

Hugo Miguel **Análise do desenvolvimento de incêndios**
Viana Figueiredo **em compartimentos interiores de edifícios**
 e combate com água, utilizando os
 métodos de ataque direto e indireto

Hugo Miguel **Análise do desenvolvimento de incêndios**
Viana Figueiredo **em compartimentos interior de edifícios e**
combate com água, utilizando os métodos
de ataque direto e indireto

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Ciências da Informação e da Administração, para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Gestão de Emergência e Socorro, realizada sob a orientação científica da Professora Doutora Carla Pimentel Rodrigues e do Co.orientador Mestre Humberto José Luís Morgado

2021

O júri

Presidente	Paulo Costa
Orientador(a)	Carla Rodrigues
Co. Orientador	Humberto Morgado
Arguente	Hugo Rodrigues

RESUMO

Os incêndios no interior dos edifícios têm vindo a sofrer alterações significativas, adotando diferentes comportamentos que os elevam para patamares de maior exigência no seu combate, obrigando os intervenientes a uma maior compreensão e leitura das suas fases, que condicionará a escolha do método de ataque.

A revisão histórica mantém elevada importância na abordagem do tema e, através da mesma, foi possível esmiuçar de forma holística a base dos conceitos dos diferentes inventores/autores e com isso obter uma substancial melhoria de entendimento e compreensão.

O objetivo de estudo foi validar o conhecimento de uma determinada amostra através de um inquérito e como forma de comparação de resultados, foram realizados 3 ensaios experimentais à escala real.

No primeiro ensaio foi analisado o desenvolvimento natural de um incêndio no interior de um compartimento, no segundo ensaio foi efetuada a aplicação de água utilizando o método de ataque direto e no terceiro a aplicação de água no método de ataque indireto.

O resultado dos mesmos, permitiu constatar a existência de uma substancial discrepância e equívocos na análise das diferentes fases de desenvolvimento de incêndios e conseqüentemente a má aplicação de água nos diferentes métodos referidos.

Assim, torna-se imperativo a necessidade de uma reformulação formativa, de forma a melhorar a leitura e compreensão de desenvolvimento de incêndios em interiores, uma melhor e efetiva aplicação de água para a extinção dos mesmos e principalmente para o bem da segurança dos intervenientes.

PALAVRAS-CHAVE

Incêndios, desenvolvimento, combate direto, combate indireto, *flashover*, *Backdraft*.

ABSTRACT

Fires inside buildings have undergone significant changes, adopting different behaviours that raise them to more demanding levels in their combat, forcing those involved to have a greater understanding and reading of their phases, which will affect the choice of the attack method

The historical review maintains a high importance in the approach to the theme and, through it, it was possible to holistically break down the basis of the concepts of the different inventors/authors and thus obtain a substantial improvement in understanding and understanding.

The purpose of the study was to validate the knowledge of a particular sample through a survey and as a way of comparing the results, 3 full scale experimental tests were carried out.

In the first test, the natural development of a fire inside a compartment was analysed, in the second test the application of water was already carried out using the direct attack method and in the third the application of water in the indirect method.

The results of them allowed the existence of a substantial discrepancy and misunderstandings in the analysis of the different stages of fire development and the consequent application of water in the different methods mentioned.

Thus, the need for a formative reformulation becomes imperative to improve the reading and understanding of the development of indoor fires, a better and effective application of water to extinguish it and mainly for the sake of the safety of those involved.

KEYWORDS

Fires, development, direct combat, indirect combat, flashover, Backdraft

Agradecimentos

Agradeço à minha orientadora, Professora Doutora Carla Pimentel Rodrigues, pela disponibilidade e atenção na condução do projeto, foi deveras fundamental para alcançar o desejável.

Ao meu Co. Orientador, Mestre Humberto José Luís Morgado por ter aceite este desafio e pela paciência em dar resposta às solicitações em tempo de desespero.

A todos os restantes docentes do Mestrado, foram peças fundamentais na obtenção de novos conhecimentos de elevada relevância para o construto educacional.

Aos meus colegas de mestrado, as constantes trocas de experiências, sejam elas em contexto de sala de aula ou em contexto de lazer, foram e são um verdadeiro enriquecimento individual e coletivo.

Ao meu amigo Karel Lambert, a oportunidade de inclusão no mundo fascinante do *Compartment Fire Behaviour Training* (CFBT), alimentou ainda mais o interesse pela investigação.

Ao meu amigo Roy Hedin, as nossas longas conversas e trocas de ideias levaram-me à necessidade de explorar o tema da aplicação de água, com mais curiosidade e atenção.

Aos Bombeiros Sapadores e Proteção Civil de Vila Nova de Gaia (BSPC), na sua pessoa o Comante Interino José Viana pela disponibilidade e ajuda na divulgação do inquérito pelos restantes corpos de bombeiros. Aos comandantes e restantes elementos, pois foram extremamente fundamentais para complementar a realização deste estudo.

Aos restantes colegas e amigos que direta ou indiretamente contribuíram de forma positiva para o objetivo traçado.

Um profundo e sincero agradecimento ao Centro de Formação da SEGANOSA, estes anos de ligação têm sido extraordinários e contribuído para um crescimento pessoal e profissional de especial relevância. Nada do que foi feito seria possível sem o apoio incondicional que deram e transmitiram desde a primeira hora.

Aos meus amigos Rui Dias e Paulo Almeida, são imensas as palavras e adjetivos a serem usados para descrever e classificar o já longo caminho que traçamos. A utopia vista por

nós tem uma expressão de elevado relevo e simbolismo. Embora conscientes que a mesma esteja sempre distante, traçamos o rumo e com as pequenas metas que se alcançam são sempre vistas como ganho e não como perda, os obstáculos (sempre imensos) transponíveis com uma maravilhosa teimosia e resiliência que reside num ADN partilhado. Sejamos utópicos...

Por fim o meu eterno e sincero agradecimento à minha família, em especial às minhas filhas Ariana e Letícia e à minha companheira, mulher e amiga Raquel Soares ao qual, junto um pedido de desculpa pelas ausências, pela sobrecarga de tarefas e responsabilidades que nestes últimos tempos aconteceram com alguma regularidade, para que os objetivos propostos fossem alcançados.

Muito Obrigado

Índice

Capítulo 1. Introdução	1
1.1. Justificação do tema	2
1.2. Objetivo da investigação.....	3
1.3. Estrutura do trabalho	3
Capítulo 2. Histórico da Organização dos serviços contra incêndios	5
Capítulo 3. Enquadramento teórico.....	7
3.1. Definições	7
A. Fenómeno do fogo	7
B. Métodos de propagação	8
C. Tipos de chama.....	9
D. Processo de Pirólise.....	10
E. Os Fumos	10
F. Plano neutro.....	10
G. Fases de desenvolvimento de incêndio em compartimento	11
H. Flashover	13
I. Backdraft	13
J. A água.....	14
K. Combate ao incêndio, métodos de ataque direto e indireto	14
L. Carga de Incêndio:.....	16
M. Densidade Carga de Incêndio:.....	16
N. Taxa de Libertação calor:.....	16
O. Caudal:.....	17
P. Pressão:	17
Q. Vaporização	17
3.2. Revisão de literatura existente do tema em análise	17
3.3. Desenvolvimento de incêndios	19
3.4. Métodos de ataque do fogo.....	20
A. Ataque direto	20
B. Ataque Indireto	21
Capítulo 4. Identificação do problema.....	23
4.1. Inquérito	24
Capítulo 5. Ensaios práticos	37
5.1. Objetivos a atingir	37

5.2. Definição dos recursos necessários para a realização dos ensaios.....	37
A. Materiais	37
B. Recursos Humanos	43
5.3. Localização	43
5.4. Descrição da realização dos ensaios.....	44
A. Ensaio 1	49
B. Ensaio 2	54
C. Ensaio 3	59
Capítulo 6. Conclusão	69
Capítulo 7. Referências	71
Anexos	73
Anexo I - Inquérito.....	A
Anexo II - Tabelas gerais dos ensaios.....	I

Índice de figuras

Figura 1- Tetraedro do Fogo (Bombeiros, 2006)	8
Figura 2- Métodos de Propagação (RSB,2013).....	9
Figura 3 - Chama Difusa e Pré-Mistura (Escola Brasil)	9
Figura 4 - Plano Neutro (Fire)	11
Figura 5- Curva de Incêndio (Fernades,2008)	12
Figura 6- Ataque Direto (Highrisefire. co. Uk)	15
Figura 7- Ataque Indireto (Highrisefire. co. Uk)	15
<i>Figura 8- Modelo de Duas Zonas (Jos et al, 2013).....</i>	<i>38</i>
Figura 9- Simulador de testes (SEGANOSA).....	39
Figura 10 - Medidor de temperaturas.....	39
Figura 11- Termopar tipo K.....	40
Figura 12- Câmara térmica Leader TIC3	40
Figura 13- Câmara térmica SeeK Thermal	40
Figura 14- Estação meteorológica	41
Figura 15- Câmara de filmar interior	41
Figura 16- Câmara de filmar exterior	41
Figura 17- Placas de aglomerado de partículas.....	42
Figura 18- Palete de madeira de pinho	42
Figura 19- Centro de Formação SEGANOSA.....	44
Figura 20- Disposição dos termopares no simulador	44
Figura 21- Termopar 1	45
Figura 22- Termopar 2	45
Figura 23- Termopar 3	45
Figura 24- Termopar 4	46
Figura 25- Disposição do material de queima	47
Figura 26- Peso da palete e peso da placa de aglomerado de partículas.....	47
Figura 27- Oscilação plano neutro.....	50
Figura 28- Inflamação de gases e radiação térmica	52
Figura 29- Imagem térmica diminuição da inflamação dos gases	53
Figura 30 - Água em cone fechado para jato direto.....	55

Figura 31- Primeira aplicação de água ao foco principal em jato com cone fechado ...	56
Figura 32- Incorreta aplicação de água	58
Figura 33- Ângulo de aplicação e abertura de cone para ataque indireto	60
Figura 34- Sequência da expansão do vapor de água numa aplicação.....	63
Figura 35- Saída de gases e vapor de água.....	64
Figura 36- Imagem térmica de aplicação de água e reação do foco de incêndio.....	65

Índice de gráficos

Gráfico 1- Evolução do número de incêndios urbanos (Sistema de Segurança Interna, 2020).....	1
<i>Gráfico 2 - Distribuição por género</i>	25
Gráfico 3 - Distribuição de respostas por CB.....	26
Gráfico 4- Pergunta 1 – Conhece a diferença entre ataque direto e ataque indireto? .	27
Gráfico 5- Pergunta 2 - O ataque direto consiste na aplicação de água direta sob?	27
<i>Gráfico 6- Pergunta 3 - No ataque direto, depois de iniciar a aplicação de água, sabe quando deve parar esta ação?</i>	28
Gráfico 7- Pergunta 3.1- Se respondeu sim, sabe quando?	29
Gráfico 8- Pergunta 4 - O ataque indireto consiste na aplicação de água para arrefecimento de:.....	30
Gráfico 9- Pergunta 5 - No ataque indireto, depois de iniciar a aplicação de água, sabe quando deve parar esta ação?	31
Gráfico 10- Pergunta 5.1 - Se respondeu sim, sabe quando?	31
Gráfico 11- Pergunta 6 - Já alguma vez utilizou algum dos métodos (direto e indireto) em contexto de incêndio no interior dos edifícios?	32
Gráfico 12- Pergunta 6.1 - Se sim, qual é para si o mais benéfico?	33
Gráfico 13- Pergunta 7 - Qual dos métodos considera ser mais eficiente?	34
Gráfico 14- Pergunta 8- De acordo com as fases de desenvolvimento de Incêndio, seleccione em quais aplicaria água utilizando o método direto:	34
Gráfico 15- Pergunta 9- De acordo com as fases de desenvolvimento de incêndio, seleccione em quais aplicaria água utilizando o método indireto:	35
Gráfico 16- Desenvolvimento de incêndio ensaio 1.....	54
Gráfico 17- Ataque Direto ensaio 2	59
Gráfico 18- Ataque indireto ensaio 3	66
Gráfico 19- Temperaturas máximas dos ensaios	67

Índice de tabelas

Tabela 1 - Percentagem de respostas imprecisas	33
Tabela 2- Registo meteorológico.....	49
Tabela 3- Excerto 1 dos registos térmicos do ensaio 1	49
Tabela 4- Excerto 2 dos registos térmicos do ensaio 1	50
Tabela 5- Excerto 3 dos registos térmicos do ensaio 1	51
Tabela 6- Excerto 4 dos registos térmicos do ensaio 1	53
Tabela 7-Excerto 1 dos registos térmicos do ensaio 2	56
Tabela 8- Excerto 2 dos registos térmicos do ensaio 2	57
Tabela 9- Excerto 3 dos registos térmicos do ensaio 2	58
Tabela 10- Expansão de 1 litro de água (Arnalich. A 2015).....	61
Tabela 11- Excerto 1 dos registos térmicos do ensaio 3	62
Tabela 12- Excerto 2 dos registos térmicos do ensaio 3	63
Tabela 13- Excerto 3 dos registos térmicos do ensaio 3	65

Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

A.C- Antes de Cristo

BSPC- Bombeiros Sapadores e Proteção Civil

CB- Corpo de Bombeiros

CO- Monóxido de Carbono

CO2- Dióxido de Carbono

EN- Norma Europeia

EPI- Equipamento Proteção Individual

NBS- National Bureau of Standards

NFPA- National Fire Protection Association

R.S.B- Regimento Sapadores Bombeiros

RASI- Relatório Anual de Segurança Interna

RNBP- Recenseamento Nacional dos Bombeiros Portugueses

SSI- Sistema Segurança Interna

U.S.A- United States America

Simbologia

%v- percentagem vapor

A_f – área do pavimento do compartimento de incêndio [m]

H_u – calorífico específico [MJ/kg]

Lg- litros gastos

lts/min- litros por minuto

lts/s- litros por segundo

m/s – metros por segundo

Mh20- medidor de água

$M_{k,i,k}$ – Quantidade de material combustível

Pr- projeções

Q – taxa de libertação de calor [W]

$q_{f,k}$ – valor característico da densidade de carga de incêndio por unidade de área do pavimento [MJ/m²]

$Q_{fi,k}$ – valor característico da carga de incêndio

Tp- tempo gasto

Vh2o- volume vapor de água

Vv- volume de vapor

Capítulo 1. Introdução

O mundo e por sua vez a sociedade em geral têm sofrido profundas transformações como resultado de constantes evoluções dos mais variadíssimos patamares e domínios. Nesse contexto, existe a necessidade e procura de respostas com o objetivo de criar mudanças, para diminuir a distância existencial entre o referido avanço e o patamar onde muitas vezes nos encontramos.

As grandes cidades encontram-se cada vez mais povoadas o que obriga a uma construção de edificado em altura e onde a política do consumo obriga a uma industrialização em massa de forma a satisfazer as “necessidades”.

Uma vez que as ocorrências de incêndio urbano são uma realidade, de acordo com o RASI Relatório Anual de Segurança Interna, no ano de 2020 registaram-se 7244 incêndios em habitações (Sistema de Segurança Interna [SSI], 2020).

Como podemos constatar através do gráfico 1, desde o ano de 2014 assistimos a uma subida gradual de incêndios urbanos, a quebra no ano de 2020 comparativamente a 2019 de menos 644 incêndios, prende-se com o facto de “no contexto de situação pandémica...”(Sistema de Segurança Interna [SSI], 2020), as pessoas se encontrarem em casa o que permite uma rápida primeira intervenção na supressão dos incêndios, mas a proteção de pessoas e bens é cada vez mais posta à prova.

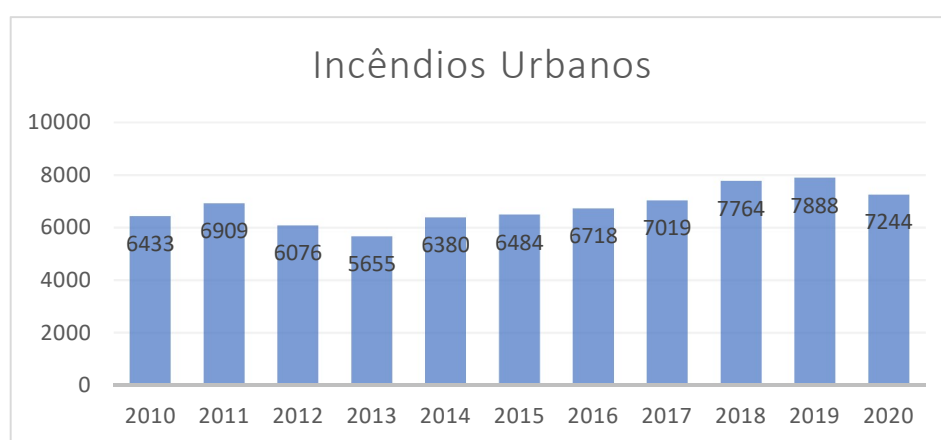


Gráfico 1- Evolução do número de incêndios urbanos (Sistema de Segurança Interna, 2020)

De acordo com Derek Alkonis “The modern fire environment consists of structures constructed of lightweight building materials, open floor plans, double-pane windows and furnishings constructed of materials capable of releasing enough heat energy to flash over a room in seven minutes or less.”(Considerations, 2015). Assim, tanto a construção bem como o recheio utilizado nas nossas residências, potencia um rápido desenvolvimento dos mesmos, alcançando características e especificidades que exigem dos bombeiros, técnicas e métodos de atuação para a eficaz supressão de incêndio com elevado profissionalismo, com vista à sua própria proteção, bem como de possíveis vítimas.

De entre muitas das missões dos bombeiros, o combate aos incêndios “...é frequentemente associada à coragem e bravura. Essa percepção frequentemente sugere que os bombeiros estão dispostos a aceitar qualquer risco ante a sua segurança pessoal, no exercício de suas funções.” (Grimwood, 2019). É verdade que nos últimos anos se fala mais sobre desenvolvimento e comportamento de incêndios, mas é importante que não aprendam só com os anos de experiência, mas que saibam ler e interpretar os mais variadíssimos sinais, que vão desde a estrutura onde se desenvolve o incêndio, as constantes alterações dos fumos e gases provocados pela combustão até ao foco de incêndio e depois atuar em conformidade.

1.1. Justificação do tema

A realidade dos incêndios é um problema que vem do passado e que se encontra presente no dia a dia e será uma grande preocupação no futuro como verificado através do gráfico 1. Apesar do avanço tecnológico ocorrido ao longo dos últimos anos, seja no uso e na evolução dos equipamentos de proteção individual (EPI), nas técnicas, nos métodos de atuação e na própria capacitação dos bombeiros, as probabilidades de ocorrerem acidentes no combate aos incêndios são altas.

O uso do agente extintor, que neste caso é a água, exige um alto padrão de conhecimentos por parte do bombeiro que manuseia a agulheta isto é, que tenha motricidade fina pois, a má aplicação, implica um retorno por parte do incêndio com alto nível de perigosidade.

Neste enquadramento ser capaz de reconhecer o nível de desenvolvimento de um incêndio e as potencialidades de cada tipo de metodologia de ataque direto e indireto, face ao contexto de desenvolvimento do mesmo é uma necessidade que, com esta dissertação se pretende demonstrar através dos ensaios realizados os cuidados a ter aquando de uma ocorrência de incêndio em compartimentos.

1.2. Objetivo da investigação

Um incêndio é um acontecimento único e irrepetível, depende de um conjunto de fatores cuja conjugação determina um número infinito de possibilidades. Assim, e porque não podemos olhar o combate aos incêndios como um acontecimento que se possa guiar por uma folha de obra, é necessário consciencializar os bombeiros que um incêndio não é igual a outro incêndio e o risco encontra-se sempre presente.

Com esta investigação espera-se obter informações relevantes, esclarecedoras e contribuir para um maior conhecimento que permita aos bombeiros uma leitura consciente do desenvolvimento e comportamento de incêndios, melhorando com isso as técnicas e métodos de aplicação de água, sendo esse o principal objetivo da investigação.

1.3. Estrutura do trabalho

A presente dissertação de mestrado é constituída por 7 capítulos e 2 anexos. De seguida será apresentado um breve resumo sobre a sua organização e constituição.

O primeiro capítulo ficou destinado à introdução ao tema, justificando e objetivando o mesmo e a sua estrutura.

O segundo capítulo apresenta uma breve navegação do descritivo histórico da organização dos serviços conta incêndios e onde se verifica a grande necessidade da sua existência.

No terceiro capítulo delineamos o enquadramento teórico de forma que, as definições constatadas na alínea 3.1, permitem uma compreensão mais aprofundada dos necessários conceitos. A alínea 3.2 é composta pela literatura existente do tema em análise e seguidamente na alínea 3.3, é abordado o tema do desenvolvimento de incêndios. Por fim, na alínea 3.4 os métodos de ataque direto e indireto.

No quarto capítulo identificamos o problema e na alínea 4.1, encontra-se descrito o inquérito elaborado com o estudo estatístico dos resultados do mesmo.

O quinto capítulo ficou reservado para os ensaios práticos. Foram identificados na alínea 5.1 os objetivos a atingir e os recursos necessários para a sua realização, em 5.2 com materiais e recursos humanos, a sua localização é passível de ser constatada em 5.3. A alínea 5.4 é composta pelos 3 ensaios elaborados e respetiva descrição detalhada dos mesmos.

O sexto capítulo refere-se à conclusão globalizando a dissertação.

No sétimo capítulo são apresentadas as referências bibliográficas analisadas para a elaboração do trabalho.

Capítulo 2. Histórico da Organização dos serviços contra incêndios

Para se compreender a importância dos serviços contra incêndios ao longo dos tempos, apresenta-se uma breve resenha histórica da sua evolução que permite reconhecer a importância dos mesmos ao longo dos tempos e a necessária evolução de acordo com o contexto e a evolução da sociedade.

Se recuarmos até aos tempos da era pré-histórica, encontramos uma das mais importantes descobertas para a sobrevivência da humanidade, a do fogo. A mesma veio revolucionar os costumes do Homem. Mais tarde, quando deixamos de ser nómadas e nos fixamos, surgiram os lugares e as construções como abrigos, o crescimento dos lugares foi inevitável. Aí o fogo era um bem essencial e promotor do desenvolvimento, mas também um risco que era preciso acautelar e gerir com ponderação.

O primeiro serviço organizado contra incêndios na época de 509-27 A.C. é referenciado nas Atas II Encontro Nacional sobre a História dos Bombeiros Portugueses onde se menciona que “...ficamos a saber da existência, na antiguidade, de serviços organizados contra incêndios.” (Neto José, Nunes Mário, Silva Jorge, 2001), apesar desta menção sabemos que já na época de 106-43 A.C., Cícero, teria também ordenado a construção de talhas com água para rapidamente atuar aos focos de incêndio, embora não fosse um serviço devidamente organizado.

Ao longo dos tempos as guerras pela conquista de território foram uma constante, o flagelo dos incêndios destruía cidades inteiras, potenciado pela ação humana e pelas construções em madeira que eram predominantes nessas cidades. Os problemas de falta de organização na área do combate a incêndios já se evidenciavam no nosso país e na restante Europa, em plena idade média.

Em Inglaterra, no ano de 1066 Guilherme, o Conquistador “...introduziu um meio de prevenção contra incêndios.” (Neto José, Nunes Mário, Silva Jorge, 2001), aqui a população

teria de cumprir determinadas ordens e orientações, para prevenir que os incêndios ganhassem elevadas proporções.

Já em França, o rei Luiz IX tinha homens a cavalo e apeados a fazer rondas pela cidade como forma de vigia, encontravam-se também devidamente regulamentadas as tarefas a desempenhar em caso necessidade de atuar no combate aos incêndios, “...entre eles estavam os pedreiros e os carpinteiros de navios...” (Neto José, Nunes Mário, Silva Jorge, 2001).

Em Portugal, por altura da conquista de Lisboa em 1147, dava-se a conhecer a preocupação de combater incêndios como resposta aos ataques dos inimigos que, de certa forma, mostra alguma organização neste âmbito.

Foi já durante o reinado de D. Diniz (1279-1325), que se evidenciaram os cuidados a ter na proteção, principalmente com as matas e florestas uma vez que os negócios estavam em alta, com destaque na área náutica.

Uma recusa de acudir a um incêndio, leva a que o rei D. Pedro I “...não permitindo tal recusa, pôs em evidência o rigor e justeza...a obrigação de acudir aos incêndios quando sucedessem.” (Neto José, Nunes Mário, Silva Jorge, 2001).

A preocupação com as pessoas aumentava, é já durante o governo de D. Fernando (1367-1383), que são implementadas medidas (idênticas à Francesa), que se vão replicando um pouco por todo o país, com o objetivo de proteger a população e rapidamente acudir aos incêndios.

Eis que, no reinado de D. João I, conhecido como Mestre de Aviz a 23 de agosto de 1395, “...nasceu o belo documento que hoje tanto admiramos e que nos permite classificá-lo como primeiro entre os que, de alguma forma, puseram á disposição do país serviços organizados de prevenção e combate ao flagelo dos incêndios.” (Neto José, Nunes Mário, Silva Jorge, 2001) aqui, os carpinteiros e calafates munidos de seus machados atalhavam o fogo, enquanto as mulheres com seus cântaros transportavam água para o apagar. Foi a partir daí que os municípios e a população em associação se organizaram, criando e fundando as corporações de bombeiros que até aos dias de hoje prestam um exemplar serviço à comunidade.

Capítulo 3. Enquadramento teórico

No presente capítulo, será descrita a revisão de literatura efetuada sobre o tema em análise, salientando não só o seu enquadramento, mas também os métodos de ataque direto e indireto

3.1. Definições

Para melhor compreensão do tema e das considerações apresentadas ao longo do trabalho, iremos apresentar um conjunto de definições que se consideram como imprescindíveis para garantir uma compreensão uniforme dos termos e conceitos.

A. Fenómeno do fogo

“O fogo é uma combustão. Esta é uma reacção química particular acompanhada pela libertação de calor, isto é, uma reacção exotérmica.”(Bombeiros, 2006).

Para que exista fogo é necessária a presença simultânea de três elementos o combustível, que neste caso é o que se queima; o comburente, mais conhecido como oxigénio e a energia de ativação, que vulgarmente chamamos de calor.

Da ação dos referidos elementos, e para que a combustão se mantenha, surge um quarto elemento, que neste caso se denomina como reacção em cadeia.

“...no decurso da reacção química formam-se os chamados «radicais livres», resultantes da decomposição das moléculas nos átomos que lhes deram origem.” (Bombeiros, 2006) gerando o tetraedro do fogo.

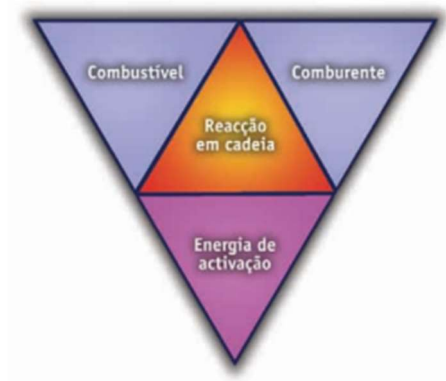


Figura 1- Tetraedro do Fogo (Bombeiros, 2006)

B. Métodos de propagação

A propagação de um incêndio em interiores, que não é mais do que a sua irradiação, alastramento ou disseminação, pode ocorrer com base em três métodos: condução, convecção e radiação.

Qualquer um deles encontra-se intimamente ligado com a transferência de calor.

A condução ocorre com a transferência de calor da zona quente para a zona fria através do mesmo material, enquanto que "...a convecção consistem no movimento de um fluido (gás ou líquido) que ocorre devido à sua diferença de temperatura, provocando uma alteração de densidades e originando correntes ascendentes e descendentes no respetivo fluido."(RSB, 2013), e a radiação desloca e emite em todas as direções o calor.

No incêndio de um compartimento

... 65 a 70 % do calor da combustão é libertado por via da convecção, pelo que a equipa também ficará exposta à radiação, responsável por cerca de 30 a 35 % do calor libertado pela combustão. Neste caso, os elementos intervenientes suportarão praticamente 100 % do calor libertado pela combustão (RSB, 2013).



Figura 2- Métodos de Propagação (RSB,2013)

C. Tipos de chama

A chama num incêndio “corresponde a uma zona de gases incandescentes visível em redor da superfície do material em combustão...Observando o comportamento do combustível em relação ao comburente, falamos de dois tipos de chamas: chamas de difusão e chamas de pré-mistura” (RSB, 2013), traduzindo-se assim na face mais visível do incêndio.

A chama difusa “occurs when the fuel and oxygen diffuse from opposite sides of the reaction zone. In the reaction zone, the fuel and oxygen are consumed, so their concentrations are zero there”(Quintiere, 1998)

Na chama pré-mistura, uma mistura prévia de combustível e comburente que, na sua mistura ideal e depois de contacto com a fonte de ignição se inflama.



Figura 3 - Chama Difusa e Pré-Mistura (Escola Brasil)

D. Processo de Pirólise

Os materiais sólidos orgânicos (neste caso madeira), por influência da temperatura sofrem um processo de decomposição química onde libertam "...gases que depois entrarão em combustão. Esta reação prévia à reação de combustão tem o nome de pirólise"(RSB, 2013).

Sofrendo aquecimento, a madeira inicia o seu processo de secagem, liberta o vapor de água que contém e podemos observar fumo branco. Com o aumento da temperatura, inicia a sua decomposição onde, se verifica um acréscimo e libertação de gases altamente combustíveis. O fumo mantém a cor branca apesar de ser mais denso. Atingindo a sua temperatura de ignição iremos observar chamas.

E. Os Fumos

De acordo com Drysdale (1999) onde cita Gross et al. (1967), os mesmos definem que "...smoke as "the gaseous products of burning organic material in which small solid and liquid particles are also dispersed." (Drysdale, 1999). Os fumos resultantes da combustão dos incêndios, são compostos "...por partículas sólidas em suspensão (carbono), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂) e outros gases, que variam de acordo com a natureza do combustível..."(RSB, 2013). Dadas as elevadas temperaturas, a origem natural de flutuabilidade, expansão e ascensão, garantem as suas características de inflamabilidade, podendo-se a qualquer momento observar chamas.

F. Plano neutro

Num compartimento não existe a possibilidade natural de libertação dos produtos resultantes da combustão, o que origina uma grande acumulação dos mesmos no seu interior.

Para que exista alimentação de comburente para o incêndio, deverá existir uma entrada de ar através de uma porta ou de uma janela, que poderá ser também a saída dos gases. Dado que, os gases quentes, por serem menos densos, se posicionam na parte superior do

compartimento, e o ar frio que sendo mais denso, logo, mais pesado, se posiciona na parte inferior do compartimento, originam-se correntes de convecção. Esse diferencial de pressão dá origem a um equilíbrio entre ambos, evidenciando-se assim o plano neutro.

De acordo com a NFPA 1700, “Neutral Plane. Marks the level at a bi-directional vent, such a doonvay or window opening, between the hot gas (smoke) flowing out of a fire compartment and the cool air flowing into the compartment.”(Association, 1967).



Figura 4 - Plano Neutro (Fire)

G. Fases de desenvolvimento de incêndio em compartimento

Quando falamos em incêndio, falamos de uma combustão não controlada no espaço e no tempo, “...caracterizada pelo aparecimento, manutenção e propagação da chama, libertação de calor, emissão de gases (por exemplo, dióxido e monóxido de carbono), produção de fumos e formação de diversos produtos a partir do carbono, oxigénio e hidrogénio...” (Sofia & Louro, 2008).

Um incêndio no interior de um compartimento tem a particularidade de acumular os gases resultantes da combustão o que influencia o seu comportamento. Aqui apresentamos uma típica demonstração gráfica da curva de incêndio onde, no eixo das abcissas é referente ao tempo e no eixo das ordenadas refere-se à temperatura. Desde que se desenvolve

livremente até ao fim da matéria combustível, verifica-se através da relação tempo temperatura (linha amarela) os seus diferentes comportamentos e assume as fases descritas na figura 5.

Nota: O *flashover* será descrito na alínea H.

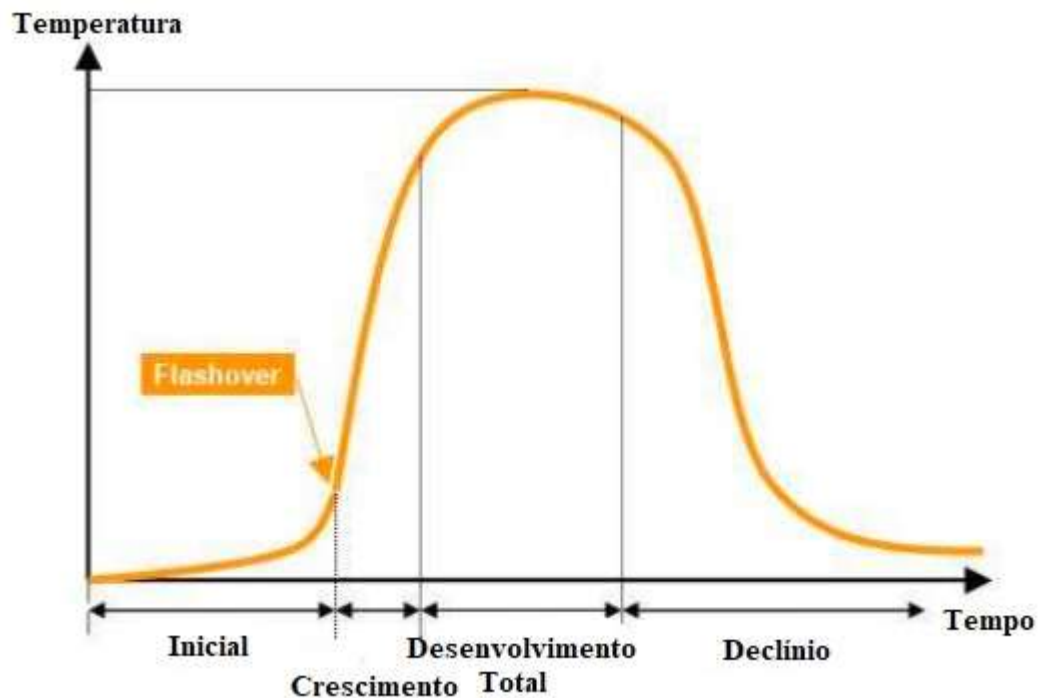


Figura 5- Curva de Incêndio (Fernades,2008)

- Inicial ou ignição:

O fogo inicia-se tendo em conta o combustível presente comburente disponível e energia de ativação. Ao existir o referido e com o resultado dos gases libertados pela combustão verifica-se um aumento de temperatura.

- Crescimento:

Assistimos à formação de uma coluna de convecção como resultado dos gases libertados. Dadas as temperaturas atingidas, os restantes materiais iniciam o seu processo de pirólise (Ver alínea D.) o que leva a uma aceleração do incêndio e um exponencial aumento de temperatura.

- Desenvolvimento total:

Nesta fase constata-se a inflamabilidade dos gases acumulados no plano superior do compartimento, todo o combustível participa e o comburente é consumido em grande escala, todo o recinto encontra-se envolvido em chamas.

-Declínio:

Com o passar do tempo a temperatura vai baixando dado que o combustível se encontra consumido, o incêndio inicia a sua descendência até à sua extinção.

H. Flashover

O rápido desenvolvimento de incêndio, alimentado pelo comburente poderá originar um dramático acontecimento no interior do compartimento que chamamos de *Flashover*.

De acordo com Gorbett & Hopkins (2007), "A transition phase in the development of a contained fire in which surfaces exposed to thermal radiation reach ignition temperature more or less simultaneously and fire spreads rapidly throughout the space." (Gorbett & Hopkins, 2007).

Ocorrendo esta transição de crescimento para totalmente desenvolvido, "The rapid ignition, burning rate, and flame spread of materials due to increasing heat flux arising from the heated room."(Quintiere, 1998).

I. Backdraft

Um incêndio que se desenvolva num compartimento com ventilação limitada, na sua fase inicial é em tudo idêntico a um ventilado e irá acumular os fumos e gases libertados da combustão. Depois de consumido o comburente disponível, passará para uma fase latente da combustão, mas mantendo uma temperatura considerável, bem como, gases altamente combustíveis. Efetuando uma abertura descontrolada do compartimento, a entrada repentina de comburente origina uma inflamação generalizada de todo o espaço, na esmagadora maioria das vezes manifesta-se também uma explosão.

De acordo com Gorbett, Gregory. E. Hopkins, Ronald (2007), em que citam uma definição de bakdraft resultante de um aprofundado estudo de Quintiere e Pagni/Fleischmann,

“Limited ventilation during an enclosure fire can lead to the production of large amounts of unburnt pyrolysis products. When an opening is suddenly introduced, the inflowing air forms a gravity current and begins to mix with the unburned pyrolysis products, creating a combustible mixture of gases in some part of the enclosure. Any ignition sources, such as a glowing ember, can ignite this combustible mixture. Resulting in an extremely rapid burning of gases/pyrolysis products forced out through the opening and causes a fireball outside the enclosure.”(Gorbett & Hopkins, 2007).

J. A água

Uma das substâncias mais importantes na Terra é a água, de acordo com Conselho Nacional da Água,

é uma substância química cujas moléculas são formadas por dois átomos de hidrogénio (H) ligados a um átomo de oxigénio (O), sendo a sua fórmula química H₂O. A água é singular, sendo a única substância encontrada nos três estados (sólido, líquido e gasoso) às temperaturas normalmente encontradas no nosso planeta.(Água, n.d.)

Dadas as suas características, é por excelência o melhor agente extintor para este tipo de incêndios em compartimento. Existe a possibilidade de a aplicar de diferentes formas, tem uma grande capacidade de penetração, pois, quando submetida a temperatura aproximada dos 100°C, expande-se e muda para o estado gasoso. Isso faz com que tenha uma enorme capacidade de retirar poder calorífico ao incêndio.

K. Combate ao incêndio, métodos de ataque direto e indireto

O combate aos incêndios foi a primeira função atribuída aos bombeiros e que ainda hoje se mantém com grande valência e dedicação.

No combate aos incêndios podem ser usados diferentes tipos de ataque, contudo, neste trabalho iremos nos debruçar sobre os métodos de ataque direto e indireto ao incêndio.

- Ataque Direto: Método bastante eficaz na fase inicial de desenvolvimento de incêndio, reunidas as condições de segurança, permite uma aplicação mais célere e

como o nome indica, diretamente ao foco principal anulando a possibilidade de propagação.



Figura 6- Ataque Direto (Highrisefire. co. Uk)

- Ataque Indireto: Quando o incêndio se encontra na fase de transição para desenvolvimento total, não se encontram reunidas as condições de segurança para atuar diretamente ao foco de incêndio. O método indireto permite fazer uma aplicação de água de um local seguro, para o interior do compartimento com a água direcionada ao teto, a estrutura e os gases contribuem para a obtenção de um grande volume de vapor de água que se expandirá atuando de forma generalizada em todo o espaço.

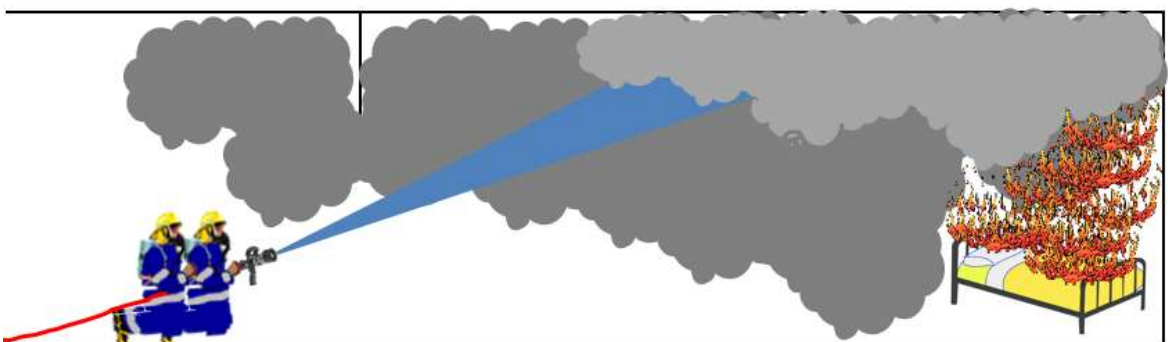


Figura 7- Ataque Indireto (Highrisefire. co. Uk)

L. Carga de Incêndio:

A carga de incêndio pode ser definida pela quantidade de calor libertada pela combustão completa dos materiais existentes no compartimento que de acordo com EN 1991-1-2 (2010), “A carga de incêndio deverá incluir todo o recheio combustível do edifício e das partes combustíveis das construção...” (IPQ & LNEC, 2010), que vão desde mobiliário, revestimentos, chãos, paredes, tetos bem como estrutura.

A capacidade de libertação é designada como poder calorífico, que se transcreve na quantidade de calor libertada pela combustão completa de 1 Kg ou de 1 m³ do combustível que é queimado.

O Eurocódigo 1 parte 1-2 (EN 1991-1-2, 2010), como já referido, define o poder calorífico da madeira em 17,5 MJ/kg. A unidade utilizada para este cálculo é de 1 kg de madeira, considerando que ao sofrer combustão liberta 17 a 20 MJ.

$$Q_{fi,k} = \sum M_{k,i} \cdot H_u \quad [MJ]$$

M. Densidade Carga de Incêndio:

A densidade da carga de incêndio média definida no EN 1991-1-2 (2010), uma vez que se trata de um pequeno compartimento, atribui-se como um escritório que é de 420 MJ/m².

$$q_{f,k} = \frac{Q_{fi,k}}{A_f} \quad [MJ]$$

N. Taxa de Libertação calor:

A energia que é libertada durante uma combustão, de acordo com EN 1991-1-2 (2010), assume a seguinte fórmula.

$$Q = \frac{Q_{fi,k}}{s} \quad [MW]$$

O. Caudal:

A quantidade de um líquido que passa sobre um determinado canal, pode ser definido como caudal. Pode-se exprimir de diferentes formas, “A unidade que os bombeiros mais utilizam, na prática, para medir caudais é o lts/min”(Rodrigues Jorge, 2005).

P. Pressão:

A pressão pode ser definida como a força exercida sobre uma superfície logo, “...é o quociente entre força e a secção (superfície) sobre a qual está aplicada”.(Rodrigues Jorge, 2005). Nos ensaios realizados a pressão exercida na linha de água era de 9 bar.

Q. Vaporização

A aplicação de água num incêndio em interiores desde que existam condições para que esta transite para o estado gasoso, provoca alterações na dinâmica do incêndio, “El volumen de vapor de agua que se genera a una temperatura de 100°C es, aproximadamente, 1.600 veces mayor que el volumen original en fase líquida. A medida que la temperatura aumenta, esta expansión es aún mayor” (Arnalich, 2015)

De acordo com o referido autor, para calcular o volume de vapor de água gerado nesta tipologia de incêndios assume-se a seguinte fórmula:

$$M_{h2o} = Pr \times Tp \times Lg \times \%v$$

3.2. Revisão de literatura existente do tema em análise

A primeira preocupação que encontramos na literatura relativa aos incêndios era o transporte da água até ao foco dos mesmos.

Num contexto permanente de recursos escassos, seja na idade média ou na atualidade, o combate aos incêndios pretendem garantir que os danos decorrentes dos mesmos se circunscrevam ao mínimo.

Um combate a um incêndio é o resultado de um projeto, que tem um objetivo e onde temos de garantir a maximização dos resultados com o menor consumo de recursos. Na gestão dos recursos para além da questão do agente extintor, a água, a preocupação com os recursos humanos e a sua gestão é um assunto que já no ano de 1824, em França, surge a primeira publicação oficial que demonstra a importância de estabelecer orientações que permitam aos bombeiros atuar nos incêndios, de acordo com Plazanet

La nécessité d'avoir un mode régulier d'instruction pour le corps des sapeurs-pompiers de la ville de Paris, et les demandes multipliées faites par des chefs de sapeurs-pompiers des départemens, d'un livre qu'ils croyaient déjà fait, ont donné l'idée de publier la première édition de cet ouvrage dont Son Altesse Royale MONSIEUR a daigné agréer la dédicasse... (Plazanet, 1824).

Em Inglaterra, no ano de 1830, James Braidwood destaca-se pela construção de carros de bombeiros e motores com capacidade de bombear água para os incêndios. Ele acredita que “... if the engines be brought up and put into action smartly, and water made immediately to strike the burning materials.” (Braidwood, 1830), terá excelentes resultados no combate aos incêndios, reconhece também o excelente trabalho feito por Plazanet.

A sua morte ocorre a 22 de junho de 1861 num fatídico incêndio e no ano de 1866 é publicado o seu segundo livro que também é em sua memória, o “Fire Prevention and Fire Extinction”, deixa os seus relatos e visões, bastante avançados e alargados para a época.

Em Portugal, no ano de 1850, Francisco Ignacio Santos Cruz, comovido pelos incêndios cada vez mais devastadores, escreve aquele que será o primeiro livro do tema, atribui-lhe como título “Os diferentes meios de atalhar incêndios, de salvar pessoas, e os objetos delles ameaçados, e de os prevenir quanto possível”. Tal como o nome indica, o autor explica a visão de como atalhar incêndios, salvar pessoas e bens e adotar uma melhor prevenção. O mesmo refere que, “...mas que meio seculo andamos atrasados (e talvez muito mais ainda, estaremos) sobre a applicação das providencias aqui indicadas.”(Santos Cruz, 1850). A afirmação é reveladora de que faltavam imensos recursos para fazer face às reais necessidades à época em termos comparativos com a restante Europa e é claro evidente que, inicialmente se verificam esforços levados a cabo pelos responsáveis autárquicos e

mais tarde pela própria população com a criação das associações humanitárias de bombeiros.

Em 1881, apesar de passados 31 anos, podemos constatar uma grande evolução, através das publicações feitas pelo jornal “O BOMBEIRO PORTUGUEZ” na sua folha quinzenal, faz diversas referências onde destacamos num dos seus títulos, os “Meios práticos para a extinção dos incêndios e salvação de pessoas e haveres.”, de acordo com o mesmo, “Em quanto que uns procedem ao reconhecimento outros fazem desaparecer tudo o que possa estorvar a extinção e salvação ou alimentar as chamas.” (Thomaz, 1881), aqui o combate aos incêndios já tinha alguma organização de meios e de bombeiros por forma a melhorar a eficácia de trabalho.

3.3. Desenvolvimento de incêndios

Os estudos sobre o desenvolvimento de incêndios, “...in Europe and U.S.A, serious research on the building fire was started just after World War II”.(Kawagoe, 1989). Na década de 1950, eram aproveitados os edifícios que teriam ordem de demolição, mas que, ainda mantinham condições necessárias para o efeito. Todavia, a National Bureau of Standards (NBS) já o teria iniciado, afirmação constatada por Daniel Gross onde, de acordo com o mesmo,

It has been reported that fire research actually started at NBS in 1904”(Gross, 1991) e “In addition, in those early years, the Underwriters’ Laboratory and the American Society of Testing and Materials began to contribute standard test methods to assess performance in fire conditions. (Quintiere, 1998).

No ano de 1948 surge, de acordo Gregory E. Gorbett & Ronald Hopkins “The earliest mention of flashover to be found in the NFPA literature is the 10th Edition of the NFPA Handbook of Fire Protection (1948)...”(Gorbett & Hopkins, 2007), mas o que seria apenas uma menção, aparece como grande mudança quando, “The British fire scientist Dr. Philip H. Thomas was the first to intruduce serious scientific discussion of the term flashover in the 1960”(Gorbett & Hopkins, 2007).

Os estudos e as pesquisas científicas sobre o rápido desenvolvimento de incêndios, ganham a partir daí uma grande expressão um pouco por todo o mundo, a exploração e compreensão do termo de flashover, de acordo a norma NFPA 1700 Structural Fire Fighting é

A transition phase in the development of a compartment fire in which surface exposed to thermal radiation reach ignition temperature more or less simultaneously and fire spreads rapidly throughout the space, resulting in full room involvement or total involvement of the compartment or enclosed space (Association, 1967).

o mesmo desde logo originou a desenvolver a ciência do comportamento e estudo do fogo.

3.4. Métodos de ataque do fogo

A. Ataque direto

O ataque direto ao fogo, tal como o nome indica, é por si só um método bastante intuitivo, logo porventura, o que desde a descoberta do fogo foi utilizado para a extinção do mesmo e que consiste na aplicação de água diretamente na origem do incêndio, isto é, nos materiais em combustão.

Evidentemente que, o que se foi escrevendo ao longo do tempo não varia muito pois, tal como referido, bastava aplicar água no fogo. De acordo com James Braidwood, “If the water be steadily directed upon the burning materials, the Effect even of a small quantity is astonishing”.(Braidwood, 1830).

Mesmo sabendo que bastava mandar a água para o fogo, a verdadeira questão é como, onde e quando o devemos fazer, de acordo com jornal “O BOMBEIRO PORTUGUEZ” refere um entendimento um pouco diferenciado, “O agulheta aplica a agua não no meio, mas á volta do brazeiro, procurando circumscrevel-o e restringir-lhe progressivamente o fogo.” (Thomaz, 1881), aqui constatamos que, aconselhavam fazer a aplicação de água de fora para dentro e não diretamente ao centro, mas porque “Evitará assim alargar inutilmente os objetos que o contacto da agua damnificaria, o que muitas vezes causa mais prejuízo que o proprio fogo.” (Thomaz, 1881), tencionavam com isso que fosse evitada uma má

aplicação de água e desproporcional ao incêndio o que já era uma referência muito boa para a época.

Volvidos estes anos, temos como referência que “Esta técnica deve ser aplicada na fase inicial do incêndio. Projeta-se a água diretamente sobre o foco de incêndio, regulando a agulheta para um cone mínimo. O resultado obtido é a extinção do fogo.”(RSB, 2013).

B. Ataque Indireto

No limiar do término da 2ª Guerra Mundial em 1943/1945, iniciam-se teste nos navios da Guarda Costeira dos EUA sob a responsabilidade de Lloyd Layman. Depararam-se com o problema de como extinguir os incêndios dada a falta de material de proteção, as temperaturas elevadas e os espaços confinados que impossibilitavam o ataque direto ao fogo. Todas as referidas condicionantes estavam na origem de muitas perdas de vidas humanas e materiais de extrema importância à época. Esses mesmos testes rapidamente se expandiram para espaços residenciais, em 1950, Lloyd Layman apresenta o seu primeiro artigo sobre o tema intitulado “Little Drops of Water”, o mesmo refere que

“The theory of “Indirect Application and Atmospheric Displacement” is based upon the two simple principles discovered at the Coast Guard Fire Fighting School. This theory assumes that the cooling action of water, applied in the form of finely divided particles within a highly heated confined space, is not restricted to the area of direct contact. Rapid generation of steam within a confined space creates an atmospheric disturbance of sufficient force to distribute unvaporized particles throughout the space.”(Layman, 1950),

o autor assume então que, a aplicação de água em forma de partículas num espaço confinado com uma elevada temperatura, origina a rápida vaporização da mesma percorrendo os restantes espaços.

Decorria o ano de 1952 quando Layman lança o seu primeiro livro “Attacking and Extinguishing Interior fires”, aí o mesmo faz uma descrição pormenorizada sobre o tema. De acordo com o mesmo, “Effective extinguishing action is dependent upon instantancous transfer of heat from the involved and exposed materials to the water being applied and the volume of heat transferred should be efficient to convert a large percentage of the water into steam.”(Layman, 1952.).

A par disso, foram criadas algumas comissões para a exploração do método de ataque indireto, onde Lloyd Layman não se encontra presente.

No ano de 1959, William Nelson & Keith Royer escrevem o seu boletim para a Universidade do Estado de Iowa, não só não citam Layman como fonte ou o seu livro, como também definem erradamente o ataque indireto, como constatado no filme “The Nozzleman”, onde o arrefecimento é nos gases resultantes da combustão e não na estrutura/compartimento de forma a criar mais vaporização.

Como resultado disso nasce pela mão dos dois o Ataque Combinado, a

...técnica é composta pelo desenhar de uma letra (Z-O-T), com o jato de água a ser projetado contra a parede que se situa à frente do porta-agulheta, estando este à entrada do compartimento...Com este tipo ataque será produzida uma quantidade significativa de vapor de água, pelo que o mesmo só deve ser concretizado se houver aberturas na estrutura para a saída do vapor.(RSB, 2013).

Capítulo 4. Identificação do problema

O ponto de partida para a elaboração deste trabalho foi a necessidade de validar a premência de aumentar a consciência de segurança dos bombeiros no combate a incêndios em interiores.

Com base neste ponto de partida, tal como defendido por (Quivy, 1995) o processo de investigação segue uma série de operações que se iniciam com uma pergunta de partida.

Neste caso a pergunta de partida é o início do caminho. Um caminho onde se define o tema da investigação, neste caso os incêndios em interiores.

De acordo com Quivy o caminho a percorrer no procedimento de investigação pode assumir diferentes etapas ou formulações, de acordo com os autores que as apresentam, mas que no geral resumem-se em três fases.

A primeira onde o investigador começa por romper com o senso comum (a rutura); a segunda onde constrói um modelo válido para explanação do fenómeno que pretende explicar (a construção) e terceira de validação onde sujeita o seu modelo ao confronto com a realidade (verificação). Estas fases não são independentes nem mutuamente exclusivas, elas interligam-se e influenciam-se reciprocamente ao longo de todo o processo de investigação.

Nesta investigação começamos por romper com o senso comum através do conhecimento obtido nas leituras “quem já escreveu e o que já foi publicado sobre o assunto, que aspetos já foram abordados, quais as lacunas existentes na literatura” (Prodanov & Cesar de Freitas, 2013, p. 79), desta forma valida-se a conceptualização teórica, o “estado da arte” do tema e confere-se validade externa ao estudo situando o trabalho de investigação face a quadros conceptuais reconhecidos e na análise dos resultados do inquérito, para depois tentarmos explicar o fenómeno dos incêndios e por fim validar as hipóteses com base em experiências e testes de validação.

A fase da observação “engloba o conjunto das operações através das quais o modelo de análise (constituído por hipóteses e por conceitos) é submetido ao teste dos factos e confrontado com dados observáveis” (Quivy & Champenhoudt, p. 155).

4.1. Inquérito

Para aferir o ponto de situação realizou-se um inquérito (Anexo I).

A população a estudar para a análise deste tema são os bombeiros, neste caso de Portugal, como menciona Burges citado em Costa (2011, p. 52)

não é nunca possível para o investigador estudar todas as pessoas e todos os acontecimentos numa dada situação social. Apesar de um investigador ter acesso, em geral, a um dado campo de pesquisa, isso pode não significar automaticamente que tenha acesso a todas as pessoas e a todos os acontecimentos de um dado lugar de investigação. (...) Além disso, pode bem haver restrições de tempo e de dinheiro, com o resultado de que processos de amostragem se tornem essenciais. Os acontecimentos, situações e pessoas que um investigador decide observar dependem habitualmente dos interesses teóricos e substantivos de que resultarão diferentes estratégias de amostragem,

pelo que para garantir a exequibilidade da investigação se considerou como amostra os bombeiros do Município de Gaia.

De acordo com o Recenseamento Nacional dos Bombeiros Portugueses (RNBP) (2021) existiam em Gaia 510 bombeiros, distribuídos por 7 corpos de bombeiros (CBs), nomeadamente:

- Companhia de Bombeiros Sapadores;
- Bombeiros Voluntários de Aguda;
- Bombeiros Voluntários de Avintes;
- Bombeiros Voluntários de Coimbrões;
- Bombeiros Voluntários de Crestuma;
- Bombeiros Voluntários de Valadares;
- Bombeiros Voluntários dos Carvalhos.

O inquérito foi elaborado com 9 perguntas que pretendem traduzir os conhecimentos e perceções dos bombeiros sobre o desenvolvimento do incêndio e os métodos de ataque direto e indireto.

O mesmo foi testado junto de 10 bombeiros que contribuíram com sugestões para a clarificação das perguntas.

Após a sua conclusão, foi enviado por mail através do Comando de Bombeiros Sapadores e Proteção Civil (BSPC) para os comandos dos restantes CBs do Município de Vila Nova da Gaia, que o reenviaram para os bombeiros.

O inquérito esteve disponível durante 24 dias, de uma população de 510 bombeiros foram recebidas 161 respostas.

Analisados os dados verifica-se que, 3 pessoas que responderam, todos dos Bombeiros Sapadores de Gaia, não autorizaram o investigador a utilizar os dados recolhidos no ensino, pesquisa e publicação pelo que, na análise e apresentação dos dados essas respostas foram excluídas, passando a serem trabalhados com 158 respostas.

Passamos desde já a apresentar os gráficos referentes ao inquérito realizado e sua análise comparativa.

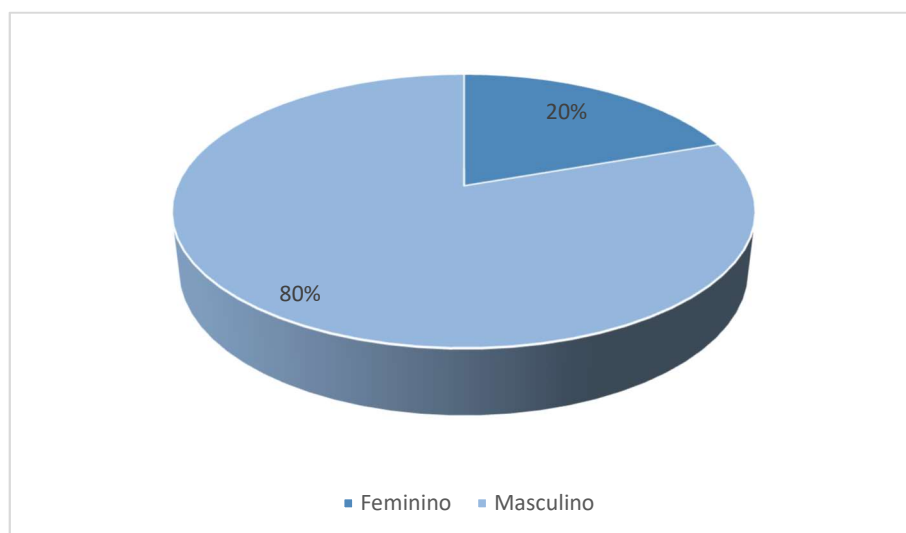


Gráfico 2 - Distribuição por género

Na análise do gráfico 2 de distribuição por género, podemos verificar que nas 158 respostas válidas obtidas, 20% dos respondentes eram do sexo feminino e 80% do sexo masculino.

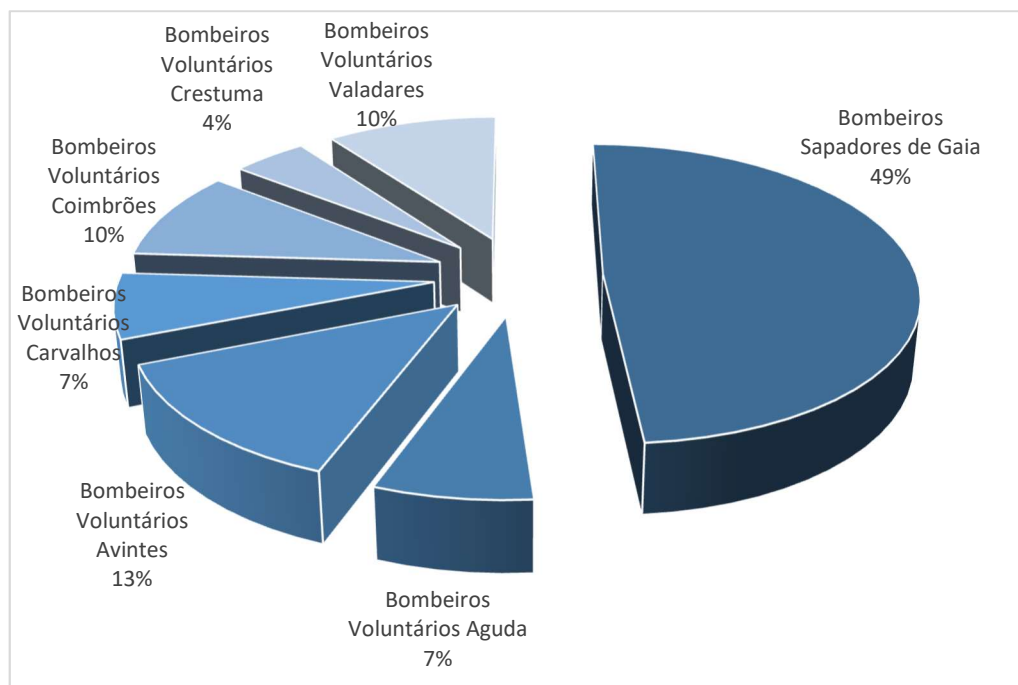


Gráfico 3 - Distribuição de respostas por CB

No gráfico 3, referente à distribuição de respostas por CB, quase 50% das respostas foram obtidas num único corpo de bombeiros, nomeadamente nos Bombeiros Sapadores de Gaia. As restantes seis participações encontram-se mais equilibradas onde o CB de Avintes surge em segundo mais respondente obtendo 13% das respostas, seguidamente em ex aequo os CBs de Coimbrões e Valadares com 10%. Também em situação de igualdade, mas com 7% das respostas os CBs de Aguda e Carvalhos, por fim o CB de Crestuma com 4%.

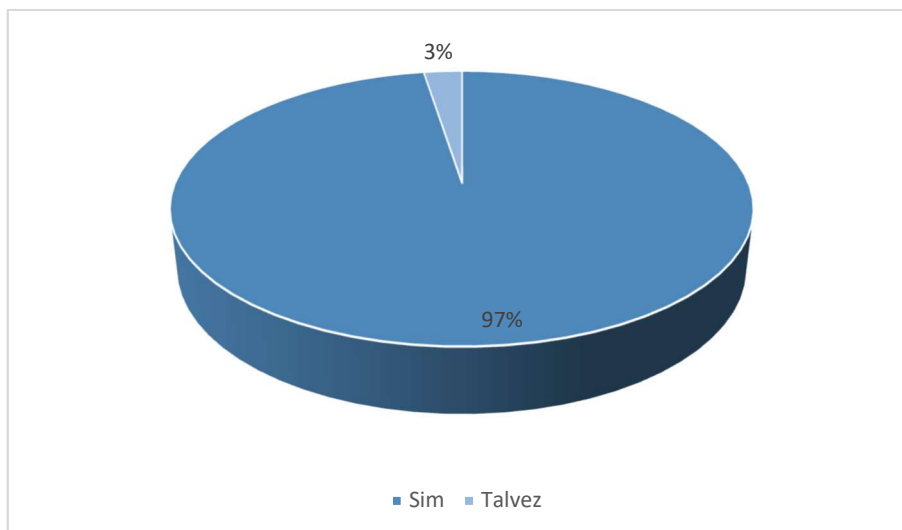


Gráfico 4- Pergunta 1 – Conhece a diferença entre ataque direto e ataque indireto?

Perante a pergunta "Conhece a diferença entre ataque direto e ataque indireto?", no gráfico 4 verifica-se que nenhuma pessoa afirma não saber, cerca de 97% dos respondentes afirma conhecer a diferença entre os dois métodos e apenas 3% responde talvez conhecer.

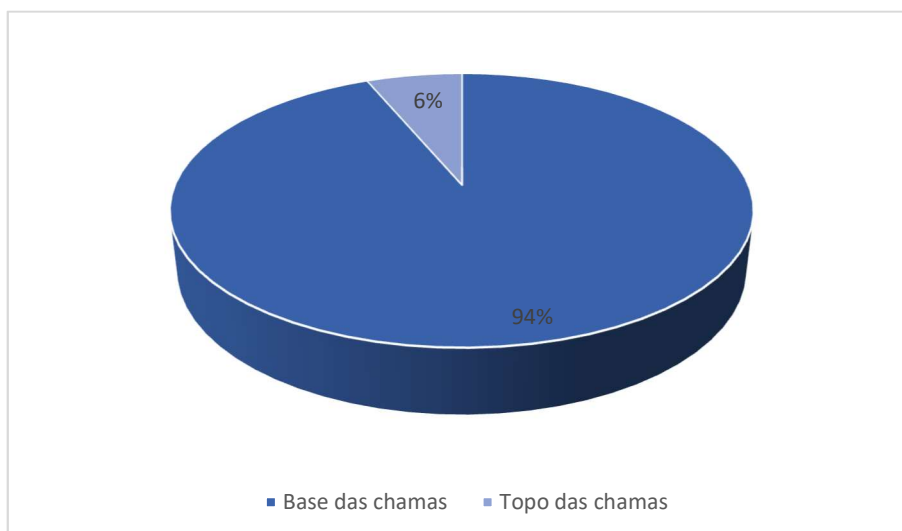


Gráfico 5- Pergunta 2 - O ataque direto consiste na aplicação de água direta sob?

No gráfico 5, em resposta à pergunta "O ataque direto consiste na aplicação de água direta sob?", analisadas as respostas verifica-se que 94% responderam corretamente, enquanto 6% responderam de forma errada. De acordo com Fire Fighting Techniques o ataque direto consiste em "to put water directly on the base of the fire and minimise disturbance to the thermal layer at the ceiling." (UK, n.d.).

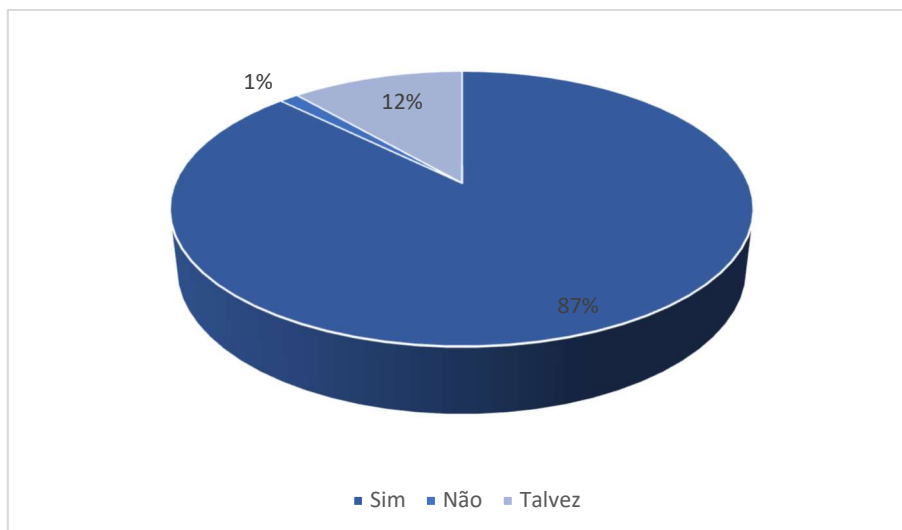


Gráfico 6- Pergunta 3 - No ataque direto, depois de iniciar a aplicação de água, sabe quando deve parar esta ação?

Relativamente ao gráfico 6, na análise da resposta a esta questão temos de ter em consideração as respostas anteriores. Na pergunta 2, 94% dos respondentes sabe que a água deve ser aplicada na base das chamas, mas desses, apenas 87% sabe quando deve parar, o que quer dizer que as resposta da pergunta 1, em que 97% dos respondentes afirmam conhecer a diferença entre os métodos possivelmente consiste num resultado de alguns equívocos ou de um conhecimento meramente empírico, já que o conhecimento do método levaria a que para além do local de aplicação de água os respondentes fossem também capazes de conhecer a técnica, incluindo o seu término.

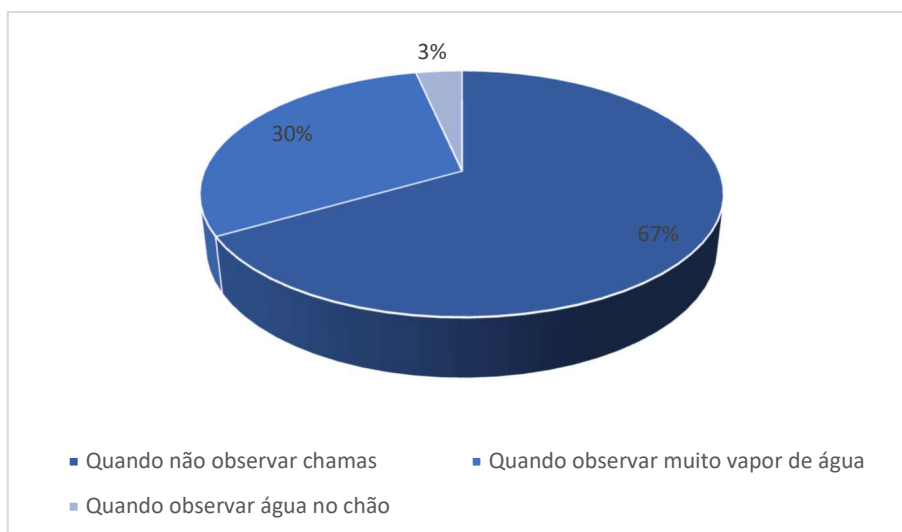


Gráfico 7- Pergunta 3.1- Se respondeu sim, sabe quando?

O gráfico 7, estava reservado para aqueles que afirmaram saber quando parar a aplicação de água. A aplicação de água no ataque direto não deverá ser contínua, mas sim efetuando “...por meio do uso de movimentos de abertura e fechamento no esguicho...”(Grimwood, 2019), de pouca duração, “La cantidad apropiada de agua permitirá detener la pirólisis sin generar un exceso de vapor en el interior o escorrentía.”(Arnalich, 2015). Sendo principal objetivo direcionar a aplicação ao foco principal, a partir do momento que não se visualiza chama deve-se parar a aplicação para esse local.

De acordo com os que confirmaram saber quando deve parar a ação, 67% afirma quando não observar chamas, mas 87% tinha afirmado saber, o que nos permite concluir um diferencial de 20% de respondentes que afinal têm dúvidas, apenas neste ponto.

Nos restantes, embora o objetivo não seja criar vaporização, 30% afirma ser nessa fase que param a aplicação.

Toda a água que esteja no solo quer dizer que foi água que não concorreu para a extinção do incêndio, resultando num excesso, e 3% afirma ser aí que termina a aplicação.

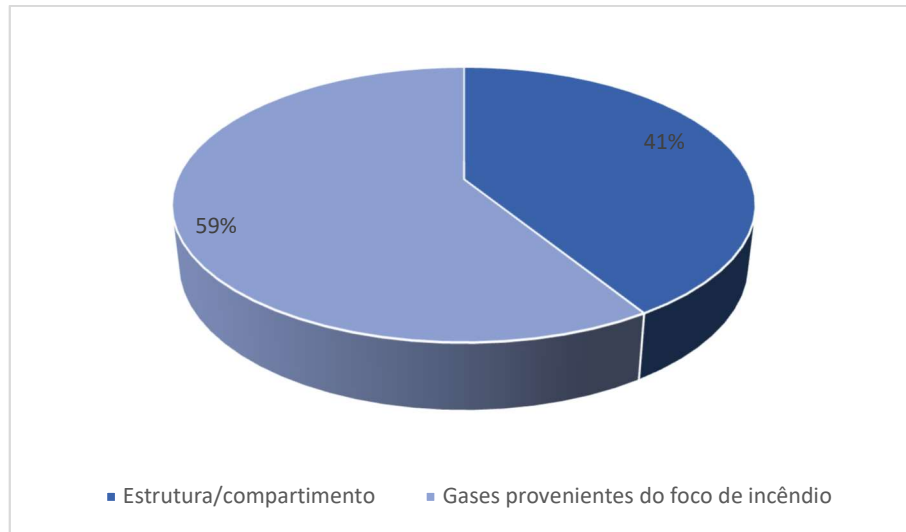


Gráfico 8- Pergunta 4 - O ataque indireto consiste na aplicação de água para arrefecimento de:

No gráfico 8, na resposta à pergunta “O ataque indireto consiste na aplicação de água para arrefecimento de:”, 59% responde ser nos gases provenientes do foco de incêndio e 41% na estrutura/compartimento.

De acordo com Loyd Layman (1952), “Effective extinguishing action is dependent upon instantancous transfer of heat from the involved and exposed materials to the water being applied and the volume of heat transferred should be sufficient to convert a large percentage of the water into steam”(Layman, 1952).

Também Fire Fighting Techniques afirma que,

The theory behind the indirect attack is to aim the stream of water (30 degree or less pattern) at the ceiling or wall and allow the droplets of water to rain down on the fire. It has two effects:

1. The water cools the ceiling and walls thus disrupting the thermal balance. Some of the water will vaporise into steam thus absorbing energy.
2. The rest will fall like rain. Some will fall on the main body of fire to assist extinguishing the fire.(UK, n.d.).

Diz nos então que, 59% que é maior percentagem, responde erradamente em que é que consiste a aplicação de água no método de ataque indireto.

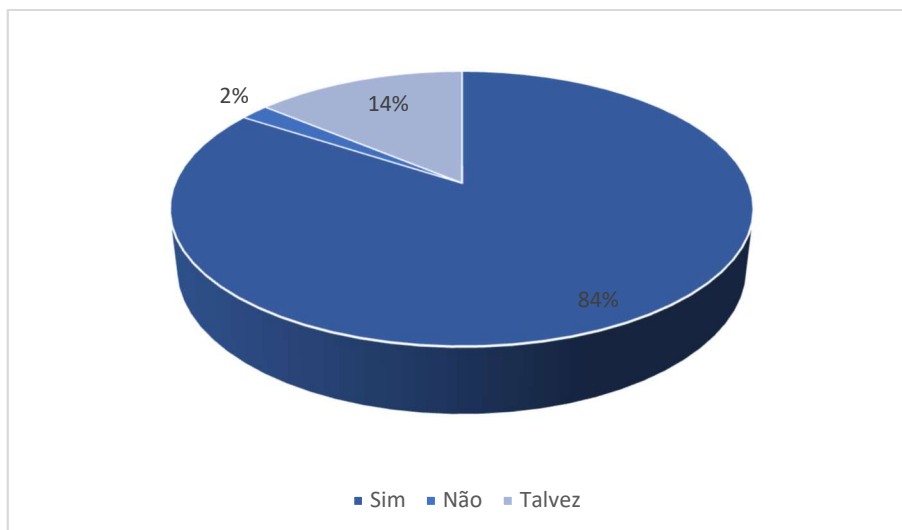


Gráfico 9- Pergunta 5 - No ataque indireto, depois de iniciar a aplicação de água, sabe quando deve parar esta ação?

O gráfico 9 é o resultado da pergunta 5, onde o principal objetivo é saber se as pessoas sabem quando devem parar a aplicação no método indireto. Verifica-se que 84% afirma saber quando deve parar a ação, 14% talvez saiba e 2% não sabe.

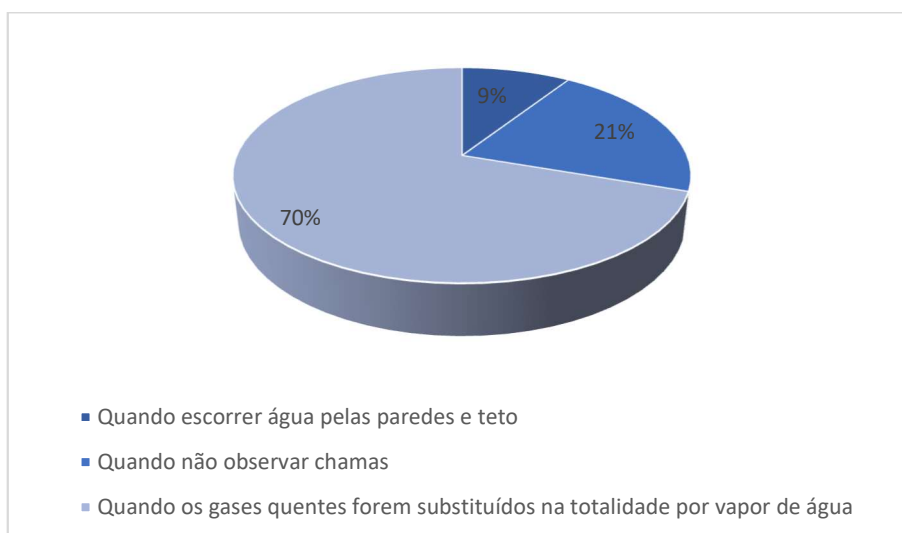


Gráfico 10- Pergunta 5.1 - Se respondeu sim, sabe quando?

No gráfico 10, temos as percentagens de respostas das pessoas que tinham afirmado saber na pergunta 5. Sendo o principal objetivo da técnica criar vaporização, o gráfico diz-nos que 70% dos respondentes responde corretamente, embora na resposta à pergunta 5, 14% talvez saiba.

Relativamente aos 9% que afirma ser “quando escorrer água pelas paredes e teto”, será novamente resultado de água que não foi vaporizada logo, não foi utilizada no incêndio.

Dos 21% dos respondentes que afirma ser quando não vê chamas, a rápida contração dos gases e a vaporização da água limitará a visibilidade e de acordo com Loyd Layman (1952), “This theory assumes that the cooling action of water, applied in the form of finely divided particles within a highly heated confined space, is not restricted to the área of direct contact.”(Layman, 1952), o que quer dizer que outros compartimentos serão invadidos pela vaporização da água, “por un lado, el enfriamiento de las paredes del contorno ayuda a que la temperatura inferior se reduzca. Por otro, el vapor generado diluye los gases de incendio y contribuye a desplazarlos fuera de su punto de inflamabilidad.”(Arnalich, 2015).

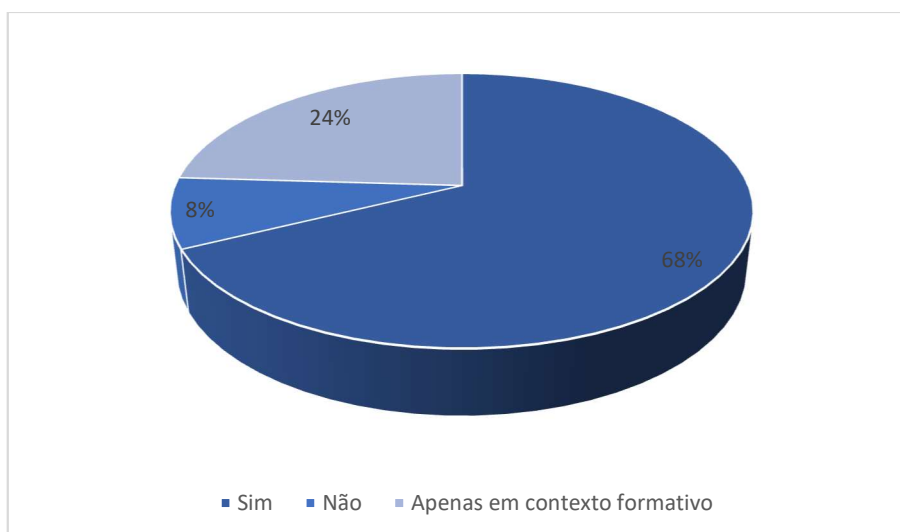


Gráfico 11- Pergunta 6 - Já alguma vez utilizou algum dos métodos (direto e indireto) em contexto de incêndio no interior dos edifícios?

No gráfico 11, em que se refere à pergunta 6, verifica-se que 68%, já efetuou um dos métodos em contexto real de cenário de incêndio em interiores.

Se 24% apenas o fez em contexto formativo e 8% nunca o fez, podemos deduzir que as percentagens de respostas menos adequadas ou imprecisas, expostas na tabela 1 possam estar relacionadas.

Tabela 1 - Percentagem de respostas imprecisas

Perguntas	Percentagens
1	3% Talvez
2	6% Topo da Chama
3	1% Não 12% Talvez
3.1	3% Quando observar água no chão 30% Quando observar muito vapor de água
4	59% Gases provenientes do foco de incêndio
5	2% Não 14% Talvez
5.1	9% Quando escorrer água pelas paredes e teto 21% Quando não observar chamas

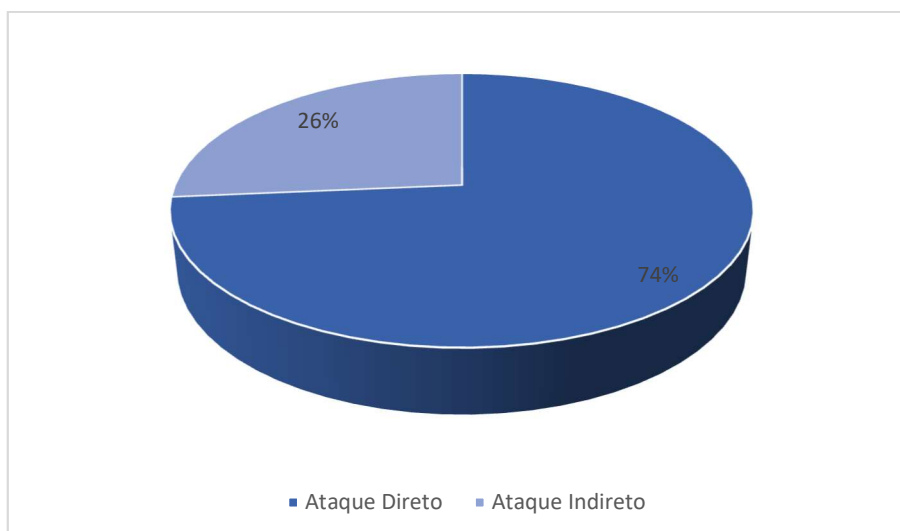


Gráfico 12- Pergunta 6.1 - Se sim, qual é para si o mais benéfico?

O gráfico 12 refere as percentagens de entre os dois métodos de ataque (Direto e Indireto), onde se procurou saber qual o mais benéfico. Apesar de 8% afirmarem na pergunta 6 nunca ter utilizado nenhum dos métodos, aqui 74% acha que é mais benéfico o ataque direto e 26% o ataque indireto.

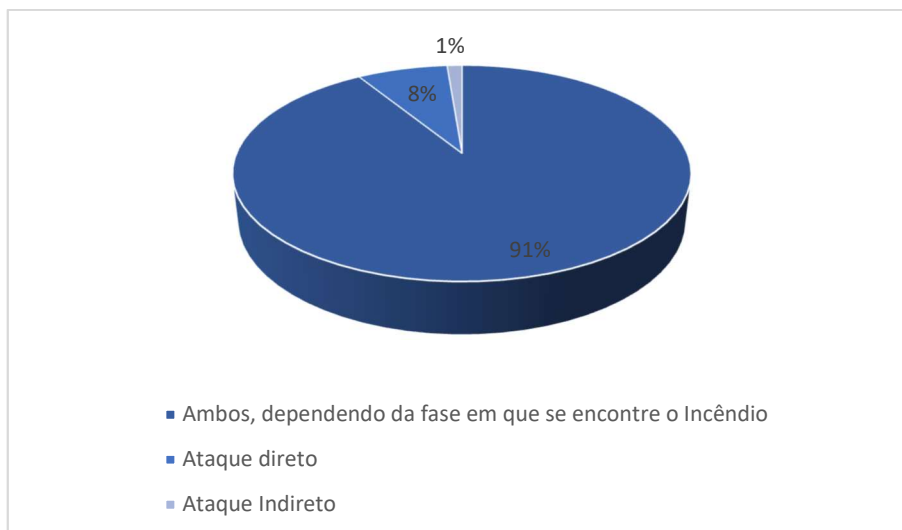


Gráfico 13- Pergunta 7 - Qual dos métodos considera ser mais eficiente?

De acordo com o gráfico 13, onde procurou saber a eficiência, verificamos que a esmagadora maioria, 91% concorda que ambos os métodos de ataque são eficientes embora dependendo da fase em que se encontra o desenvolvimento do incêndio.

Ainda assim 8% mantém a escolha exclusivamente no ataque direto e apenas 1% acha o ataque indireto mais eficiente.

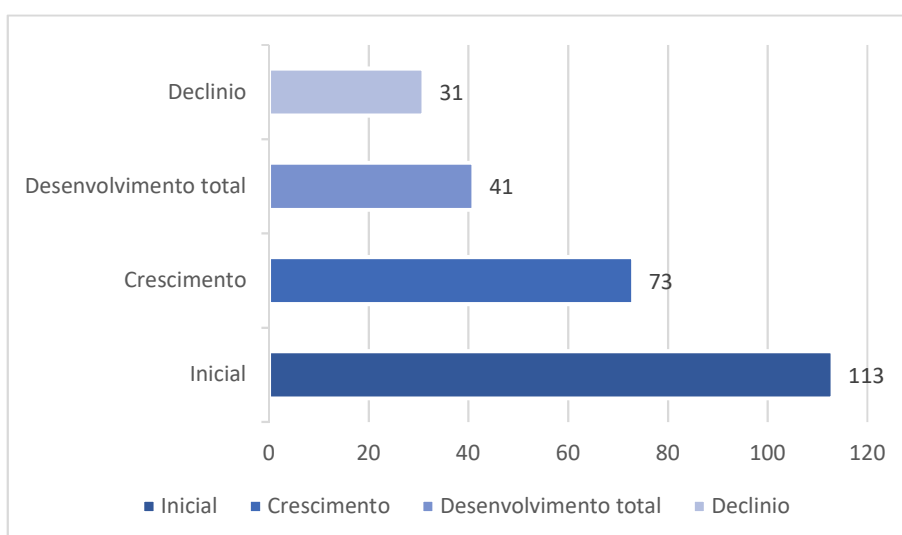


Gráfico 14-Pergunta 8- De acordo com as fases de desenvolvimento de Incêndio, selecione em quais aplicaria água utilizando o método direto:

O gráfico 14 é referente à pergunta 8 onde, perante o exposto, verifica-se que os respondentes assinalaram mais a fase inicial para aplicação do método direto.

Na mesma, desde que estejam reunidas as necessárias condições de segurança,

El ataque directo es una técnica que persigue la extinción del incendio mediante la aplicación de una película de agua sobre los combustibles incendiados. Se denomina ataque directo debido a que el chorro de la aplicación alcanza de forma directa el foco del incendio.(Arnalich, 2015).

A fase de crescimento, foi a segunda mais escolhida, de realçar que, uma vez que na mesma o incêndio pode transitar rapidamente (*flashover*) ao seu desenvolvimento total, correm-se sérios riscos de compromisso de segurança, pelo que o método direto deverá ser devidamente ponderado.

Estando o incêndio no seu desenvolvimento total dificilmente se pode efetuar um ataque direto, uma vez que todo o compartimento se encontra envolvido em chamas, ainda assim foi a terceira fase escolhida.

A última mais escolhida foi o declínio, mas nessa fase já se encontram reunidas as condições para entrar em segurança e direcionar a água ao foco de incêndio.

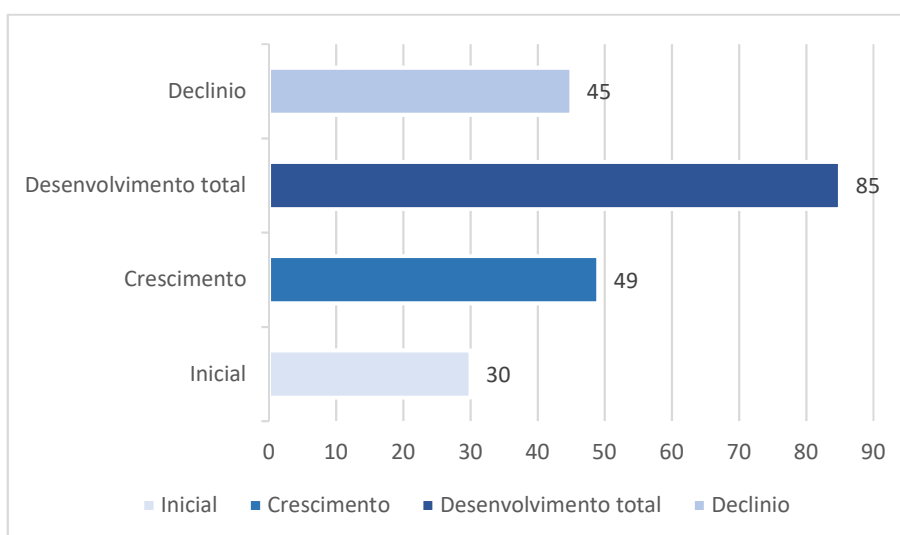


Gráfico 15- Pergunta 9- De acordo com as fases de desenvolvimento de incêndio, selecione em quais aplicaria água utilizando o método indireto:

Na resposta à pergunta 9, constatamos no gráfico 15 que a fase do desenvolvimento total foi a que obteve maior expressão.

De acordo com Lloyd Layman (1952) a aplicação de água deve ser feita "...highly heated confined space..."(Layman, 1952), estamos por isso perante a fase onde este método tem maior eficácia, dadas as condições de incêndio.

A aplicação “Permite un ataque al recinto del incendio desde una posición segura (interior o exterior) sin que los intervinientes se vean expuestos a los riesgos de las condiciones del recinto interior”.(Arnalich, 2015).

A fase do crescimento foi a segunda a obter maior preferência, aqui só sortirá efeito se o incêndio se encontrar na sua transição (*Flashover*), para desenvolvimento total, até então a aplicação não será eficiente.

Nas restantes fases, nomeadamente a inicial e o declínio não se deverá efetuar a técnica pois o incêndio não reúne as condições necessárias.

Apesar das escolhas com maior expressão nas diferentes técnicas serem as ideais para cada uma delas, verifica-se que ainda muitos respondentes demonstram dificuldade nas fases de desenvolvimento, “Para ello podrá trabajar con el selector de caudal, el ángulo de cono y el ángulo de aplicación con respecto al suelo.”(Arnalich, 2015) e como, quando e onde aplicar referidos métodos.

Capítulo 5. Ensaaios práticos

No presente capítulo serão apresentados os 3 ensaios realizados à escala real. Os mesmos evidenciam os diferentes resultados obtidos no ataque a um incêndio simulado com as mesmas características conforme as metodologias de ataque adotados, direto e indireto.

5.1. Objetivos a atingir

O principal objetivo dos ensaios práticos foi aprimorar o conhecimento do desenvolvimento natural de incêndios em interiores de compartimentos e posteriormente analisar a aplicação de água nos dois diferentes métodos de ataque (direto e indireto) no mesmo.

Esta necessidade comparativa, surge do resultado de uma exaustiva leitura exploratória do existente onde a possibilidade de validar, com as respostas obtidas no inquérito feito, enaltece a possibilidade de melhoria formativa da temática em estudo.

5.2. Definição dos recursos necessários para a realização dos ensaios

A. Materiais

Para realizar os ensaios técnicos foi necessário recorrer a diferentes materiais como:

- Simulador

Os ensaios foram realizados em contentores de aço utilizados para observação de desenvolvimento de incêndios. Os contentores utilizados são denominados de modelos de duas zonas.

De acordo com Cadarin

This model is based on the observation that in the early stage of fire there is an accumulation of combustion products in a layer beneath the ceiling, with a more or less horizontal interface between this upper hot layer and the lower layer where the temperature of the gases remains much cooler, leading to a two zone phenomenon. (Cadarin, 2003).

Na parte superior, junto ao teto, é criada uma camada quente e junto ao solo uma camada fria, como podemos constatar na figura 8.

Nos resultados destes modelos, apuramos a variação de temperaturas em ambas as camadas, distribuídas na zona de observação e zona de queima.

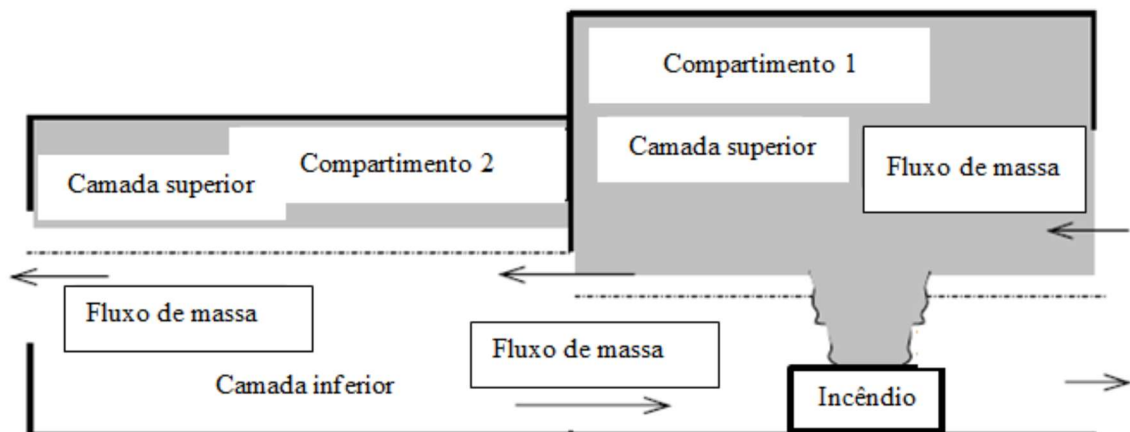


Figura 8- Modelo de Duas Zonas (Jos et al, 2013)

Passamos desde já a descrever as características do simulador. O contentor da zona de queima tem 6,00 metros de comprimento por 2,50 metros de altura e 2,40 metros de largura, encontra-se a 0,40 metros elevado do solo.

O contentor de observação/permanência tem 10,00 metros de comprimento por 2,50 metros de altura e 2,40 de largura, assente na base do solo. Tem uma chaminé com 0,70 metros de lado, a 1,20 metros da extremidade lateral e separada do contentor de queima 0,60 metros. Possui ainda uma porta lateral de 1,20 metros de largura, a uma distância de

1,40 metros da zona de queima e outra porta traseira de duas folhas cada uma delas 1,10 metros de largura e 2,30 de altura. O comprimento total do simulador é de 16,00 metros.



Figura 9- Simulador de testes (SEGANOSA)

- Medidor de registo de temperaturas com termopares tipo K

O registo dos dados foi realizado ao longo do ensaio (figura 10). O tempo de registo foi de minuto em minuto entre medições.



Figura 10 - Medidor de temperaturas

Na medição das temperaturas utilizou-se termopares tipo K (figura 11), a distribuição dos mesmos encontra-se descrita na figura 20.



Figura 11- Termopar tipo K

- Câmaras térmicas

Foram utilizadas duas câmaras térmicas. Uma fixa (Leader TIC3, figura 13) e uma móvel (SeeK termal, figura 12), na posse de um instrutor de comportamento extremo de incêndios.



Figura 13- Câmara térmica Seek Thermal



Figura 12- Câmara térmica Leader TIC3

-Estação meteorológica

A estação meteorológica foi utilizada nos 3 dias dos ensaios para medição de valores, da temperatura, da humidade do ar, da velocidade do vento.



Figura 14- Estação meteorológica

- Câmara fotográfica /vídeo

Os restantes dados de visualização foram apurados através observação visual e de duas câmaras de filmar posicionadas em diferentes ângulos.



Figura 15- Câmara de filmar interior



Figura 16- Câmara de filmar exterior

- Madeiras

- Placas de aglomerado de partículas

Trata-se de um material muito usado nos dias de hoje, surgiu devido à lenta produção e escassez de matéria-prima que permitisse dar resposta às necessidades impostas pela sociedade.

A produção consiste na mistura de fibras da madeira com resinas sintéticas, depois de levadas a alta temperatura e pressão resulta numa placa com perfeito acabamento e bastante flexível que permite na sua esmagadora maioria, a produção do mobiliário que hoje conhecemos com maior destaque.



Figura 17- Placas de aglomerado de partículas

- Paletes

As paletes em madeira de pinho, foram utilizadas como foco principal para do incêndio.



Figura 18- Paleta de madeira de pinho

B. Recursos Humanos

A realização de ensaios técnicos implicou a presença de diversos intervenientes, de modo a ser possível simular diferentes situações sem colocar em questão segurança dos mesmos.

Na realização da experiência foram intervenientes:

- 2 instrutores de comportamento extremo de incêndios, que executaram as tarefas de condução do simulador e técnicas de aplicação de água inerentes ao combate;
- 1 delegado de segurança, responsável por monitorizar o espaço e as condições de segurança ao longo dos diferentes ensaios;
- 2 auxiliares para carregamento e limpeza dos contentores e simuladores;

Para além do observador responsável pela coordenação e acompanhamento das experiências, o investigador que nestes ensaios assumiu-se como observador participante.

5.3. Localização

Para a realização dos testes foi utilizado o centro de treinos da SEGANOSA em Salvaterra do Minho (Espanha).



Figura 19- Centro de Formação SEGANOSA

5.4. Descrição da realização dos ensaios

Na disposição dos termopares Tipo K, foi tida em conta a proximidade do foco principal do incêndio, a passagem do fluxo de gases na camada superior do contentor de observação/permanência, o possível limite entre o plano neutro e a zona de pressão negativa e proximidade ao solo.

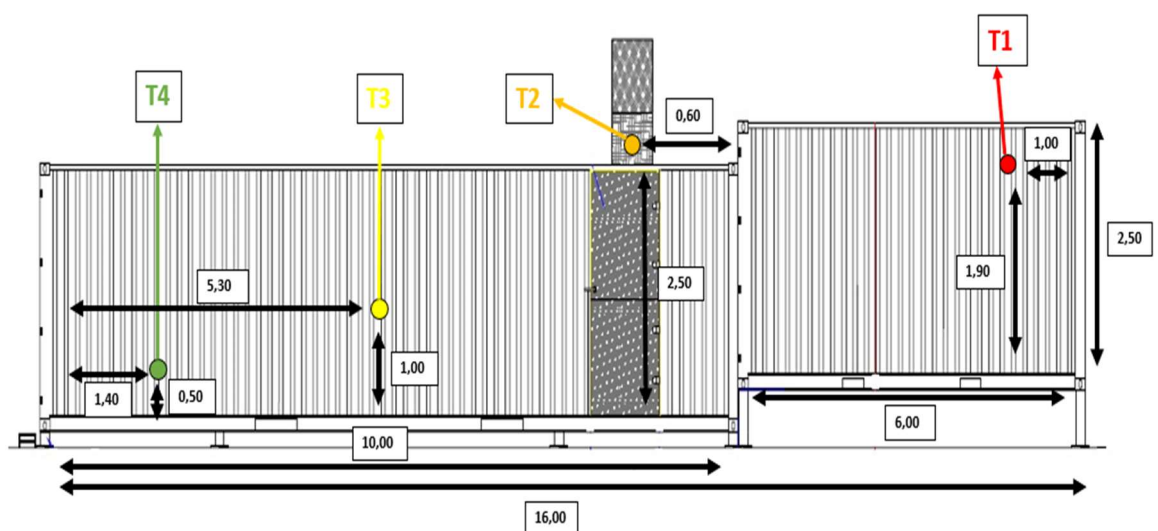


Figura 20- Disposição dos termopares no simulador

Legenda. Figura 20:



Figura 21- Termopar 1

T1- Termopar 1 encontra-se posicionado no compartimento de queima, a 1,90 m do chão do mesmo e a uma distância de 1,00 m do final da parede.



Figura 22- Termopar 2

T2- Termopar 2 encontra-se posicionado na chaminé do simulador, a 2,50 m do solo do compartimento de observação/permanência e a uma distância de 0,60 m do simulador de queima.



Figura 23- Termopar 3

T3- Termopar 3 encontra-se posicionado a 1,00 m do solo do compartimento de observação/permanência e a 5,30 m da saída.



T4- Termopar 4 encontra-se posicionado a 0,50 m do solo do compartimento de observação/permanência e a 1,40 m da saída.

Figura 24- Termopar 4

Disposição material de queima/ características:

Os ensaios foram realizados com madeira de pinho e placas de aglomerado de partículas (ver figura 25). De acordo com Diário da República, despacho nº 8594 de 18 de setembro 2020 da Administração Interna, no seu anexo do Quadro 1 do “Poder calorífico inferior dos diversos elementos combustíveis (H_i) (1)” (Cruz, 2012), o poder calorífico da madeira é de $16,7 H_i$ (MJ/kg). Como não consta qualquer referência a aglomerados e apenas indica a celulose com o mesmo poder calorífico, assume-se como, de acordo com a Norma Portuguesa EN 1991-1-2, Eurocódigo 1- Ações em estruturas expostas ao fogo no seu “Quadro E.3- Poderes caloríficos efetivos H_u [MJ/kg] de materiais combustíveis para cálculo das cargas de incêndio”(IPQ & LNEC, 2010), o valor da madeira de $17,5 H_u$ [MJ/kg].

Em todos os ensaios o compartimento de queima foi montado de igual forma.

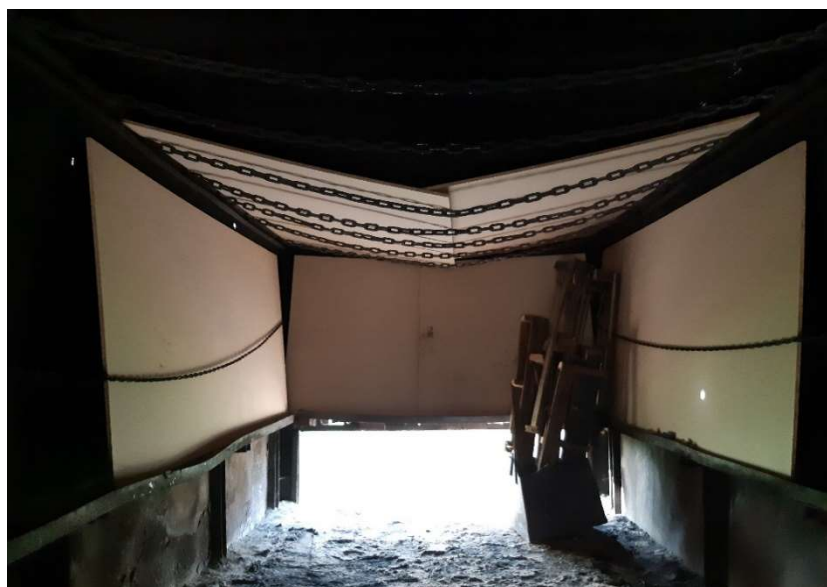


Figura 25- Disposição do material de queima

Em cada ensaio foram utilizadas 5 placas de aglomerado de partículas com 2,45 m X 1,20 m X 12 mm de espessura, onde cada placa tinha o peso de 29,9 Kg, num total de 149,5 Kg por ensaio.

No foco principal 3 paletes com 1,20 m x 1,20 m e 16,4 Kg de peso, num total de 49,2 Kg por ensaio.



Figura 26- Peso da palete e peso da placa de aglomerado de partículas

O peso total de madeira utilizada em cada ensaio de queima é 198,7 Kg.

O cálculo do valor característico da carga de incêndio ($Q_{fi,k}$) obtido foi de 3477,25MJ pela expressão (da figura 25), resultado da quantidade da madeira (M_{ki}) de 198,7 kg queimado em cada ensaio pelo poder calorífico da madeira (H_u) igual a 17,5 MJ/kg.

O valor característico da densidade de carga de incêndio por unidade de área de pavimento ($q_{f,k}$) foi calculado pela expressão seguinte relacionando o valor da carga de incêndio de 3477,25 MJ/m² dividido pela área (A_f) de pavimento com 15 m² obtendo-se como resultado 231,82 MJ/m².

Considerou-se 5400 segundos (s) de duração de incêndio, onde a taxa de libertação de calor (Q) do incêndio foi de 0,65 MW.

A taxa de libertação de calor obtida de 0,65 MW, ou seja, 650 kW libertados por ensaio.

Procedimento de ensaio:

Em todos os ensaios, depois de devidamente limpos, os simuladores foram carregados com a madeira, procedeu-se à colocação dos termopares nos devidos lugares e restante material de registo.

Foi derramado no foco principal 1 litro de heptano sobre as paletes de madeira, a sua ignição foi provocada com auxílio de um maçarico.

Como demonstrado na tabela 2, procurou-se iniciar a simulação dentro do mesmo período de horário, as restantes condições são causas naturais em que não existe possibilidade de controlo.

Nas condições meteorológicas dos dias dos ensaios, relativamente à temperatura tivemos como mínima 15.6°C e máxima de 23.7°C. A humidade do ar foi como máxima 89,7% e mínima de 59%. Relativamente à velocidade do vento, era fraco pois variou entre 1,1 m/s e 1,6 m/s.

Tabela 2- Registo meteorológico

Ensaio	Data	Hora	Temperatura (°C)	Humidade do ar (%)	Velocidade vento (m/s)
1	06-07-2021	09h11m	15,6	89,7	1,4
2	07-07-2021	09h45m	23,7	59,0	1,6
3	08-07-2021	09h15m	21,9	64,1	1,1

A. Ensaio 1

O ensaio 1 iniciou com a ligação do medidor de temperaturas e restante material de registo. De seguida procedeu-se à ignição de fogo nos materiais já acima identificados.

Neste ensaio o objetivo foi observar o desenvolvimento livre do incêndio sem qualquer intervenção.

Neste incêndio observaram-se os valores constantes nas tabelas a seguir apresentadas, as mesmas poderão ser consultadas na sua totalidade no Anexo II:

Tabela 3- Excerto 1 dos registos térmicos do ensaio 1

Tempo	T1	T2	T3	T4	Unidade
1	23	22,1	15,4	15,9	C
2	30,4	23,2	16,1	15,9	C
3	90,4	30,1	17,7	15,9	C
4	438,8	78,7	30,3	16,1	C

Como podemos verificar na tabela 3, o incêndio teve um rápido desenvolvimento, o início da sua transição (*flashover*) do crescimento para desenvolvimento total ocorreu aos 4 min, confirmando-se dessa forma as teorias de que os incêndios de hoje se desenvolvem mais rapidamente muito por força dos materiais existentes.

Falamos apenas na zona de queima pois os outros valores não acusaram uma subida repentina, mas sim uma subida gradual, de referir que o T4 por se encontram junto à entrada, mantem as suas temperaturas devido à passagem de comburente.

Na figura 27, constata-se o referido e uma turbulência muito forte da camada de gases na zona de queima, com um plano bastante oscilante.



Figura 27- Oscilação plano neutro

Tabela 4- Excerto 2 dos registos térmicos do ensaio 1

Tempo	T1	T2	T3	T4	Unidade
5	554,9	224,7	38,3	16,8	C
6	660,7	415,4	62,2	18,1	C
7	655,9	435,6	112,4	19	C
8	637,3	446,2	143,2	19,9	C
9	624,8	487,6	143,7	21,1	C
10	613,4	548,9	179,4	24,8	C
11	597,9	536,9	240,5	29,5	C
12	637,3	499,9	235,5	24,6	C
13	572,9	434,6	189,4	24,6	C
14	488,9	386,6	149,8	23,7	C

Através da tabela 4, do minuto 5 até ao minuto 13, obteve-se o desenvolvimento total de incêndio.

No minuto 6 obteve-se o valor mais alto do ensaio no T1 com 660°C, no T2 foi apenas no minuto 10 com 548,9°C, no T3 e T4 foi no minuto 11 com 240,5°C e 29,5 respetivamente. Indica nos por isso que, o incêndio encontrava-se a aspirar uma quantidade significativa de comburente, na sua fase de transição provocou um grande volume de gases altamente aquecidos e só depois é que os mesmos se misturam e foram expandindo, percorrendo o restante simulador, aumentando um pouco mais tarde as suas temperaturas.

Tabela 5- Excerto 3 dos registos térmicos do ensaio 1

Tempo	T1	T2	T3	T4	Unidade
14	488,9	386,6	149,8	23,7	C
15	451,3	348,9	136,1	23,7	C
16	425,7	324,8	125,4	24,8	C
17	412,1	304,4	118,9	22,1	C
18	400,4	288,8	112,1	20,6	C
19	391,4	276,5	108,9	20,6	C
20	383,1	266,4	102,5	21,7	C
21	380,8	252,3	100,6	21,7	C
22	373,4	247,7	95,7	21,7	C
23	388,3	239,1	88,7	20,4	C
24	374,5	235,9	88,9	20,2	C
25	373,8	234,8	94,9	20,3	C
26	369,9	233	93,8	19,9	C
27	365,6	231,3	94,7	19,5	C
28	361,5	230,5	92	19	C
29	358,2	228,6	93,1	20,1	C
30	351,5	225,7	89	19,4	C

Na tabela 5, depois de analisadas as temperaturas nos diferentes termopares, apesar de altas, iniciam a sua descida gradual a partir do minuto 14. Verificamos também através da imagem térmica da figura 28 a inflamação dos gases de incêndios a percorrer o restante simulador.

Na parte superior da zona de observação, verificamos uma alteração na mudança de cor, de laranja para amarelo, é um sinal indicador de ter existido uma alta temperatura no T2, T3 e T4, de referir que em T1 a cor ainda é vermelha dadas as altas temperaturas.

A especial incidência de cor amarela que verificamos no solo e uma vez que é em madeira, constata-se, uma acumulação de energia significativa provocada pela radiação provocada pelo incêndio.



Figura 28- Inflamação de gases e radiação térmica

Tabela 6- Excerto 4 dos registos térmicos do ensaio 1

Tempo	T1	T2	T3	T4	Unidade
31	346,6	224,5	91,9	19,3	C
32	339,7	222,6	92,3	18,9	C
33	338,9	219,7	94,5	18,2	C
34	334,4	215,5	94,2	18,6	C
35	329,9	213,8	94	18,8	C
36	326,2	211,4	93,9	19	C
37	322,8	209,9	92,9	17,9	C
38	318,9	207,6	93,8	18,7	C
39	315,3	206,1	93,4	17,7	C
40	313,1	204,6	91,8	17,8	C
41	310,8	203,2	92,9	18,1	C
42	308,4	201,3	93,3	17,6	C
43	299,9	199,8	92,8	17,5	C
44	301,8	198,2	93	17,7	C
45	298,1	196,5	92,7	17,4	C
46	295,7	195,1	92,5	16	C
47	287,8	193,8	91,9	17,5	C
48	281,3	191,6	93	16,9	C
49	278,6	189,9	92,6	17,3	C
50	272,9	187,6	92,8	17,4	C

Na tabela 6, perante os dados obtidos constatamos, nesta fase demos continuidade à descendência de temperaturas, o que nos indica que o incêndio está no seu declínio.



Figura 29- Imagem térmica diminuição da inflamação dos gases

Verificamos também, através da figura 29, a imagem térmica do interior nesta fase, onde em termos comparativos com a anterior, existiu uma grande diminuição de inflamação na camada superior.

Importa referir que o T4, não teve uma variação significativa de temperatura dada a sua proximidade da saída e pouca altura.

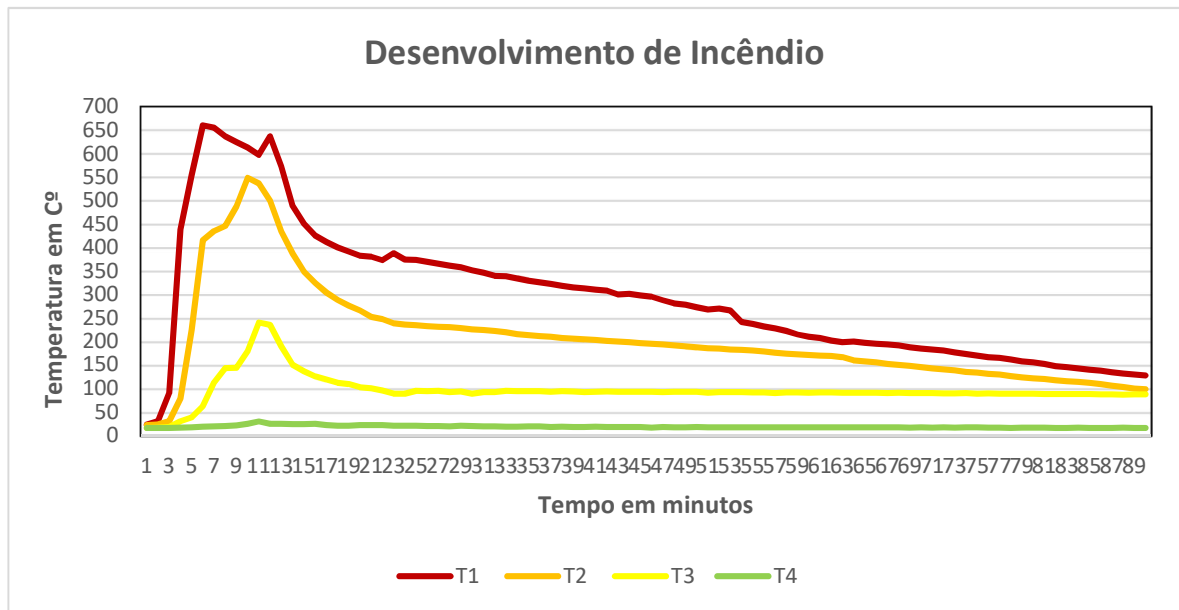


Gráfico 16- Desenvolvimento de incêndio ensaio 1

A visualização dos resultados pode ser observada no gráfico 16 que nos apresenta uma curva similar ao da figura 5, tendo este apenas um desenvolvimento mais rápido o que nos dá menos tempo de fase inicial.

Entre o minuto 11 e 13, nomeadamente no minuto 12 existiu uma alteração de temperatura perfeitamente identificada, estava a descer e voltou a subir. Deve-se a fato de naquele período o combustível se ter movimentado devido á natural decomposição que o mesmo que vai sofrendo ao longo da queima, o que alterou a dinâmica de incêndio.

B. Ensaio 2

Para o ensaio 2, o simulador foi limpo por forma a não afetar os resultados, tendo de seguida sido devidamente carregado com o material de queima.

Seguindo o mesmo procedimento inicial do ensaio 1, deu-se início à ignição de fogo nos materiais já acima identificados.

Neste ensaio o objetivo foi observar o desenvolvimento de incêndio e na possível temperatura máxima (com base nos valores obtidos no ensaio 1), iniciar o ataque direto, com aplicações de água em cone fechado (ver figura 30), neste caso assumiu-se ao minuto 8 o início das aplicações.



Figura 30 - Água em cone fechado para jato direto

Foram feitas 10 aplicações de água, espaçadas de 2 minutos entre elas uma vez que

Tras cada aplicación, debe realizarse un **tiempo de reposo** que permita recobrar el equilibrio térmico y ganar visibilidad. Este tiempo permitirá evaluar la efectividad de la aplicación de agua realizada y modificar los parámetros necesarios de cara a la siguiente aplicación. (Arnalich, 2015),

o que dá um total de 18 minutos.

Cada aplicação consistia na projeção da água de 3 aberturas e fecho da agulheta, cada uma delas de 1 segundo dando um total de 3 segundos.

A agulheta encontrava-se regulada em 250 lts/min, em cada projeção foi gasto 4,17 lts o que deu um total de 12,51 lts por aplicação.

Em dez aplicações foram gastos 125,1 lts.

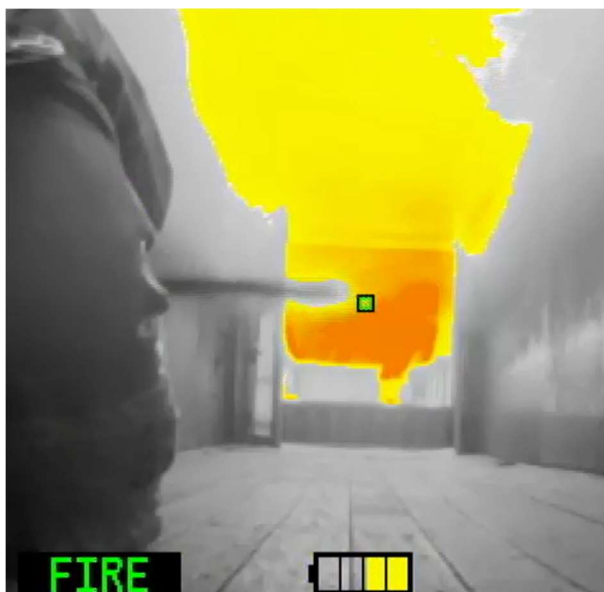


Figura 31- Primeira aplicação de água ao foco principal em jato com cone fechado

Tabela 7-Excerto 1 dos registos térmicos do ensaio 2

Tempo	T1	T2	T3	T4	Unidade
1	30,8	27,7	23,3	22	C
2	37,7	31,8	23,3	21,4	C
3	64,2	40,5	23,3	21,4	C
4	95	51,5	25	21,4	C
5	205,4	80,2	27,8	20,5	C
6	530,7	167,6	41,7	21,6	C
7	564,8	308,3	47,9	21,6	C

Como podemos verificar na tabela 7 no T1, que é o termopar de referência uma vez que se encontra posicionado na zona de queima, nos primeiros 4 minutos as temperaturas foram subindo gradualmente, do minuto 5 para o minuto 6 a rápida subida diz nos que ocorreu a sua transição (*Flashover*) para o seu desenvolvimento total.

No T2 também se verifica o mesmo, dada a proximidade da zona de queima. Menos expressão se verifica em T3 e T4 dada a distância.

Tabela 8- Excerto 2 dos registos térmicos do ensaio 2

Tempo	T1	T2	T3	T4	Unidade
8	682,5	417,7	74,8	25,6	C
9	517,3	289,9	62,3	24,1	C
10	469,3	242	46	24,1	C
11	516,8	268,1	44,6	21,4	C
12	496,1	384,6	44,6	22,5	C
13	671,9	387,1	66,1	23,3	C
14	723,3	364,2	96,7	23,3	C
15	741,4	323,4	112,1	22,3	C
16	675,2	369,1	110,1	22,3	C
17	674,2	340,2	130,7	23,4	C
18	589,8	355,9	127,4	23,4	C
19	505,9	286,2	54,8	23,4	C
20	547,7	319,4	54,8	22,4	C
21	488,9	281,7	46,1	22,4	C
22	534,3	287,2	51,8	22,9	C

No minuto 8 foram iniciadas as aplicações de água, as mesmas foram efetuadas na entrada do simulador dada a capacidade de alcance de aplicação e mantendo as condições de segurança.

O seguimento das aplicações foi de acordo como procedimento acima relatado.

Constata-se que, durante o período de espera entre aplicações, as temperaturas subiam e desciam, sendo que o T4 manteve as suas temperaturas com poucas oscilações.

No minuto 13 foi feita uma incorreta aplicação de água para exemplo. Podemos verificar através da figura 32 a direção da aplicação da água, o retorno traduziu-se numa grande alteração e conseqüentemente um rápido aumento de temperatura, perfeitamente identificado com grande expressão no T4, T3 e T2.

Uma vez que existia uma grande inflamabilidade junto ao teto, a aplicação foi direcionada no mesmo, originou uma grande movimentação no combustível e nos gases provenientes da combustão provocando uma situação perigosa, perfeitamente fora do exigido contexto de segurança para estas situações que, aparentemente encontram-se garantidas pelos bombeiros a trabalho nos incêndios em interiores.



Figura 32- Incorreta aplicação de água

Tabela 9- Excerto 3 dos registos térmicos do ensaio 2

Tempo	T1	T2	T3	T4	Unidade
23	450,2	245,4	41	23,4	C
24	446,7	244,2	39,6	21,8	C
25	443,9	231,8	41,2	21,8	C
26	504,6	246,2	39,2	21,8	C
27	390,6	214,8	40,6	21,8	C
28	391,6	214,8	37,5	21,8	C
29	451,1	225,2	38,2	23,2	C
30	355,3	227,4	35,1	23,2	C
31	314,9	216,4	35,1	22,3	C
32	291,7	205,9	35,8	22,3	C
33	290,7	203,1	34,8	22,3	C

Terminadas as aplicações, ao minuto 26 no T1 assistimos a um aumento de temperatura, ainda existia combustível com capacidade de combustão.

Depois do minuto 29 o T1 inicia a sua gradual descida de temperatura que nos indica que a zona de queima entrou na sua fase de declínio.

O T2 e T3 iniciaram mais cedo a sua descida, indicador de que existiam poucos gases que pudessem inflamar.

Toda a referida análise anteriormente relatada, pode ser constatada através gráfico 17, onde se verifica a curva que o incêndio sofreu com o objetivo definido para este ensaio.

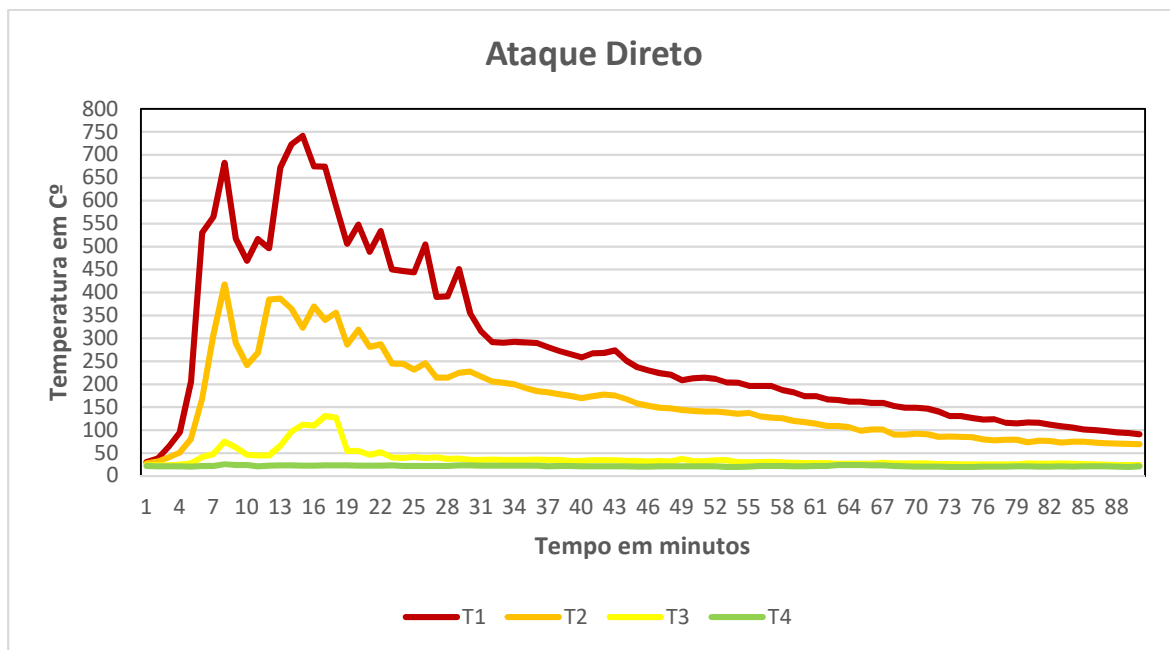


Gráfico 17- Ataque Direto ensaio 2

C. Ensaio 3

Seguindo o mesmo procedimento inicial dos anteriores ensaios, o objetivo foi observar o desenvolvimento de incêndio e na possível temperatura máxima (com base nos valores obtidos nos ensaios 1 e 2), iniciar o ataque indireto.

As aplicações de água, foram efetuadas com um ângulo de 45° (fig. 33) e uma percentagem de abertura do cone de água a 30°, uma vez que “Indirect fire fighting can be carried out with a variable spray branch which is 'coned down' below 30 degrees or a smooth bore branch”.(UK, n.d.).



Figura 33- Ângulo de aplicação e abertura de cone para ataque indireto

A aplicação de água manteve o mesmo registo do ensaio 1 onde, cada aplicação consistia na projeção da água de 3 aberturas e fecho da agulheta, cada uma delas de 1 segundo dando um total de 3 segundos.

A agulheta encontrava-se regulada em 250 lts/min, em cada projeção foi gasto 4,17 lts o que deu um total de 12,51 lts por aplicação.

Em dez aplicações foram gastos 125,1 lts

De acordo com Arnalich. A (2015), “Es fundamental determinar la efectividad de la aplicación de agua dentro de un recinto de incendio.”(Arnalich, 2015).

Para calcular o volume de vapor de água depois de aplicar 3 projeções de 3 segundos, com um fluxo de 250 lts/min e obter uma evaporação com eficácia de 70% de água aplicada, em que a redução da temperatura no final é de 200 Cº.

O autor refere ainda que, como na presente tabela de expansão de água, verificamos o volume de vapor gerado mediante as possíveis temperaturas num compartimento.

Tabela 10- Expansão de 1 litro de água (Arnalich. A 2015)

Temperatura (Cº)	Volume de Vapor
100	1600
200	2060
300	2520
400	2980
500	3440
600	3900

De acordo com a seguinte fórmula:

$$Mh2o = Pr \times Tp \times Lg \times \%v \text{ (Arnalich, 2015)}$$

Onde: Mh20 (medidor de água) = Pr (projeções) x Tp (tempo gasto) X Lg (litros gastos) x %v (percentagem vapor a obter)

$$Mh2o = 3 \times 3 \times 4,17 \text{ Lts/s} \times 0,7$$

$$= 26,271 \text{ Kg}$$

$$Vh2o = Vv \times 26,271$$

Onde: Vh2o (Vapor de água) = Vv (Volume de vapor a 600º) x 26,271

$$= 26,271 \times 3900$$

$$= 102456,9 \text{ Lts} = 102,4569 \text{ m}^3 \text{ de vapor de água}$$

O simulador de ensaios tem, de acordo com a fórmula:

$$A \times C \times L$$

Onde: A (altura) X C (comprimento) X L (largura)

$$2,5 \times 22 \times 2,5$$

$$= 137,5 \text{ m}^3$$

Como foram obtidos 102,4569 m³ de vapor para uma capacidade de 137,5 m³ do simulador, o objetivo, relativos à quantidade de vapor de água a obter foram cumpridos.

Tabela 11- Excerto 1 dos registos térmicos do ensaio 3

Tempo	T1	T2	T3	T4	Unidade
1	23,6	26,7	21,4	19,8	C
2	23,6	26,7	21,4	19,8	C
3	23,6	26,7	21,9	19,8	C
4	33,7	28,2	21,3	19,8	C
5	55,4	37,7	21,9	19,8	C
6	67,2	41,7	21,9	19,8	C
7	107,3	53	22,9	19,8	C
8	125,4	53,9	25,6	19,8	C
9	384,6	89,4	34,5	19,8	C
10	544,8	200,6	57,2	21,3	C

Nos resultados do ensaio 3 verificamos que, a sua fase inicial até à transição (*flashover*) demorou 9 minutos.

O T3 deu indicação de ligeira subida ao longo da fase inicial, o T4 manteve sempre o mesmo registo.

No minuto 10 foi efetuada a primeira aplicação de água, a mesma foi feita a partir do exterior do simulador por questões de segurança, com um ângulo de 45º e um cone de 30º como referido, importa salientar que em todos os ensaios foi mantida uma porta do compartimento sempre aberta.

Na figura 34, podemos constatar, na sequência de imagens o comportamento e expansão do vapor de água ocupando todo o simulador, aquando da aplicação.

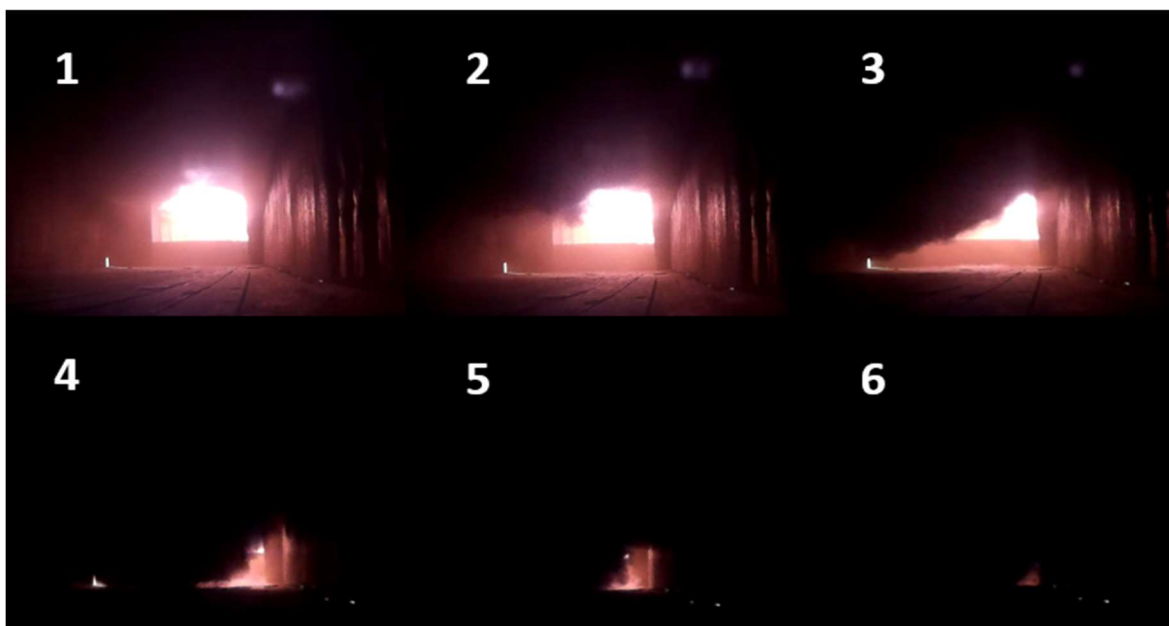


Figura 34- Sequência da expansão do vapor de água numa aplicação

Tabela 12- Excerto 2 dos registos térmicos do ensaio 3

Tempo	T1	T2	T3	T4	Unidade
10	544,8	200,6	57,2	21,3	C
11	668,2	402,4	58,2	23,3	C
12	692,1	407,9	96,8	23,3	C
13	681,4	407,3	133,5	22,7	C
14	642,1	456,7	127,2	23,6	C
15	627,3	527,4	156,8	26,2	C
16	655,4	510,1	156,1	31,3	C
17	674,1	429,7	182,6	27,1	C
18	569,4	400	142,1	22,5	C
19	539,6	350,8	106,3	22,5	C
20	465,6	337	61,7	22,5	C
21	431,9	293,1	74,2	22,5	C
22	396,9	288,3	50,3	21,9	C

A reação de mais relevo e expressão, refletiu-se no T2. Como facilmente constatado entre o minuto 10 e 11, dada a proximidade da aplicação anularam-se aproximadamente 200° de temperatura, confirmando por isso o objetivo da eficácia 70 % de vapor de água.

O intervalo de tempo entre as aplicações e a direção exclusiva para o simulador de observação/ permanência ditou que, o T1 manteve as suas altas temperaturas e influenciava o T2 e T3 que variavam os seus registos muito por responsabilidade da radiação emitida pela estrutura.

Como referido existia uma porta aberta, na mesma “immediately following the application of water, there was an outrush of smoke from the exhaust opening between the smoke stack and stack casing followed by mixture of smoke and condensing steam.”(Layman, 1952), o que nos indica o tempo necessário de aplicação e suspensão de manobra.

Na figura 36 pode ser constatada na parte superior, a saída evidente da mistura de gases e vapor de água, dada a sua coloração, “...rapid generation of steam within a confined space creates a violent atmospheric disturbance within the space.”(Layman, 1952)

Importa referir que o momento ainda não era a de suspensão da aplicação, pois não saía vapor de água na sua totalidade.



Figura 35- Saída de gases e vapor de água

Tabela 13- Excerto 3 dos registos térmicos do ensaio 3

Tempo	T1	T2	T3	T4	Unidade
22	396,9	288,3	50,3	21,9	C
23	373,1	261,7	51,6	20,6	C
24	349,4	254,4	42,7	21,2	C
25	336,6	240,8	41,2	21,8	C
26	320,9	226,8	36,4	20,3	C
27	313,3	208,2	38,2	20,3	C
28	299,1	208,2	34,4	20,3	C
29	294,7	195,7	36,9	22,1	C
30	284,7	193,6	32,4	22,4	C
31	278,1	179,8	38,1	22,4	C

Apesar de não existirem gases provenientes da combustão na camada superior, devido a terem sido expelidos, as temperaturas ainda existentes em T1 e T2, as aplicações continuaram até um total de 10.

Ao minuto 27 no T2 já estavam reunidas as condições para parar a manobra, de acordo com Layman. L (1952), "It appears that this action continues until the surface temperature within the space is reduce to approximately 212°F..."(Layman, 1952).

Em T3 verifica-se uma descida gradual de temperatura, o T4 manteve o seu registo com alguma normalidade.

Na figura 36 podemos verificar na parte superior, a negro a entrada da água e na zona de queima, no foco principal a reação do mesmo à água, com uma contração evidente.



Figura 36- Imagem térmica de aplicação de água e reação do foco de incêndio

No gráfico 18 referente ao ensaio 3, na curva de incêndio podemos analisar o comportamento ao longo do ensaio.

Especial referência ao T4 com uma expressão bastante linear durante todo o ensaio, um T3 que depois do minuto 23 não sofreu alterações significativas. O T2 e T1 respetivamente, expressaram-se de forma mais evidente dada a colocação e proximidade, um na zona de aplicação de água e outro na zona de queima.

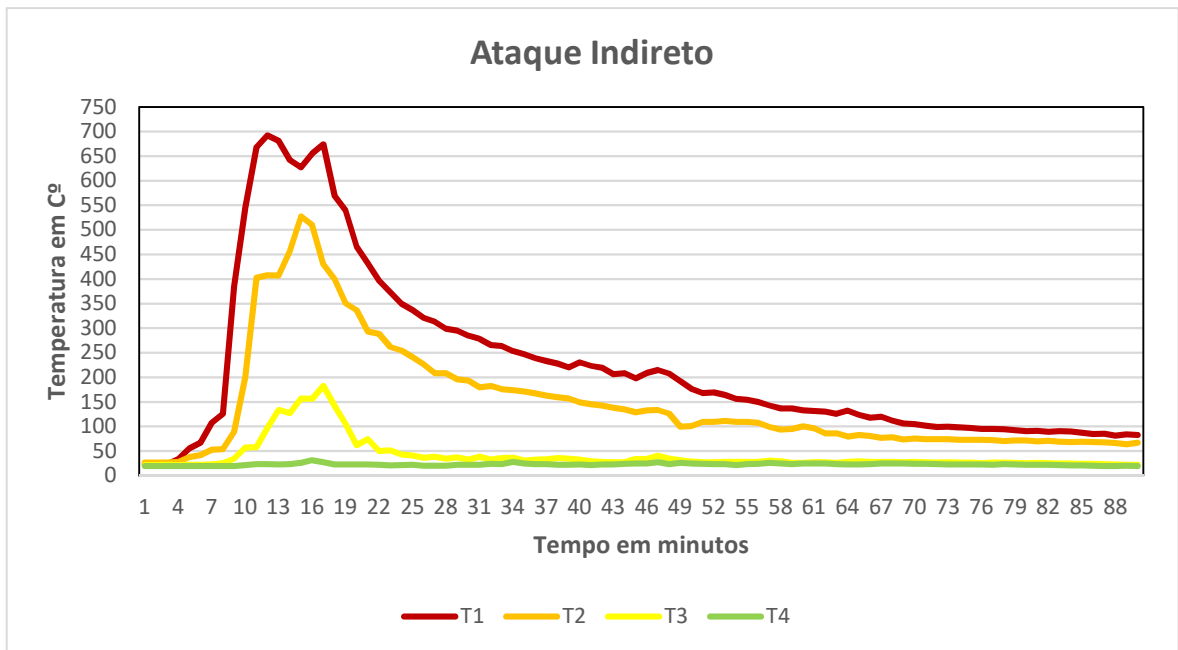


Gráfico 18- Ataque indireto ensaio 3

Através do gráfico 19 temos uma perspetiva global das temperaturas máximas obtidas nos ensaios.

Como podemos verificar, o ensaio 2 e 3 em T1 foram os que obtiveram maiores temperaturas, apesar de serem em diferentes momentos dos ensaios e de nesses mesmos terem sido feitas as aplicações de água, por manutenção de gases altamente aquecidos ou por a vaporização provada pelas aplicações, demonstra que é um ponto de elevado relevo e importância que deve ser levado sempre em conta.

Apesar disso, o livre desenvolvimento de incêndio destaca-se em T2 e T3 uma vez que não existiu aplicação de água.

Já em T4 verificamos que nos 3 ensaios manteve temperaturas constantes sem grande oscilação, fruto da constante passagem de comburente.

Leva-nos também a concluir que em T1 o ensaio3, que é referente ao método de ataque indireto foi mais eficaz, já no T2 e T3 o ensaio 2, que é referente ao ataque direto foi mais eficaz.

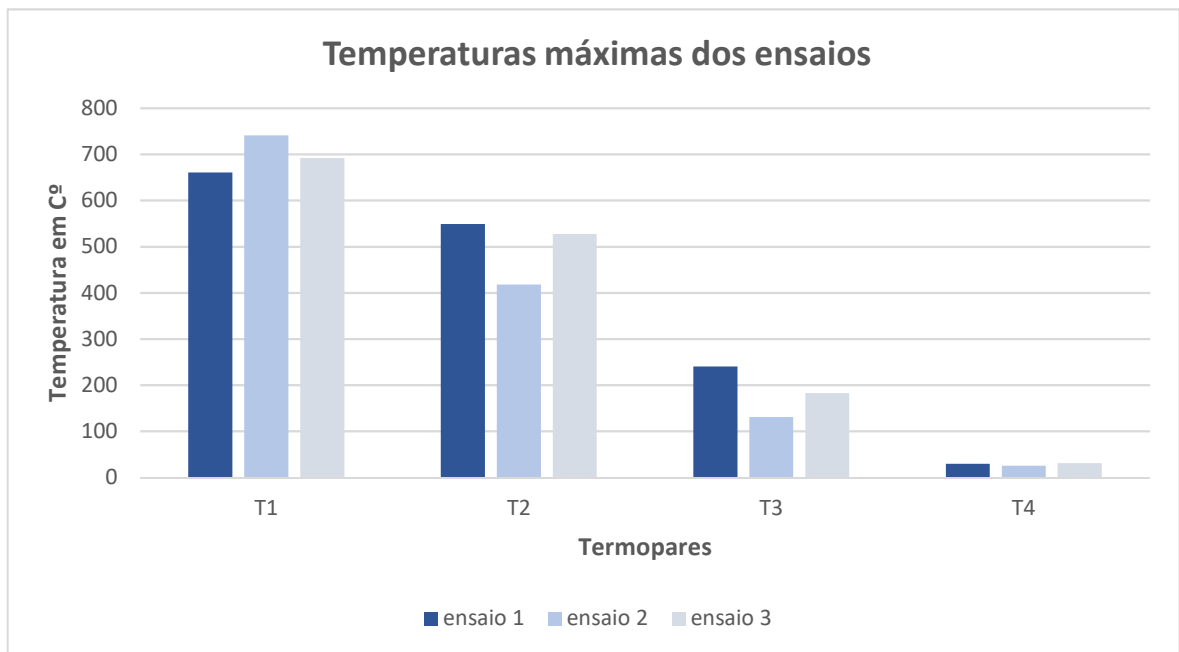


Gráfico 19- Temperaturas máximas dos ensaios

Capítulo 6. Conclusão

A aplicação prática dos ensaios experimentais de incêndio à escala real e utilizando os métodos de ataque direto e indireto, bem como do inquérito elaborado foram determinantes e de elevada importância para obter informações relevantes, uma vez que relativamente a este tema não se conhece investigação em Portugal sobre o mesmo.

Nos ensaios práticos de incêndio foi possível uma recolha infindável de dados que vão desde os diferentes comportamentos de incêndios em interiores nas suas fases, as temperaturas alcançadas, a potência atingida, a movimentação e formação da capa de gases provenientes da combustão, bem com as diferentes oscilações da mesma que informa como o incêndio se está a desenvolver com os diferentes fluxos.

Já na aplicação de água, utilizando os métodos de ataque direto e indireto, verificamos que com pouca água os bombeiros podem ser bastante eficientes na supressão de incêndios. A correta e efetiva aplicação de água, nos locais certos e no tempo adequado, aliado às suas magníficas e únicas qualidades, potenciam a que os objetivos sejam alcançados com elevada perfeição, sejam eles de não criar vaporização ou na criação da mesma. Mas ao revés, também podem ser bastante inoperantes, provocando grandes alterações no comportamento do incêndio, o que põem em causa numa larga escala a segurança dos mesmos, em que aqui é um ponto ao qual devem ter especial atenção.

A nível de conhecimentos da amostra, neste caso resultado do inquérito feito, verifica-se uma profunda necessidade de reformulação formativa de forma a melhorar esses mesmos conhecimentos, potenciando uma visão mais alargada do comportamento de incêndios, as suas diferentes fases e por sua vez a correta aplicação de água abordando o quando, como onde e porquê.

Com o evoluir do desenvolvimento da dissertação do referido tema, novas questões foram levantadas das quais se sugere o sua investigação e estudo científico nomeadamente sobre:

-
- Analise de incêndios de rápido desenvolvimento e suas diferentes potencialidade, estando limitados pelo combustível ou pelo comburente;
 - Infra ventilar o incêndio antes da sua transição para desenvolvimento total, como e qual aplicação água mais efetiva;
 - Aumentar as áreas e criar divisões para aumento da simulação;
 - Equipar na totalidade com mobiliário e outros objetos existente na esmagadora maioria das residências;

“No solo es necesario aprender la manera en que se ejecuta una determinada técnica, también es preciso saber cuándo y por qué se realiza. Así, conocer la base del funcionamiento de la aplicación de agua es fundamental para su correcta utilización.” (Arnalich, 2015).

Capítulo 7. Referências

- Água, C. N. (n.d.). *A água*. <https://conselhonacionaldaagua.weebly.com/propriedades-da-aacutegua.html>
- Arnalich, A. (2015). *Incendios De Interior Ventilacion De Incendios*. <https://artarnalich.wordpress.com/%0Ahttps://www.youtube.com/user/aarnalich>
- Association, N. F. P. (1967). NFPA 1700 Guide for Structural Fire Fighting. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.
- Bombeiros, E. N. de. (2006). *Fenomenologia da combustão e agentes extintores: Vol. VII*.
- Braidwood, J. (1830). *On the Construction of fire-engines and apparatus*. <https://books.google.pt/books?id=BwYOAAAAYAAJ&printsec=frontcover&hl=pt-PT#v=onepage&q&f=false>
- Cadorin, J.-F. (2003). *Compartment fire models for structural engineering*. 201.
- Considerations, T. (2015). Tactical Considerations. *Bullex*, 24.
- Cruz, A. (2012). *Autoridade Nacional de Proteção Civil*. 16136–16141.
- Drysdale, D. (1999). *An Introduction To Fire Dynamics, Second Edition*.
- Gorbett, G. E., & Hopkins, R. (2007). *The Current Knowledge & Training Regarding Backdraft , Flashover , and Other Rapid Fire Progression Phenomena*. 1–25.
- Grimwood, P. (2019). *Euro Fireghter Táticas de Combate a Incêndio e Engenharia do Fogo*.
- Gross, D. (1991). Fire Research At Nbs: The First 75 Years. *Fire Safety Science*, 3, 119–133. <https://doi.org/10.3801/iafss.fss.3-119>
- IPQ, & LNEC. (2010). *NP EN 1991-1-2 2010 Eurocódigo 1 - Ações em estruturas Parte 1-2: Ações gerais Ações em estruturas expostas ao fogo*. 64.
- Kawagoe, K. (1989). Real Fire And Fire Modeling. *Fire Safety Science*, 2, 1–14. <https://doi.org/10.3801/iafss.fss.2-1>

-
- Layman, L. (1950, January 11). *Lloyd_Layman_Little_Drops_of_Water .pdf*.
- Layman, L. (1952). *Lloyd_Layman_ ATTACKING_and_EXTINGUISHING_INTERIOR _FIRES.pdf*. National Fire Protection Association.
- Neto José, Nunes Mário, Silva Jorge, A. R. (2001). *Actas II Encontro Nacional sobre a História dos Bombeiros Portugueses* (Associação). <https://doi.org/176676/02>
- Plazanet, de A. J. . (1824). *Manuel du sapeur-pompier, dédié et présenté à S. A. R. Monsieur , par A. J. B. de Plazanet,... Seconde édition* (2 edição).
- Quintiere, J. G. (1998). *Principles of fire behavior*.
- Quivy, R. (1995). *Raymond Quivy Manual de Investigação em Ciências Sociais*. <https://tecnologiamidiaeinteracao.files.wordpress.com/2018/09/quivy-manual-investigacao-novo.pdf>
- Rodrigues Jorge, N. L. (2005). Hidráulico. In *Ingenierías* (Escola Nac, Vol. 8, Issue 29).
- RSB. (2013). *Manual do curso de flashover* (Câmara Mun, Vol. 8).
- Santos Cruz, F. I. (1850). *Os diferentes meios de atalhar incêndios, de salvar pessoas, e os objetos delles ameaçados, e de os prevenir quanto possivel*. <https://am.uc.pt/romulo/item/85527>
- Sistema de Segurança Interna [SSI]. (2020). Relatório Anual de Segurança Interna de 2020. *Relatório Anual de Segurança Interna – Ano, 254*. [http://www.ansr.pt/InstrumentosDeGestao/Documents/Relatório Anual de Segurança Interna \(RASI\)/RASI 2016.pdf](http://www.ansr.pt/InstrumentosDeGestao/Documents/Relatório Anual de Segurança Interna (RASI)/RASI 2016.pdf)
- Sofia, A., & Louro, S. (2008). *Ministério das Obras Públicas , Transportes e Comunicações LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL DEPARTAMENTO DE ESTRUTURAS Núcleo de Comportamento de Estruturas*.
- Thomaz, F. (1881). *O BOMBEIROS PORTUGUEZ. 4*.
- UK, H. C. (n.d.). *Fire Fighter Techniques*. <https://www.highrisefirefighting.co.uk/technique.html>

Anexos

Anexo I - Inquérito

Análise do desenvolvimento de incêndios em compartimentos internos de edifícios e combate com água, utilizando os métodos de ataque direto e indireto

Consentimento prévio:

Introdução ao contexto: Convido-o/a a participar no presente estudo no âmbito da Dissertação de Mestrado de Gestão de Emergência e Socorro intitulado "Análise do desenvolvimento de incêndios em compartimentos internos de edifícios e combate com água utilizando os métodos de ataque direto e indireto", realizado no Instituto Superior de Ciências da Informação e da Administração- ISCIA.

Objetivos do estudo e procedimento: Este projeto de investigação tem como objetivo aferir o comportamento de Incêndio em compartimentos internos de edifícios após a aplicação de água, usando como combate o método direto e o método indireto.

Assim, será realizado um inquérito anónimo, onde vão ser solicitados alguns dados pessoais, tais como: género, idade, Corpo de Bombeiros a que pertence e posto, não havendo nenhum dado que o/a identifique diretamente.

O questionário é composto por 9 perguntas e demora cerca de 2 minutos a responder, não existem respostas certas ou erradas, o mesmo pretende aferir a perceção resultante da experiência e conhecimento enquanto bombeiro/a.

Elegibilidade: Poderão participar neste questionário apenas Bombeiros/as a desempenhar funções na Cidade de Vila Nova de Gaia, com a idade mínima de 18 anos independentemente da sua patente.

Riscos e benefícios: Não há riscos previsíveis associados à participação neste estudo. Contudo, como em qualquer atividade online, o risco de violação de confidencialidade é sempre possível. Serão minimizadas todas as possibilidades, mantendo os registos fora das nuvens e servidores após a recolha dos dados.

Participação Voluntária: A participação neste estudo é totalmente voluntária, é livre de recusar, participar ou de parar de responder a qualquer momento, para isso basta fechar o seu browser. Se tal acontecer as suas respostas não serão gravadas e não poderá voltar a retomar o preenchimento desde o ponto onde se encontrava, devendo por isso recomeçar a sua participação.

Confidencialidade e Anonimato: As suas respostas permanecerão confidenciais, anónimas e restritas, apenas para o uso académico, e sujeita às políticas de utilização de dados do ISCIA (Política de Proteção de Dados).

Contato: para esclarecimento de qualquer dúvida relativamente ao estudo, poderá fazê-lo através do contato de email do responsável: hugofigueiredo92@gmail.com

Agradeço desde já a sua disponibilidade e colaboração.

***Obrigatório**

1. Acordando com este termo de consentimento, autoriza o investigador a utilizar os dados recolhidos no ensino, pesquisa e publicação, mantendo a sua identidade preservada. *

Marcar apenas uma oval.

Sim

Não

2. Género *

Marcar apenas uma oval.

Masculino

Feminino

Outros

3. Idade *

4. Corpo de Bombeiros a que pertence *

Marcar apenas uma oval.

Bombeiros Sapadores de Gaia

Bombeiros Voluntários Aguda

Bombeiros Voluntários Avintes

Bombeiros Voluntários Carvalhos

Bombeiros Voluntários Coimbrões

Bombeiros Voluntários Crestuma

Bombeiros Voluntários Valadares

5. Patente, assinale apenas a que ocupa: Voluntários:

Marcar apenas uma oval.

- Comandante
- 2º Comandante
- Adjunto de Comando
- Oficial Bombeiro Superior
- Oficial Bombeiro Principal
- Oficial Bombeiro 1º
- Oficial Bombeiro de 2º
- Estagiário Bombeiro Oficial
- Chefe
- SubChefe
- Bombeiro de 1º
- Bombeiro de 2º
- Bombeiro de 3º
- Estagiário

6. Patente, assinale apenas a que ocupa: Sapadores

Marcar apenas uma oval.

- Comandante
- Adjunto Técnico
- Chefe Principal
- Chefe de 1º classe
- Chefe de 2º classe
- Subchefe-Principal
- Subchefe de 1º classe
- Subchefe de 2º classe
- Bombeiro Sapador

Avançar para a pergunta 7

Questionário

7. 1- Conhece a diferença entre ataque direto e ataque indireto? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não
 Talvez

8. 2- O ataque direto consiste na aplicação de água direta sob? *

Marcar apenas uma oval.

- Base das chamas
 Topo das chamas

9. 3- No ataque direto, depois de iniciar a aplicação de água, sabe quando deve parar esta ação? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não
 Talvez

10. 3.1-Se respondeu sim, sabe quando?

Marcar apenas uma oval.

- a. Quando não observar chamas
 b. Quando observar muito vapor de água
 c. Quando observar água no chão

11. 4- O ataque indireto consiste na aplicação de água para arrefecimento de: *

Marcar apenas uma oval.

- Gases provenientes do foco de incêndio
 Estrutura/compartimento

12. 5- No ataque indireto, depois de iniciar a aplicação de água, sabe quando deve parar esta ação? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não
 Talvez

13. 5.1-Se respondeu sim, sabe quando?

Marcar apenas uma oval.

- a. Quando escorrer água pelas paredes e teto
 b. Quando não observar chamas
 c. Quando os gases quentes forem substituídos na totalidade por vapor de água

14. 6- Já alguma vez utilizou algum dos métodos (direto e indireto) em contexto de incêndio no interior dos edifícios? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não
 Apenas em contexto formativo

15. 6.1- Se sim, qual é para si o mais benéfico?

Marcar apenas uma oval.

- Ataque Direto
 Ataque Indireto

16. 7- Qual dos métodos considera ser mais eficiente? *

Marcar apenas uma oval.

- Ataque direto
 Ataque Indireto
 Ambos, dependendo da fase em que se encontre o Incêndio

17. 8- De acordo com as fases de desenvolvimento de incêndio, selecione em quais aplicaria água utilizando o método direto: *

Marcar tudo o que for aplicável.

- Inicial
 Crescimento
 Desenvolvimento total
 Declínio

18. 9- De acordo com as fases de desenvolvimento de incêndio, selecione em quais aplicaria água utilizando o método indireto: *

Marcar tudo o que for aplicável.

- Inicial
 Crescimento
 Desenvolvimento total
 Declínio

Muito obrigado pela atenção

06/12/21, 22:29

Análise do desenvolvimento de incêndios em compartimentos internos de edifícios e combate com água, utilizando os método...

19. Comentários/Sugestões

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pela Google.

Google Formulários

Anexo II - Tabelas gerais dos ensaios

Tabela geral do ensaio 1, desenvolvimento de incêndio

Ensaio 1	Data	Tempo	T1	T2	T3	T4	Unidade
AT	06/07/2021	1	23	22,1	15,4	15,9	C
AT	06/07/2021	2	30,4	23,2	16,1	15,9	C
AT	06/07/2021	3	90,4	30,1	17,7	15,9	C
AT	06/07/2021	4	438,8	78,7	30,3	16,1	C
AT	06/07/2021	5	554,9	224,7	38,3	16,8	C
AT	06/07/2021	6	660,7	415,4	62,2	18,1	C
AT	06/07/2021	7	655,9	435,6	112,4	19	C
AT	06/07/2021	8	637,3	446,2	143,2	19,9	C
AT	06/07/2021	9	624,8	487,6	143,7	21,1	C
AT	06/07/2021	10	613,4	548,9	179,4	24,8	C
AT	06/07/2021	11	597,9	536,9	240,5	29,5	C
AT	06/07/2021	12	637,3	499,9	235,5	24,6	C
AT	06/07/2021	13	572,9	434,6	189,4	24,6	C
AT	06/07/2021	14	488,9	386,6	149,8	23,7	C
AT	06/07/2021	15	451,3	348,9	136,1	23,7	C
AT	06/07/2021	16	425,7	324,8	125,4	24,8	C
AT	06/07/2021	17	412,1	304,4	118,9	22,1	C
AT	06/07/2021	18	400,4	288,8	112,1	20,6	C
AT	06/07/2021	19	391,4	276,5	108,9	20,6	C
AT	06/07/2021	20	383,1	266,4	102,5	21,7	C
AT	06/07/2021	21	380,8	252,3	100,6	21,7	C
AT	06/07/2021	22	373,4	247,7	95,7	21,7	C
AT	06/07/2021	23	388,3	239,1	88,7	20,4	C
AT	06/07/2021	24	374,5	235,9	88,9	20,2	C
AT	06/07/2021	25	373,8	234,8	94,9	20,3	C
AT	06/07/2021	26	369,9	233	93,8	19,9	C
AT	06/07/2021	27	365,6	231,3	94,7	19,5	C
AT	06/07/2021	28	361,5	230,5	92	19	C
AT	06/07/2021	29	358,2	228,6	93,1	20,1	C
AT	06/07/2021	30	351,5	225,7	89	19,4	C
AT	06/07/2021	31	346,6	224,5	91,9	19,3	C
AT	06/07/2021	32	339,7	222,6	92,3	18,9	C
AT	06/07/2021	33	338,9	219,7	94,5	18,2	C
AT	06/07/2021	34	334,4	215,5	94,2	18,6	C
AT	06/07/2021	35	329,9	213,8	94	18,8	C
AT	06/07/2021	36	326,2	211,4	93,9	19	C

AT	06/07/2021	37	322,8	209,9	92,9	17,9	C
AT	06/07/2021	38	318,9	207,6	93,8	18,7	C
AT	06/07/2021	39	315,3	206,1	93,4	17,7	C
AT	06/07/2021	40	313,1	204,6	91,8	17,8	C
AT	06/07/2021	41	310,8	203,2	92,9	18,1	C
AT	06/07/2021	42	308,4	201,3	93,3	17,6	C
AT	06/07/2021	43	299,9	199,8	92,8	17,5	C
AT	06/07/2021	44	301,8	198,2	93	17,7	C
AT	06/07/2021	45	298,1	196,5	92,7	17,4	C
AT	06/07/2021	46	295,7	195,1	92,5	16	C
AT	06/07/2021	47	287,8	193,8	91,9	17,5	C
AT	06/07/2021	48	281,3	191,6	93	16,9	C
AT	06/07/2021	49	278,6	189,9	92,6	17,3	C
AT	06/07/2021	50	272,9	187,6	92,8	17,4	C
AT	06/07/2021	51	268,4	185,9	91	17,2	C
AT	06/07/2021	52	270,2	184,8	92,3	17,3	C
AT	06/07/2021	53	266,4	183	92,4	16,8	C
AT	06/07/2021	54	241,8	182,5	91,9	17,2	C
AT	06/07/2021	55	237,6	180,6	91,5	16,9	C
AT	06/07/2021	56	231,9	178,7	91,7	17	C
AT	06/07/2021	57	228,1	175,8	90	17,3	C
AT	06/07/2021	58	222,4	174,1	91,4	17,2	C
AT	06/07/2021	59	214,6	172,9	91,3	16,7	C
AT	06/07/2021	60	210,1	171,1	90,9	17	C
AT	06/07/2021	61	207,2	170,2	91,1	17,1	C
AT	06/07/2021	62	201,8	168,9	91,2	16,9	C
AT	06/07/2021	63	198,7	166,8	90,8	16,9	C
AT	06/07/2021	64	200,2	159,7	90,9	16,8	C
AT	06/07/2021	65	197,4	157,5	90,5	17	C
AT	06/07/2021	66	195,3	155,6	90,7	16,7	C
AT	06/07/2021	67	193,8	152,3	89,9	16,9	C
AT	06/07/2021	68	191,4	149,8	90,4	16,8	C
AT	06/07/2021	69	187,9	147,9	89,8	16,5	C
AT	06/07/2021	70	184,6	145,5	89,7	16,7	C
AT	06/07/2021	71	183,1	142,3	90,1	16,6	C
AT	06/07/2021	72	180,7	140,8	89,6	16,9	C
AT	06/07/2021	73	176,9	138,7	89,5	16,5	C
AT	06/07/2021	74	173,5	135,2	89,7	16,8	C
AT	06/07/2021	75	169,9	133,9	88,9	16,7	C
AT	06/07/2021	76	166,4	131,2	89,3	16,4	C
AT	06/07/2021	77	164,8	129,4	88,8	16,3	C
AT	06/07/2021	78	161,5	125,9	88,9	15,9	C
AT	06/07/2021	79	157,7	123,6	89	16,2	C

AT	06/07/2021	80	155,3	121,3	88,5	16,1	C
AT	06/07/2021	81	151,8	119,8	88,3	16	C
AT	06/07/2021	82	147,2	117,4	87,9	15,9	C
AT	06/07/2021	83	145,1	115,4	88,2	15,8	C
AT	06/07/2021	84	142,8	113,6	88	16	C
AT	06/07/2021	85	139,8	111,8	87,8	15,7	C
AT	06/07/2021	86	137,5	109,1	87,2	15,9	C
AT	06/07/2021	87	134,7	105,8	87,6	15,8	C
AT	06/07/2021	88	131,4	102,7	86,9	16	C
AT	06/07/2021	89	129,7	99,9	87,5	15,8	C
AT	06/07/2021	90	127,3	98	87,3	15,7	C
Valores Máximos			660,7	548,9	240,5	29,5	C

Tabela geral do ensaio 2, aplicação de água com método de ataque direto

Ensaio 2	Data	Tempo	T1	T2	T3	T4	Unidade
AT	07/07/2021	1	30,8	27,7	23,3	22	C
AT	07/07/2021	2	37,7	31,8	23,3	21,4	C
AT	07/07/2021	3	64,2	40,5	23,3	21,4	C
AT	07/07/2021	4	95	51,5	25	21,4	C
AT	07/07/2021	5	205,4	80,2	27,8	20,5	C
AT	07/07/2021	6	530,7	167,6	41,7	21,6	C
AT	07/07/2021	7	564,8	308,3	47,9	21,6	C
AT	07/07/2021	8	682,5	417,7	74,8	25,6	C
AT	07/07/2021	9	517,3	289,9	62,3	24,1	C
AT	07/07/2021	10	469,3	242	46	24,1	C
AT	07/07/2021	11	516,8	268,1	44,6	21,4	C
AT	07/07/2021	12	496,1	384,6	44,6	22,5	C
AT	07/07/2021	13	671,9	387,1	66,1	23,3	C
AT	07/07/2021	14	723,3	364,2	96,7	23,3	C
AT	07/07/2021	15	741,4	323,4	112,1	22,3	C
AT	07/07/2021	16	675,2	369,1	110,1	22,3	C
AT	07/07/2021	17	674,2	340,2	130,7	23,4	C
AT	07/07/2021	18	589,8	355,9	127,4	23,4	C
AT	07/07/2021	19	505,9	286,2	54,8	23,4	C
AT	07/07/2021	20	547,7	319,4	54,8	22,4	C
AT	07/07/2021	21	488,9	281,7	46,1	22,4	C
AT	07/07/2021	22	534,3	287,2	51,8	22,9	C
AT	07/07/2021	23	450,2	245,4	41	23,4	C
AT	07/07/2021	24	446,7	244,2	39,6	21,8	C
AT	07/07/2021	25	443,9	231,8	41,2	21,8	C
AT	07/07/2021	26	504,6	246,2	39,2	21,8	C
AT	07/07/2021	27	390,6	214,8	40,6	21,8	C
AT	07/07/2021	28	391,6	214,8	37,5	21,8	C
AT	07/07/2021	29	451,1	225,2	38,2	23,2	C
AT	07/07/2021	30	355,3	227,4	35,1	23,2	C
AT	07/07/2021	31	314,9	216,4	35,1	22,3	C
AT	07/07/2021	32	291,7	205,9	35,8	22,3	C
AT	07/07/2021	33	290,7	203,1	34,8	22,3	C
AT	07/07/2021	34	292,4	199,5	35,3	22,3	C
AT	07/07/2021	35	291,2	191,2	35,3	22,3	C
AT	07/07/2021	36	290,1	184,9	35,9	22,3	C
AT	07/07/2021	37	280,4	182,3	35,3	21,5	C
AT	07/07/2021	38	272,7	178,2	35,3	22,1	C
AT	07/07/2021	39	265,7	174,4	33,2	22,1	C
AT	07/07/2021	40	258,1	169,6	33,2	21,4	C

AT	07/07/2021	41	267,5	173,9	34,2	21,4	C
AT	07/07/2021	42	268,3	177,7	34,2	21,4	C
AT	07/07/2021	43	273,6	175,2	34,2	21,4	C
AT	07/07/2021	44	251,7	167,6	33,2	21,4	C
AT	07/07/2021	45	236,8	158,2	33,2	20,7	C
AT	07/07/2021	46	229,8	152,9	31,7	20,7	C
AT	07/07/2021	47	224,4	149,1	32,8	21,5	C
AT	07/07/2021	48	220,6	147,2	31,9	21,5	C
AT	07/07/2021	49	209,2	144,3	37,4	20,9	C
AT	07/07/2021	50	212,8	142	32,6	20,9	C
AT	07/07/2021	51	214,7	140,6	32,6	20,9	C
AT	07/07/2021	52	211,4	140,6	34,1	20,9	C
AT	07/07/2021	53	204,3	138,2	34,1	20,1	C
AT	07/07/2021	54	203,3	135,3	30,3	20,1	C
AT	07/07/2021	55	196,6	137,4	30,3	20,7	C
AT	07/07/2021	56	196,6	129,7	30,3	21,7	C
AT	07/07/2021	57	196,6	127,2	31,1	21,7	C
AT	07/07/2021	58	187,3	125,9	29,4	21,7	C
AT	07/07/2021	59	182,3	120,2	28,9	21,2	C
AT	07/07/2021	60	173,7	117,5	27,9	21,2	C
AT	07/07/2021	61	173,7	114,1	27,9	22	C
AT	07/07/2021	62	166,7	109	27,9	22	C
AT	07/07/2021	63	165,6	109	27,1	24	C
AT	07/07/2021	64	161,8	106	27,1	24	C
AT	07/07/2021	65	161,8	98,8	27,1	24	C
AT	07/07/2021	66	159,4	101,1	27,1	23,2	C
AT	07/07/2021	67	159,4	101,1	28,6	23,2	C
AT	07/07/2021	68	152,7	90,4	27,7	22	C
AT	07/07/2021	69	149	90,4	27,7	21,1	C
AT	07/07/2021	70	149	92,2	27,2	20,6	C
AT	07/07/2021	71	146,8	90,9	27,2	20,6	C
AT	07/07/2021	72	140,2	85,1	25,9	20,6	C
AT	07/07/2021	73	130,6	86,1	25,9	20,1	C
AT	07/07/2021	74	130,6	85,2	25,3	20,1	C
AT	07/07/2021	75	126,2	84,5	25,3	20,1	C
AT	07/07/2021	76	123,1	79,5	25,3	20,8	C
AT	07/07/2021	77	123,8	77,8	25,3	20,8	C
AT	07/07/2021	78	116,1	79,4	25,3	20,8	C
AT	07/07/2021	79	114,6	79,4	25,3	21,4	C
AT	07/07/2021	80	117	73,6	27,7	21,4	C
AT	07/07/2021	81	116,3	77,1	27	20,8	C
AT	07/07/2021	82	112,1	76,1	27	20,8	C
AT	07/07/2021	83	108,3	73,1	27,8	21,4	C

AT	07/07/2021	84	105,8	74,9	26,7	20,5	C
AT	07/07/2021	85	101,1	75,2	26,1	21,3	C
AT	07/07/2021	86	99,8	73	25,4	21,4	C
AT	07/07/2021	87	97,6	71,5	24,9	20,9	C
AT	07/07/2021	88	95,1	70,9	24,1	20,4	C
AT	07/07/2021	89	93,8	69,8	23,9	19,9	C
AT	07/07/2021	90	91,3	69,1	23,7	21,1	C
Valores Máximos			741,4	417,7	130,7	25,6	C

Tabela geral do ensaio 3, aplicação de água com método de ataque indireto

Ensaio 3	Data	Tempo	1 Canal	2 Canal	3 Canal	4 Canal	Unidade
AT	08/07/2021	1	23,6	26,7	21,4	19,8	C
AT	08/07/2021	2	23,6	26,7	21,4	19,8	C
AT	08/07/2021	3	23,6	26,7	21,9	19,8	C
AT	08/07/2021	4	33,7	28,2	21,3	19,8	C
AT	08/07/2021	5	55,4	37,7	21,9	19,8	C
AT	08/07/2021	6	67,2	41,7	21,9	19,8	C
AT	08/07/2021	7	107,3	53	22,9	19,8	C
AT	08/07/2021	8	125,4	53,9	25,6	19,8	C
AT	08/07/2021	9	384,6	89,4	34,5	19,8	C
AT	08/07/2021	10	544,8	200,6	57,2	21,3	C
AT	08/07/2021	11	668,2	402,4	58,2	23,3	C
AT	08/07/2021	12	692,1	407,9	96,8	23,3	C
AT	08/07/2021	13	681,4	407,3	133,5	22,7	C
AT	08/07/2021	14	642,1	456,7	127,2	23,6	C
AT	08/07/2021	15	627,3	527,4	156,8	26,2	C
AT	08/07/2021	16	655,4	510,1	156,1	31,3	C
AT	08/07/2021	17	674,1	429,7	182,6	27,1	C
AT	08/07/2021	18	569,4	400	142,1	22,5	C
AT	08/07/2021	19	539,6	350,8	106,3	22,5	C
AT	08/07/2021	20	465,6	337	61,7	22,5	C
AT	08/07/2021	21	431,9	293,1	74,2	22,5	C
AT	08/07/2021	22	396,9	288,3	50,3	21,9	C
AT	08/07/2021	23	373,1	261,7	51,6	20,6	C
AT	08/07/2021	24	349,4	254,4	42,7	21,2	C
AT	08/07/2021	25	336,6	240,8	41,2	21,8	C
AT	08/07/2021	26	320,9	226,8	36,4	20,3	C
AT	08/07/2021	27	313,3	208,2	38,2	20,3	C
AT	08/07/2021	28	299,1	208,2	34,4	20,3	C
AT	08/07/2021	29	294,7	195,7	36,9	22,1	C
AT	08/07/2021	30	284,7	193,6	32,4	22,4	C
AT	08/07/2021	31	278,1	179,8	38,1	22,4	C
AT	08/07/2021	32	265,9	182,4	32,6	23,8	C
AT	08/07/2021	33	263,6	176,1	35,7	23,3	C
AT	08/07/2021	34	253,3	173,6	36,2	27,9	C
AT	08/07/2021	35	246,6	171,5	30,6	24,7	C
AT	08/07/2021	36	238,7	167,5	32,2	23,6	C
AT	08/07/2021	37	233	163,1	33,2	23,6	C
AT	08/07/2021	38	228,1	159,8	35,5	21,8	C
AT	08/07/2021	39	220,4	156,8	34,3	21,8	C
AT	08/07/2021	40	230,3	148,8	32,2	22,7	C

AT	08/07/2021	41	223,6	145,3	29,1	21,6	C
AT	08/07/2021	42	219,2	142,7	28,2	22,7	C
AT	08/07/2021	43	206,2	138,3	27,4	22,7	C
AT	08/07/2021	44	208,3	134,6	27,4	23,9	C
AT	08/07/2021	45	197,7	129,2	33,9	24,9	C
AT	08/07/2021	46	208,9	132,9	33,9	24,4	C
AT	08/07/2021	47	214,7	133,3	40,3	27,3	C
AT	08/07/2021	48	207,7	126,3	34,6	23,5	C
AT	08/07/2021	49	191,8	99,4	31,1	25,7	C
AT	08/07/2021	50	176,6	100,7	28,7	24,7	C
AT	08/07/2021	51	168,1	109,1	27,2	24,1	C
AT	08/07/2021	52	169,6	109,1	27,2	23,2	C
AT	08/07/2021	53	164	111,4	28	23,2	C
AT	08/07/2021	54	156,4	109,3	28	21,7	C
AT	08/07/2021	55	154,6	109,3	28	23,1	C
AT	08/07/2021	56	149,9	107,1	28	24,2	C
AT	08/07/2021	57	142,7	99,2	30,6	25,9	C
AT	08/07/2021	58	136,5	93,8	29,3	24,4	C
AT	08/07/2021	59	136,9	95,3	25,9	23,6	C
AT	08/07/2021	60	132,6	100,1	25,9	24,4	C
AT	08/07/2021	61	131,7	96,1	27,1	24,4	C
AT	08/07/2021	62	130,2	86,1	27,1	24,4	C
AT	08/07/2021	63	125,7	86,1	26	23,5	C
AT	08/07/2021	64	132	79,6	28,1	22,8	C
AT	08/07/2021	65	123,8	82,6	29,1	22,8	C
AT	08/07/2021	66	117,7	80,6	28,2	23,5	C
AT	08/07/2021	67	120,1	76,5	28,2	24,9	C
AT	08/07/2021	68	111,9	77,9	28,2	24,9	C
AT	08/07/2021	69	106,3	73,3	27,4	24,9	C
AT	08/07/2021	70	104,7	75,5	27,8	23,8	C
AT	08/07/2021	71	101,8	74,2	27,1	23,8	C
AT	08/07/2021	72	98,7	73,9	26,9	23,1	C
AT	08/07/2021	73	99,9	74,3	27	22,9	C
AT	08/07/2021	74	98,2	72,9	26,5	22,8	C
AT	08/07/2021	75	97,2	72,8	26,9	23	C
AT	08/07/2021	76	95,3	73	25,1	22,7	C
AT	08/07/2021	77	94,9	72,2	26,4	22,4	C
AT	08/07/2021	78	94,1	70	26,8	23,1	C
AT	08/07/2021	79	92,7	71,9	25,8	22,5	C
AT	08/07/2021	80	90,8	71,3	25,4	21,9	C
AT	08/07/2021	81	91,2	69,9	25,7	22,3	C
AT	08/07/2021	82	89,2	70,9	25,2	21,8	C
AT	08/07/2021	83	90,3	68,7	24,9	21,6	C

AT	08/07/2021	84	90,1	68,1	24,5	20,9	C
AT	08/07/2021	85	87,4	69,1	23,9	20,8	C
AT	08/07/2021	86	84,6	68,5	24,1	20,1	C
AT	08/07/2021	87	85,4	67,8	23,5	19,8	C
AT	08/07/2021	88	81,6	66,7	22,7	19,5	C
AT	08/07/2021	89	83,9	64	22,1	19,9	C
AT	08/07/2021	90	82,4	67,1	21,9	19,7	C
Valores Máximos			692,1	527,4	182,6	31,3	C