-se mais fácil de dominar e extinguir.
De notar que esta técnica é uma operação arriscada que deverá apenas ser utilizada como ultimo recurso. A decisão sobre a sua realização pertence, não ao bombeiro, mas sim ao comandante das operações.

2.4.3 Métodos de ataque por meios aéreos

“Os incêndios vencem-se no terreno, pois só os meios terrestres conseguem extinguir totalmente o incêndio e prevenir o seu reacendimento, com um bom e eficiente rescaldo.”
[1].

É importante referir que os meios aéreos, apesar de serem bons auxiliares no combate a incêndios florestais, devem ser sempre complementados com métodos de ataque por terra. Contudo, a utilização destes meios (Figura 2-9) está sujeita a uma análise preliminar que visa verificar a eficácia da intervenção face às condições em que se desenvolve o incêndio e aos objectivos tácticos estabelecidos pelo comandante das operações.



Figura 2-9 - Descarga de agente extintor por um meio aéreo durante um incêndio florestal [1]

As características dos meios aéreos a explorar no combate a incêndios são as seguintes [2]:

- Velocidade e conseqüente mobilidade;
- Capacidade unitária de descarga de produtos;
- Capacidade de transporte e colocação de equipas de intervenção no terreno;
- Ampla visibilidade do terreno.

Quanto ao nível de intervenção, os meios aéreos classificam-se de seguinte forma [1]:

- Meios de primeira intervenção – Aplicados prioritariamente no combate a incêndios nascentes ou de pequenas proporções, sendo accionados imediatamente após o alerta de incêndio;
- Meios de segunda intervenção – Aplicados para além das situações de incêndios nascentes, sendo accionados a pedido do comandante das operações;
- Meios de reforço – Utilizados em situações especiais e a pedido do comandante das operações. Estes são accionados sob a responsabilidade e coordenação estratégica do Centro Nacional de Operações de Socorro.

Como principais limitações da utilização dos meios aéreos, é possível destacar as seguintes:

- Condições atmosféricas adversas como ventos fortes e nevoeiro, podem dificultar as operações;
- Algumas condições adversas do terreno, nomeadamente, declives acentuados, fumos altamente densos e linhas de transporte de energia, podem dificultar ou até mesmo tornar impossível a utilização dos meios aéreos;

- Ponto de reabastecimento de combustível e de agente extintor potencialmente afastado do local do incêndio;
- Elevados custos de operação.

2.4.4 Metodologias pós-incêndio

2.4.4.1 Rescaldo

Como já fora mencionado anteriormente no ponto 2.4, o rescaldo consiste num conjunto de medidas que visam garantir que o incêndio, uma vez dominado, não se torne novamente activo, desta forma, esta operação constitui uma parte integrante dos meios de combate a incêndios – Figura 2-10.

Generalizando, o rescaldo destina-se a assegurar que todos os processos de combustão na área ardida se encontram extintos, ou então, garantir que as combustões ainda existentes se encontram devidamente isoladas e que não apresentam qualquer tipo de perigo de reacendimento.



Figura 2-10 - Ilustração da metodologia pós-incêndio – Rescaldo [1]

Para que a operação de rescaldo seja bem-sucedida é necessário ter em conta os seguintes pontos [1]:

- Um incêndio extinto nas horas frias da noite e madrugada pode reacender-se com o calor do dia;
- O vento pode, também, facilitar o reacendimento;
- O rescaldo é uma operação delicada e de grande responsabilidade;

- Um bom rescaldo, que ofereça garantias de segurança tem forçosamente que eliminar qualquer possibilidade de reacendimento do incêndio;
- Um reacendimento é sempre mais perigoso do que o incêndio inicial, isto porque os combustíveis nas proximidades já se encontram secos, sem humidade e predispostos a arder com facilidade.

2.4.4.2 Vigilância

Uma vez realizada a operação de rescaldo, é necessário estabelecer operações de vigilância sobre toda a área ardida, de modo a que, qualquer tendência para reacendimento seja identificada e imediatamente anulada pelo pessoal presente no local.

Esta intervenção é um processo permanente podendo, por vezes, no caso de incêndios de grandes dimensões, prolongar-se por vários dias até deixar de haver indícios de actividade que possam comprometer todo o trabalho realizado.

2.4.4.3 Preservação de vestígios

A preservação de vestígios é uma operação de apelo a todos os membros que participaram no combate às chamas, mais propriamente, para que sejam desenvolvidos todos os esforços para apoiar a investigação relacionada com a origem do incêndio, nomeadamente, preservando e sinalizando todos os vestígios e prestando todas as informações que forem solicitadas pelas autoridades – Figura 2-11.



Figura 2-11 - Ilustração da metodologia pós-incêndio – Preservação de vestígios [1]

2.5 Os incêndios florestais em Portugal

“A floresta é um património essencial ao desenvolvimento sustentável de um país. No entanto, em Portugal, onde os espaços florestais constituem dois terços do território continental, tem-se assistido, nas últimas décadas, a uma perda de rentabilidade e competitividade da floresta portuguesa.” [5].

Neste capítulo pretende-se dar a conhecer a legislação actualmente em vigor relativamente ao combate de incêndios florestais, assim como alguns dados estatísticos que visam dar a conhecer a evolução deste tipo de sinistros no nosso país.

2.5.1 Legislação aplicável

“A política de defesa da floresta contra incêndios, pela sua vital importância para o País, não pode ser implementada de forma isolada, mas antes inserindo-se num contexto mais alargado de ambiente e ordenamento do território, de desenvolvimento rural e de protecção civil, envolvendo responsabilidades de todos, Governo, autarquias e cidadãos, no desenvolvimento de uma maior transversalidade e convergência de esforços de todas as partes envolvidas, de forma directa ou indirecta.” [5].

O Decreto-Lei nº 124/2006 de 28 de Junho foi criado com o objectivo de estabelecer medidas e acções a desenvolver no âmbito do Sistema Nacional de Defesa da Floresta contra Incêndios, sendo que neste subcapítulo, de maneira a não estender excessivamente este projecto, apenas serão enumerados alguns dos pontos mais importantes abordados por esta legislação.

De notar que, associado a este decreto, surgiu uma nova regulamentação (Decreto-Lei nº 17/2009 de 14 de janeiro) que veio propor alguns ajustamentos por forma a colmatar alguns constrangimentos verificados durante a aplicação do Decreto-Lei nº 124/2006 de 28 de Junho. Algumas das medidas a frisar são as seguintes [6]:

- Definição e implementação de níveis de planeamento e coordenação regional no que toca à protecção da floresta;
- Enquadramento institucional e definição de atribuições a estruturas de planeamento estratégico e de articulação entre entidades;

- Planos de edificação em zonas classificadas de “elevado” ou “muito elevado” risco de incêndios;
- Clarificação das regras de utilização de fogo técnico;
- Definição de prazos de elaboração e revisão dos planos de defesa da floresta contra incêndios.

Posto isto, é possível enunciar os seguintes pontos fundamentais presentes na legislação em vigor [5] [6]:

- Nas Regiões Autónomas, o Decreto-Lei nº 124/2006 de 28 de Junho apenas é aplicável após respectiva adaptação, sendo esta da responsabilidade das assembleias legislativas regionais.
- O novo sistema de defesa contra incêndios identifica objectivos e recursos e traduz-se num modelo dinâmico e activo que, tendo em contas os factores em seguida apresentados, tem em vista resultados a médio e longo prazo:
 - a.** Promover a gestão activa da floresta;
 - b.** Implementar a gestão de combustíveis em áreas estratégicas e construção e manutenção de faixas de contenção;
 - c.** Reforçar as estruturas de combate e de defesa da floresta contra incêndios;
 - d.** Dinamizar um esforço de educação e sensibilização para a defesa da floresta contra incêndios e para o uso correcto do fogo;
 - e.** Adoptar estratégias de reabilitação de áreas ardidadas;
 - f.** Reforçar a vigilância e fiscalização.

- O índice de risco temporal de incêndio (Figura 2-12) estabelece, diariamente, o risco de ocorrência de incêndio florestal em todos os concelhos de Portugal continental, sendo os níveis classificativos os seguintes:
 - a. Reduzido (classe 1);
 - b. Moderado (classe 2);
 - c. Elevado (classe 3);
 - d. Muito Elevado (classe 4);
 - e. Máximo (classe 5).

De notar que este índice é determinado com base no estado dos combustíveis florestais e na meteorologia associada a cada zona.

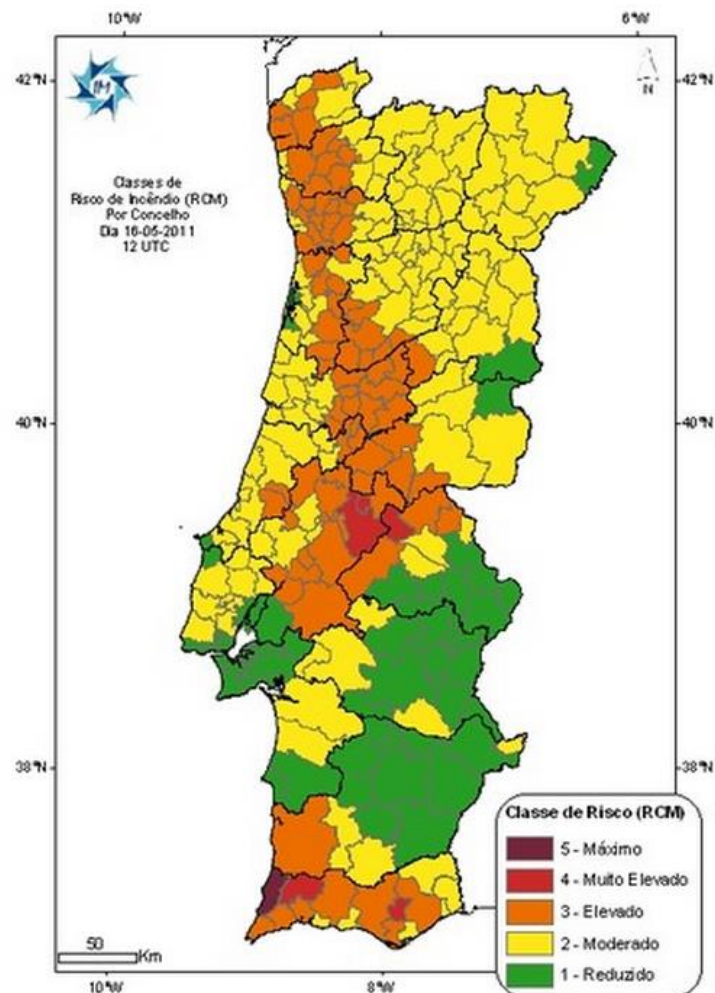


Figura 2-12 - Exemplo de mapa ilustrativo do Risco temporal de incêndios em Portugal continental [7]

- O critério de risco espacial de incêndios (Figura 2-13) assenta na determinação da probabilidade de ocorrência de incêndios florestais tendo em conta a informação histórica sobre a ocorrência de incêndios, ocupação do solo, clima, orografia¹ e demografia². As classes existentes para este indicador são as seguintes:
 - a. Classe I – Baixo;
 - b. Classe II – Baixo – Moderado;
 - c. Classe III – Moderado;
 - d. Classe IV – Elevado;
 - e. Classe V – Muito elevado;
 - f. Urbano
 - g. Hidrografia

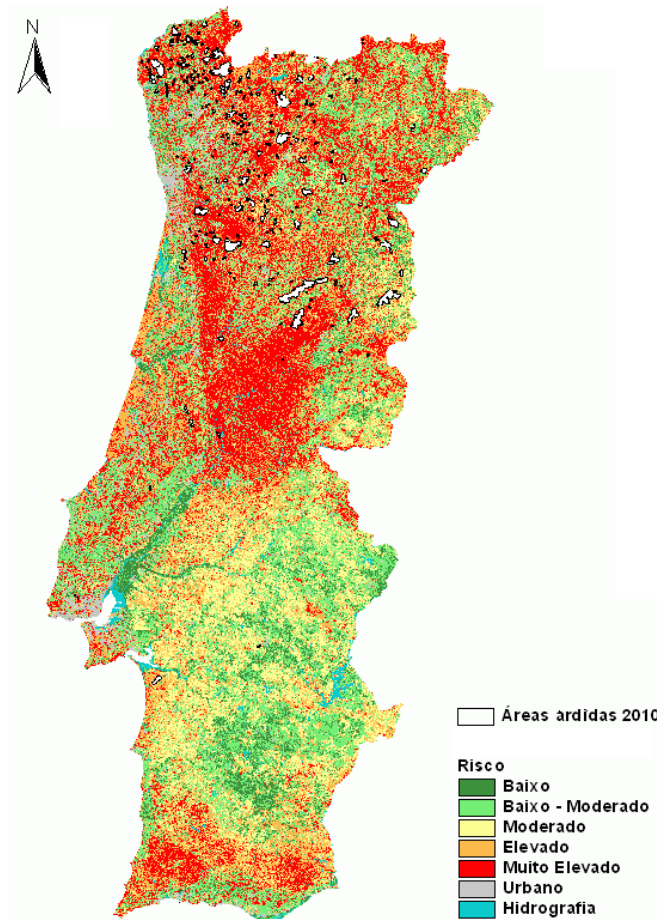


Figura 2-13 - Exemplo de mapa ilustrativo do Risco espacial de incêndios em Portugal continental [8]

¹ Ciência geográfica dedicada ao estudo dos relevos de uma determinada região.

² Ciência geográfica que estuda a dinâmica populacional humana.

De notar que, as duas últimas classes enumeradas, “Urbano” e “Hidrografia”, referem-se, como os próprios nomes indicam, a zonas de elevada densidade de populacional e a bacias hidrográficas, servindo esta informação para referenciar possíveis pontos de reabastecimento de combustível e agente extintor.

- As zonas críticas, onde será reconhecida a prioridade de aplicação de medidas mais rigorosas de defesa da floresta contra incêndios, serão seleccionadas em função do seu valor económico, social e ecológico.
- Com o propósito de estimular acções no âmbito da defesa da floresta, esta regulamentação estabelece a implementação das seguintes medidas:
 - a. Acções de silvicultura³;
 - b. Implementação de instrumentos de gestão florestal com o intuito de gerir a infra-estruturação de espaços rurais e a presença de descontinuidades horizontais e verticais nos combustíveis florestais;
 - c. Acções de arborização, rearborização e reconversão florestal.
- O planeamento, instalação e manutenção das redes primárias de faixas de gestão de combustível⁴ deve ter em consideração os seguintes pressupostos:
 - a. A sua eficiência no combate a incêndios de grande dimensão;
 - b. A segurança das forças responsáveis pelo combate;
 - c. O valor sócio-económico, paisagístico e ecológico dos espaços rurais;
 - d. As características fisiográficas e as particularidades da paisagem local;
 - e. O histórico dos grandes incêndios na região e o seu comportamento previsível em situações de elevado risco meteorológico;
 - f. As actividades que nelas se possam desenvolver e contribuir para a sua sustentabilidade técnica e financeira.

³ Ciência dedicada ao estudo de métodos naturais e artificiais com o propósito de regenerar e melhorar os povoamentos florestais, tendo em conta factores como: necessidades de mercado, manutenção e aproveitamento do espaço florestal.

⁴ Conjunto de parcelas lineares de território, estrategicamente localizadas, onde se garante a remoção total ou parcial de biomassa florestal através de determinadas actividades ou técnicas silvícolas com o objectivo principal de reduzir o perigo de incêndio.

- São de destacar as operações de vigilância e detecção, sendo a primeira um movimento que visa reduzir o número de ocorrência de incêndios florestais, identificando potenciais agentes causadores e dissuadindo comportamentos de risco. Quanto á detecção, esta é vista como a identificação imediata do acontecimento, aliada a rápida participação da localização da ocorrência às entidades responsáveis. Estas duas operações podem ser asseguradas das seguintes formas:
 - a.** Por qualquer pessoa que detecte um incêndio florestal, sendo obrigatória a sua participação imediata às entidades competentes;
 - b.** Mediante a detecção fixa de ocorrências de incêndio, a qual é assegurada pela Rede Nacional de Postos de Vigia (RNPV);
 - c.** Através da rede de vigilância móvel que, pode exercer funções de detecção, vigia, dissuasão e intervenção em fogos nascentes;
 - d.** Através de meios aéreos.
- É proibido o depósito de madeiras e outros materiais suscetíveis de rápida inflamação nas redes de faixas e mosaicos de parcelas de gestão de combustível⁵, com excepção dos aprovados pela comissão municipal de defesa da floresta contra incêndios. Durante os meses de Julho, Agosto e Setembro, só é permitido empilhamento em carregadouro⁶ de produtos resultantes de corte ou extracção florestal.
- O fogo controlado é executado sob orientação e responsabilidade de um técnico credenciado para o efeito ou, na sua ausência, por bombeiros com qualificação. A sua realização é apenas permitida fora do período crítico⁷ e desde que o índice de risco temporal de incêndio seja inferior ao nível elevado.

⁵ Conjunto de parcelas de território no interior dos compartimentos definidos pelas redes primárias e secundárias estrategicamente localizadas, onde através de acções de silvicultura se estabelece um meio auxiliar na defesa da floresta contra incêndios.

⁶ Local destinado à concentração temporária de material lenhoso resultante da exploração vegetal.

⁷ Período durante o qual vigoram medidas e acções especiais de prevenção contra incêndios florestais, por força de circunstâncias meteorológicas excepcionais.

2.5.2 Dados Estatísticos

Neste subcapítulo será exposto e analisado o estado actual de Portugal continental no que toca à ocorrência de incêndios florestais. De realçar que, apesar de não ter sido anteriormente mencionado, o Decreto-Lei nº124-2006 impõe que seja mantido, à escala nacional, um banco de dados relativamente à ocorrência de incêndios florestais, através da adopção de um Sistema de Gestão de Informação de Incêndios Florestais (SGIF), assim como o registo cartográfico das áreas ardidas.

Posto isto, é da responsabilidade do Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF) a elaboração de relatórios anuais que visam descrever e analisar todas as ocorrências de incêndios florestais em Portugal continental, assim como, expor os diversos dados estatísticos sobre o tema.

O ICNF define-se como sendo um instituto público integrado na administração indirecta do Estado, dotado de autonomia administrativa e financeira. Tem como missão propor, acompanhar e assegurar a execução das políticas de conservação da natureza e das florestas. Dentre as diversas atribuições entregues a esta entidade, é possível destacar a seguinte:

“Agir de acordo com as competências consignadas no Sistema Nacional de Defesa da Floresta contra Incêndios (SNDFCI) e de acordo com o Plano Nacional de Defesa da Floresta contra Incêndios (PNDFCI), nomeadamente coordenando as acções de prevenção estrutural, nas vertentes de sensibilização, planeamento, organização do território florestal, silvicultura e infraestruturização, e ainda assegurar a coordenação e gestão do programa de sapadores florestais.” [9]

De notar que o relatório anual de 2013 ainda não se encontra disponível, sendo a data da sua publicação ainda desconhecida, como tal, os dados estatísticos de seguida apresentados, terão como base o ano de 2012.

A Tabela 2-1 dá a conhecer a número de ocorrências e consequente área ardida desde o ano 2002 até ao ano de 2012, assim como os valores médios resultantes do intervalo entre o ano de 2002 e 2011 para uma melhor comparação.

Tabela 2-1 - Número de ocorrências e consequente área ardida (2002-2012) [10]

Anos	Ocorrências			Área ardida (hectares)
	Incêndios Florestais ¹	Fogachos ²	Total	
2002	6521	20055	26576	124619
2003	5323	20896	26219	425839
2004	5069	17096	22165	130107
2005	8192	27631	35823	339089
2006	3449	16945	20394	76058
2007	3677	16639	20316	32595
2008	2591	12339	14930	17564
2009	5862	20274	26136	87420
2010	3970	18057	22027	133090
2011	5043	20179	25222	73829
2012	4425	16751	21176	110232
Média 2002-2011	4975	19011	23986	144021

¹ Ocorrência com área florestal ardida superior ou igual a 1 hectare

² Ocorrência com área florestal ardida inferior a 1 hectare

Analisando a Tabela 2-1, é possível constatar que, para o ano de 2012, o total de ocorrências sofreu uma redução de cerca de 12% relativamente à média do último decénio e de 16% comparativamente ao ano precedente. Quanto à área ardida, é possível verificar um decréscimo de, aproximadamente, 23% relativamente ao último decénio e um aumento de 33% relativamente ao ano de 2011.

Em termos absolutos, relativamente à média do último decénio, verificou-se um decréscimo de 2810 ocorrências e de 33789 hectares de área ardida.

De referir que, tal como se tem verificado ao longo dos anos, no ano de 2012 o número de fogachos é bastante superior ao número de incêndios florestais, sendo que, em termos de percentagem e relativamente à média do decénio anterior, tanto o número de fogachos como de incêndios florestais foram reduzidos, muito aproximadamente, na mesma proporção.

Ainda relativamente à Tabela 2-1 foi possível, em função do tempo (2002 – 2012), construir dois gráficos, onde o primeiro ilustra o número de ocorrências e o segundo a área ardida.

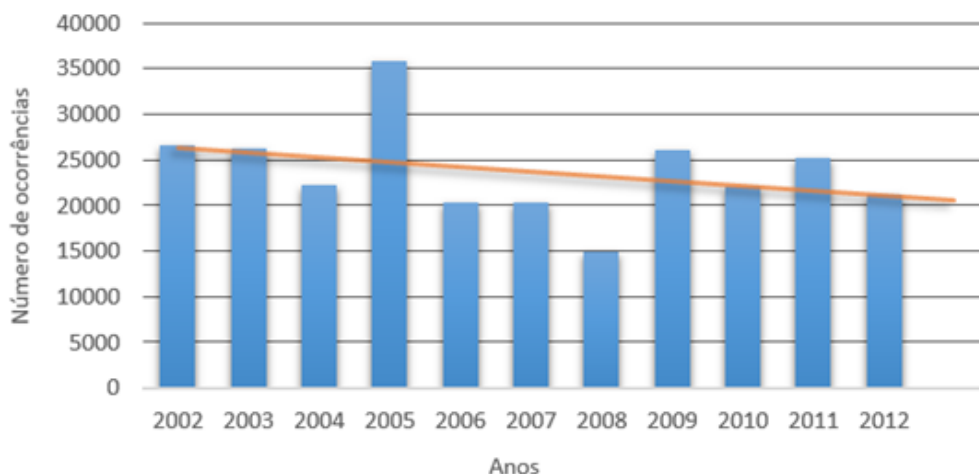


Gráfico 2-1 - Número de ocorrências em função do tempo (2002-2012)

Analisado o Gráfico 2-1, é de salientar o ano de 2005 com um total de 35823 ocorrências, onde 8192 foram incêndios florestais. É de mencionar também, tendo como base os anos apresentados, o declive negativo da linha de tendência obtida por regressão linear, o que indicia uma diminuição do número de ocorrências para anos futuros.

Ao contrário do que se possa pensar, o número de ocorrências não está directamente relacionado com a área ardida. Estes dois indicadores devem ser analisados separadamente, sendo que, por vezes, um único incêndio pode ocasionar uma área ardida igual ou superior a uma outra resultante de várias ocorrências.

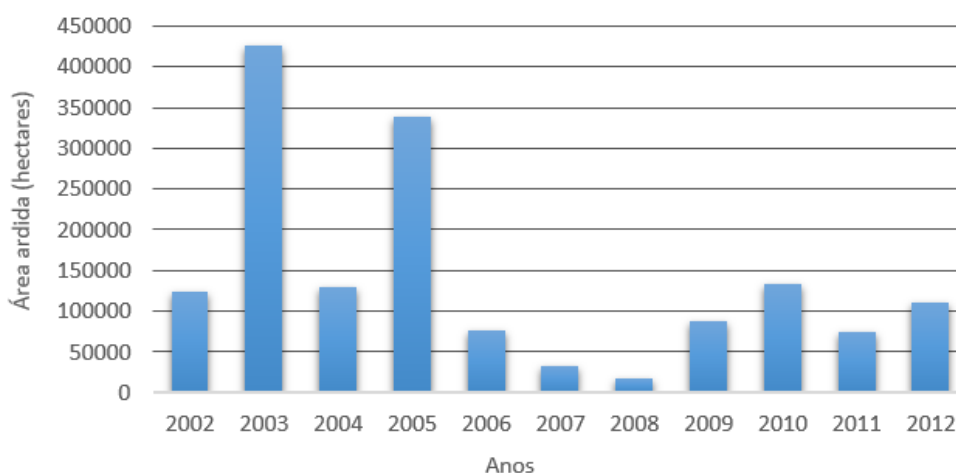


Gráfico 2-2 - Área ardida em função do tempo (2002-2012)

Relativamente à porção de área ardida (Gráfico 2-2), destaque para o ano de 2003, onde foi registada uma área ardida de 425839 hectares. Quanto ao ano de 2012, a área ardida contabilizada foi de 110232 hectares, mais 36403 hectares que no ano anterior, apesar de neste mesmo ano ter sido registado um maior número de ocorrências. De notar ainda a tendência deste parâmetro para valores cada vez mais constantes nos últimos anos, nomeadamente, desde 2006.

A Figura 2-14 foi retirada do *Relatório Anual de Áreas Ardidas e Incêndios Florestais em Portugal Continental de 2012*. Esta dá a conhecer as áreas ardidas registadas durante todo o ano de 2012 em Portugal continental.

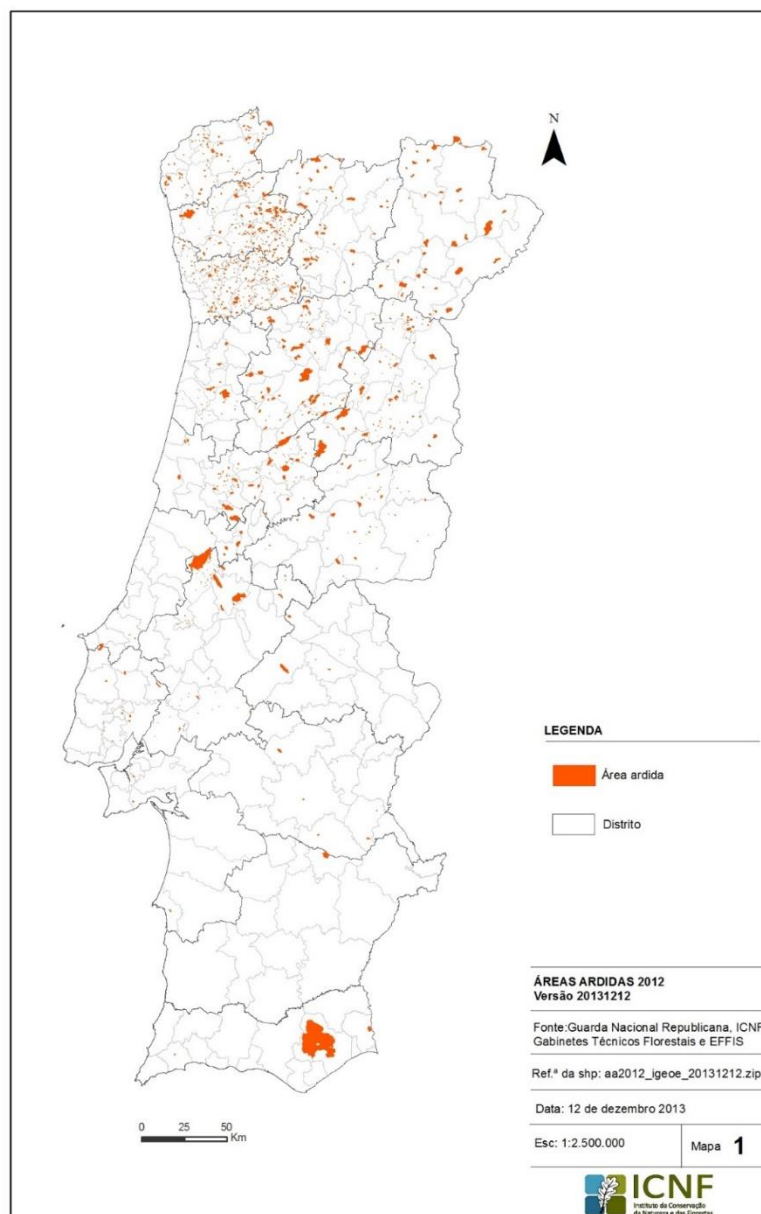


Figura 2-14 - Mapa ilustrativo da área ardida no ano de 2012 [10]

A Tabela 2-2 refere-se somente ao ano de 2012, onde se encontram, para cada distrito de Portugal continental, identificadas as ocorrências, reacendimentos e a área ardida.

Tabela 2-2 - Número e especificação das ocorrências, número de reacendimentos e área ardida no ano de 2012 [10]

Distrito	Ocorrências			Reacendimentos	Área ardida (hectares)
	Incêndios Florestais	Fogachos	Total		
Aveiro	182	1668	1850	448	2691
Beja	19	42	61	0	795
Braga	563	1540	2103	283	8931
Bragança	515	487	1002	1	14824
Castelo Branco	71	387	458	6	2018
Coimbra	109	737	846	32	5649
Évora	19	28	47	0	341
Faro	50	482	532	3	22183
Guarda	365	314	679	11	10219
Leiria	118	656	774	59	2495
Lisboa	264	1086	1350	17	1738
Portalegre	22	66	88	1	1177
Porto	462	4550	5012	340	3664
Santarém	93	516	609	2	7804
Setúbal	33	607	640	4	361
Viana do Castelo	343	809	1152	144	2917
Vila Real	694	1109	1803	165	6980
Viseu	503	1667	2170	340	15445
Total	4425	16751	21176	1856	110232

É possível constatar que cerca de 80% das ocorrências em 2012 foram fogachos e, apesar de não ser o distrito com maior número de ocorrências, o distrito de Aveiro regista o maior número de reacendimentos. Destaque para o distrito de Faro, onde, tendo em conta o número de ocorrências, a área ardida tomou valores anormalmente grandes comparativamente com os restantes distritos.

O maior incêndio florestal registado no ano de 2012 foi no distrito de Faro, concelho de Tavira, entre os dias 18 e 22 de Julho.

Para finalizar, o Gráfico 2-3 foi realizado tendo como base a Tabela 2-2. Neste é possível averiguar a posição de cada distrito de Portugal continental relativamente ao total de ocorrências e à área ardida no ano de 2012.

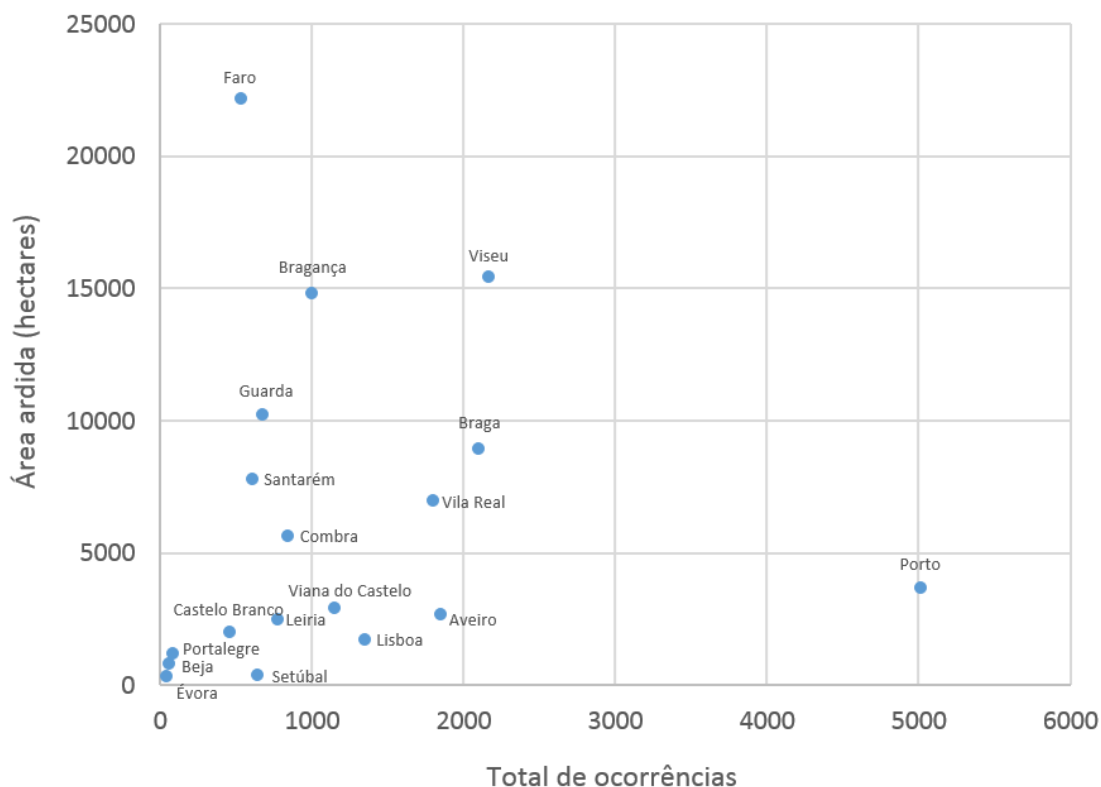


Gráfico 2-3 - Disposição dos distritos em função do número de ocorrências e de área ardida no ano de 2012

Destaque para os distritos de Porto e Faro, onde a relação Área ardida/Total de ocorrências toma valores incomuns comparativamente aos restantes distritos.

No caso do distrito do Porto, o número de ocorrências toma valores de 5012, sendo 462 incêndios florestais e 4550 fogachos. Mesmo com este número avolumado de casos, a quantidade de área ardida não ultrapassou os 5000 hectares. Por outro lado, no distrito de Faro, com um total de apenas 532 ocorrências, foram contabilizados cerca de 220.000 hectares de área ardida, o que acaba por ultrapassar em cerca de 6.700 hectares a área ardida no distrito de Viseu (que no mesmo ano foi o segundo distrito com maior quantidade de área ardida).

3 Os incêndios Florestais no âmbito da Produção de Frio

O fogo pode ser visto como um processo químico de transformação capaz de produzir luz e calor. A teoria do triângulo do fogo defende que, para que este tenha origem são necessários, essencialmente, três componentes: comburente, combustível e calor. No entanto, a estes três elementos foi ainda adicionada a componente de reacção em cadeia, que pode ser vista como uma variável temporal e de interligação, o que possibilita a sustentabilidade da chama – Figura 3-1.

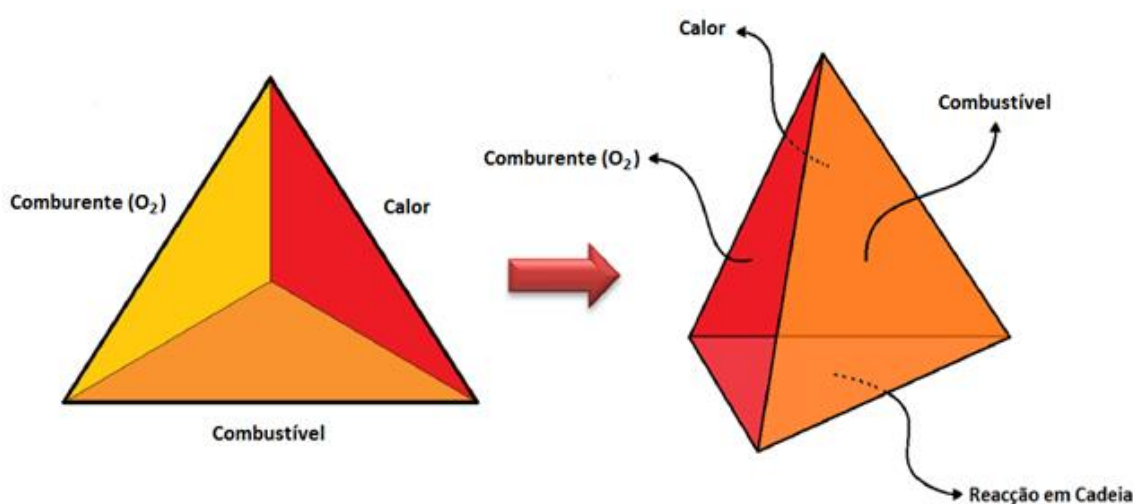


Figura 3-1 - Ilustração do triângulo de fogo e tetraedro do fogo

3.1 Actuação com Água

Antes de avançar para a enumeração dos equipamentos de carácter geral de um veículo de combate a incêndios, vale a pena referir as metodologias próprias da utilização de água para combater um incêndio florestal. De notar que, quando bem aproveitada, a sua utilização no combate directo apresenta, normalmente, bons resultados [11].

A água sob pressão, com mangueiras e agulhetas adequadas, é capaz de alcançar grandes distâncias e suprimir extensões razoáveis de chama. Por norma, a utilização de jacto directo baixa o nível das chamas e permite, não só uma melhor aproximação, como também a extinção de frentes consideráveis.

Aquando da utilização de água no combate a incêndios, é sempre necessário ter presente a noção de que esta é um bem escasso que não deve ser desperdiçado. As boas práticas e o correcto uso dos equipamentos permitem economizar grandes quantidades de água, como tal, é possível enumerar as seguintes formas de poupança deste recurso [1]:

- No caso de erva, a água deve incidir na base das chamas, junto ao solo, cobrindo o combustível a arder apenas durante o tempo necessário para a extinção das chamas;
- Se for uma árvore ou um tronco a arder, a água deve ser apontada inicialmente para a base e ir subindo ao longo do tronco;
- Os movimentos de um foco para outro devem ser feitos com a agulheta fechada;
- Preferencialmente, a água deve ser pulverizada, de forma tão fina quanto necessária para garantir a extinção;
- A água sob a forma de jacto só deve ser usada se for estritamente necessário para vencer distâncias, extinguir focos em partes elevadas das árvores ou atacar um foco intenso e permitir a aproximação de outros meios.

É importante referir que não existem dois incêndios iguais, no entanto, existem algumas regras e praticas que podem ser aplicadas ou adaptadas à situação [1]:

- Caso não seja possível a aproximação à frente de chama devido à sua intensidade, dever-se-á utilizar o jacto de água, apontando-o para a base das chamas;
- Assim que seja possível, a acção de aproximação ao combustível a arder deve ser realizada o mais rapidamente possível. Nesta fase, dever-se-á mudar a posição da agulheta de jacto para pulverização, uma vez que esta solução, para além de ter uma maior eficácia no processo de extinção devido à elevada área sobre a qual consegue actuar, garante, também, alguma protecção ao bombeiro – Figura 3-2.



Figura 3-2 - Modos de actuação com água [1]

- A frente de chama deve ser definitivamente extinta antes de se efectuar movimentos de aproximação. No entanto, como já foi referido, é necessário ter em consideração a utilização cuidada do recurso.
- Consoante o terreno, combustível e efeito do vento, o ângulo de ataque deve ser constantemente revisto para garantir que as chamas sejam combatidas com a máxima eficiência possível.

3.2 Princípios de refrigeração

Tendo em vista a concepção de um equipamento de produção de água gelada, será necessário definir e entender algumas metodologias utilizadas no âmbito da refrigeração. Como tal, neste capítulo serão expostos os conceitos inerentes ao processo de arrefecimento de água, nomeadamente, o ciclo frigorífico e os seus constituintes.

3.2.1 Fluido frigorígeno

O fluido frigorígeno é um fluído de trabalho que tem como finalidade percorrer os diversos estágios do ciclo frigorífico e efectuar as trocas de calor no evaporador e condensador.

O processo de selecção do fluido refrigerante deve ter em conta alguns factores, sendo eles: as propriedades termodinâmicas do fluido, a sua estabilidade química e o cumprimento de todas as condições de segurança.

Actualmente, um dos fluidos frigorígenos mais utilizado continua a ser o R12. Contudo, devido às exigências anunciadas pelo Protocolo de Montreal, está previsto que, até ao ano de 2021, este fluido seja completamente posto de parte. Posto isto, a necessidade de encontrar um fluido capaz de substituir o R12 acabou por conduzir a vários estudos que vieram dar credibilidade e aceitação à utilização do fluido R134a [20].

O R134a é um haloetano⁸ também conhecido por 1,1,1,2 – Tetrafluoretano ou HFC-134a. Entre as suas várias propriedades é possível destacar as seguintes (Tabela 3-1):

Tabela 3-1 - Propriedade do fluido frigorífero R134a [12]

Massa molecular	102,03 u
Massa volúmica	4,25 kg/m ³
Atmospheric lifetime	14 anos
Ozone depletion potencial (ODP)⁹	0
Global-warming potencial (GWP₁₀₀)¹⁰	1430
Temperatura de evaporação a 101,325 kPa	-26,074°C
Temperatura de congelação	-103,3°C

Para além das propriedades referidas na tabela 6.1, é importante referir que o R134a é também um fluido não inflamável/explosivo e de elevada estabilidade química [13]. No âmbito deste projecto, estas características acabam por ser de elevada importância, garantindo que, em caso de acidente, as consequências não contribuam para que o incêndio desencadeie outras formas de combustão ao contactar com um eventual derrame.

3.2.2 Constituintes de um ciclo frigorífico

Neste subcapítulo serão enunciados e descritos os principais constituintes de um ciclo frigorífico de compressão de vapor, contudo, é importante referir que, para além dos componentes posteriormente referidos, existe uma série de outros equipamentos que são imprescindíveis para o correcto funcionamento do ciclo.

De maneira a garantir o correcto desempenho do sistema, todos os equipamentos devem ser estudados de forma individual, avaliando e assegurando que as suas condições de funcionamento são as requeridas para o projecto em questão.

⁸ Derivado halogenado obtido a partir da halogenação do etano (composto alceno).

⁹ Valor compreendido entre 0 e 1, relativamente ao fluido de trabalho R-11 (valor 1), indicador da capacidade de destruição de ozono estratosférico.

¹⁰ Valor indicativo, num período de tempo de 100 anos, da contribuição de um determinado gás com efeito de estufa para o aquecimento global, comparativamente ao potencial do dióxido de carbono para o mesmo efeito (valor 1).

3.2.2.1 Compressor

O compressor é o componente do ciclo frigorífico responsável por aumentar a pressão do fluido frigorigéneo e promover a sua circulação ao longo do sistema. Este equipamento é escolhido tendo em conta, essencialmente, a capacidade da instalação e o fluido frigorigéneo utilizado.

No ciclo teórico o processo de compressão é considerado isentrópico, o qual pode ser visto como um processo adiabático sem a presença de atrito (Figura 3-3). Neste processo é realizado trabalho por parte do elemento de compressão e a energia do fluido é aumentada de acordo com a quantidade do trabalho mecânico executado sobre o mesmo.

O tipo de compressor mais utilizado é a máquina de deslocamento positivo. Este tipo de dispositivo utiliza forças mecânicas aplicadas para aumenta a pressão do fluido frigorigéneo (no estado de vapor) através da redução do volume interno de uma câmara de compressão. Compressores do tipo alternativo, parafuso, palhetas ou *Scroll* utilizam esta tecnologia para desempenhar a sua função.

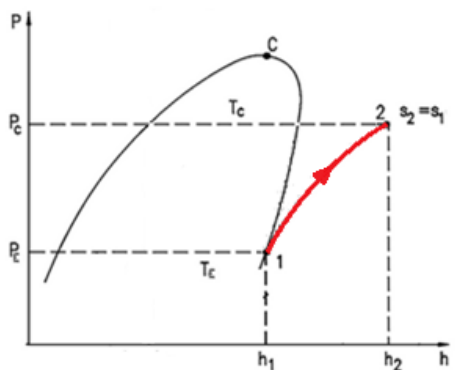


Figura 3-3 - Representação teórica do efeito do compressor num diagrama p-h [Adaptação de 14]

A partir das leis da conservação da massa e conservação da energia, é possível enunciar a seguinte expressão para determinar a **potência consumida pelo compressor**:

$$\dot{W}_{12} = \dot{m}_f \cdot (h_2 - h_1) \quad (1)$$

Onde:

- \dot{W}_{12} – Potência consumida pelo compressor [kW]
- \dot{m}_f – Caudal mássico de fluido frigorigéneo [kg/s]
- h_1 – Entalpia à entrada do compressor/saída do evaporador [kJ/kg]
- h_2 – Entalpia à saída do compressor/entrada do condensador [kJ/kg]

Conhecendo os rendimentos, eléctrico, mecânico e isentrópico associados ao equipamento, é possível ainda determinar a **potência consumida pelo motor eléctrico** através da seguinte expressão:

$$P_{elect} = \frac{\dot{W}_{12}}{\eta_e \cdot \eta_m \cdot \eta_i} \quad (2)$$

Onde:

- P_{elect} – Potência consumida pelo motor eléctrico [kW]
- \dot{W}_{12} – Potência consumida pelo compressor [kW]
- η_e – Rendimento eléctrico
- η_m – Rendimento mecânico
- η_i – Rendimento isentrópico

3.2.2.2 Condensador

No condensador é realizada a dissipação do calor presente no ciclo frigorífico. O fluido frigorigéneo entra neste equipamento no estado de vapor sobreaquecido com o propósito de transferir calor para um meio definido para o efeito. Uma vez realizada a troca de calor e concluída a condensação do fluido, este irá sair no estado líquido saturado (ou líquido subarrefecido num ciclo real) – Figura 3-4.

De notar que, o calor rejeitado é equivalente à soma do calor absorvido no evaporador com o trabalho de compressão associado ao compressor.

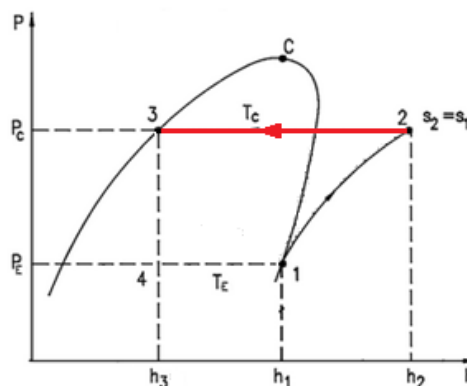


Figura 3-4 - Representação teórica do efeito do condensador num diagrama p-h [Adaptação de 14]

Tendo em conta novamente as leis da conservação da massa e conservação da energia, a **potência frigorífica rejeitada no condensador** pode ser determinada através da seguinte expressão:

$$\dot{Q}_c = \dot{m}_f \cdot (h_3 - h_2) \quad (3)$$

Onde:

- \dot{Q}_c – Potência frigorífica rejeitada no condensador (energia a sair do sistema) [kW]
- \dot{m}_f – Caudal mássico de fluido frigorigéneo [kg/s]
- h_2 – Entalpia à saída do compressor/entrada do condensador [kJ/kg]
- h_3 – Entalpia à saída do condensador/entrada do dispositivo de expansão [kJ/kg]

3.2.2.3 Dispositivo de Expansão

Num ciclo frigorífico, o dispositivo de expansão tem como finalidade reduzir a pressão do fluido frigorigéneo desde a pressão de condensação até à pressão de evaporação. Este equipamento é ainda responsável por controlar o caudal de fluido frigorigéneo que, de acordo com as necessidades, irá chegar ao evaporador.

Um dos dispositivos de expansão mais utilizados é a válvula de expansão termostática. Para realizar a sua função, este dispositivo utiliza um mecanismo diafragma que será actuado de acordo com as propriedades do fluido frigorigéneo à saída do evaporador.

Para efeitos de cálculo, o processo de expansão será visto como um processo adiabático irreversível (Figura 3-5), ou seja, considera-se que o dispositivo de expansão não é responsável por qualquer variação da energia cinética e potencial do fluido frigorigéneo [15].

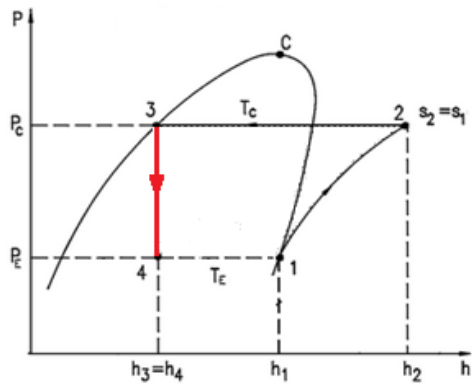


Figura 3-5 - Representação teórica do efeito do dispositivo de expansão num diagrama p-h [Adaptação de 14]

É ainda importante referir que o estrangulamento que ocorre no dispositivo de expansão ocasiona, para além da queda de pressão, a passagem de parte do fluido frigorífero do estado líquido para o estado de vapor. Este processo irá dar origem a uma transferência de energia dentro do próprio fluido, o que justifica a discrepância entre os valores de entropia registados antes e depois do dispositivo de expansão [15].

3.2.2.4 Evaporador

O evaporador é o elemento responsável por realizar a remoção de calor do meio refrigerado. Este processo é tanto isotérmico como isobárico e, no final desta evolução, o fluido encontrar-se-á à pressão e temperatura de evaporação no estado de vapor saturado – Figura 3-6.

De notar que, num ciclo real, o processo de absorção de calor por parte do fluido frigorífero pode ser separado em duas fases, sendo elas o período de evaporação e o período de sobreaquecimento. A primeira fase ocorre a temperatura constante durante o período de tempo necessário para que se dê a evaporação do fluido frigorífero. Já a segunda corresponde ao processo de sobreaquecimento do fluido, onde haverá um aumento de temperatura e conseqüente passagem do fluido no estado de vapor saturado para o estado de vapor sobreaquecido.

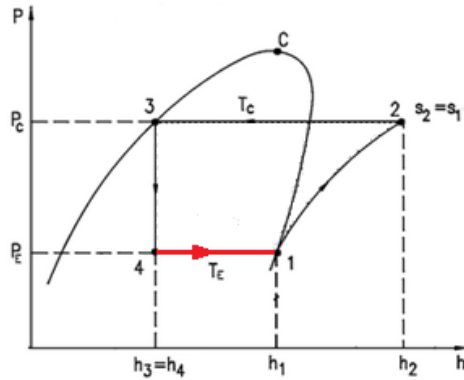


Figura 3-6 - Representação teórica do efeito do evaporador num diagrama p-h [Adaptação de 14]

A **potência frigorífica absorvida no evaporador** pode ser determinada através da seguinte expressão:

$$\dot{Q}_E = \dot{m}_f \cdot (h_1 - h_4) \quad (4)$$

Onde:

- \dot{Q}_E – Potência frigorífica absorvida no evaporador (energia a entrar no sistema) [kW]
- \dot{m}_f – Caudal mássico de fluido frigorígeno [kg/s]
- h_4 – Entalpia à entrada do evaporador/saída do dispositivo de expansão [kJ/kg]
- h_1 – Entalpia à entrada do compressor/saída do evaporador [kJ/kg]

3.2.3 Ciclo de Carnot

O ciclo de compressão de vapor mais eficiente é intitulado de ciclo de *Carnot*. A sua simplicidade deriva dos seus processos completamente reversíveis e impossíveis por natureza – Figura 3-7. Este ciclo opera entre duas temperaturas constantes, desta forma, é importante referir que, para a mesma gama de temperaturas, nenhum outro ciclo frigorífico poderá igualar os níveis de coeficiente de performance – relação entre potência frigorífica e a potência de compressão necessária para o funcionamento de um determinado ciclo frigorífico – do ciclo de *Carnot*.

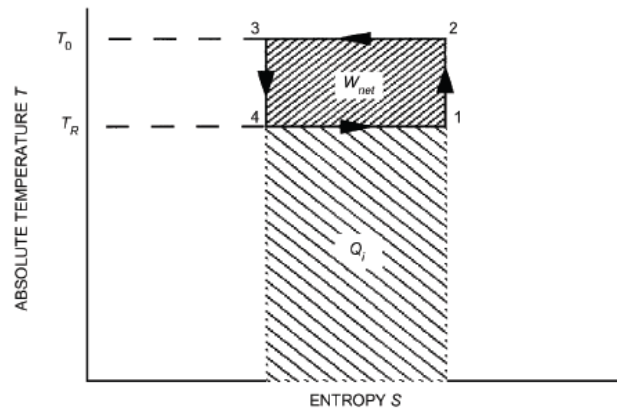


Figura 3-7 - Representação do ciclo de Carnot num diagrama t-s [14]

Analisando a Figura 3-7 é possível identificar as seguintes evoluções:

- **1 → 2 – Compressão isentrópica** – Neste processo, recorrendo a um compressor, a temperatura e pressão do fluido são aumentados. Uma vez que se trata do ciclo de *Carnot*, considera-se que o compressor se encontra termicamente isolado, ou seja, as perdas são inexistentes;
- **2 → 3 – Condensação reversível e isotérmica** – A temperatura constante, o fluido perde calor para um meio externo, obrigando-o desta forma a condensar;
- **3 → 4 – Expansão isentrópica** – Através de um dispositivo de expansão, a temperatura e pressão do fluido diminuem. Tal como no processo de compressão, na expansão isentrópica não são consideradas quaisquer perdas;
- **4 → 1 – Evaporação reversível e isotérmica** – Para finalizar o ciclo, durante o processo de evaporação isotérmica, dá-se uma nova mudança de estado do fluido enquanto este remove calor do meio a arrefecer.

3.2.4 Ciclo de Carnot Vs Ciclo Teórico Vs Ciclo Real

O ciclo frigorífico teórico pode ser considerado como uma aproximação ao ciclo real, onde, ao contrário deste último, as perdas de pressão ao longo das tubagens e nos próprios equipamentos não são contabilizadas. É de salientar que, ao contrário do ciclo de *Carnot*, o ciclo teórico realiza uma compressão isentrópica somente com o fluido no estado de vapor saturado, dando conseqüentemente origem a vapor sobreaquecido, o qual perderá energia em forma de calor até atingir a temperatura de condensação. Também o processo

de expansão do fluido irá ocorrer de maneira diferente, sendo a expansão isentrópica associada ao ciclo de *Carnot*, substituída por um processo isentálpico no ciclo real.

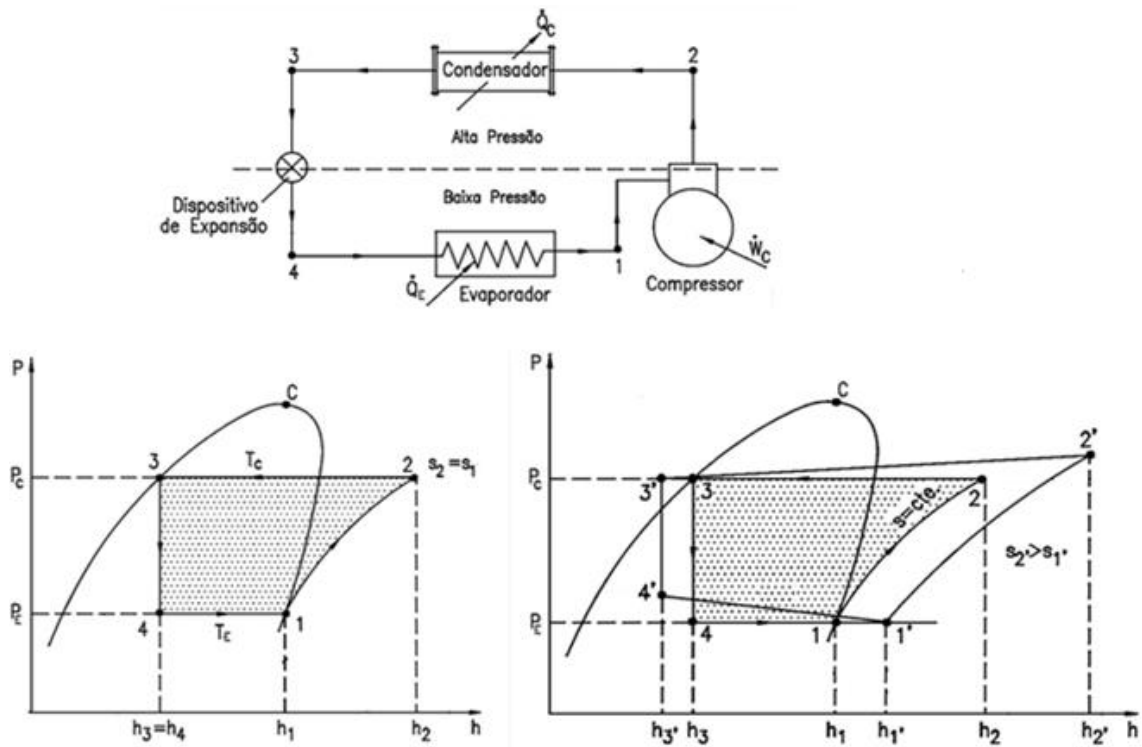


Figura 3-8 - Representação simples dos componentes principais de um circuito frigorífico e comparação dos ciclos teórico e real num diagrama p-h [Adaptado de 14]

Em suma, um ciclo teórico pode ser caracterizado pelas seguintes evoluções:

- **1 → 2** – Compressão isentrópica com aumento de pressão e temperatura;
- **2 → 3** – Condensação a pressão constante desde a temperatura T_2 (saída do compressor) até à temperatura de condensação;
- **3 → 4** – Expansão isentálpica irreversível desde a pressão de condensação até à pressão de evaporação;
- **4 → 1** – Evaporação a pressão e temperatura constantes até o fluido atingir o estado de vapor saturado.

Analisando a Figura 3-8 que compara o ciclo real e teórico é possível enunciar algumas diferenças que acabam por caracterizar e definir o ciclo real:

- No ciclo real, o processo de compressão deixa de ser isentrópico, contabilizando desta forma a realidade associada ao funcionamento de um compressor;

- Também no ciclo real, o fluido deixa de entrar no compressor no estado de vapor saturado e passar a entrar sob a forma de vapor sobreaquecido, desta forma, será garantida a não existência de fluido no estado líquido no interior do compressor;
- São contabilizadas, no ciclo real, as perdas de pressão no condensador, evaporador e meios de ligação (principalmente originadas por atrito e perdas de calor para o exterior);
- Assim como há entrada do compressor é garantida apenas a presença de fluido no estado de vapor, à entrada do dispositivo de expansão, recorrendo a um subarrefecimento causado pelo sobredimensionamento do sistema, é assegurada a presença apenas de fluido no estado líquido.

3.3 Solução com base na utilização de Água Gelada

Com base nos conhecimentos associados à remoção de cargas térmicas, é possível afirmar que a remoção de calor de um determinado meio é tanto mais eficaz quanto mais frio estiver o fluido responsável por efectuar a troca de calor. Desta forma, é possível afirmar que a eficácia do combate a um incêndio florestal está, de certa forma, relacionada com a temperatura do agente extintor.

A utilização de água gelada no combate a um incêndio florestal é, do ponto de vista termodinâmico, uma solução teoricamente viável, no entanto, a quantificação dos níveis de eficiência associados apenas podem ser determinados recorrendo a ensaios laboratoriais minuciosos e tecnicamente correctos.

Posto isto, foram estudadas e discutidas diversas soluções com o propósito de arrefecer a água destinada a combater um incêndio florestal. Inicialmente estava previsto adaptar um equipamento de arrefecimento de água a um veículo florestal de combate a incêndios, contudo, seria expectável que a complexidade deste procedimento pudesse por em causa a viabilidade do meio de combate, nomeadamente, a nível estrutural. De notar que esta solução passaria, muito provavelmente, pela necessidade de adaptar o meio de combate a incêndios ao meio de arrefecimento de água, sendo o oposto desta ideia a base da proposta inicial.

Posta de parte a opção de equipar um veículo, terrestre ou aéreo, pensou-se então numa solução mais independente do ponto de vista da adaptabilidade aos meios de combate a

incêndios. Desta forma, prevê-se que o meio de produção de água gelada actue como um elemento externo que possa ser adaptado a duas situações/opções distintas: a primeira, a um atrelado de maneira a que este seja rebocável até às proximidades do incêndio por um veículo de comando táctico, e uma segunda, onde se prevê a utilização de um veículo pesado de mercadorias equipado com uma superestrutura do tipo plataforma para posterior fixação do equipamento de produção de água gelada. De notar que, numa fase mais avançada deste trabalho, serão analisadas as duas opções previamente enunciadas.

Está previsto que a solução escolhida sirva como um meio de ligação entre o veículo florestal de combate a incêndios e as manobras de ataque por terra, nomeadamente, o ataque directo às frentes de chama. Desta forma, parte da água que se encontra armazenada nos veículos de combate será encaminhada para o equipamento de produção de água gelada para posteriormente, através de lanços de mangueira flexível, efectuar o ataque ao incêndio.

É ainda importante referir que existem diversos tipos de veículos de combate a incêndios, onde as características e particularidades de cada tipologia permitem actuar com a máxima eficiência sobre um caso específico. No âmbito deste projecto, as principais diferenças entre tipologias a ter em conta serão: o volume dos tanques de armazenamento de água, os equipamentos responsáveis por impor movimento à água para que esta se desloque através das mangueiras, os diâmetros das entradas/saídas dos equipamentos/acessórios e o equipamento de presença obrigatória em cada tipologia. Posto isto, para que o equipamento de produção de água gelada possa cumprir correctamente a sua função sem problemas inerentes ao seu dimensionamento, será necessário estudar as tipologias existentes e encontrar a solução mais viável do ponto de vista da adaptação e simplicidade de execução.

Por fim, dada a componente inovadora que engloba este projecto, será necessário ter em conta os diversos problemas que poderão surgir durante a sua concepção/utilização. Esta noção leva a que seja realizado um levantamento dos pontos críticos cujas soluções devem ser futuramente discutidas.

3.4 Equipamento geral de um veículo de combate a incêndios

Actualmente, a metodologia de ataque por terra a um incêndio florestal pode englobar variadíssimas manobras que, dependendo do equipamento disponível e do grau de conhecimento dos seus utilizadores, poderão ser utilizadas conforme indicação do responsável das operações. Posto isto, existem determinados equipamentos cuja presença num veículo de combate a incêndios é obrigatória por lei. Do ponto de vista da adaptação do equipamento de produção de água gelada ao meio de combate a incêndios, esta imposição facilita a implementação da solução escolhida, sendo possível ter conhecimento prévio dos equipamentos e acessórios, nomeadamente elementos de ligação, disponíveis num determinado veículo de combate a incêndios.

Para além da enumeração dos componentes de presença obrigatória nos mais diversos veículos de combate a incêndios, o Despacho nº 21638/2009 providencia informações detalhadas de vários equipamentos de interesse para a realização deste projecto, particularmente, as características da bomba de aspiração e os diâmetros nominais dos equipamentos e mangueiras.

3.4.1 Ligações *Storz*

Em Portugal, a maior parte das ligações entre os lanços de mangueira e os mais variados equipamentos de combate a incêndios é realizada recorrendo a conexões do tipo *Storz* (Figura 3-9). Ao contrário das ligações roscadas, este tipo de união não aplica o conceito de “macho e fêmea”, sendo a conexão realizada através do acoplamento de duas partes idênticas.

O procedimento para realizar a conexão destes dispositivos passa por prensar devidamente ambas as partes, uma contra a outra, até os ganchos destes componentes entrarem nas respectivas ranhuras da flange oposta



Figura 3-9 - Exemplo de elementos de ligação do tipo Storz [16]

É importante referir que as dimensões destes elementos de ligação encontram-se devidamente normalizadas através de diversas normas DIN. Contudo, no âmbito deste projecto, é possível destacar apenas os seguintes pontos de interesse:

- Ligação *Storz* B – Diâmetro nominal de 70mm;
- Ligação *Storz* C – Diâmetro nominal de 45mm;
- Ligação *Storz* D – Diâmetro nominal de 25mm.

3.4.2 Bomba de aspiração

No âmbito deste projecto, será a bomba de aspiração (também denominada de bomba de serviço de incêndios – Figura 3-10) que providenciará a circulação da água desde o tanque de armazenamento até ao equipamento de produção de água gelada. De notar que este acessório é um dispositivo especialmente concebido para ser incorporado em veículos de combate a incêndios.

O modo de accionamento deste equipamento é enunciado no Despacho nº 21638/2009:

“Ser accionada através de veio de transmissão vindo da tomada de força devidamente certificada, estando todas as transmissões equilibradas estática e dinamicamente, devendo a potência absorvida nos diversos regimes de trabalho ser inferior à potência disponibilizada pelo motor em cada regime de rotação de trabalho...” [16]



Figura 3-10 - Exemplo de bomba de serviço de incêndios instalada num veículo de combate a incêndios [18]

De notar que, segundo a regulamentação e de acordo com a tipologia do veículo de combate a incêndios, as bombas de serviço de incêndios possuem características que as distinguem umas das outras.

3.4.3 Mangueiras

As mangueiras são tubos flexíveis ou semi-rígidos, de borracha ou de fibras sintéticas, destinadas ao transporte de água. Estas podem ser repartidas em dois grupos: mangueiras semi-rígidas de média e de alta pressão e mangueiras flexíveis de baixa pressão.

As mangueiras semi-rígidas mais usuais possuem 25 e 32 mm de diâmetro e 60 metros de comprimento, estando enroladas em carretéis e ligadas permanentemente à instalação hidráulica do veículo, prontas a utilizar – Figura 3-11.



Figura 3-11 - Exemplo de carretel incorporado num veículo de combate a incêndios [18]

As mangueiras flexíveis apresentam frequentemente diâmetros de 25, 45 e 70mm, sendo normalmente arrumadas, lança a lança, em compartimentos existentes nos cofres dos veículos – Figura 3-12.



Figura 3-12 - Lanços de mangueira flexíveis arrumados nos cofres do veículo [18]

3.4.4 Agulhetas

As agulhetas são dispositivos adaptados nas extremidades das mangueiras que têm como objectivo expelir e dirigir a água (Figura 3-13). Este equipamento deverá ser leve, seguro, fácil de manejar e ainda possuir a particularidade de poder debitar água em forma de jacto ou pulverizada.



Figura 3-13 - Exemplo de agulheta [19]

A utilização correcta e segura de uma agulheta pressupõe ter noção da força que esta pode exercer sobre o seu utilizador. É importante não esquecer que a água que sai pela agulheta desloca-se com uma determinada energia, o que resulta num efeito de reacção que tende a impulsionar o equipamento no sentido oposto à saída da água – efeito esse que será mais acentuado quanto maior for o caudal debitado. Ainda dependente deste efeito, está o modo de utilização da agulheta, sendo a força de reacção mais elevada registada no modo de jacto. Esta circunstância é justificada pelo facto de, neste modo de funcionamento, o movimento de saída da água se realizar todo no mesmo sentido – Figura 3-14.

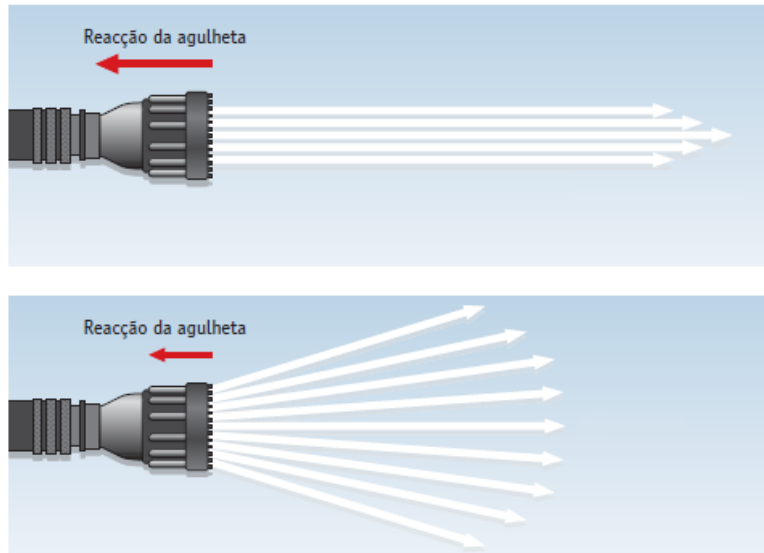


Figura 3-14 - Ilustração das reacções na agulheta de acordo com o modo de funcionamento [19]

3.4.5 Disjuntores

O disjuntor é um equipamento que tem como objectivo realizar o desdobramento de uma linha da mangueira em duas (ou mais) linhas de menor diâmetro (Figura 3-15). Estes equipamentos possuem uma válvula em cada ramificação que permite cortar o abastecimento de água do respectivo troço, sendo desta forma um dispositivo bastante útil quando se pretender realizar alterações num determinado troço sem se perder a utilidade do troço adjacente.

Os desdobramentos mais usuais são os seguintes:

- Uma linha de mangueira de 70mm em duas linhas de 45mm;
- Uma linha de mangueira de 45mm em duas linhas de 25mm.

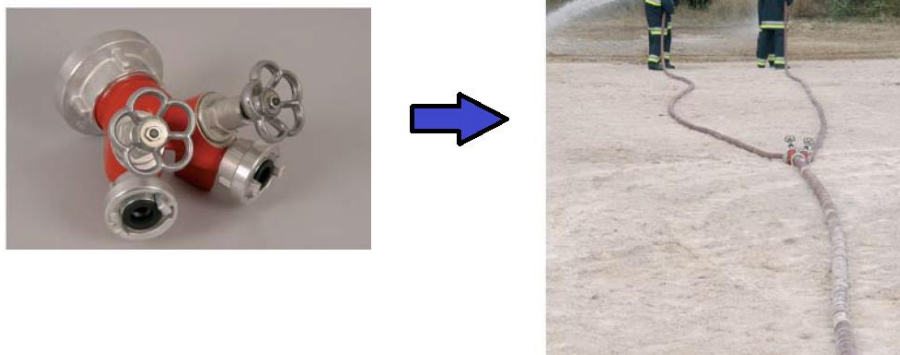


Figura 3-15 - Disjuntor e exemplo de aplicação [19]

3.4.6 Condutores

Os condutores, como o próprio nome indica, possuem a finalidade oposta dos disjuntores – associar duas ou mais linhas de menor diâmetro numa de diâmetro superior – Figura 3-16.

As associações de linhas de mangueira mais usuais são as seguintes [19]:

- Duas linhas de mangueira de 70mm para uma linha de 100mm;
- Quatro linhas de mangueira de 45mm para uma linha de 100mm;
- Duas linhas de mangueira de 45mm para uma linha de 70mm.

De notar que os condutores dispõem de válvulas anti-retorno que permitem a sua utilização quando o número de mangueiras de alimentação for inferior ao número total de entradas.



Figura 3-16 - Condutores e exemplo de aplicação [19]

4 Estudo e concepção do equipamento de produção de água gelada

4.1 Estudo das estruturas de suporte

Neste capítulo serão analisadas as duas soluções previstas para suportar o equipamento de produção de água gelada, sendo elas, um atrelado e um veículo especialmente concebido para o efeito. De notar que, ambas as soluções possuirão as suas vantagens e desvantagens. Desta forma, o objectivo da análise realizada neste capítulo, não será inviabilizar um ou outra solução, mas sim, dar a conhecer duas possibilidades praticáveis e distintas.

4.1.1 Atrelado

A utilização de um atrelado pressupõe desde logo a necessidade de existência de um veículo rebocador que se adeque às características do reboque escolhido.

É importante referir que existem vários tipos de reboque, assim como, diversos dispositivos de acoplamento e engate. Quanto ao tipo de reboque, é possível destacar as seguintes categorias [20]:

- Categoria O_1 – Reboque com peso bruto até 750 kg;
- Categoria O_2 – Reboque com peso bruto entre 750 kg e 3500 kg;
- Categoria O_3 – Reboque com peso bruto entre 3500 kg e 10000 kg;
- Categoria O_4 – Reboque com peso bruto superior a 10000 kg.

Actualmente, os dispositivos de acoplamento e engate instalados num Veículo de Comando Táctico (VCOT) são da classe A – Esfera de engate com suporte de tracção. Esta classe baseia-se na utilização de mecanismos que se complementam, sendo a esfera de engate, assim como o suporte de tracção, dispositivos mecânicos colocados no veículo tractor e ligados ao reboque através de uma cabeça de engate (Figura 4-1). Estes dispositivos são utilizados em reboques do tipo O_1 ou O_2 .

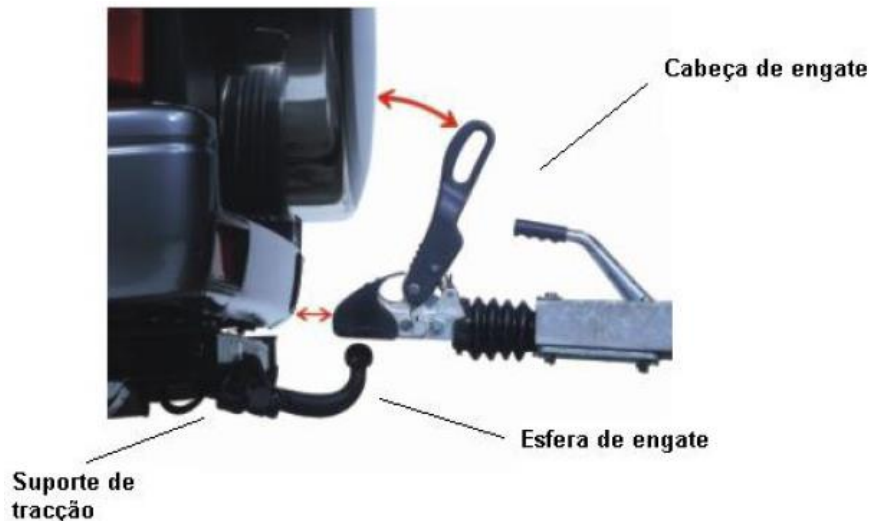


Figura 4-1 - Exemplo de esfera de engate com suporte de tracção [20]

É importante salientar que este tipo de acoplamento possui um limite de peso (3500 kg – categoria O₂), desta forma, caso o dimensionamento do equipamento de produção de água gelada dite um peso superior a 3500 kg, dever-se-á, dentro das possibilidades, adaptar um novo sistema de acoplamento e engate ao VCOT.

4.1.2 Veículo pesado de mercadorias

Esta solução passa por utilizar um veículo pesado de mercadorias com uma superestrutura do tipo plataforma que suporte o equipamento de produção de água gelada.

Os elementos estruturais de um veículo pesado de mercadorias podem ser divididos em três módulos distintos: chassis, elementos estruturais secundários e motor, transmissão e outros sistemas.

4.1.2.1 Chassis

Composto por longarinas e travessas (Figura 4-2) e assente nos eixos do veículo através de suspensões, o chassis é o elemento estrutural principal concebido para suportar praticamente todo o peso do veículo.

O perfil e espessura das longarinas são escolhidos consoante a ordem de grandeza das cargas pontoais que a estrutura necessite suportar. Quanto às travessas, estas estruturas são montadas em locais estratégicos de maneira a não debilitar a resistência das longarinas. De notar que, o perfil escolhido para as travessas influencia directamente a resistência à torção de todo o chassis, sendo o perfil em forma de U recomendável para os casos mais rigorosos e os perfis tubulares para condições menos exigentes [21].

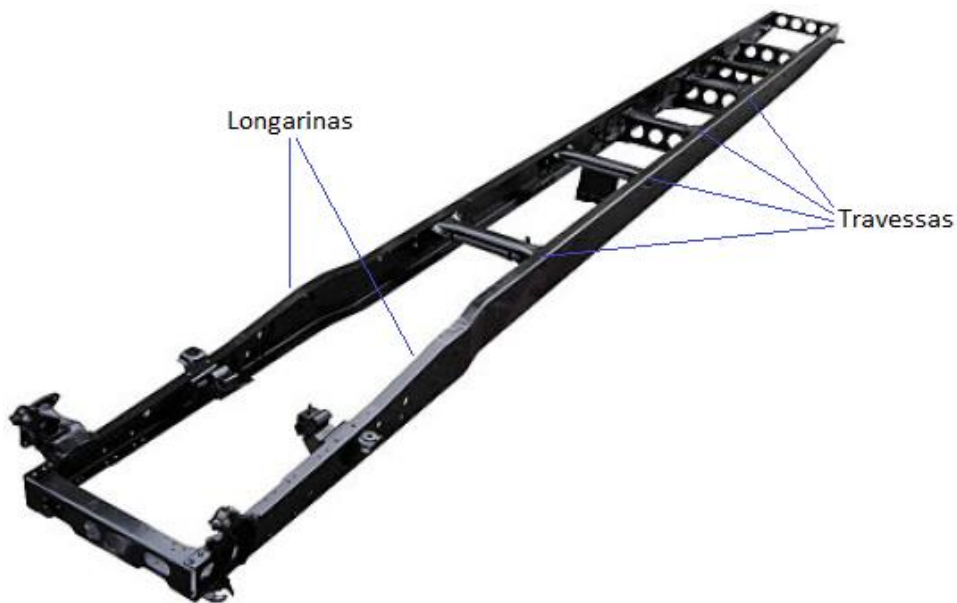


Figura 4-2 - Exemplo de chassis de um veículo pesado de mercadorias [21]

4.1.2.2 Elementos estruturais secundários

Os elementos estruturais secundários podem ser vistos como as estruturas destinadas a transportar carga e acomodar passageiros. Na maior parte dos veículos esses elementos podem ser divididos em dois tipos: cabina e superestrutura.

- **Cabina**

A cabina pode ser essencialmente de dois tipos: cabina normal (localizada atrás do motor com capot frontal para acesso ao motor) e cabina avançada (situada por cima do motor) sendo esta a tipologia mais comum (Figura 4-3) [21].

Os veículos de cabina avançada são normalmente utilizados em percursos de longo e médio curso. Desta forma, é comum encontrar cabinas avançadas de versão longa concebidas para proporcionar ao condutor um local de trabalho confortável e com a possibilidade de descanso.

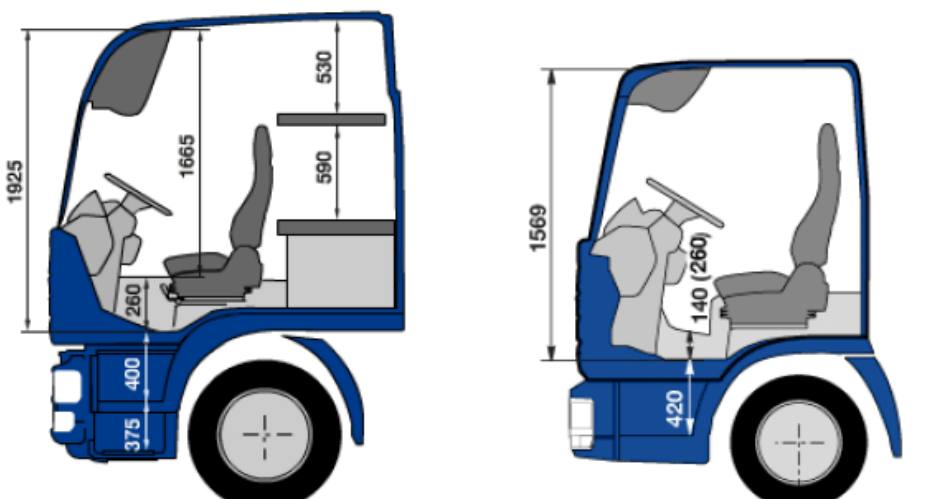


Figura 4-3 - Tipos de cabina em veículos pesados de mercadorias [21]

No âmbito deste projecto, a cabina avançada de versão longa poderá desde logo ser posta de parte. Para além de ser comumente aplicável a veículos que se destinam a percorrer longas distâncias, esta característica acaba por, numa primeira avaliação, não trazer qualquer vantagem para o que será a aplicabilidade do veículo.

- **Superestrutura**

A superestrutura é montada na parte traseira do veículo, sendo fixada ao chassis através de uma estrutura designada por chassis auxiliar.

Como base na superestrutura utilizada, é possível considerar diversos tipos de carroçarias de veículos pesados para transporte de mercadorias. Entre eles, é possível destacar a plataforma – Figura 4-4.



Figura 4-4 - Exemplo de superestrutura do tipo plataforma [21]

Este tipo de carroçaria confere ao veículo o espaço necessário para que seja possível estudar uma forma de fixar/adaptar os componentes do ciclo frigorífico responsáveis pelo processo de arrefecimento de água.

4.1.2.3 Motor, transmissão e outros sistemas

Este último grupo dos elementos estruturais de um veículo pesado de mercadorias diz respeito aos componentes responsáveis por conceder movimento ao veículo, assim como, outros sistemas indispensáveis ao seu funcionamento, tais como: o sistema de travagem, suspensão e direcção.

4.2 Estudo das potências de arrefecimento

Neste capítulo pretende-se determinar e dar a conhecer as potências frigoríficas necessárias para arrefecer uma determinada quantidade de água até temperaturas onde se possa empregar o termo de “água gelada”. As principais condições que determinaram o grau de grandeza das potências frigoríficas serão: o caudal debitado pela bomba de aspiração e, principalmente, o caudal debitado pelas agulhetas adaptadas aos lanços de mangueira a serem utilizados.

Para dar a conhecer o grau de precisão imposto pela regulamentação em vigor, o Anexo A mostra as características de um Veículo Florestal de Combate a Incêndios (VFCI), assim como os acessórios de presença obrigatória nesta tipologia.

Posto isto, a análise que se segue pretende, a partir de estudos independentes, retirar conclusões que permitam adaptar o equipamento de produção de água gelada à melhor solução possível.

Por forma a determinar as potências frigoríficas, será necessário conhecer e admitir algumas particularidades, sendo elas:

- Regime de funcionamento da bomba;
- Caudal de água direccionado para o equipamento;
- Gama de temperaturas da água (entrada e saída do equipamento de produção de água gelada);

Quanto ao regime da bomba, está previsto adaptar o equipamento de produção de água gelada ao modo de funcionamento em baixa pressão, sendo a pressão requerida para a globalidade das tipologias cerca de 10 bar. De notar que, o caudal debitado pela bomba de aspiração será “controlado” pelos débitos das agulhetas utilizadas durante o combate ao incêndio, sendo que, para a bomba de aspiração, apesar de serem impostos pela regulamentação débitos na ordem dos 2000 litros/minuto, este equipamento está preparado para operar com débitos bastante menores.

É importante referir que, na ocorrência de um incêndio florestal, a urgência e necessidade de controlar as frentes de chama exige que as forças de intervenção actuem o mais rapidamente possível e com todos os meios que tiverem ao seu dispor. Contudo, será necessário ter em conta que, a dificuldade de acesso a fontes de água para combater o incêndio, possa dificultar o próprio acto de combate e forçar os intervenientes a racionalizar a água ao ponto de esta apenas ser utilizada para retardar o avanço das chamas. Esta circunstância leva muitas vezes a que os bombeiros apenas utilizem 1/3 dos caudais máximos disponibilizados pelas agulhetas.

Dado o ambiente alternativo que se verifica durante um incêndio florestal, admite-se que a água armazenada no tanque do veículo de combate a incêndios se encontra a 25°C. Já à saída do equipamento, está previsto obter-se uma temperatura máxima da água de cerca de 4°C, podendo ainda variar entre os 0 e os 5°C (intervalo de temperatura para o qual a água se pode denominar como “água gelada”).

Sabendo que, os caudais que percorrem as mangueiras são controlados pelas agulhetas e respectivos utilizadores, será possível, para uma determinada potência frigorífica, criar um intervalo de caudais admissíveis onde se verificará a presença de água gelada. Desta forma, proceder-se-á ao cálculo da potência frigorífica necessária para arrefecer o caudal máximo de água até à temperatura máxima admissível (4°C). Posteriormente, com a mesma potência frigorífica e considerando uma temperatura mínima (0°C), será determinado um novo caudal por forma a criar um intervalo.

A Tabela 4-1 mostra os caudais máximos de água disponibilizados por cada agulheta

Tabela 4-1 - Caudais volúmicos máximos [16]

	Caudal volúmico máximo previsto pela regulamentação (litros/minuto)
DN 70	750
DN 45	400
DN 25	130

Tendo como base a primeira lei da termodinâmica, é possível enunciar a seguinte expressão para determinar a **potência frigorífica necessária para arrefecer uma determinada quantidade de água**:

$$\dot{P} = \dot{m} \cdot c_p \cdot (\Delta T) \quad (5)$$

Onde:

- \dot{P} – Potência frigorífica necessária para realizar o arrefecimento [kW]
- \dot{m} – Caudal mássico de água [kg/s]
- c_p – Calor específico da água [$kJ/kg \cdot K$]
- ΔT – Diferença de temperaturas entre a saída e entrada do equipamento [$^{\circ}C$]

O calor específico e a massa volúmica da água serão definidos por forma a obter a maior carga frigorífica utilizando a equação 5. Por ser a temperatura mínima e apresentar os valores mais elevados, ter-se-á em conta os dados referentes à temperatura de $4^{\circ}C$ (Tabelas 4-2 e 4-3).

Tabela 4-2 - Calor específico da água a $+4^{\circ}C$ e a $+25^{\circ}C$ [22]

	$4^{\circ}C$	$25^{\circ}C$
Calor específico [$kJ/kg \cdot K$]	4,214	4,178

Tabela 4-3 - Massa volúmica da água a $+4^{\circ}C$ e a $+25^{\circ}C$ [23]

	$4^{\circ}C$	$25^{\circ}C$
Massa volúmica [kg/m^3]	999,8	994,1

Recorrendo à equação 6, é possível expressar em massa por unidade de tempo os caudais volumicos apresentados na Tabela 4-1:

$$\dot{m} = \dot{Q} \cdot \rho \quad (6)$$

Onde:

- \dot{m} – Caudal mássico [kg/s]
- \dot{Q} – Caudal volúmico [m^3/s]
- ρ – Massa volúmica [kg/m^3]

Nota: Os caudais volúnicos, anteriormente expressos em litros/minuto, podem ser facilmente convertidos para m^3/s , tendo em conta que 1litro = $0,001m^3$ e 1minuto = 60segundos.

Tabela 4-4 - Caudais mássicos máximos

	Caudal mássico máximo previsto pela regulamentação (kg/s)
DN 70	12,50
DN 45	6,67
DN 25	2,17

Recorrendo à equação 5, é possível determinar a carga térmica necessária para arrefecer os caudais de água anteriormente enunciados:

Tabela 4-5 - Potências de arrefecimento necessárias para arrefecer os caudais de água das possíveis saídas

Calor específico [$kJ/kg \cdot K$]	Caudal mássico [kg/s]			$ \Delta T $ [$^{\circ}C$]	Potência frigorífica [kW]		
	DN 70	DN 45	DN 25		DN 70	DN 45	DN 25
4,214	12,50	6,67	2,17	4 – 25	1106,18	590,25	192,03

Exemplo – DN 25:

$$\dot{P} = \dot{m} \times c_p \times |\Delta T| \Leftrightarrow \dot{P} = 2,17 \times 4,214 \times 21 \Leftrightarrow \dot{P} = \mathbf{192,03 \text{ kW}}$$

Analisando a Tabela 4-5, é possível observar as potências frigoríficas necessárias para arrefecer, até $4^{\circ}C$, os caudais máximos de água debitados pelos três diferentes tipos de agulhetas utilizadas no combate a incêndios. Posto isto, e uma vez que se pretende obter

uma temperatura da água à saída do equipamento não inferior a 5°C, as potências frigoríficas determinadas na Tabela 4-5 serão efectivamente as potências a considerar aquando do dimensionamento do equipamento. De notar que, para valores de potência inferiores aos estipulados e com as agulhetas a trabalhar em pleno, não será garantido o arrefecimento até às temperaturas de interesse.

Seguidamente, recorrendo novamente à equação 5 e tendo como referência as potências frigoríficas anteriormente calculadas, será alterada a temperatura da água à saída do equipamento para a temperatura mínima admissível – 0°C. É importante referir que, para além da elevada energia cinética associada ao escoamento, a presença de partículas de poeira, sais minerais, gases dissolvidos e ainda bactérias, acaba por contribuir para que processo de congelação da água não aconteça à temperatura de 0°C, mas sim, a uma temperatura mais baixa.

De notar que, para efeitos de cálculo, a gama de temperaturas entre 4 a 5°C nunca será atingida, contudo, espera-se que os fenómenos de transferência de calor ocorrentes ao longo dos lanços de mangueira a jusante do equipamento de produção de água gelada contrariem este pressuposto.

Considerando novamente a equação 5:

Tabela 4-6 - Caudais mássicos mínimos

Calor específico [kJ/kg.K]	Potência frigorífica [kW]			ΔT [°C]	Caudal mássico [kg/s]		
	DN 70	DN 45	DN 25		DN 70	DN 45	DN 25
4,214	1106,18	590,25	192,03	0 – 25	10,50	5,60	1,82

Exemplo – DN 25:

$$\dot{P} = \dot{m} \times c_p \times |\Delta T| \Leftrightarrow 192,03 = \dot{m} \times 4,214 \times 25 \Leftrightarrow \dot{m} = \frac{192,03}{4,214 \times 25} = 1,82 \text{ kg/s}$$

Segundo o Laboratório de Química do Estado Sólido, a massa volúmica da água a 0°C é de 999,9 kg/m³, pelo que para efeitos de cálculo considerar-se-á como 1000 kg/m³. Desta forma, recorrendo à equação 6, é possível obter os seguintes caudais volúnicos expressos em litros/minuto:

Tabela 4-7 - Caudais volúmicos mínimos

	Caudal volúmico mínimo (litros/minuto)
DN 70	630,0
DN 45	336,0
DN 25	109,2

Exemplo – DN 25:

$$\dot{m} = 1,82 \text{ kg/s} \Rightarrow \dot{Q} = 1,82 \text{ litros/s}$$

$$\therefore 1,82 \text{ litros/s} \times 60 \text{ segundos} \Rightarrow Q = 109,2 \text{ litros/minuto}$$

Com isto, é possível apresentar uma tabela conclusiva (Tabela 4-8) do estudo das potências frigoríficas requeridas para se obter água gelada a partir de qualquer diâmetro de saída da bomba de aspiração:

Tabela 4-8 - Tabela-síntese elucidativa das potências de arrefecimento e caudais máximos e mínimos para as possíveis saídas

	Potência frigorífica [kW]	Débito mínimo da agulheta (litros/minuto)	Débito máximo da agulheta (litros/minuto)
DN 70	1106,18	630,0	750
DN 45	590,25	336,0	400
DN 25	192,03	109,2	130

Nesta primeira fase de concepção do equipamento de produção de água gelada, não está prevista a utilização de mais do que uma entrada e saída do equipamento, pelo que, por esta razão, existirá apenas um diâmetro de entrada/saída e, como é óbvio, apenas uma potência de arrefecimento. A decisão sobre o diâmetro e respectiva potência frigorífica a serem utilizados deverá ser tomada tendo em conta as mais diversas condicionantes reais, nomeadamente, a robustez do equipamento e o nível de conformidade com todos os pontos críticos enunciados no subcapítulo 4.4.

4.2.1 Análise de ciclo teórico

Supondo que o fluido de trabalho utilizado no ciclo frigorífico do equipamento de produção de água gelada será, o anteriormente descrito, R134a e, definindo um regime de funcionamento aceitável, será possível criar um ciclo teórico que possa ser posteriormente analisado e que, futuramente, possa ser comparado com um ciclo real baseado na realização de ensaios de comportamento técnico-científico de um modelo ou de um protótipo em situação de condições reais.

O Anexo B ilustra o diagrama p-h do fluido R134a com o ciclo frigorífico teórico representativo do equipamento de produção de água gelada (desenhado para o regime de funcionamento $+40^{\circ}\text{C}/-7^{\circ}\text{C}$). De notar que, o regime escolhido apresenta temperaturas de evaporação e condensação médias e de carácter teórico. Posto isto, o regime real de funcionamento deve ser escolhido tendo em conta as seguintes condicionantes:

- Dado o ambiente extremamente quente que se desenvolve durante um incêndio florestal, a temperatura de evaporação deverá ser escolhida de maneira a que as trocas de calor no evaporador se realizem correctamente. Desta forma, deverão ser realizados ensaios laboratoriais representativos de situações reais que permitam tirar conclusões acerca da selecção do regime de funcionamento do equipamento.
- Sabendo a potência de arrefecimento e uma vez definido o ciclo e calculado o caudal de fluido frigorigéneo, é possível, admitindo uma certa velocidade de escoamento, determinar o diâmetro das tubagens a utilizar no circuito frigorífico. Este cálculo, apesar de meramente intuitivo, dá a conhecer a ordem de grandeza do diâmetro da tubagem a ser utilizada.

Analisando o diagrama em anexo, é possível destacar os seguintes quatro pontos de interesse:

- Ponto 1 – Saída do evaporador/entrada do compressor;
- Ponto 2 – Saída do compressor/entrada do condensador;
- Ponto 3 – Saída do condensador/entrada do dispositivo de expansão;
- Ponto 4 – Saída do dispositivo de expansão/entrada do evaporador.

Tabela 4-9 - Propriedades termodinâmicas dos quatro pontos de interesse no ciclo frigorífico teórico

	Entalpia (kJ/kg)	Pressão (bar)	Temperatura (°C)
1	395	≈ 10,0	-7
2	425	≈ 10,0	-7
3	258	≈ 2,2	40
4	258	≈ 2,2	40

Sabendo a potência necessária para arrefecer a quantidade de água que será direcionada para o equipamento, é possível determinar o caudal de fluido frigorígeno no circuito frigorífico.

Segue-se um exemplo de cálculo aplicado à utilização da saída da bomba de aspiração com um diâmetro nominal de 25mm para realizar a ligação entre o tanque de armazenamento do veículo e o equipamento de produção de água gelada.

Recorrendo à equação 4 para realizar o balanço de energia no evaporador e às seguintes informações:

- $\dot{Q}_E - 192,03 \text{ kW}$
- $\rho_{R134a} - 4,25 \text{ kg/m}^3$
- $h_1 - 395 \text{ kJ/kg}$
- $h_4 - 258 \text{ kJ/kg}$

$$\dot{Q}_E = \dot{m}_f(h_1 - h_4) \Leftrightarrow 192,03 = \dot{m}_f(395 - 258) \Leftrightarrow \dot{m}_f = 1,41 \text{ kg/s}$$

Recorrendo à equação 6 adaptada para o fluido frigorígeno:

$$\dot{m}_f = \dot{Q}_E \times \rho_{R134a} \Leftrightarrow 1,41 = \dot{Q}_E \times 4,25 \Leftrightarrow \dot{Q}_E \simeq 6 \text{ litros/s}$$

Sabendo o caudal de fluido frigorígeno, é possível ainda determinar a potência consumida pelo compressor e a potência rejeitada no condensador.

Recorrendo à equação 1, equação 3 e aos seguintes dados:

- $\dot{m}_f = 1,41 \text{ kg/s}$
- $h_1 = 395 \text{ kJ/kg}$
- $h_2 = 425 \text{ kJ/kg}$
- $h_3 = 258 \text{ kJ/kg}$

$$\dot{W}_{12} = \dot{m}_f(h_2 - h_1) \Leftrightarrow \dot{W}_{12} = 1,41 \times (425 - 395) \Leftrightarrow \dot{W}_{12} = 42,3 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_c = \dot{m}_f|h_3 - h_2| \Leftrightarrow \dot{Q}_c = 1,41 \times |258 - 425| \Leftrightarrow \dot{Q}_c = 235,47 \text{ kW}$$

Em suma:

- Potência frigorífica absorvida no evaporador, $\dot{Q}_E = 192,03 \text{ kW}$
- Potência frigorífica rejeitada no condensador, $\dot{Q}_c = 235,47 \text{ kW}$
- Potência consumida pelo compressor, $\dot{W}_{12} = 42,3 \text{ kW}$

Tendo em conta as informações reunidas neste ponto, e considerando que o exemplo de cálculo remete para a mais reduzida das potências de arrefecimento determinadas, será importante referir que, para qualquer um dos outros casos alvos de estudo (saídas DN 45 e 70) e considerando o mesmo ciclo frigorífico, serão de esperar, a todos os níveis, potências de nível superior.

4.3 Factores de concepção

Antes de enunciar os pontos críticos relativos a este projecto, vale a pena salientar os aspectos mais importantes discutidos e estudados ao longo deste trabalho. Desta forma, este capítulo terá como objectivo, para além da enumeração dos pontos de maior interesse, agregar os conceitos e ideias que foram continuamente reunidos durante a elaboração deste trabalho.

Em primeiro lugar, é importante não esquecer que este trabalho possui como base fundamentos teóricos que ainda não foram confirmados experimentalmente, nomeadamente, a quantificação dos níveis de eficiência da utilização de água gelada para combater um incêndio florestal. Posto isto, é possível enumerar os seguintes aspectos fundamentais:

- Não existem dois incêndios iguais. A forma como o fogo se comporta obedece essencialmente a três condições: o tipo de combustível florestal, as características do terreno e os factores meteorológicos;
- Em Portugal, encontra-se em vigor regulamentação com o objectivo de estabelecer medidas e acções no âmbito do Sistema Nacional de Defesa da Floresta contra Incêndios. Entre as várias especificações estabelecidas, é possível destacar o modelo dinâmico que visa planear, manter e reforçar as mais diversas metodologias e estratégias de prevenção e combate a incêndios florestais;
- De acordo com as leis da termodinâmica e com a teoria do triângulo do fogo, durante o combate de um incêndio florestal, quanto mais frio estiver o agente extintor, maior será a quantidade de energia em forma de calor suscetível de ser retirada do meio a arder;
- A solução encontrada e considerada mais apropriada leva a que o equipamento de produção de água gelada actue como um elemento independente, servindo de meio de ligação entre o tanque de armazenamento de água de um determinado veículo de combate a incêndios e as manobras de ataque por terra;
- Entre os mais diversos equipamentos de presença obrigatória por lei nas viaturas de combate a incêndios, é possível destacar os dispositivos responsáveis por impor movimento à água para que esta se desloque desde o tanque de armazenamento até aos lanços de mangueira a serem utilizados. No âmbito deste projecto, está prevista a utilização da denominada “bomba de serviço de incêndios” (equipamento especialmente concebido para ser instalado em veículos de combate a incêndios) para fazer chegar a água até ao equipamento de produção de água gelada e, posteriormente, realizar o ataque às chamas.

Relativamente ao estudo e concepção do equipamento de produção de água gelada, é possível destacar as seguintes conclusões:

- Para que o equipamento possa ser transportável até às imediações de um determinado incêndio florestal, está prevista a sua adaptação a duas situações distintas – a um atrelado ou a um veículo pesado de mercadorias com uma superestrutura do tipo plataforma. Com o intuito de saber qual das soluções será a mais adequada, justifica-se a necessidade de as estudar individualmente. Custos, viabilidade e mobilização, tanto de pessoal, como de outras viaturas, são alguns dos factores que devem ser analisados;

- O cálculo das potências frigoríficas permite, no âmbito da refrigeração, tirar conclusões acerca da capacidade de arrefecimento requerida e do eventual nível de robustez do equipamento;
- Utilizando as potências de arrefecimento como uma variável de entrada, é possível determinar uma gama de caudais admissíveis que, tendo em conta a saída da bomba de aspiração a ser utilizada, assegurará que a água se encontra à temperatura desejada;
- Recorrendo a metodologias de cálculo é possível determinar as diversas potências de interesse no circuito frigorífico. Quanto à escolha do regime de funcionamento do equipamento, este será um processo que requererá especial atenção, sendo um procedimento fundamental que deverá ter em conta o ambiente alternativo onde o equipamento estará inserido.

4.4 Pontos críticos

Dado o carácter inovador da proposta sugerida, é necessário ter em conta, numa fase anterior ao projecto, todos os problemas susceptíveis de ocorrer aquando da sua implementação.

Tendo sempre presente as variáveis realistas, são vários os factores que devem ser tidos em conta para que este projecto se aproxime o máximo possível do conceito de praticável. Como tal, de seguida, serão enumeradas as principais condicionantes intrínsecas ao projecto, cujas soluções deveram ser discutidas e estudadas.

- **Vibrações**

Sendo o dispositivo de produção de água gelada um equipamento relativamente sensível e de custos elevados, é imprescindível tomar medidas que garantam a sua protecção e salvaguarda.

Tendo em conta que este equipamento necessitará percorrer vários quilómetros de estrada que, por vezes, poderão não estar nas melhores condições, a instalação de isoladores que permitam proteger o equipamento contra vibrações indesejáveis e inesperadas é uma opção altamente viável e de elevada importância.

Ainda relacionado com a temática das vibrações está o funcionamento do compressor que poderá, ou não, influenciar negativamente toda a estrutura a que estiver acoplado.

- **Protecção mecânica**

Durante o desenvolvimento de um incêndio florestal é fundamental antecipar que a evolvente ambiental sofra algumas alterações radicais. Assim como os bombeiros encarregues de combater o incêndio possuem os seus equipamentos de protecção individual, também os equipamentos mais sensíveis devem receber especial atenção por parte dos seus utilizadores.

As principais adversidades que poderão colocar em causa, tanto a estrutura, como o funcionamento do equipamento são: contacto com objectos incandescentes, elevada temperatura do ar atmosférico com baixo teor em oxigénio e presença de cinzas, poeiras ou fumos.

- **Alimentação do compressor**

Para além de ser um elemento imprescindível no ciclo frigorífico, o compressor é também o componente que necessita de energia para realizar a sua função.

Sendo este projecto um sistema móvel que certamente não irá receber energia da Rede de Distribuição de Energia Eléctrica, será necessário estudar soluções alternativas. Por exemplo, a instalação um grupo gerador capaz de fornecer energia ao compressor ou, no caso da utilização do veículo pesado de mercadorias, projectar uma tomada de força que, a partir do motor alternativo do próprio veículo, permita alimentar o compressor do equipamento de arrefecimento.

- **Código da estrada**

Uma vez que se espera que o equipamento de produção de água gelada circule nas estradas nacionais, será obviamente necessário garantir que as soluções encontradas cumpram todos os requisitos do código da estrada.

- **Regime constante**

Está previsto que o equipamento de produção de água gelada realize o seu ciclo frigorífico e seja capaz de arrefecer uma determinada quantidade de água de acordo com a sua potência frigorífica. Contudo, durante o combate a um incêndio florestal, o caudal de água

que percorre um determinado troço irá variar de acordo com o débito escolhido na agulheta.

Posto isto, por forma a garantir que o caudal de água que chega ao equipamento de produção de água gelada permaneça dentro do intervalo aceitável e aconteça o processo de arrefecimento desejado, será necessário instruir os intervenientes no combate ao incêndio e elucidá-los para este problema.

- **Isolamento Térmico**

Mesmo garantindo a presença de água entre 0 a 5°C à saída do equipamento de produção de água gelada, não será de esperar, com os meios actuais, que esta gama de temperaturas se verifique também à saída da mangueira acoplada ao equipamento. Desta forma, deverá ser estudada e projectada a utilização de lanços de mangueira flexível isolados termicamente que, dentro das contingências estruturais e tecnológicas, sejam capazes de manter a água a temperaturas aceitáveis no percurso a jusante do equipamento de produção de água gelada.

Esta medida acaba por ser um esforço que visa contrariar os fenómenos de troca de calor entre a água gelada e o ambiente extremamente quente que se desenvolve durante um incêndio florestal.

- **Manuseamento**

O equipamento deverá ser o mais simples e intuitivo possível no que toca ao seu manuseamento. Desta forma, deverá ser estudada a instalação de uma mesa de controlo com botoneiras e sinais sonoros/luminosos que permitam monitorizar o processo de arrefecimento de água e supervisionar o caudal debitado pelo equipamento.

5 Conclusão

Entre os vários aspectos a destacar, vale a pena começar por mencionar a qualidade dos meios de instrução que os bombeiros portugueses têm à sua disposição – prova de que este é um trabalho respeitável e reconhecido. Aliado a este facto, subsiste ainda a facilidade de acesso a estes mesmos meios, o que acaba por facilitar o processo de consulta por parte de pessoas/entidades interessadas.

É de salientar a elevada componente teórica inerente a este trabalho, componente essa que acaba por ser justificada pelo carácter inovador da proposta. Sendo este um projecto que certamente será “continuado” num futuro próximo, considera-se imprescindível enunciar e discutir, nesta primeira fase, o máximo de problemas/alternativas que, de alguma forma, irão influenciar a viabilidade de execução.

Actualmente, os incêndios florestais constituem um problema que, no nosso país, muito dificilmente pode ser evitado na sua totalidade. Factores como o clima, a elevada quantidade de espaços verdes e eventuais problemas de carácter social, acabam por contribuir para que um incêndio florestal possa, por vezes, ser um acontecimento inevitável e imprevisível. É importante referir que, ao longo dos últimos anos verificou-se uma diminuição pouco significativa no número de incêndios florestais. Contudo, a área ardida registada sofreu um decréscimo importante que, mesmo influenciada pelos factores anteriormente enunciados, pode também ser justificado por um marcante factor tecnológico.

Relativamente às potências de arrefecimento, passaram a ser conhecidos os valores requeridos perante a utilização de qualquer diâmetro de saída da bomba de serviço de incêndios, assim como os caudais debitados pelas agulhetas, considerando o modo de funcionamento em plena carga. Estes valores serão de extrema importância para, futuramente, ser realizado o estudo do ciclo frigorífico real e analisar o modo de instalação dos diversos componentes. Entre os vários factores a ter em consideração aquando da análise do modo de instalação, será de evidenciar: a robustez do equipamento, o diâmetro das tubagens de fluido frigorígeno e o nível de conformidade relativamente aos pontos críticos.

Bibliografia

- [1]. De Castro, C.F., Serra, G., Parola, J., Reis, J., Lourenço, L., Correia, S. (2003). *Combate a incêndios florestais*, Vol. XIII. Escola Nacional de Bombeiros, Ranholas
- [2]. Plano Nacional de Defesa da Floresta Contra Incêndios (07/03/2005). *Estudo Técnico I – Diagnóstico, Visão e Objectivos Estratégicos, Caderno 10. Supressão, Ficha 10.3. Táticas de combate.*
- [3]. Cerqueira, N. (26/11/2012). *Sapadores de Braga têm nova viatura de combate a incêndios florestais*. http://www.jn.pt/paginainicial/pais/concelho.aspx?Distrito=Braga&Concelho=Braga&Option=Interior&content_id=2910136
Data de consulta: 11/02/2014
- [4]. *Veículos de Combate a Incêndios*. <http://www.bvlisbonenses.pt/index.php/veiculos/incendios>
Data de consulta: 12/02/2014
- [5]. Decreto-Lei n.º 124/2006 de 28 de Junho
- [6]. Decreto-Lei n.º 17/2009 de 14 de Janeiro
- [7]. Verdinho (17/05/2011). *Classes de Risco de Incêndio em Portugal Continental, por conselho*. <http://esarsclubambiente.blogs.sapo.pt/39478.html>
Data de consulta: 14/02/2014
- [8]. *Índice de Risco Temporal de Incêndio*. http://www.cm-oaz.pt/ambiente.351/avisos.1066/indice_de_risco_temporal_de_incendio.a2318.html
Data de consulta: 14/02/2014
- [9]. Decreto-Lei n.º 135/2012 de 29 de Junho
- [10]. ICNF (2012). *Relatório anual de áreas ardidas e incêndios florestais em Portugal continental.*

- [11]. Guerra, A.M., Coelho, J.A., Leitão, R.E. (2006). *Fenomenologia da combustão e extintores*, Vol. VII, 2ª edição. Escola Nacional de Bombeiros, Ranholas
- [12]. ASHRAE, (2009). *ASHRAE Handbook Fundamentals*
- [13]. Khemani, H., Stonecypher, L. (02/06/2010). *Replacement for R12 Refrigerant*.
<http://www.brighthubengineering.com/hvac/63345-replacement-for-r12-refrigerant/>
Data de consulta: 20/03/2014
- [14]. Castro, J. *Apostila: Refrigeração*. <http://www.univasf.edu.br/~castro.silva/disciplinas/REFRIG/APOSTILAREfrig.pdf>
Data de consulta: 02/03/2014
- [15]. Roy J. Dossat (2004). *Princípios de Refrigeração*. Hemus
- [16]. *Valves, Hoses & Couplings*: <http://www.gaam.com.au/fire-accessories/hoses>
Data de consulta: 03/03/2014
- [17]. Despacho n.º 21638/2009 – Especificações técnicas de veículos e equipamentos operacionais dos Corpos de Bombeiros
- [18]. Alves, A.B.O. (2004). *Manobras de Mangueiras e Motobombas*, Vol. XIV. Escola Nacional de Bombeiros, Ranholas
- [19]. Rodrigues, J., Nunes, L.B. (2005). *Hidráulica*, Vol. III. Escola Nacional de Bombeiros, Ranholas
- [20]. CEPRA – Desenvolvimento Curricular (02/11/2007). *Reboques, Carroçamenos e Equipamentos Auxiliares*. CEPRA – Direcção, Lisboa
- [21]. CEPRA – Desenvolvimento Curricular (02/11/2007). *Carroçarias de Veículos Pesados e Equipamentos Auxiliares I*. CEPRA – Direcção, Lisboa
- [22]. (06/05/2011). *Tabela de Calor Específico da Água e do Ar à pressão constante (Cp)*. <http://emtemposc.blogspot.pt/2011/05/tabela-de-calor-especifico-da-agua-e-do.html>
Data de consulta: 06/03/2014

[23]. Mazali, I.O. *Determinação da Densidade de Sólidos pelo Método de Arquimedes*.
http://lqes.iqm.unicamp.br/images/vivencia_lqes_meptec_densidade_arquimedes.pdf

Data de consulta: 07/03/2014

ANEXOS

Anexo A – Características e equipamentos de presença obrigatória impostos pelo Despacho nº 21638/2009 num Veículo Florestal de Combate a Incêndios

Veículo florestal de combate a incêndios

- Veículo todo-o-terreno (4x4), de categoria M3, dotado de bomba de serviço de incêndios, destinado prioritariamente a intervenção nos incêndios florestais rurais, de acordo com a Norma Europeia 1846 – 1,2,3.

1. Características de desempenho do veículo

1.1. Carga útil/peso bruto – O peso bruto do veículo deve respeitar a homologação do IMTT. Entende-se por peso bruto, o somatório de:

- Peso do chassis;
- Peso da superestrutura;
- Peso do equipamento;
- Peso da guarnição de seis bombeiros (média 90kg/bombeiro);
- Peso dos agentes extintores.

1.2. Autonomia – A capacidade do depósito de combustível deve permitir realizar, com a carga normal, um percurso mínimo de 300 km em estrada de perfil medianamente acidentado ou o funcionamento da bomba de serviço de incêndios durante quatro horas consecutivas.

O orifício com rede de protecção de enchimento do depósito de combustível deve ser de fácil acesso nas operações de enchimento, tendo nas proximidades a indicação do tipo de combustível (*diesel*) e o tampão de cor amarela, com chave.

1.3. Desempenho – O desempenho dinâmico do veículo deve obedecer aos requisitos definidos na Tabela 3 e 7, da EN 1846-2.

Os valores a declarar devem considerar a viatura com o peso bruto e só com o peso do chassis.

Devem ser respeitadas as tabelas 2 e 6 da norma EN 1846-2 e as seguintes características:

- Diâmetros exterior de viragem: o diâmetro exterior de viragem à esquerda e à direita deve ser inferior ou igual a 17 metros, entre muros;

- Velocidade: a velocidade de cruzeiro do veículo em patamar deve situar-se entre os 80 km/hora e a velocidade máxima admitida pela legislação em vigor, estando o veículo equipado com limitador de velocidade;
- Ângulos: os ângulos de ataque e saída devem ser iguais ou superiores a 35°, respeitando o veículo uma altura ao solo igual ou superior a 400mm e um ângulo de rampa igual ou superior a 30°.

2. Características mecânicas do veículo

2.1. Motor – O motor deve funcionar a *diesel* e respeitar a legislação vigente referente à poluição, normalmente designada por “EURO”. O sistema de arrefecimento do motor deve ser convencionalmente dimensionado, de modo a permitir a seu funcionamento normal a 75% do regime máximo, para um período de tempo igual ou superior a 4 horas e uma temperatura ambiente entre -15° e +35°.

O motor deve permitir um arranque e funcionamento normais às temperaturas de utilização. O escape do motor deve estar colocado de modo a não prejudicar, quer a guarnição, quer o operador da bomba de serviço de incêndios.

2.2. Caixa de velocidades – A caixa de velocidades deve ser manual, manual directa ou manual directa com velocidade intermédia, possuir o menor número de velocidades possível e possibilitar, preferencialmente o acionamento da bomba de serviço de incêndios com o veículo em andamento.

A embraiagem e o disco devem ter o maior diâmetro ou área de fricção possível. A tomada de força deve ser accionada directamente pela caixa de velocidades, estar preparada para serviço contínuo prolongado e, preferencialmente ser de marca igual à caixa de velocidades.

2.3. Eixo e diferencial – O veículo deve possuir um dispositivo de bloqueio do diferencial com sinalizador colorido, visível de dia, bem como um avisador sonoro, quando em funcionamento. A relação do diferencial deve ser aquela que melhor facilite a progressão em declives elevados. Os dois eixos diferenciais devem possuir redução aos cubos ou equivalente.

- 2.4. Suspensão** – A suspensão deve ser adequada ao serviço de incêndios atendendo às velocidades, à carga transportada e ao volume de água armazenada, estar preparada para suportar, constantemente a carga máxima pronta a operar e ser, preferencialmente do tipo molas de lâminas ou helicoidais e com amortecedores apropriados à carga.
- 2.5. Travões** – O veículo deve estar equipado com sistema de travagem ABS, que cumpre a Directiva 71/320/CEE, com as alterações introduzidas pelas Directivas 98/12/CE e 2002/78/CE. Para os veículos com travões pneumáticos, devem dispor de uma válvula reguladora de pressão do controlo de enchimento dos depósitos de ar, equipada com tomada rápida para enchimento dos depósitos através de fonte externa e possuir uma saída para ligar um tubo racord para enchimento dos pneus. Deve possuir um sistema auxiliar de travagem (escape, alimentação, etc.) e equipamento de desumidificação do ar dos travões. Os acumuladores dos travões das rodas devem ser devidamente protegidos. Deverá ter um sistema auxiliar de carregamento externo dos depósitos de ar dos travões. O sistema deverá estar associado à ficha/tomada eléctrica para carregamento das baterias.
- 2.6. Pneus** – O rodado deve ser simples à frente e à retaguarda. A pressão dos pneus deve estar indicada no veículo, por cima dos guarda-lamas, de modo indelével e com a indicação da unidade de pressão (Bar). Os pneus devem ser do tipo todo o terreno à frente e à retaguarda, com boa aderência ao piso, devendo possuir roda de reserva igual e completa, de fácil acesso e manuseamento.
- 2.7. Direcção** – A direcção do veículo deve ser assistida e com o volante do lado esquerdo.
- 2.8. Pedais de comando** – O intervalo entre os bordos dos pedais do travão e do acelerador deve permitir a condução com botas.
- 2.9. Lubrificação** – A superestrutura não deve impedir o acesso aos diferentes copos lubrificadores, que devem estar devidamente referenciados pela cor amarela. Deve existir um esquema de lubrificação colocado sobre uma placa indicadora, situada, de preferência, na face interna da porta do condutor.

3. Equipamento eléctrico

3.1. Generalidades – O veículo deve estar equipado com o conjunto de luzes previsto no Código da Estrada (Directiva 91/663/CEE) e as utilizadas em viatura de emergência, como faróis do tipo STROB. A tensão instalada deve ser de 24 V c.c., devendo os circuitos ser protegidos por fusíveis calibrados, referenciados num quadro e facilmente acessíveis, existindo uma colecção para substituição.

Através de conveniente isolamento e filtragem, será garantida a não interferência com o equipamento rádio, conforme Directiva 72/245/CEE. O chassis e a superestrutura não devem ser utilizados para distribuição e retorno de corrente eléctrica, (massa), pretende-se linha dedicada.

Deve estar disponível tensão de 12 V c.c. para ligação de equipamento auxiliar. Não devem existir ligações autónomas a uma das baterias. Deve ser respeitada a Directiva 89/336/CEE relativa a compatibilidade electromagnética com as alterações introduzidas pela Directiva 93/68/CE.

3.2. Baterias – As baterias devem ter instalados dois bornes devidamente identificados, para efeitos de extra encosto. As baterias devem ser sobredimensionadas na sua capacidade, respeitando as normas europeias para veículos prioritários. O compartimento de baterias deve facilitar o acesso para inspecção e manutenção e ser resistente aos ácidos. O veículo deve estar equipado com um sistema de carregamento de baterias alimentado com 220 V c.a., que deverá desligar-se automaticamente sempre que aquele é accionado. O sistema de carregamento de baterias deverá comportar a passagem de ar para os depósitos de ar dos travões.

3.3. Alternador – O veículo deve estar equipado com um alternador, de capacidade sobredimensionada para o fim a que se destina, que respeitará as normas europeias para veículos prioritários.

3.4. Avisadores e projectores especiais – O veículo deve estar equipado com:

- Uma sirene electrónica, com uma potência máxima até 100 W, colocada sob tensão por um interruptor, com sinalizadores luminosos azuis na parte superior, visíveis num ângulo de 360° e altifalante exterior, a activar pelo condutor e/ou pelo chefe da equipa;
- Dois sinalizadores luminosos, da marcha de urgência, azuis, intermitentes (tipo STROB) colocados na parte da frente do veículo, preferencialmente junto aos faróis, de modo a serem visíveis pelo condutor do veículo da frente a, pelo menos, 100 metros, sendo eficientemente protegidos contra choques e instalados sem perfuração da cabina;
- Um projector orientável e amovível de, pelo menos, 100 W, montado à frente do lado direito da cabina;
- Um projector orientável e amovível de, pelo menos, 100 W, montado à retaguarda, do lado esquerdo;
- Uma lanterna com lâmpadas de Led para leitura de mapas do lado direito no interior da cabina;
- Dois faróis de nevoeiro protegidos com grelha metálica, colocados na parte frontal do veículo.

4. Características da cabina

4.1. Interior da cabina – A cabina deve ser obrigatoriamente dupla, com seis lugares. O piso deve ser anti-derrapante e com possibilidade de escoar líquidos. A cabina deve possuir quatro portas com fechaduras iguais e janelas com vidros móveis, que no caso de terem elevadores devem ser iguais entre si, conforme Directiva 70/380/CEE.

Deve ser assegurada a comunicação directa entre todos os elementos da guarnição e existir pegas para, em terreno acidentado, possibilitar apoio aos membros da equipa.

A iluminação do habitáculo será garantida, pelo menos, com dois pontos de luz, sendo um à frente e outro na parte de trás da cabina. A cabina deve ter bom isolamento sonoro e satisfazer, na generalidade, os seguintes requisitos:

- Espaço suficiente para a instalação de dois emissores - receptores;
- Lugar do condutor regulável, permitindo uma condução segura e cómoda;

- Todos os lugares devem estar equipados com encostos de cabeça, cintos de segurança certificados conforme directivas 76/115/ CEE e 77/541/CEE pela entidade ou país de construção e equipados com pré-tensores;
- Sob os bancos traseiros, que poderão ser de concepção diferente, deve existir um cofre para material;
- Os assentos situados sobre o cofre devem ser articulados na parte posterior e rebatíveis a 90°, deixando uma abertura de, pelo menos, 300 mm entre a face da frente do cofre e a vertical do banco levantado e possuir dispositivo simples que os permita manter na posição de aberto;
- Entre a face anterior do espaldar dos bancos traseiros e a face posterior das costas dos bancos da frente deve existir um espaço de 750 mm (\pm 50mm - EN1846).

4.2. Acessos à cabina – Os acessos à cabina devem ser facilitados com degraus com inclinação suficiente, de molde a permitir a visibilidade do degrau imediatamente inferior. Os degraus não devem prejudicar os ângulos de ataque do veículo, podendo ser retrácteis ou em material flexível.

4.3. Segurança passiva da cabina – A segurança da cabina deve ser total e obedecer às seguintes condições:

- Os materiais utilizados no revestimento devem ser preferencialmente ignífugos;
- Os vidros devem respeitar a Directiva 92/22/CEE;
- Não devem existir esquinas vivas e outros factores que possam provocar ferimentos;
- Deve possuir espaço para duas garrafas de 6,8 litros de ar respirável, a 300 Bar, instaladas em local de fácil manuseamento, com dispositivo de accionamento no interior de modo a manter, em caso de necessidade, a pressão no interior da cabina superior à pressão atmosférica, bem como melhorar a alimentação de ar do motor do veículo através de ligação ao colector de admissão; Dentro da cabine deverá ser montado dispositivo de distribuição de ar respirável com seis saídas para ligação rápida de seis mascarar individuais, (incluídas), que deverão permanecer dentro da mesma em local acessível e identificado;

- A estrutura externa da cabina deve ser reforçada com arco de segurança exterior ou no interior da estrutura, que será construído em tubo de aço sem costura (*rollbar*), resistente às deformações produzidas por capotamento;
- A parte frontal deve ser guarnecida com uma grelha de protecção aos embates em árvores, a mesma grelha também deverá proteger lateralmente os guarda-lamas frontais e o tubo da grelha deverá ter no mínimo diâmetro de 2 polegadas;
- Deve dispor de uma estrutura tubular externa em aço inox AISI 304, com cortina de protecção contra campos térmicos que envolverá todo o veículo incluindo as cavas das rodas/pneus, funcionando como rede de água para protecção do mesmo, a partir de um reservatório de emergência;
- As cablagens eléctricas e de ar comprimido devem ser revestidas e isoladas com manga ignífuga contra campos térmicos;
- Deverão existir dois espelhos de bermas, colocados no lado direito da mesma.

4.4. Basculamento da cabina – O basculamento da cabina deve poder ser efectuado por, apenas, um bombeiro da guarnição, sem recurso a dispositivos exteriores. O sistema de basculamento original e as articulações devem ser reforçados em função do aumento do peso da cabina, tomando como base a cabina original. A existência da cabina basculante não deve excluir que algumas operações de controlo e reposição de níveis (motor, caixa de velocidades, baterias, radiador, etc.) sejam executadas sem recurso à manobra de basculamento.

4.5. Painel de comando e controlo – A cabina deve possuir um painel de comando equipado com, pelo menos, os seguintes instrumentos de manobra e controlo, devidamente identificados:

- Um voltímetro e um amperímetro com a função de indicador de carga de baterias;
- Um corta-corrente geral a todas as fontes de alimentação provenientes das baterias, excepto as funções que necessitam de alimentação permanente;
- Um sinalizador luminoso verde, que indica a colocação sob tensão da instalação eléctrica;

- Três sinalizadores luminosos devidamente identificados, assinalando a colocação sob tensão através dos interruptores, sendo:
 - Verde para os sinalizadores luminosos;
 - Laranja para o projector orientável à frente;
 - Vermelho para o projector orientável e amovível à retaguarda;
- Um comando com sinalizador luminoso colorido, devidamente identificado, para a colocação em funcionamento da tomada de força;
- Um tacógrafo devidamente homologado;
- Um avisador acústico e um sinalizador luminoso do fecho da cabina basculante;
- Dois avisadores sonoros e dois sinalizadores luminosos indicadores de:
 - Cofre aberto;
 - Bomba de serviço de incêndios accionada.
- Uma tomada de corrente identificada para gambiarra de 12 V c.c;
- Outros sinalizadores ou avisadores considerados indispensáveis ao bom e eficiente funcionamento do veículo e acessórios, desde que respeitem a Directiva 78/316/ CEE com as alterações introduzidas pelas Directivas 91/93/CE e 94/53/CE.

4.6. Placa de identificação – Na cabina deve existir uma placa de identificação do veículo referindo pelo menos:

- Nome do construtor (carroçador);
- Modelo e número do chassis (quadro);
- Massa total em carga;
- Plano de lubrificação;
- Ano de fabrico do chassis e da super-estrutura.

5. Características da superestrutura

5.1. Dimensões – As dimensões devem ser reduzidas ao mínimo tecnicamente possível, estando o comprimento, a largura e altura máximos, além da localização do centro de gravidade, identificados em desenhos ou esquemas, em planta e vista lateral.

A largura da superestrutura não deve ser superior à largura do rodado traseiro e o tanque de água deve estar à vista. A transformação deve respeitar o manual de montagem de superestruturas do fabricante e representante do chassi, devendo a superestrutura com o equipamento ser suportado pelo falso chassi ou chassi auxiliar.

5.2. Tanque - O tanque de água, que deve ser fixado e apoiado à superestrutura (falso chassi) através de sinoblocos, satisfará as seguintes condições:

- Possuir uma capacidade mínima de:
 - Tanque A: 3.000 litros ($\pm 5\%$);
 - Tanque B: 3.500 litros ($\pm 5\%$).
- Ser construído, preferencialmente em chapa de aço inox AISI 316, ter como espessuras mínimas 4,0 mm no fundo, 3,0 mm nos lados e topos e 3,0 mm no tecto e possuir anteparas verticais fixas e paralelas aos eixos do veículo, no mesmo material, com 2,5 mm de espessura;
- Possuir duas anteparas verticais e perpendiculares aos eixos do veículo;
- Ser inferior ou igual a 500 litros o volume de água criado pelas anteparas paralelas e perpendiculares;
- Quando fabricado com outros materiais, como o alumínio, conforme EN 573, ou materiais não metálicos, no que respeita às espessuras, composição química, deve ser acompanhado de certificado de conformidade de resistência ao fogo e aos impactos;
- Apresentar resistência a águas cloradas e salinas;
- Possuir entrada de visita por cada compartimento criado pela existência de anteparas;
- As “bolachas” retiradas das anteparas devem tapar as entradas de visita através de um sistema de parafusos e porcas inox AISI 316, os primeiros com orelhas para fácil desmontagem e as segundas soldadas à estrutura;
- A colocação das «bolachas» não deve impedir a saída rápida de água para a bomba do serviço de incêndios, mantendo, no entanto, a função de limitação das oscilações em movimento;

- Possuir, ainda:
 - Orifício de enchimento igual ou superior a DN150, com tampão de abertura rápida, articulado ou preso por uma corrente, que será dispensável se a entrada de visita for provida de tampa de abertura rápida;
 - Duas canalizações laterais (uma de cada lado) fixadas à super-estrutura para o enchimento do tanque a partir de mangueiras flexíveis DN70 Storz B, montadas à retaguarda do eixo traseiro, com válvulas macho esférico e semi-uniões Storz B com tampões presos por correntes;
 - Dispositivo de evacuação de água “tubo ladrão”, que descarrega sob o chassis atrás do eixo da retaguarda, de modo a limitar as perdas em andamento, dimensionado tendo como objectivo evitar que a pressão interior não ultrapasse 0,20 Kg/cm², com todas as tampas fechadas durante o enchimento através da rede pública ou com idêntica pressão;
 - Canalização do tanque para a entrada da bomba de serviço de incêndios, munida de um filtro visitável e amovível e de válvula flangeada com comando manual e outro, com a dimensão adequada para redução de perdas de carga da bomba;
 - Sistema anti-vórtice no depósito e na saída para a bomba de serviço de incêndios;
 - União flexível na canalização de saída para a bomba de serviço de incêndios, capaz de absorver vibrações e torções;
 - Dispositivo luminoso que permita verificar o nível de água no tanque, de dia e de noite;
 - Orifício para o esvaziamento total do tanque, facilmente acessível da periferia da superestrutura;
 - Argolas ou aros na parte superior para permitir a sua elevação e retirada;
 - Caixa rectangular em alumínio na parte superior para arrumação do material sapador;
 - Reservatório de emergência, cuja água não deve ser utilizada para o serviço de incêndios, será construído no interior do tanque, no mesmo material, com a capacidade de 300 litros ($\pm 5\%$), enchimento autónomo e simultâneo com o tanque principal e possuir um sistema de bombagem adequado.

5.3. Bomba de serviço de incêndios – O veículo deve estar equipado com uma bomba de serviço de incêndios, que irá receber o movimento necessário da tomada de força e ter as seguintes características:

- Possuir comando de engrenagem e paragem na cabina de condução e botão de paragem de emergência do motor no painel da bomba;

- Ser accionada através de veio de transmissão vindo da tomada de força devidamente certificada, com todas as transmissões equilibradas estática e dinamicamente, devendo a potência absorvida nos diversos regimes de trabalho ser inferior à potência disponibilizada pelo motor em cada regime de rotação de trabalho, considerando em conjunto o máximo de caudal e pressão em alta, baixa e admissão;
- Estar certificada pela EN 1028-1 e 2-2002 e obedecer às seguintes condições:
 - Ser do tipo centrífuga, de alta e baixa pressão, fixa ao falso chassis e de fácil acesso;
 - Attingir os débitos mínimos de 2.000 litros/ minuto, a 10 Bar, a 3,0 metros de altura de aspiração e 250 litros/minuto, a 40 Bar, a 1,5 metro de altura de aspiração;
 - Ter sistema auto-ferrante e dispor de tempo de ferra inferior a 60 segundos para uma altura de aspiração de 3,0 metros;
 - Ter acoplado um regulador automático de pressão;
 - Possuir um filtro na admissão externa da bomba com malha inox adequada e facilmente acessível e amovível;
 - Possuir saídas em baixa pressão com uma inclinação descendente, segundo um ângulo de 10° a 30° e dispor de válvulas abertura/fecho facilmente manobráveis, mesmo sob o efeito de pressão, destacando-se as seguintes:
 - DN70, Storz B, duas saídas, com tampa cega presa por corrente;
 - DN25, Storz D, livre para eventual ligação manual em baixa pressão, com tampa cega presa por corrente;
 - DN25, Storz D, para enchimento/circulação do tanque pela bomba e ligação manual em baixa pressão, com tampa cega presa por corrente;
 - Possuir saída de alta pressão DN 25, com sistema de roscas macho-fêmea de 1 polegada com cone de vedação BSP inox;
 - O carroçador deve apresentar certificado da total compatibilidade da bomba no veículo proposto de modo que aquela consiga alcançar plenamente as performances indicadas pelo fabricante da mesma.

O painel de controlo ou quadro de manobra da bomba de serviço de incêndios deve possuir, devidamente identificados por meio de dísticos adequados e marcação indelével, colocados junto aos mesmos, pelo menos:

- Conta-rotações do motor;
- Acelerador;
- Comando de paragem de emergência do motor;
- Manómetro indicador da temperatura do motor;
- Manómetro indicador de pressão de óleo do motor,
- Contador de horas total e parcial de funcionamento da bomba;
- Manómetro de baixa pressão ligado a bomba;
- Manómetro de alta pressão ligado a bomba;
- Vacuómetro ligado à admissão da bomba;
- Comando do sistema de ferra da bomba;
- Dispositivo complementar de arrefecimento do motor,
- Iluminação do painel de controlo, com interruptor.

5.4. Carretéis – O veículo deve estar equipado com dois carretéis, que obedecerão às seguintes características:

- Carretel com mangueira semi-rígida de alta pressão DN25, ligação no sistema de rosca macho-fêmea de 1 polegada com cone de vedação de BSP inox, três lanços de 20/25 metros cada, pressão de trabalho máxima de 40 Bar e pressão de rotura da mangueira no mínimo de 80 Bar; agulheta para alta pressão com punho e válvula de abertura e fecho para utilização em jacto/nevoeiro com regulação de caudal que permita atingir 200 litros/minuto, posição de auto limpeza, equipada com destorcedor, união compatível com a ligação acima referida e sistema homem morto, devidamente certificada; O carretel de alta pressão deve dispor de:
 - Sistema motorizado de enrolamento e desenrolamento da mangueira, bem como sistema manual alternativo através de manivela;
 - Sistema de travagem e dispositivo de imobilização eficaz de modo a que, com a deslocação veículo, o carretel não se desenrole;
 - Quatro rolos de guiamento da mangueira do carretel de mangueira semi-rígida, na parte inferior, superior e nas laterais;
 - Saída da mangueira entre rolos pela parte superior do carretel.

- Carretel vazio com capacidade para enrolar até 10 lanços de mangueira flexível de baixa pressão DN25, de 20 metros cada e uniões *Storz D*.

5.5. Tubagem hidráulica – As uniões a utilizar nas tubagens devem ser do tipo *Storz*, estampado e maquinado de alumínio, devidamente certificadas, excepto as ligações do carretel de mangueira semi-rígida de alta pressão, que utilizará o sistema de rosca macho-fêmea de 1 polegada com cone de vedação BSP inox.

6. Cofres – Os cofres devem ser instalados lateralmente e independentes, sendo que a sua numeração deverá ser com a indicação dos números ímpares do lado do condutor e os pares do lado do passageiro.

Devem ter uma estrutura preferencialmente em alumínio tubular soldado ou, em alternativa, em aço tubular galvanizado a quente. Serão preferencialmente divididos a meio de forma a serem independentes de cada um dos lados do veículo.

À retaguarda deve existir um patamar para protecção e colocação da bomba de serviço de incêndios, aberto na traseira com protecção lateral, de modo a que o carretel de mangueira semi-rígida e a bomba de serviço de incêndios fiquem à vista. Deve existir uma escada que permita o acesso à parte superior do tanque. Será montada a 180 mm de distância, possuirá punhos, barras de apoio ou corrimão e estribos anti derrapantes, bem como uma chapa de alumínio destinada a proteger a carroçaria.

Os cofres devem ter as seguintes características:

- Serem construídos em alumínio, com o piso em alumínio estriado e resistente, com 3,0 a 4,0 mm de espessura;
- Serem forrados e estanques às intempéries e terem acesso exterior fácil de ambos os lados do veículo, permitindo a instalação funcional do material e equipamento;
- Possuírem iluminação que acenda automaticamente com a abertura da persiana;
- As persianas devem obedecer aos seguintes critérios:
 - Ser em alumínio anodizado com uma camada de, pelo menos, 15 *microns*;
 - Ter uma largura inferior ou igual a 1200 mm;
 - Possuir pegas de fecho com trinco e fechadura com chave;
- Permitirem a arrumação vertical dos lanços de mangueira, separados entre si por divisórias, bem como a arrumação do material hidráulico do lado direito e do material eléctrico do lado esquerdo.

7. Pintura, símbolos e inscrições

7.1. Generalidades – O chassis deve ser protegido com uma pintura anti-corrosão, certificada com uma garantia de seis anos e aplicada antes da montagem da superestrutura, de acordo com as indicações dos fornecedores da marca do chassis.

7.2. Cores – O veículo deve ser pintado a vermelho acrílico, referência RAL 3000, certificada com uma garantia de três anos, de base fosca e verniz para acabamento, devendo os pára-choques ser pintados a branco acrílico, referência RAL 9010.

7.3. Inscrições

- Na parte frontal, tejadilho ou capota do motor, os caracteres que compõem o número operacional devem ter as seguintes dimensões:
 - Altura total — 200 mm;
 - Largura total — 120 mm;
 - Espessura de cada algarismo ou letra – 0,40 mm;
- O polígono onde se inscrevem os caracteres na parte frontal, tejadilho ou capota do motor deve ter as seguintes dimensões médias:
 - Altura — 720 mm;
 - Largura — 640 mm;

0	0	0	0
V	F	C	I
	0	1	

- Nas ilhargas e na retaguarda, os caracteres que compõem o número operacional devem ter as seguintes dimensões:
 - Altura total — 100 mm;
 - Largura total — 0,60 mm;
 - Espessura de cada algarismo ou letra 0,20 mm;
- O polígono onde se inscrevem os caracteres nas ilhargas e na retaguarda deve ter as seguintes dimensões médias:
 - Altura — 360 mm;
 - Largura — 320 mm;
- Nas partes traseira e laterais, em letras de 100 mm, a cor branca reflectora, deve ser inscrita a palavra BOMBEIROS;

- O nome do corpo de bombeiros deve ser inscrito lateralmente sob a palavra BOMBEIROS.

8. Material de comunicações

8.1. Emissores/receptores móveis – O veículo deve possuir equipamentos móveis, homologados, montados na cabina, de fácil manejo por parte do chefe de equipa, com extensão do altifalante junto do painel de comando da bomba de serviço de incêndios e dois planos-terra em painel metálico, no tejadilho, destinados às antenas de rádio:

- Emissor/receptor móvel de banda alta VHF (faixa dos 152-173 MHz), com 255 canais;
- Possuir pré instalação para rádio TETRA (não deve incluir antena).

8.2. Outros equipamentos – No veículo devem existir, ainda, os seguintes equipamentos:

- Dois emissores/receptores portáteis de banda alta VHF (faixa dos 152-173 MHz), com 16 canais e carregador veicular;
- Um GPS com antena exterior, 12 canais paralelos no mínimo, cartografia nacional detalhada e actualizada, armazenamento mínimo de 10 (dez) rotas, marcação de 100 (cem) pontos de interesse, função zoom in/out. Deve permitir operação portátil e operação em instalação solidária veicular.

8.3. Alimentação dos equipamentos – Todos os equipamentos devem ser alimentados pelas baterias do veículo.

9. Equipamento mínimo

9.1. Equipamento de extinção – A carga mínima obrigatória de equipamento de extinção deve ser a seguinte:

- Agulhetas para baixa pressão, com punho e válvula de abertura e fecho, para utilização com regulador de caudal em jacto/nevoeiro, com posição de auto limpeza, equipada com destorcedor e devidamente certificadas:
 - Três agulhetas com ligação *Storz D* e caudal até 130 litros/minuto;
 - Duas agulhetas com ligação *Storz C* e caudal até 400 litros/minuto.
- Um disjuntor com válvulas e uniões *Storz* tipo BxCxC;
- Um disjuntor com válvulas e uniões *Storz* tipo CxDxD;

- Lanços de mangueira flexível, com uniões *Storz* em liga leve, quatro capas, protecção exterior, suportando uma pressão máxima de trabalho superior a 16 Bar e uma pressão de rotura mínima de 50 Bar, devidamente certificadas:
 - 15 lanços DN25, com 20/25 metros cada e uniões *Storz* D;
 - 15 lanços DN38, com 20/25 metros cada e uniões *Storz* C;
 - 4 lanços DN45, com 20/25 metros cada e uniões *Storz* C;
 - 2 lanços DN70, com 20/25 metros e uniões *Storz* B;
- Dois corpos chupadores de 3 metros cada ou três corpos chupadores de 2 metros cada, destinados à bomba principal de serviço de incêndios, com uniões *Storz*, ralo com válvula e cesto de aspiração, devidamente certificados.
- Quatro reduções *Storz* BxC;
- Duas reduções *Storz* BxD;
- Quatro reduções *Storz* CxD;
- Dois adaptadores rosca fêmea DN 45 SI/ *Storz* C.

9.2. Material de sapador – A carga mínima obrigatória de material de sapador deve ser a seguinte:

- Duas enxadas com cabo;
- Três pás com cabo;
- Uma enxada-ancinho tipo *Macleod*;
- Um machado de lâmina dupla;
- Um foição;
- Uma roçadora manual
- Um ancinho;
- Um enxadão tipo *Pulaski*;
- Três abafadores;
- Um machado *Albião*;
- Uma alavanca média;
- Uma motosserra de corrente com 500 mm com motor térmico igual ou superior a 4 kW e respectivo equipamento de protecção (óculos, auriculares, avental e perneiras).

9.3. Material de salvamento – A carga mínima obrigatória de material de salvamento deve ser a seguinte:

- Uma escada extensível de alumínio, com três lanços de 3 metros cada, certificada de acordo com a EN 1147;
- Duas espias dinâmicas de 6,0 mm, com um mínimo de 25 metros cada, com mosquetões conforme EN 892;
- Duas espias dinâmicas de 11 mm, com um mínimo de 25 metros cada, com mosquetões conforme EN 892.

9.4. Material de socorro sanitário – A carga mínima obrigatória de material de socorro sanitário deve ser a seguinte:

- Uma caixa de primeiros socorros rígida, ou semi rígida, lavável, com bandoleira, que contenha:
 - Material de Contenção e Penso:
 - Dez (10) embalagens com 3 compressas esterilizadas, tamanho 10×10;
 - Cinco (5) pensos esterilizados de grande dimensão, 20×20;
 - Cinco (5) ligaduras de gaze 10×10;
 - Cinco (5) ligaduras elásticas 5×8;
 - Cinco (5) compressas oculares esterilizadas, (emb. Individual);
 - Um rolo de adesivo comum 5×5.
 - Material de Imobilização:
 - Duas (2) talas moldáveis, (tipo SAM);
 - Dois (2) colares cervicais universais descartáveis.
 - Material de Limpeza e Desinfecção:
 - Iodopovidona, sol. Dérmica, 500 ml.
 - Soro fisiológico de limpeza, 30 ml ×6
 - Soro fisiológico, 500 ml×1
 - Material Diverso e de Conforto:
 - 1 Tesoura forte para roupa;
 - 5 Pinças descartáveis.
 - 2 Sacos de frio “ químico”, (Mono uso);
 - 1 Caixa de luvas de látex, (100 unidades), não esterilizadas, ambidextras;
 - 2 Mantas isotérmicas dupla face;
 - 1 Lençol para queimados;

- 2 Máscaras para reanimação, (tipo pocket mask) c/ válvula unidireccional, c/ bolsa

- Uma maca de lona, ou material similar, desdobrável, lavável, com 8 pegas.

9.5. Material de iluminação, sinalização e eléctrico – A carga mínima obrigatória de material de iluminação, sinalização e eléctrico deve ser a seguinte:

- Três lanternas portáteis, recarregáveis no veículo em suporte próprio, anti-deflagrantes, anti-estáticas, protecção IP 66 com carga de 12 volts c.c ou 24 volts c.c, duas intensidades luminosas com um mínimo de quatro horas de utilização na intensidade máxima ou oito horas na mínima, conforme directiva 94/9/CEE e alternativa de carregamento externo com 220 V c.a.;
- Uma gambiarra de 12 V c.c., com 20 metros, lâmpada fluorescente e protecção IP 66.

9.6. Material diverso – A carga mínima obrigatória de material diverso deve ser a seguinte:

- Duas chaves de boca-de-incêndio;
- Quatro chaves para *Storz Ax BxC*;
- Quatro chaves para *Storz Cx D*;
- Duas chaves de marco de água;
- Dois recipientes metálicos de 10 litros para combustível;
- Dois recipientes para lubrificantes;
- Uma moto-bomba portátil, com motor de explosão de potência igual ou superior a 4 KW, auto-ferrante e sistema de corte por falta de óleo, com um débito mínimo de 500 litros/minuto, dois corpos chupadores de 3 metros cada ou três de 2 metros cada, um deles com ralo integrado;
- Um conjunto em caixa de peças e material de manutenção dos motores dos equipamentos.

9.7. Material e ferramentas próprias do veículo e do equipamento – A carga mínima obrigatória de material e ferramenta próprio do veículo e do equipamento deve ser a seguinte:

- Conjunto de chaves acondicionadas em caixa de ferramenta:
 - Sendo 12 de duas bocas fixas, em aço crómio-vanadium;
 - Um jogo de fendas, estrela, torx, pozidriv e sextavado interior, em aço crómio-vanadium;

- De grifos;
- Um macaco hidráulico adaptado ao peso bruto do veículo;
- Dois calços de rodas;
- Uma cinta de reboque com 6 metros, suficientemente robusta para resistir à tracção do veículo completamente carregado;
- Um guincho, frontal com capacidade de tracção do veículo carregado quando aplicada a roldana;
- Uma roldana desmultiplicadora com capacidade para deslocação do veículo;
- Equipamentos de socorro e sinalização regulamentares.

Anexo B – Diagrama p-h do fluido R134a – Ciclo frigorífico teórico (regime +40°/-7°)

