



UNIVERSIDADE D  
COIMBRA



Amarildo Leonel Mailito Guiane Benzane

**MODELAÇÃO DO RISCO E DA EVACUAÇÃO DE  
HOSPITAIS EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO – O  
CASO DO HOSPITAL SOUSA MARTINS NA  
GUARDA**

Tese no âmbito do Doutoramento em Engenharia de Segurança ao Incêndio, orientada pelos Professores Doutores Luís Miguel dos Santos Laím e João Paulo Correia Rodrigues, apresentada ao Departamento da Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Agosto de 2018

Faculdade de Ciências e Tecnologia da  
Universidade de Coimbra

**MODELAÇÃO DO RISCO E DA EVACUAÇÃO DE  
HOSPITAIS EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO – O  
CASO DO HOSPITAL SOUSA MARTINS NA  
GUARDA**

Amarildo Leonel Mailito Guiane Benzane

Tese no âmbito do Doutoramento em Engenharia de Segurança ao Incêndio,  
orientada pelos Professores Doutores Luís Miguel dos Santos Laím e João  
Paulo Correia Rodrigues, apresentada ao Departamento da Engenharia  
Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Agosto de 2018



UNIVERSIDADE D  
COIMBRA



Esta Tese foi financiada pelo Camões – Instituto da Cooperação e da Língua, I.P., sob a forma de bolsa de Doutoramento, para o período 2015/2018.



## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi possível graças a Deus e ao apoio e colaboração de pessoas que, direta ou indiretamente, ajudaram na elaboração do mesmo.

Em primeiro lugar, gostava de dedicar esta tese aos meus irmãos Rafael Benzane e Armando Benzane que infelizmente não podem presenciar a realização deste objetivo (de que muito se orgulhariam) e que acima de tudo continuam minha fonte de inspiração para evoluir no meio académico.

Num plano não menos relevante, gostaria de agradecer aos meus pais Guiane Benzane (in memória) e Joaneta Inguane, minhas irmãs Rosália Benzane e Inora Benzane, pela paciência e apoio demonstrado ao longo da carreira académica.

Aos meus orientadores, Professores João Paulo Correia Rodrigues e Luís Miguel dos Santos Laím, pela disponibilidade, dedicação e confiança prestada, assim como de todos os ensinamentos transmitidos durante o curso.

À minha esposa Ester Tomás Massango, pelo incentivo, paciência, carinho, amor, amizade e compreensão demonstrados durante todo este processo.

À minha filha, Wanga Joaneta Benzane. Para ela um pedido de desculpas, por anos passados na ausência do pai. As nossas brincadeiras fizeram muita falta.

Ao Hugo Caetano, pelo incondicional apoio demonstrado e pelos momentos de alegria e de boa disposição passados na companhia dele durante o doutoramento.

Este curso tornou-se realidade com a bolsa de estudos atribuída pelo Camões – Instituto da Cooperação e da Língua, I.P. Ao Camões vai um agradecimento especial, pela bolsa que suportou o curso e a minha estadia em Portugal.

À minha família em especial e a todos os meus amigos espalhados por Moçambique.

Aos companheiros da Residência Pedro Nunes, em particular a Graziela, a Rafaela e o Renato, pelos bons momentos de convívio.

A todos o meu muito Khanimambo.

## RESUMO

A existência de incêndios em hospitais têm dificultado a evacuação de pacientes, criar perdas de vidas humanas, destruição de bens materiais e encerramento dos serviços de atendimento ao público, pelo que, se justifica a existência de estudos sobre a engenharia do incêndio que analisem com base no desempenho os riscos e evacuação de hospitais em situação de incêndio.

No presente estudo modelou-se o risco e a evacuação para quatro compartimentos corta-fogo (CCF): Bloco Operatório (BO), Serviço de Urgências (SU), Serviços de Internamentos (SI) e Bloco dos Laboratórios (Lab), em situação de incêndio. A análise de risco foi com base nos métodos de Gretener, Frame e Hierárquico. Por sua vez, a modelação foi efectuada através de simulações numéricas com recurso ao programa de volumes finitos Fire Dynamics Simulator (FDS) em conjunto com o módulo de simulação de evacuação Evac, onde se analisaram 29 cenários, dos quais 10 foram do CCF BO, 12 do CCF SU, 5 do CCF SI e 2 do CCF Lab. Neste estudo apresentou-se e discutiu-se a influência da desenfumagem na evacuação do CCF BO, a influência do efetivo no tempo de evacuação do CCF SU, o impacto da evacuação de ocupantes com recurso a elevadores para o CCF SI e o impacto da carga de incêndio para o CCF Lab. Por outro lado, analisou-se ainda o impacto do número de portas e da largura das mesmas para a evacuação dos CCF, o impacto do tempo de pré-movimento, a localização do foco do incêndio, o tipo de efetivo (adultos acamados e não acamados), entre outros.

Com a análise do risco de incêndio concluiu-se que os quatro CCF estudados estão seguros contra o risco de incêndio pois, os coeficientes de segurança são quase os mesmos. Entretanto, com simulações com o FDS+Evac concluiu-se que, o tempo da reação dos ocupantes a um possível incêndio é o parâmetro mais crucial para se obter a maior percentagem de ocupantes a evacuarem os CCF, uma vez que, nos diferentes cenários simulados, conseguiu-se evacuar 100% dos CCF quando estes reagiram ao incêndio na sua fase inicial (aos 30 ou 45 s) e entre 50% a 70% dos CCF evacuados quando os ocupantes reagiam ao incêndio apenas a partir dos 180 s da simulação. Por outro lado, mostrou-se obrigatória o sistema de desenfumagem nas vias de evacuação interiores dos CCF (para pré-movimentos aos 180 s), conjugado com o aumento, até 2 m, das larguras das portas de evacuação, para facilitar a evacuação de acamados e o movimento bidirecional de alguns ocupantes. Para compartimentos com efetivo maior do que 20 ocupantes e distância a percorrer maior do que 20 m se mostrou ainda relevante a existência de pelo menos duas saídas distintas, com uma delas a conduzir para uma VHE protegida. Concluiu-se ainda que, a evacuação horizontal era mais eficiente em relação à evacuação com recurso apenas a elevadores.

**Palavras-chave:** hospitais, desenfumagem, incêndio, evacuação, simulação numérica, risco.

## ABSTRACT

Fires in hospitals have hampered the evacuation of patients, loosing of human lives, destruction of goods and closure of public services, justifying the existence of fire engineering studies that analyze in more detail the risks and evacuation procedure of hospitals in case of fire.

In the present study were modelled the fire risk and evacuation of four fire compartments (FC): surgery block (SB), emergency block (EB) infirmary block (IB) and the laboratory block (Lab) in case of fire. The risk analysis was based on the methods of Gretener, Frame and hierarchical. The modelling was performed by numerical simulations using the finite volume software Fire Dynamics Simulator (FDS) in conjunction with the evacuation simulation module Evac. They have been analyzed 29 scenarios, 10 of which were of the FC SB, 12 of the FC EB, 5 of the FC IB and 2 of the FC Lab. The study presented and discussed the influence of smoke-cleaning system on the evacuation of the FC SB, the influence of the time of evacuation of the FC EB in fire situation, as well as the impact on occupant evacuation of the use of lifts for the FC IB and the impact of a fire starting at the FC laboratories. On the other hand, were analyzed the impact of the number of doors and their width for the evacuation of the FC, the impact of pre-movement time, the location of outbreak of fire, the type of effective (bedridden not bedridden adults), among others.

With the fire risk analysis, it was concluded that the four FC studied are safe from the fire, because the safety coefficients are almost the same for the three FC. However, with simulations with FDS+Evac it was concluded that the reaction time of the occupants to a possible fire is the most critical parameter to get the highest percentage of occupants to evacuate the FC, once, in the different simulated scenarios, it was possible to evacuate 100% of the FC when they reacted to fire at an initial phase (at 30 or 45 s) and between 50% to 70% of the FC evacuated when the occupants responded to the fire just from the 180 s of the simulation. On the other hand, it was shown that a smoke cleaning system is necessary in the internal evacuation routes FC (for pre-movements of 180 s), in conjunction with the increase, up to 2 m, of the width of the doors, to facilitate the evacuation of the bedridden. For compartments with more than 20 occupants and a distance of more than 20 m, it is relevant to introduce at least two evacuation doors one of which must lead to a protected horizontal evacuation routes. Lastly, it was concluded that the horizontal evacuation was faster and more efficient than the evacuation using the lifts.

**Key-words:** hospitals, smoke control, fire, evacuation, numerical simulation, risk.

# ÍNDICE

AGRADECIMENTOS .....	i
RESUMO .....	ii
ABSTRACT .....	iii
ÍNDICE .....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
ÍNDICE DE QUADROS .....	xvi
ABREVIATURAS .....	xix
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. Considerações Iniciais.....	1
1.2. Motivação .....	4
1.3. Objetivos .....	5
1.4. Estrutura da Tese .....	7
2. ESTADO DE ARTE .....	9
2.1. Generalidades .....	9
2.2. Estudos com recurso ao <i>Fire Dynamic Simulator</i> (FDS) .....	10
2.2.1. Simulação de incêndios em Hospitais a partir do <i>software</i> FDS+Evac .....	10
2.2.2. Reconstituição de incêndios em edifícios a partir do FDS .....	15
2.3. Estudos da evacuação de edifícios com recurso a <i>softwares</i> diferentes do FDS .....	22
2.4. Fatores que influenciam a evacuação de edifícios em incêndio.....	24
2.5. Tempos de evacuação de edifícios em situação de incêndio.....	27
2.6. Velocidades de deslocamento.....	30
2.7. Incêndios em Hospitais e suas origens .....	32
2.8. Evacuação de Hospitais em Situação de Incêndio.....	33
2.8.1. Especificidades a considerar na evacuação de Hospitais .....	34
2.8.2. Estratégias da Evacuação em Hospitais .....	37
2.8.2.1. Evacuação fase única .....	38
2.8.2.2. Evacuação horizontal .....	38
2.8.2.3. Evacuação vertical .....	39
2.8.2.4. Evacuação retardada .....	39
2.8.2.5. Evacuação parcial ou de zona .....	40
2.8.2.6. Evacuação total.....	40
2.9. Evacuação de Pessoas com Necessidades Especiais.....	41
2.9.1. Dificuldades de mobilidade .....	41
2.9.2. Deficiência de mobilidade ambulatoria.....	41
2.9.3. Deficiências respiratórias .....	42
2.9.4. Deficiências visuais .....	42



2.9.5. Deficiência auditiva .....	42
2.9.6. Deficiências da fala .....	43
2.9.7. Deficiências cognitivas.....	43
2.9.8. Formas de evacuar pessoas com necessidades especiais .....	43
2.9.8.1. Pessoas com mobilidade limitada .....	44
2.9.8.2. Pessoas cegas ou com baixa visão .....	45
2.10. Regulamentação de Segurança Contra o Incêndio em Hospitais .....	46
2.10.1. Portugal.....	46
2.10.2. Reino Unido .....	48
2.10.3. Brasil .....	49
2.10.4. Estados Unidos da América.....	51
2.11. Regulamentação de Segurança Contra o Incêndio para Pessoas com Necessidades Especiais .....	54
2.11.1. Portugal.....	54
2.11.2. Espanha.....	54
2.11.3. Brasil .....	55
2.11.4. Reino Unido .....	58
2.12. Medidas de Autoproteção .....	61
2.12.1. Formação dos ocupantes em matérias de Segurança Contra Incêndio em Edifícios .....	62
2.12.2. Simulacros de Incêndio em Hospitais .....	63
2.13. Considerações Finais.....	67
3. ANÁLISE DO RISCO DE INCÊNDIO EM EDIFÍCIOS HOSPITALARES .....	69
3.1. Generalidades.....	69
3.2. Métodos de Análise do Risco de Incêndio em Edifícios .....	70
3.2.1. Método de Gretener.....	70
3.2.2. O FRAME.....	73
3.2.3. Método hierárquico .....	81
3.2.3.1. Níveis Hierárquicos.....	82
3.2.4. Potencialidades e limitações dos métodos estudados .....	87
3.3. Métodos de Análise da Evacuação de Edifícios.....	88
3.3.1. Modelo de largura efetiva das escadas, de Jake Pauls .....	89
3.3.2. Modelo de Predtechenskii-Milinskii .....	90
3.3.3. Modelo de Galbreath .....	92
3.4. Modelos Numéricos de Simulação da Evacuação de Edifícios em Incêndio .....	92
3.4.1. Simulex .....	93
3.4.2. Building EXODUS .....	94
3.4.3. PathFinder .....	96
3.4.4. FDS+EVAC.....	97

---

3.4.4.1. Fundamentação teórica do FDS+Evac .....	101
3.4.4.2. Interação Ocupante-Incêndio .....	102
3.4.4.3. Características das simulações utilizando o FDS .....	103
3.4.4.4. Janela do cálculo FDS .....	104
3.4.4.5. Malha ( <i>mesh</i> ) de volumes finitos .....	104
3.4.4.6. Condições de fronteira .....	105
3.5 Considerações sobre o programa FDS+Evac .....	106
3.6. Considerações Finais .....	107
4. MODELAÇÃO NUMÉRICA COM FDS+Evac .....	109
4.1. Objeto de estudo .....	109
4.2. Enquadramento do Edifício Segundo os Regulamentos .....	110
4.3. Compartimentos Corta-Fogo Estudados .....	111
4.3.1. Bloco Operatório .....	114
4.3.2. Serviços de Urgências .....	115
4.3.3. Serviços de Internamento/Enfermarias .....	116
4.3.4. Laboratórios .....	117
4.4. Parâmetros adotados para o estudo .....	118
4.5. Localização dos Focos de Incêndio.....	122
4.5.1. Localização dos Focos de Incêndio no Bloco Operatório.....	123
4.5.2. Localização dos Focos de Incêndio no Serviço de Urgências .....	124
4.5.3. Localização dos Focos de Incêndio no Serviço de Internamento/Enfermarias .....	126
4.5.4. Localização dos Focos de Incêndio no CCF Laboratórios .....	128
4.6. Sistemas de desenfumagem .....	130
4.6.1. Sistema de desenfumagem do CCF Bloco Operatório.....	131
4.6.2. Sistema de desenfumagem do CCF Serviço de Urgências .....	132
4.6.3. Sistema de desenfumagem do CCF Serviço de Internamentos/Enfermarias .....	133
4.6.4. Sistema de Controlo de Fumo do CCF Laboratórios.....	134
4.7. Número e largura de portas.....	134
4.7.1. Bloco Operatório .....	134
4.7.2. Serviço de Urgências .....	135
4.8. Elevadores .....	136
4.9. Síntese dos parâmetros estudados .....	137
4.10. Considerações Finais .....	139
5. ANÁLISE DOS RESULTADOS DAS MODELAÇÕES NUMÉRICAS COM O FDS+EVAC .....	141
5.1. Generalidades .....	141
5.2. Compartimento Corta-fogo Bloco Operatório .....	142
5.2.1. Primeiro foco de incêndio – sala de operações.....	142

5.2.2. Segundo foco de incêndio – farmácia.....	156
5.2.3. Síntese dos cenários do CCF Bloco Operatório .....	166
5.3. Compartimento Corta-Fogo Serviço de Urgências.....	168
5.3.1. Primeiro foco de incêndio – sala aberta.....	168
5.3.2. Segundo foco de incêndio – sala de arrumações .....	176
5.3.3. Segundo foco de incêndio – cenários com nova porta de evacuação .....	186
5.3.4. Síntese dos cenários do CCF Serviços de Urgências .....	194
5.4. Compartimento Corta-Fogo Serviços de Internamentos ou Enfermarias.....	195
5.4.1. Primeiro foco de incêndio – sala de preparação de medicamentos.....	196
5.4.2. Segundo foco de incêndio – sala de desinfecção de camas .....	206
5.4.3. Síntese dos cenários do CCF Serviços de Internamentos.....	211
5.5. Compartimento Corta-Fogo Laboratórios.....	212
5.5.1. Primeiro foco de incêndio – laboratório de microbiologia.....	212
5.5.2. Segundo foco de incêndio – sala de triagem .....	216
5.6. Análise dos Resultados dos Métodos Simplificados e das Simulações Numéricas .....	219
5.6.1. Resultados da Evacuação com Métodos Simplificados.....	220
5.6.2. Resultados da Evacuação com o Método Numérico FDS+Evac .....	224
5.7. Considerações Finais.....	228
6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DOS MÉTODOS DE ANÁLISE DO RISCO .....	231
6.1. Generalidades.....	231
6.2. Análise dos Resultados Através dos Métodos de Análise do Risco.....	231
6.2.1. Aplicação do método de Gretener para os CCF em estudo.....	231
6.2.2. Aplicação do método de FRAME para os CCF em estudo .....	236
6.2.3. Aplicação do método hierárquico na análise do risco de incêndio para os quatro compartimentos em estudo .....	243
6.2.3.1 Grau de implementação das medidas .....	249
6.2.3.2. Implementação das medidas na alternativa 0.....	250
6.3. Proposta de Alteração dos Métodos de Gretener e Frame para Aplicação em Hospitais.....	252
6.3.1. Proposta da alteração do método de Gretener .....	253
6.3.2. Proposta da alteração do método de Frame.....	254
6.3.3. Proposta de melhoramento das medidas de segurança contra o incêndio através do método Hierárquico .....	256
6.4. Considerações Finais.....	257
7. CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS .....	259
7.1. Conclusões .....	259
7.2. Desenvolvimentos Futuros.....	264
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	265

ANEXO – PLANTA DO HOSPITAL SOUSA MARTINS NA GUARDA .....	1
APÊNDICE A – SIMULAÇÕES FDS+EVAC .....	5
APÊNDICE B – ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS CENÁRIOS DE INCÊNDIO.....	19
B.1. Compartimento Corta-Fogo Bloco Operatório.....	19
B.1.1. Segundo foco do incêndio - Farmácia .....	19
B.2. Compartimento Corta-Fogo Serviço de Urgências.....	25
B.2.1. Primeiro foco do incêndio – sala aberta.....	25
B.2.2. Segundo foco do incêndio – sala de arrumações .....	31
B.2.3. Segundo foco de incêndio – cenários com nova porta de evacuação .....	39
B.3. Compartimento Corta-Fogo Serviço de Internamentos.....	46
APÊNDICE C – FOLHAS DE CÁLCULO EXCEL .....	52
C.1. Cálculos com o método do Gretener .....	52
C.2. Cálculos com o método do Frame .....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Familiaridade com as saídas; a) salas de ortopedia e b) salas de pediatria, (adaptado de Wei, et al., 2011).....	12
Figura 2.2. Velocidades em enfermarias; a) ortopedia; b) pediatria (adaptado de Wei, et al., 2011).....	13
Figura 2.3. a) cenários de incêndio e b) áreas com sistemas de sprinklers (adaptado de De-Ching, et al. 2011). 13	
Figura 2.4. Temperatura nas vias de evacuação horizontal; a) sem o sistema de <i>sprinklers</i> , b) com os <i>sprinklers</i> ativados (adaptado de De-Ching, et al., 2011) .....	14
Figura 2.5. Congestionamento em porta de 1,8 m de largura; a) <i>sprinklers</i> desativado; b) <i>sprinklers</i> ativados (adaptado de De-Ching, et al., 2011).....	14
Figura 2.6. Temperatura (°C) em 200 s da simulação, ao longo da escada da cave, (adaptado de Forney, 2007). .....	16
Figura 2.7. Cozinha depois do incêndio: a) interior da cozinha e b) vista traseira (adaptado de Madrzykowski, et al. 2002).....	17
Figura 2.8. Simulação do incêndio na sala de jantar, decorridos quase 9 min; a) alastramento do incêndio; b) temperatura e c) temperatura e alastramento do incêndio à sala de estar a partir das escadas, (adaptado de Madrzykowski, et al. 2002). .....	17
Figura 2.9. Ação do incêndio no 11º andar e nos andares inferiores (Mazonni, et al., 2015) .....	18
Figura 2.10. Geometria em CFD; a) porta fechada e b) porta aberta; (adaptado de Chow, & Ki Chow, 2009) .....	19
Figura 2.11. Evolução do fumo, na zona de armazenamento, passados 300 s, (Gaspar, 2014).....	20
Figura 2.12. Compartimento estudado; a) localização da saída; b) foco de incêndio no canto superior esquerdo e c) foco de incêndio perto da saída, (adaptado de Cao 2014). .....	21
Figura 2.13. Evacuação do compartimento estudado, (adaptado de Cao 2014). .....	21
Figura 2.14. Localização das portas de evacuação e de emergência; a) primeiro cenário, b) segundo cenário, c) terceiro e quarto cenários e d) quinto cenário, (Oliveira, 2013). .....	23
Figura 2.15. Tempo necessário para uma evacuação segura (adaptado de Proulx, 2002).....	28
Figura 2.16. As 8 causas de incêndios nos hospitais dos EUA, (adaptado do NFPA citado em PAHO, 2014). ....	33
Figura 2.17. Técnicas de evacuação em emergência nos hospitais (adaptado de Florida Department of Health Hospital Evacuation Toolkit, 2011).....	37
Figura 2.18. Cadeira de rodas com capacidade de evacuar em emergência (Macalux). .....	45
Figura 2.19. Dimensões referenciais para deslocamento de pessoa em pé, (ABNT NBR 9050: 2004). .....	56
Figura 2.20. Largura para deslocamento em linha reta, (ABNT NBR 9050: 2004). .....	56
Figura 2.21. Dimensões de referência e de larguras para a transposição de obstáculos isolados de uma pessoa em cadeira de rodas, (ABNT NBR 9050: 2004). .....	56
Figura 2.22. Zonas de refúgio para pessoas com deficiência (ABNT NBR 9050: 2004).....	58
Figura 2.23. Zona de refúgio para pessoas em cadeiras de rodas, em escadas protegidas, (adaptado de BS 9999: 2008).....	60
Figura 3.1. Estrutura hierárquica para o cumprimento de uma finalidade (Neves, 2004). .....	81
Figura 3.2. Interface gráfica do programa Simulex, (IES Virtual Environment, 2014). .....	93
Figura 3.3. Interação submodelos EXODUS, (adaptado de Kuligowski, & Peacock, 2005) .....	94

Figura 3.4. Interface gráfica do programa Building EXODUS, ( <i>Fire Safety Engineering Group - University of Greenwich, 1997</i> ).....	95
Figura 3.5. Interface gráfica do programa PathFinder, ( <i>Thunderhead Engineering, 2014</i> ).....	96
Figura 3.6. Ambiente estudado em várias células, ( <i>adaptado de Forney, 2005</i> ) .....	97
Figura 3.7. Modelo de duas camadas, ( <i>adaptado de Forney, 2005</i> ).....	98
Figura 3.8. Interface gráfica do PyroSim®. ....	100
Figura 3.9. Corpo humano representado por uma combinação de três círculos sobrepostos, ( <i>adaptado de Korhonen, et al. 2008</i> ).....	102
Figura 3.10. Simulação em curso, com tempo decorrido. ....	104
Figura 4.1. Compartimento corta-fogo Bloco Operatório; a) nomenclatura das divisões (D) e SCF e b) VHE e PE. ....	115
Figura 4.2. Compartimento corta-fogo Serviço de Urgências; b) nomenclatura das divisões e SCF e b) PE e VHE. ....	116
Figura 4.3. Compartimento corta-fogo SI; a) SCF e elevadores, b) portas das divisões e de evacuação, VHE e nomenclatura das principais divisões.....	117
Figura 4.4. Compartimento corta-fogo Laboratórios; a) divisões e respectivas nomenclaturas e b) SCF, VHE e PE. ....	118
Figura 4.5. Conjunto de curvas de crescimento t-quadrado, ( <i>adaptado de Bukowski &amp; Hurley, 2003</i> ).....	121
Figura 4.6. Localização de dispositivos do FED, temperatura e visibilidade ao longo das VHE dos CCF em estudo. ....	122
Figura 4.7. Localização dos focos de incêndios no CCF BO; a) sala das operações-D3 e b) farmácia-F. ....	123
Figura 4.8. Nomenclatura das principais divisões (D) e distribuição do efetivo pelas mesmas, para o CCF BO. ....	124
Figura 4.9. Localização dos focos de incêndios no CCF SU; a) sala aberta e b) arrumações.....	125
Figura 4.10. Nomenclatura das principais divisões e distribuição do efetivo pelas mesmas, para o CCF SU. ....	126
Figura 4.11. Localização dos FI no CCF SI; a) preparação de medicamentos-D12 e b) desinfecção de camas-D3. ....	127
Figura 4.12. Nomenclatura das principais divisões e distribuição do efetivo pelas mesmas, para o CCF SI. ....	128
Figura 4.13. Localização dos FI no CCF Lab; a) laboratório de microbiologia e b) sala de triagem. ....	129
Figura 4.14. Nomenclatura das principais divisões e distribuição do efetivo pelas mesmas, para o CCF Lab. ....	130
Figura 4.15. Localização e distâncias do Sistema de controlo de fumo do projeto, para o CCF BO. ....	131
Figura 4.16. Localização do SCF do projeto e na VHE-1 para o CCF Bloco Operatório. ....	132
Figura 4.17. Localização e distâncias do sistema de desenfumagem do CCF Serviço de Urgências. ....	132
Figura 4.18. Localização e distâncias do sistema de desenfumagem do CCF SI.....	133
Figura 4.19. Localização do sistema de desenfumagem do CCF Lab. ....	134
Figura 4.20. Portas com 2 m de largura, para o CCF Bloco Operatório.....	135
Figura 4.21. Compartimento corta-fogo Serviço de Urgências com a nova porta de evacuação.....	136
Figura 4.22. Os três elevadores do CCF SI. ....	137
Figura 5.1. Localização das PE e do foco do incêndio, disposição dos ocupantes e o comportamento do fumo nos diferentes tempos do fim dos pré-movimento para o CCF BO: a) 45 s; b) 60 s; c) 120 s e d) 180 s. ....	143
Figura 5.2. Número de ocupantes que evacuaram o CCF por PE para o Cenário_BO_ONS_FID3_SCFR. ....	145

Figura 5.3. Tempos de saída dos últimos ocupantes por PE (círculos vermelhos) e comportamento do fumo para o Cenário_BO_ONS_FID3_SCFR: a) 192 s, b) 259 s, c) 279 s e d) 312 s.....	146
Figura 5.4. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o Cenário_BO_ONS_FID3_SCFR. ....	147
Figura 5.5. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o Cenário_BO_ONS_FID3_SCFR. ....	148
Figura 5.6. FED ao longo da VHE-1; a) local da medição do FED, b) altura do registo do FED e c) valor atingido pelo FED.....	149
Figura 5.7. Número de ocupantes que evacuaram o CCF por PE para o cenário_BO_OLS_FID3_SCFR. ....	151
Figura 5.8. Tempos de saída dos últimos ocupantes por PE (círculos a vermelho) e comportamentos do fumo e dos ocupantes para o cenário_BO_OLS_FID3_SCFR: a) 167s, b) 227s, c) 269s e d) 500s.....	151
Figura 5.9. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário_BO_OLS_FID3_SCFR.....	152
Figura 5.10. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário_BO_OLS_FID3_SCFR.....	153
Figura 5.11. Número de ocupantes que evacuaram o CCF por PE para o cenário_BO_OLS_FID3_PM.....	154
Figura 5.12. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário_BO_OLS_FID3_PM. ....	155
Figura 5.13. Pontos da visibilidade ao longo da VHE-1 para o cenário_BO_OLS_FID3_PM. ....	155
Figura 5.14. Localização das PE e VHE, disposição dos ocupantes e comportamento do fumo ao fim dos pré-movimentos, para o foco do incêndio na farmácia: a) 45 s; b) 60 s; c) 120 s e d) 180 s. ....	156
Figura 5.15. Número de ocupantes que evacuaram o CCF por PE para o cenário_BO_ONS_FIF_SCFR.....	157
Figura 5.16. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário_BO_ONS_FIF_SCFR.....	158
Figura 5.17. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário_BO_ONS_FIF_SCFR. ....	159
Figura 5.18. Número de ocupantes que evacuaram o CCF por PE para o cenário_BO_ONS_FIF_SCFR_vhe1. ....	160
Figura 5.19. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário_BO_ONS_FIF_SCFR_vhe1... ..	161
Figura 5.20. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário_BO_ONS_FIF_SCFR_vhe1....	161
Figura 5.21. Número de ocupantes que evacuaram o CCF por PE para o cenário_BO_OLS_FIF_SCFR.....	162
Figura 5.22. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário_BO_OLS_FIF_SCFR. ....	163
Figura 5.23. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário_BO_OLS_FIF_SCFR. ....	163
Figura 5.24. Número de ocupantes que evacuaram o CCF por PE para o cenário_BO_OLS_FID3_SCFR_vhe1_PM. ....	164
Figura 5.25. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o Cenário_BO_OLS_FID3_SCFR_vhe1_PM. ....	165
Figura 5.26. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o Cenário_BO_OLS_FID3_SCFR_vhe1_PM. ....	166
Figura 5.27. Localização das PE e VHE, disposição dos ocupantes e comportamento do fumo aos: a) 30s, b) 45s e c) 60s, - CCF SU.....	169
Figura 5.28. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por PE para o cenário_SU_FID3_SCFR.....	170
Figura 5.29. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário_SU_FID3_SCFR. ....	170
Figura 5.30. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário_SU_FID3_SCFR.....	171
Figura 5.31. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-2 para o cenário_SU_FID3_SCFR. ....	171
Figura 5.32. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-2 para o cenário_SU_FID3_SCFR.....	171
Figura 5.33. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-3 para o cenário_SU_FID3_SCFR. ....	172
Figura 5.34. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-3 para o cenário_SU_FID3_SCFR.....	172
Figura 5.35. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por PE para o cenário_SU_FID3_SCFR+90%. ....	173

Figura 5.36. Localização das PE, das VHE, dos ocupantes e o comportamento do fumo, para o cenário_SU_FID3_SCFR+90%, nos instantes: a) 30 s; b) 60 s; c) 116 s e d) 280 s. ....	174
Figura 5.37. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário_SU_FID3_SCFR+90%. ....	174
Figura 5.38. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário_SU_FID3_SCFR+90%. ....	175
Figura 5.39. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-2 para o cenário_SU_FID3_SCFR+90%. ....	175
Figura 5.40. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-2 para o cenário_SU_FID3_SCFR+90%. ....	175
Figura 5.41. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-3 para o cenário_SU_FID3_SCFR_R+90%. ....	176
Figura 5.42. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-3 para o cenário_SU_FID3_SCFR+90%. ....	176
Figura 5.43. Localização das PE e VHE e comportamento do fumo para os instantes: a) 30 s; b) 45 s; c) 60 s e d) 180 s, para a sala de arrumações – CCF SU. ....	177
Figura 5.44. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por PE para o cenário_SU_FID6_SCFR. ....	178
Figura 5.45. Comportamento do fumo para o cenário_SU_FID6_SCFR, nos instantes: a) 240 s e b) 389 s. ....	179
Figura 5.46. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário_SU_FID6_SCFR. ....	179
Figura 5.47. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário_SU_FID6_SCFR. ....	180
Figura 5.48. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-2 para o cenário_SU_FID6_SCFR. ....	180
Figura 5.49. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-2 para o cenário_SU_FID6_SCFR. ....	180
Figura 5.50. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-3 para o cenário_SU_FID6_SCFR. ....	181
Figura 5.51. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-3 para o cenário_SU_FID6_SCFR. ....	181
Figura 5.52. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por PE para o cenário_SU_FID6_SCFR+90%. ....	183
Figura 5.53. Comportamento do fumo, localização dos ocupantes e saída dos últimos, para o cenário_SU_FID6_SCFR+90%: a) 180 s; b) 354 s e c) 382 s. ....	183
Figura 5.54. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário_SU_FID6_SCFR+90%. ....	184
Figura 5.55. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário_SU_FID6_SCFR+90%. ....	184
Figura 5.56. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-2 para o cenário_SU_FID6_SCFR+90%. ....	184
Figura 5.57. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-2 para o cenário_SU_FID6_SCFR+90%. ....	185
Figura 5.58. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-3 para o cenário_SU_FID6_SCFR+90%. ....	185
Figura 5.59. Pontos da visibilidade <b>de 10 m</b> ao longo da VHE-3 para o cenário_SU_FID6_SCFR+90%. ....	186
Figura 5.60. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por PE para o cenário_SU_NPE_FID6_SCFR+30%. ....	187
Figura 5.61. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário_SU_NPE_FID6_SCFR+30%. ....	188
Figura 5.62. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário_SU_NPE_FID6_SCFR+30%. ....	188
Figura 5.63. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-2 para o cenário_SU_NPE_FID6_SCFR+30%. ....	188
Figura 5.64. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-2 para o cenário_SU_NPE_FID6_SCFR+30%. ....	189
Figura 5.65. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-3 para o cenário_SU_NPE_FID6_SCFR+30%. ....	189
Figura 5.66. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-3 para o cenário_SU_NPE_FID6_SCFR+30%. ....	189
Figura 5.67. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por PE para o cenário_SU_NPE_FID6_SCFR+90%. ....	191
Figura 5.68. Disposição do efetivo, localização das PE e o comportamento do fumo para o cenário_SU_NPE_FID6_SCFR+90%: a) 180 s; b) 295 s; c) 345 e d) 356 s. ....	191
Figura 5.69. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário_SU_NPE_FID6_SCFR+90%. ....	192
Figura 5.70. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário_SU_NPE_FID6_SCFR+90%. ....	192



Figura 5.71. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-2 para o cenário_SU_NPE_FID6_SCFR+90%..	192
Figura 5.72. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-2 para o cenário_SU_NPE_FID6_SCFR+90%..	193
Figura 5.73. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-3 para o cenário_SU_NPE_FID6_SCFR+90%..	193
Figura 5.74. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-3 para o cenário_SU_NPE_FID6_SCFR+90%..	194
Figura 5.75. Localização das PE e VHE, disposição dos ocupantes e comportamento do fumo durante o fim dos pré-movimentos: a) 30 s; b) 60 s; c) 90 s; d) 120 s e d) 180 s - CCF SI. ....	198
Figura 5.76. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por cada PE para o cenário_SI_ONS_FID12_SCFR. ....	199
Figura 5.77. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário_SI_ONS_FID12_SCFR. ....	199
Figura 5.78. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário_SI_ONS_FID12_SCFR. ....	200
Figura 5.79. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-2 para o cenário_SI_ONS_FID12_SCFR. ....	201
Figura 5.80. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-2 para o cenário_SI_ONS_FID12_SCFR. ....	201
Figura 5.81. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por elevador, para o cenário_SI_ONS_FID12_SCFR_Elev. ....	203
Figura 5.82. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1, para o cenário_SI_ONS_FID12_SCFR_Elev.	203
Figura 5.83. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1, para o cenário_SI_ONS_FID12_SCFR_Elev.	204
Figura 5.84. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-2, para o cenário_SI_ONS_FID12_SCFR_Elev.	204
Figura 5.85. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-2, para o cenário_SI_ONS_FID12_SCFR_Elev.	205
Figura 5.86. Ocupantes na caixa de elevadores no instante 335.5 s, para o cenário_SI_ONS_FID12_SCFR_Elev. ....	206
Figura 5.87. Localização das PE e VHE e comportamento do fumo para os instantes: a) 30 s; b) 90 s; c) 120 s e d) 180 s, para a sala desinfecção de camas – CCF SI. ....	207
Figura 5.88. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por PE para o cenário_SI_OLS_FID3_SCFR. ....	208
Figura 5.89. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário_SI_OLS_FID3_SCFR. ....	209
Figura 5.90. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário_SI_OLS_FID3_SCFR. ....	209
Figura 5.91. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-2 para o cenário_SI_OLS_FID3_SCFR. ....	210
Figura 5.92. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-2 para o cenário_SI_OLS_FID3_SCFR. ....	210
Figura 5.93. Localização das PE e VHE, disposição dos ocupantes e comportamento do fumo ao fim dos pré-movimentos: a) 30s, b) 45s, c) 60s e 75s, para o CCF Lab. ....	213
Figura 5.94. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por PE para o cenário_Lab_FID4_SCFR. ....	213
Figura 5.95. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário_Lab_FID4_SCFR. ....	214
Figura 5.96. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário_Lab_FID4_SCFR. ....	214
Figura 5.97. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-2 para o cenário_Lab_FID4_SCFR. ....	215
Figura 5.98. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-2 para o cenário_Lab_FID4_SCFR. ....	215
Figura 5.99. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-3 para o cenário_Lab_FID4_SCFR. ....	215
Figura 5.100. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-3 para o cenário_Lab_FID4_SCFR. ....	216
Figura 5.101. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por PE para o cenário_Lab_FID4_SCFR. ....	216
Figura 5.102. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário_Lab_FID4_SCFR. ....	217
Figura 5.103. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário_Lab_FID4_SCFR. ....	217
Figura 5.104. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-2 para o cenário_Lab_FID4_SCFR. ....	218
Figura 5.105. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-2 para o cenário_Lab_FID4_SCFR. ....	218

Figura 5.106. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-3 para o cenário_Lab_FID4_SCFR. ....	218
Figura 5.107. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-3 para o cenário_Lab_FID4_SCFR. ....	219
Figura 5.108. Velocidade nos percursos horizontais (adaptado de Predtechenskii-Milinskii, 1978). ....	221
Figura 5.109. Portas de evacuação (PE-1 e 2). ....	222
Figura 5.110. Distância a ser percorrida pelo grupo mais afastado. ....	222
Figura 5.111. Distância máxima percorrida. ....	223
Figura 5.112. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por PE para o cenário_SU_IV48. ....	225
Figura 5.113. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por PE para o cenário_SU_VM48. ....	225
Figura 5.114. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por PE para o cenário_SU_IV92. ....	226
Figura 5.115. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por PE para o cenário_SU_VM92. ....	226
Figura 5.116. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por PE para o cenário_SU_FMA. ....	227
Figura B.1. Número de ocupantes que evacuaram o CCF por PE para o cenário_BO_ONS_FIF_PM. ....	20
Figura B.2. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário_BO_ONS_FIF_PM. ....	20
Figura B.3. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário_BO_ONS_FIF_PM. ....	21
Figura B.4. Número de ocupantes que evacuaram o CCF por PE para o cenário_BO_OLS_FIF_PM. ....	22
Figura B.5. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário_BO_OLS_FIF_PM. ....	22
Figura B.6. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário_BO_OLS_FIF_PM. ....	22
Figura B.8. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o Cenário_BO_OLS_FIF_SCFR_vhe1. ....	24
Figura B.9. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o Cenário_BO_OLS_FIF_SCFR_vhe1. ....	25
Figura B.10. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por cada PE para o cenário_SU_FID3_SCFR+30%. ....	26
Figura B.11. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário_SU_FID3_SCFR+30%. ....	27
Figura B.12. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário_SU_FID3_SCFR+30%. ....	27
Figura B.13. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-2 para o cenário_SU_FID3_SCFR+30%. ....	27
Figura B.14. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-2 para o cenário_SU_FID3_SCFR+30%. ....	28
Figura B.15. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-3 para o cenário_SU_FID3_SCFR+30%. ....	28
Figura B.16. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-3 para o cenário_SU_FID3_SCFR+30%. ....	28
Figura B.17. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por PE para o cenário_SU_FID3_SCFR+60%. ....	29
Figura B.18. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário_SU_FID3_SCFR+60%. ....	29
Figura B.19. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário_SU_FID3_SCFR+60%. ....	30
Figura B.20. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo do VHE-2 para o cenário_SU_FID3_SCFR+60%. ....	30
Figura B.21. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-2 para o cenário_SU_FID3_SCFR+60%. ....	30
Figura B.22. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-3 para o cenário_SU_FID3_SCFR+60%. ....	31
Figura B.23. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-3 para o cenário_SU_FID3_SCFR+60%. ....	31
Figura B.24. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por PE para o cenário_SU_FID6_SCFR+30%. ....	32
Figura B.25. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário_SU_FID6_SCFR+30%. ....	33
Figura B.26. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário_SU_FID6_SCFR+30%. ....	33
Figura B.27. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-2 para o cenário_SU_FID6_SCFR+30%. ....	34

Figura B.28. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-2 para o cenário_SU_FID6_SCFR+30%. .....	34
Figura B.29. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-3 para o cenário_SU_FID6_SCFR+30%.....	35
Figura B.30. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-3 para o cenário_SU_FID6_SCFR+30%. .....	35
Figura B.31. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por PE para o cenário_SU_FID6_SCFR+60%.....	36
Figura B.32. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário_SU_FID6_SCFR+60%.....	37
Figura B.33. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário_SU_FID6_SCFR+60%. .....	37
Figura B.34. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-2 para o cenário_SU_FID6_SCFR+60%.....	37
Figura B.35. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-2 para o cenário_SU_FID6_SCFR+60%. .....	38
Figura B.36. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-3 para o cenário_SU_FID6_SCFR+60%.....	38
Figura B.37. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-3 para o cenário_SU_FID6_SCFR+60%. .....	38
Figura B.38. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por PE para o cenário_SU_NPE_FID6_SCFR.....	39
Figura B.39. Localização dos ocupantes e o comportamento do fumo para o cenário_SU_NPE_FID6_SCFR, nos instantes: a) 180 s; b) 220 s e C) 300 s. ....	40
Figura B.40. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário_SU_NPE_FID6_SCFR. ....	41
Figura B.41. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário_SU_NPE_FID6_SCFR. ....	41
Figura B.42. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-2 para o cenário_SU_NPE_FID6_SCFR. ....	41
Figura B.43. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-2 para o cenário_SU_NPE_FID6_SCFR. ....	42
Figura B.44. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-3 para o cenário_SU_NPE_FID6_SCFR. ....	42
Figura B.45. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-3 para o cenário_SU_NPE_FID6_SCFR. ....	42
Figura B.46. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por PE para o cenário_SU_NPE_FID6_SCFR+60%. ....	43
Figura B.47. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário_SU_NPE_FID6_SCFR+60%. ..	44
Figura B.48. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário_SU_NPE_FID6_SCFR+60%....	44
Figura B.49. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-2 para o cenário_SU_NPE_FID6_SCFR+60%. ..	44
Figura B.50. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-2 para o cenário_SU_NPE_FID6_SCFR+60%....	45
Figura B.51. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-3 para o cenário_SU_NPE_FID6_SCFR+60%. ..	45
Figura B.52. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-3 para o cenário_SU_NPE_FID6_SCFR+60%....	46
Figura B.53. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por PE para o cenário_SI_OLS_FID12_SCFR.....	47
Figura B.54. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário_SI_OLS_FID12_SCFR. ....	48
Figura B.55. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário_SI_OLS_FID12_SCFR. ....	48
Figura B.56. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-2 para o cenário_SI_OLS_FID12_SCFR. ....	48
Figura B.57. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-2 para o cenário_SI_OLS_FID12_SCFR.....	49
Figura B.58. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por PE para o cenário_SI_ONS_FID3_SCFR. ....	50
Figura B.59. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário_SI_ONS_FID3_SCFR.....	50
Figura B.60. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário_SI_ONS_FID3_SCFR. ....	50
Figura B.61. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-2 para o cenário_SI_ONS_FID3_SCFR.....	51
Figura B.62. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-2 para o cenário_SI_ONS_FID3_SCFR. ....	51

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1. Velocidades de pedestres em hospitais (adaptado de Wei, et al. 2011). .....	11
Quadro 2.2. Limite de sustentabilidade para a Radiação e Convecção, (adaptado de Purser, 2002). .....	25
Quadro 2.3. Efeitos do fumo na visibilidade e na velocidade de deslocamento (adaptado de PD 7974-6: 2004 e Jin, 1975). .....	26
Quadro 2.4. Tempos de pré-movimento segundo a ocupação, (adaptado do BSI DD240, 1999, citado em Gouveia & Etrusco, 2002). .....	29
Quadro 2.5. Velocidade de caminhada em itinerários simples e retos no edifício do hospital (adaptado de Jiang, et al., 2014) .....	31
Quadro 2.6. Velocidade de deslocamento, em superfícies horizontais, para pessoas com necessidades físicas, (adaptado de Proulx, 2002 e Shi, et al., 2009). .....	32
Quadro 3.1. Pontuação de importâncias relativas ou pesos para a decisão hierárquica (adaptado de Vandevelde, et al. 2005). .....	82
Quadro 3.2. Valores do FED (adaptado de Mowrer, et al., 2002, citado nos R-SCI da Noruega, 2013 e Singapura, 2015).....	99
Quadro 3.3. Dimensões do corpo e velocidade de deslocamento livre, adotadas por defeito pelo FDS+Evac, (adaptado de Korhonen, et al. 2008).....	102
Quadro 4.1. Compartimentos Corta-Fogo, existentes nos pisos 0 e 1, respetivas áreas, bem como número de ocupantes.....	109
Quadro 4.2. Dimensão de incêndio em função do tipo de ocupação, (adaptado da EN 1991-1-2, 2002).....	113
Quadro 4.3. Dimensões físicas dos dois tipos de ocupantes. ....	120
Quadro 4.4. Discriminação do efetivo no compartimento corta-fogo Bloco Operatório.....	124
Quadro 4.5. Distribuição do efetivo no CCF Serviço de Urgências. ....	126
Quadro 4.6. Distribuição do efetivo no CCF Serviço de Internamento ou Enfermarias.....	128
Quadro 4.7. Distribuição do efetivo no compartimento corta-fogo Laboratórios.....	130
Quadro 4.8. Caudais volumétricos do sistema de desenfumagem do projeto, para o CCF BO.....	131
Quadro 4.9. Caudais volumétricos do sistema de desenfumagem da VHE-1, para o CCF BO. ....	131
Quadro 4.10. Caudais volumétricos do sistema de desenfumagem do CCF SU. ....	133
Quadro 4.11. Caudais volumétricos do sistema de desenfumagem do CCF SI.....	134
Quadro 4.12. Caudais volumétricos do sistema de desenfumagem do CCF Lab. ....	134
Quadro 4.13. Cenários estudados e parâmetros variados para o CCF Bloco Operatório.....	138
Quadro 4.14. Cenários estudados e parâmetros variados para o CCF Serviços de Urgências.....	138
Quadro 4.15. Cenários estudados e parâmetros variados para o CCF SI. ....	139
Quadro 4.16. Cenários estudados e parâmetros variados para o CCF Lab.....	139
Quadro 5.1. Velocidades adotadas para evacuar o CCF BO com ONS. ....	144

Quadro 5.2. Tempos de evacuação, por PE, dos últimos ocupantes a saírem do edifício, para o cenário_BO_OLS_FID3_SCFR. ....	144
Quadro 5.3. Velocidades adotadas para evacuar o CCF BO com OLS.....	150
Quadro 5.4. Tempos de evacuação, por PE, dos últimos ocupantes a saírem do edifício, para o cenário_BO_OLS_FID3_SCFR. ....	150
Quadro 5.5. Tempos de evacuação, por PE, dos últimos ocupantes a saírem do edifício, para o cenário_BO_OLS_FID3_PM.....	154
Quadro 5.6. Tempos de evacuação, por PE, dos últimos ocupantes a saírem do edifício, para o cenário_BO_ONS_FIF_SCFR. ....	157
Quadro 5.7. Tempos de evacuação, por PE, dos últimos ocupantes a saírem do edifício, para o cenário_BO_ONS_FIF_SCFR_vhe1. ....	160
Quadro 5.8. Tempos de evacuação, por PE, dos últimos ocupantes a saírem do edifício, para o cenário_BO_OLS_FIF_SCFR.....	162
Quadro 5.9. Tempos de evacuação, por PE, dos últimos ocupantes a saírem do edifício, para o cenário_BO_OLS_FID3_SCFR_vhe1_PM. ....	164
Quadro 5.10. Comparação dos resultados dos cenários do CCF Bloco Operatório. ....	167
Quadro 5.11. Velocidades adotadas para a evacuação do CCF SU. ....	168
Quadro 5.12. Tempos de evacuação, por PE, dos últimos ocupantes a saírem do edifício, para o cenário_SU_FID3_SCFR.....	169
Quadro 5.13. Tempos de evacuação, por PE, dos últimos ocupantes a saírem do edifício, para o cenário_SU_FID3_SCFR+90%. ....	172
Quadro 5.14. Tempos de evacuação, por PE, dos últimos ocupantes a saírem do edifício, para o cenário_SU_FID6_SCFR.....	177
Quadro 5.15. Tempos de evacuação, por PE, dos últimos ocupantes a saírem do edifício, para o cenário_SU_FID6_SCFR+90%. ....	182
Quadro 5.16. Tempos de evacuação, por PE, dos últimos ocupantes a saírem do edifício, para o cenário_SU_FID6_SCFR+30%. ....	187
Quadro 5.17. Tempos de evacuação, por PE, dos últimos ocupantes a saírem do edifício, para o cenário_SU_FID6_SCFR+90%. ....	190
Quadro 5.18. Comparação dos resultados dos cenários do CCF Serviço de Urgências.....	194
Quadro 5.19. Velocidades de deslocamento adotadas para ONS.....	196
Quadro 5.20. Velocidades de deslocamento adotadas para OLS. ....	196
Quadro 5.21. Tempos de evacuação, por PE, dos últimos ocupantes a saírem do edifício, para o cenário_SI_ONS_FID12_SCFR.....	198
Quadro 5.22. Número de ocupantes por movimento do elevador e tempos de evacuação dos últimos ocupantes transportados no terceiro movimento.....	202
Quadro 5.23. Comparação dos resultados entre os cenários do CCF SI. ....	211
Quadro 5.24. Comparação dos resultados da evacuação entre métodos simplificados e numéricos para o CCF SU.....	228
Quadro 6.1. Análise do risco de incêndio no CCF BO, segundo o método de Gretener. ....	232
Quadro 6.2. Análise do risco de incêndio no CCF SU, segundo o método de Gretener.....	233
Quadro 6.3. Análise do risco de incêndio no CCF SI, segundo o método de Gretener. ....	234
Quadro 6.4. Análise do risco de incêndio no CCF Lab, segundo o método de Gretener.....	235
Quadro 6.5. Análise do risco de incêndio no CCF BO, segundo o método de FRAME. ....	237

Quadro 6.6. Análise do risco de incêndio no CCF SU, segundo o método de FRAME. ....	238
Quadro 6.7. Análise do risco de incêndio no CCF SI, segundo o método de FRAME. ....	240
Quadro 6.8. Análise do risco de incêndio no CCF Lab, segundo o método de FRAME. ....	241
Quadro 6.9. Pesos relativos e respectivas justificações. ....	243
Quadro B.1. Tempos de evacuação, por PE, dos últimos ocupantes a saírem do edifício, para o cenário_BO_ONS_FIF_PM. ....	19
Quadro B.2. Tempos de evacuação, por PE, dos últimos ocupantes a saírem do edifício, para o cenário_BO_OLS_FIF_PM. ....	22
Quadro B.3. Tempos de evacuação, por PE, dos últimos ocupantes a saírem do edifício, para o cenário_BO_OLS_FIF_SCFR_vhe1. ....	23
Figura B.7. Número de ocupantes que evacuaram o CCF por PE para o cenário_BO_OLS_FIF_SCFR_vhe1. ....	24
Quadro B.4. Tempos de evacuação, por PE, dos últimos ocupantes a saírem do edifício, para o cenário_SU_FID3_SCFR+30%. ....	26
Quadro B.5. Tempos de evacuação, por PE, dos últimos ocupantes a saírem do edifício, para o cenário_SU_FID6_SCFR+30%. ....	32
Quadro B.6. Tempos de evacuação, por PE, dos últimos ocupantes a saírem do edifício, para o cenário_SU_NPE_FID6_SCFR. ....	39
Quadro C.1. Cálculo do risco de incêndio segundo Gretener, para o BO. ....	52
Quadro C.2. Cálculo do risco de incêndio segundo Gretener, para o SU. ....	53
Quadro C.3. Cálculo do risco de incêndio segundo Gretener, para o SI. ....	54
Quadro C.4. Cálculo do risco de incêndio segundo Gretener, para os Laboratórios. ....	55
Quadro C.5. Cálculo do risco de incêndio segundo Frame, para o BO. ....	56
Quadro C.6. Cálculo do risco do incêndio segundo Frame, para o CCF SU. ....	58
Quadro C.7. Cálculo do risco de incêndio segundo Frame, para o SI. ....	59
Quadro C.8. Cálculo do risco de incêndio segundo Frame, para os Laboratórios. ....	61

## ABREVIATURAS

ABNT	– Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANPC	– Autoridade Nacional de Proteção Civil
AORN	– <i>Association of periOperative Registered Nurses</i>
BO	– Bloco Operatório
CCF	– Compartimento Corta-Fogo
CFD	– Dinâmica Computacional de Fluidos ( <i>Computational Fluid Dynamics</i> )
DNS	– <i>Direct Numerical Simulation</i>
Elev	– Elevadores;
EUA	– Estados Unidos da América
FDS	– <i>Fire Dynamics Simulator</i>
FED	– Valor da dose efetiva fraccional
FID3-6-12	– Foco de incêndio na sala D3-6-12
FIF	– Foco de incêndio na farmácia
HRR	– Taxa de Libertação do Calor ( <i>Heat Release Rate</i> )
HRRPUA	– Taxa de Libertação do Calor por unidade de área ( <i>Heat Release Rate Per Unit Area</i> )
HTM	– <i>Health Technical Memorandum</i>
IT	– Instrução Técnica
Lab	– Laboratórios
LSUHSC	– Louisiana State University Health Sciences Center
m	– metro
min	– minuto
MMU	– Manchester Metropolitan University
NFIRS	– <i>National Fire Incident Reporting System</i>
NIST	– <i>National Institute of Standards and Technology</i>
NPE	– Nova porta de evacuação
NYCTP-HEP	– <i>New York Centers for Terrorism Preparedness and Planning - Hospital Evacuation Protocol</i>
OLS	– Ocupantes <i>large size</i>
ONS	– Ocupantes <i>normal size</i>
PAHO	– Pan American Health Organization
PM	– Portas maiores
Pré-M	– Pré-movimento
R-SCI	– Regulamento de Segurança Contra o Incêndio
s	– segundos
SCF	– Sistema de controlo de fumo
S-CFP	– Sub-Committee on Fire Protection
SCFR	– Sistema de controlo de fumo reforçado
SCI	– Segurança Contra Incêndios
SCMVV	– Santa Casa da Misericórdia de Vila Verde
SESGESP	– Secretaria de Estado da Saúde do Governo do Estado de São Paulo
SI	– Serviços de Internamentos
SU	– Serviços de Urgências
UCR	– Unidade de Cuidados Respiratórios
VHE	– Via horizontal de evacuação





# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Considerações Iniciais

O incêndio é um evento extremo para qualquer edifício, em geral, e em particular para os estabelecimentos hospitalares, porque muitos dos pacientes têm necessidades especiais que os tornam mais vulneráveis, aumentando assim o risco de exposição ao incêndio. Isto exige um enorme esforço e gestão na organização da segurança ao incêndio do edifício, do pessoal hospitalar e dos bombeiros para responder de forma rápida e eficiente, caso surja um incêndio.

Assim, as Utilizações-Tipo hospitalares apresentam aos responsáveis pela concepção, desenvolvimento e implementação da segurança contra incêndio (SCI) desafios muito diferentes, quando comparadas com outros tipos de edifícios. A concepção da SCI em edifícios que não pertençam à utilizações-tipo hospitalares faz-se muitas das vezes assumindo que, os ocupantes têm capacidades de responderem sem dificuldade à necessidade de evacuar os edifícios em caso de incêndio, ou então assume-se uma percentagem reduzida (apenas 10%). Nos edifícios hospitalares, a realidade é bem diferente, uma vez que grande parte dos ocupantes/pacientes daquelas instalações precisam de alguém que os ajude a sair do edifício em situação de emergência/incêndio. Isto faz com que, de entre as várias utilizações-tipo, as hospitalares mereçam particular atenção na elaboração e execução das medidas de SCI por, pelo menos, duas razões. A primeira razão é que muitos ocupantes/utentes não poderão abandonar o edifício sem auxílio de outras pessoas (equipa de profissionais de saúde, corpo de bombeiros ou acompanhantes) e, mesmo assim, esta saída pode ser difícil e demorada. A segunda razão é que muitos dos ocupantes hospitalizados encontram-se em estado de saúde debilitado, portanto, estão mais vulneráveis aos efeitos dos incêndios, em especial aos fumos e gases tóxicos, provenientes dos materiais em combustão.

Os grandes incêndios em edifícios hospitalares do mundo mostraram os efeitos nefastos, assim como deixaram visível a ineficiência do combate passivo e ativo que se deve fazer aos incêndios. Como consequência, é o número de perdas humanas vítimas de incêndios em hospitais, lugares que se supõem destinados a salvar vidas. Dos incêndios e suas consequências, em hospitais pelo mundo, podem-se destacar os seguintes: Cleveland Clinic, com 122 mortos (Ohio - EUA, 15 de maio de 1929), (NFPA, 1929); St. Anthony Hospital, com 74 mortos (Illinois - EUA, 4 de abril de 1949). O incêndio em St. Anthony Hospital obrigou a profundas alterações da legislação de segurança contra incêndios em hospitais (como o uso obrigatório de *sprinklers* e do sistema de deteção e alarme do incêndio), para o Estado de Illinois e para o resto dos Estados Unidos da América, (Illinois State Library, 1949). No entanto, destacam-se ainda os incêndios de Mercy Hospital, St. Elizabeth Ward,

com 41 mortos (Iowa - EUA, 07 de janeiro de 1950), AMRI Hospital Complex, com 95 mortos (Calcutá - Índia, 09 de dezembro de 2011) e Centro de Reabilitação de San Juan de Lurigancho, com 26 mortos (Perú, 28 de janeiro 2012). Em Portugal, embora sem mortes, destacam-se os incêndios do Hospital Geral de Coimbra a 03 de março de 2009, que obrigou a evacuação de 8 doentes por necessitarem de cuidados especiais dependentes de energia elétrica, Hospital de Santa Maria a 27 de setembro de 2015, que intoxicou 4 pessoas e do Hospital de Valongo a 12 de fevereiro de 2015.

O combate ao incêndio em hospitais exige um enorme esforço e preparação do edifício para uma resposta passiva que, consiste na capacidade de possuir uma envolvente resistente ao incêndio, bem como possuir meios para uma resposta ativa (meios automáticos de deteção e combate ao incêndio). Exige também esforço à evacuação dos próprios edifícios hospitalares pois, existem fatores que podem afetar os tempos de evacuação, tais como: o tempo para chegar ao compartimento de incêndio, o tempo gasto a preparar o paciente, prioridade na evacuação, distribuição dos pacientes por elementos da brigada de socorro, bem como o tempo gasto a mover cada paciente.

Tradicionalmente, os hospitais concentravam-se na evacuação horizontal que consistia na transferência dos pacientes de áreas de risco para áreas seguras, enquanto se combatia o incêndio. Contudo, dependendo da grandeza e/ou dos possíveis riscos a serem criados pelo incêndio para o edifício e/ou para seus ocupantes pode ser necessário não apenas realizar evacuação horizontal progressiva dos pacientes para locais de relativa segurança, mas também evacuar, vertical, parcial e totalmente um hospital. A evacuação parcial é focada na evacuação de áreas próximas do incêndio, todavia ela é eficaz quando o sistema de proteção contra o incêndio é capaz de assegurar que áreas distantes da evacuada estejam em segurança. Enquanto, a evacuação total consiste na evacuação de todo o edifício de uma só vez. Mas devido a fatores como o tamanho do edifício e/ou o grande número de ocupantes a saírem do edifício, a evacuação total do edifício é feita em fases, no entanto, acaba por se observar os mesmos procedimentos da evacuação parcial.

A presente tese apresenta um trabalho de simulação numérica realizado com recurso ao programa de volumes finitos designado por *Fire Dynamic Simulator* (FDS) em conjunto com o módulo de simulação de evacuação (Evac) o qual reflete os efeitos dos incêndios na evacuação dos hospitais. Para o efeito estudou-se a evacuação de 4 compartimentos cortafogo (CCF), nomeadamente: Bloco Operatório (BO), Serviços de Urgências (SU), Serviços de Internamento/Enfermarias (SI) e Laboratórios (Lab), todos pertencentes ao novo edifício do Hospital Sousa Martins na Guarda, Portugal. O estudo englobou 29 cenários, dos quais 10 foram do BO, 12 dos SU, 5 dos SI e 2 dos Lab.

A tese apresenta e discute o desempenho do sistema de controlo de fumo (SCF) na evacuação

do Bloco Operatório e dos Laboratórios, a influência do efetivo no tempo de evacuação dos Serviços de Urgências em situação de incêndio, assim como a comparação entre estratégias de evacuação horizontal e evacuação vertical com recurso à utilização de elevadores para os Serviços de Internamento. Analisou-se também o impacto do número de portas e da largura das mesmas para a evacuação dos CCF, o impacto dos tempos de pré-movimento para a evacuação dos CCF, distâncias a percorrer, localização do incêndio em relação aos caminhos de evacuação e/ou das divisões com ocupantes, tipo de efetivo (adultos acamados e não acamados), entre outros.

Por outro lado, conjugaram-se os resultados do FDS+Evac com os dos parâmetros de segurança contra o incêndio em edifícios propostos pelos métodos de Gretner e de FRAME (*Fire Risk Assessment Method for Engineering*), nomeadamente a carga de incêndio e os fatores de propagação, a geometria horizontal, a altura do edifício, o controlo do fumo, a acessibilidade e o tempo de evacuação do edifício. Apresenta-se decisões de parâmetros a corrigir/considerar tendo em conta a necessidade de adaptar os dois métodos para análise do risco do incêndio em hospitais.

O Bloco Operatório foi considerado objeto de estudo do presente trabalho porque os seus ocupantes têm elevados níveis de restrições à sua própria evacuação que, no limite, podem-se encontrar numa intervenção cirúrgica durante um incêndio. Regra geral, os hospitais não deviam ser evacuados devendo ter capacidades especiais de resistência e meios de combate ao incêndio. Caso seja necessário evacuá-los, certamente, os pacientes vão precisar de meios auxiliares de evacuação, o que pode tornar a evacuação demorada e complicada. Muitos dos pacientes em salas de operações são evacuados ligados a aparelhos auxiliares de vida, por apresentarem um quadro clínico debilitado, o que os deixa mais vulneráveis aos efeitos dos incêndios, em especial aos fumos e gases tóxicos, provenientes dos materiais em combustão.

Por seu turno, os Serviços de Urgências foram objeto de estudo porque apresentam um efetivo irregular, isto é, o número de ocupantes/pacientes a internar modifica-se de acordo com a época do ano. Em períodos do inverno este apresenta elevados níveis de taxa de ocupação, chegando a internar quase o dobro das suas capacidades. Por outro lado, a maior parte da evacuação do CCF está dependente de uma única saída, o que cria congestionamento tornando a evacuação delicada e demorada.

Os Serviços de Internamento constaram do estudo com o propósito de avaliar a evacuação com recurso a elevadores, bem como fazer um estudo comparativo entre a evacuação horizontal e a evacuação vertical com recurso a elevadores.

Por último, os Laboratórios embora ocupados, maioritariamente, por funcionários do hospital, constam do presente trabalho devido à grande carga de incêndio que exibem.

## 1.2. Motivação

A modelação do risco de incêndio e evacuação em edifícios tem sido, maioritariamente, dirigida para utilizações-tipo onde os seus ocupantes em situação de incêndio são capazes de sair do edifício com os seus próprios meios e, por outro lado, têm capacidade de audição a qualquer sinal de emergência. Porém, a evacuação de instalações de cuidados de saúde, como hospitais, têm recebido menos atenção, apesar das dificuldades adicionais encontradas quando se evacua este tipo de instalações. Mais importante ainda, a maioria dos ocupantes/pacientes que usam os serviços de saúde muitas vezes não se podem ajudar a si mesmos, todavia contam com a ajuda de outras pessoas, em particular dos profissionais de saúde, para alcançar uma zona segura.

A planificação da evacuação de hospitais é uma atividade particularmente desafiadora devido ao grande número de pacientes que provavelmente precisarão de assistência para abandonarem o edifício, em detrimento de um número de funcionários potencialmente pequeno em serviço (principalmente nos turnos da noite) para ajudarem na evacuação das instalações. Os ocupantes das utilizações-tipo hospitalares são pessoas com necessidades especiais, devido ao estado de saúde debilitado, o que influencia as suas capacidades de mobilidade e os torna vulneráveis aos efeitos do incêndio.

Dos vários estudos sobre a evacuação de hospitais em situação de incêndio pode-se fazer a menção dos estudos efetuados por Wei-Wen, et al. (2011) os quais analisaram a gestão da segurança e a resposta de emergência a riscos de incêndio em enfermarias de cuidados respiratórios. Loria, et al. (2012) analisaram a gestão de incêndios em hospitais, enquanto Venezia (2012) desenvolveu um método de análise de risco qualitativo para garantir um nível de segurança contra incêndio adequado ao risco esperado em um edifício hospitalar de terceira categoria de risco de incêndio (risco elevado). Por sua vez, Chowdhury (2014) estudou as principais causas que originam os incêndios em hospitais, particularmente em unidades de terapia intensiva e de terapia intensiva neonatal. Asefzadeh, et al. (2016) analisaram o risco de desastres em hospitais de ensino. No geral, os estudos recomendaram percursos perfeitamente delineados e uma distribuição criteriosa dos caminhos de evacuação, bem como a formação do pessoal médico em matérias de segurança ao incêndio, mas tendo em atenção os planos de emergência interno de incêndio de cada hospital.

Em Portugal ainda não existe nenhum outro trabalho de investigação que tenha aplicado o *software* FDS+Evac e o visualizador gráfico PyroSim® no estudo do risco e da evacuação de hospitais em situação de incêndio. Contudo, pode-se frisar os trabalhos de Silva (2012) que, com base num Plano de Emergência Interno, analisou a SCI em hospitais no âmbito da nova legislação, Decreto-Lei nº 220/2008, de 12 de novembro e Portaria nº 1532/2008, de 29 de dezembro. Por seu turno, Dias (2013) fez a avaliação da evacuação de um hospital de grandes

dimensões (hospital São João, no Porto), através da análise das particularidades arquitetónicas, segundo o novo Regulamento de Segurança Contra Incêndio em Edifícios conjugado com o modelo numérico de evacuação, Simulex. Dias (2013) e Silva (2012) obtiveram recomendações similares às dos autores citados anteriormente pois, enfatizaram a necessidade de formar o pessoal hospitalar de modo a potenciar a primeira intervenção a um eventual foco de incêndio, cumprir com as larguras das vias, com as distâncias máximas a percorrer, com o número de saídas e enclausurar as vias de comunicações verticais visto que são caminhos de evacuação a utilizar em situação de incêndio.

Embora os métodos e técnicas computacionais para avaliar o comportamento do incêndio e dos ocupantes dos edifícios em situação de incêndio tenham crescido de forma substancial nos últimos anos, as pesquisas relacionadas tendo em conta a forma como os edifícios hospitalares devem ser concebidos de modo a responderem a uma evacuação rápida e segura em incêndio ainda não se desenvolveram o suficiente. Como consequência, as perdas humanas vítimas de incêndio em hospitais continuam muito altas, o que justifica que estudos sobre a engenharia de segurança ao incêndio foquem-se com mais particularidades nos riscos e evacuação de hospitais em situação de incêndio. O estabelecimento de novos parâmetros como o tempo para o fim do pré-movimento em hospitais, adaptar os métodos de análise de risco de incêndio (por exemplo o método de Gretener e o método de Frame) para sua aplicação em hospitais, bem como estabelecer critérios a seguir em projeto para que o hospital evacue sem agravar nem pôr em perigo a vida dos ocupantes foram os principais vetores motivacionais para a realização deste estudo.

Para finalizar, dado que o maior número de trabalhos existentes sobre a evacuação de hospitais é nas situações pré e pós desastres naturais (ciclones, terremotos e furacões), esta investigação tem o intuito de contribuir com um novo conhecimento ao usar simulações computacionais, *software* FDS+Evac, na evacuação de hospitais. Os resultados do estudo permitirão que os responsáveis de segurança em hospitais conheçam e corrijam aspetos de segurança de modo a complementarem os exercícios de simulacros ou mesmo evitar aqueles que podem agravarem o estado clínico dos pacientes. Por outro lado, a análise e os resultados das simulações de evacuação apresentados neste trabalho são aplicáveis a outras utilizações-tipo hospitalares e lares de idosos, onde a maior parte dos ocupantes são pessoas com restrições na locomoção.

### 1.3. Objetivos

A legislação portuguesa de segurança contra incêndios em edifícios (decreto-lei nº 220/2008, de 12 de novembro e portaria nº 1532/2008, de 29 de dezembro) estabelece princípios por forma a preservar a vida humana, o património cultural e o ambiente. Isto é, a legislação pretende reduzir a probabilidade de ocorrência de incêndios; limitar o desenvolvimento de

eventuais incêndios, circunscrevendo e minimizando os seus efeitos, nomeadamente a propagação do fumo e gases de combustão; facilitar a evacuação e o salvamento dos ocupantes em risco e por último permitir a intervenção eficaz e segura dos meios de socorro.

Neste contexto, a legislação assume um carácter prescritivo, todavia, abre espaço para que em determinadas circunstâncias e tecnicamente fundamentadas, os técnicos de segurança contra o incêndio socorram-se de medidas com base no desempenho, desde que as mesmas sejam aprovadas pela Autoridade Nacional de Proteção Civil (ANPC).

Assim sendo, e atendendo que o novo edifício do hospital Sousa Martins na Guarda, foi construído segundo os regulamentos de segurança contra o incêndio em edifícios, anteriores ao atual decreto-lei nº 220/2008, de 12 de novembro e portaria nº 1532/2008, de 29 de dezembro, pode não cumprir na totalidade as exigências dos atuais regulamentos de segurança contra o incêndio em edifícios. Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo principal estudar, com auxílio da simulação numérica FDS+Evac, a evacuação de hospitais em função do risco do incêndio.

Para a operacionalização do objetivo principal, desenvolveram-se os seguintes objetivos específicos:

- ✓ analisar o desempenho do sistema de desenfumagem na evacuação dos compartimentos corta-fogo (CCF) em estudo, nomeadamente o Bloco Operatório, os Serviços de Urgências, os Serviços de Internamentos ou Enfermarias e os Laboratórios;
- ✓ analisar o impacto arquitetónico dos CCF em estudo, para a evacuação dos ocupantes/pacientes acamados e não acamados, em situação de incêndio;
- ✓ fazer um estudo comparativo no que concerne à segurança e rapidez entre a evacuação horizontal e a evacuação vertical (com recurso a elevadores);
- ✓ determinar o tempo e condições (visibilidade, temperatura e concentração de gases tóxicos), em que a evacuação dos compartimentos corta-fogo em estudo, processa-se da melhor forma;
- ✓ fazer uma análise do risco de incêndio através dos métodos de Frame, de Gretener e o Hierárquico e comparar os resultados obtidos entre si. Correlacionar ainda estes resultados com os das simulações numéricas efetuadas com recurso ao FDS+Evac, de modo a propor o método que melhor se adapta à análise do risco de incêndio em hospitais, sem, no entanto, descorar possíveis alterações para garantir uma evacuação rápida e segura dos CCF;

- ✓ comparar os resultados das simulações numéricas efetuadas com o *software* FDS+Evac com os de cálculos de evacuação com métodos simplificados, de modo a propor alterações aos atuais métodos de avaliação do risco de incêndio tendo em vista a sua aplicação em hospitais;
- ✓ apresentar com base na experiência apreendida ao longo da pesquisa, as potencialidades e as desvantagens do uso da simulação numérica de incêndio, através do *software* FDS+Evac em conjunto com o PyroSim®, para a evacuação de hospitais.

#### **1.4. Estrutura da Tese**

A presente tese, encontra-se estruturada em 7 capítulos fundamentais, com os quais se traz uma reflexão detalhada do tema em estudo/investigação. Os 7 capítulos são:

- 1 – Introdução;
- 2 – Estado de Arte;
- 3 – Análise do Risco de Incêndio em Edifícios Hospitalares;
- 4 – Modelação Numérica com FDS+Evac;
- 5 – Análise dos Resultados das Modelações Numéricas com o FDS+Evac;
- 6 – Discussão dos Resultados dos Métodos de Análise do Risco;
- 7 – Conclusões e Desenvolvimentos Futuros.

A introdução (capítulo 1), consiste no enquadramento geral do tema da tese, onde se faz referência à relevância do tema e dos objetivos que se pretendem alcançar.

O capítulo 2 é constituído pelo Estado de Arte. O capítulo, aborda temas relacionados com trabalhos já desenvolvidos na área do risco e evacuação de hospitais em situação do incêndio, modelação do incêndio através do programa FDS+Evac ou em outros, fatores que influenciam a evacuação de edifícios em situação de incêndio, tempos de evacuação de edifícios em situação de incêndio, velocidades de deslocamento, origem dos incêndios em hospitais, evacuação de hospitais em situação do incêndio, assim como a evacuação de edifícios com ocupantes com necessidades especiais. Neste capítulo é ainda apresentada a regulamentação de SCI em hospitais de países como Portugal, Brasil, Reino Unido e Estados Unidos da América, a regulamentação de SCI para Pessoas com Necessidades Especiais de países como: Portugal, Espanha, Brasil e Reino Unido e por último descreve-se alguns simulacros de incêndio realizados em hospitais.

Por seu turno, o capítulo 3 faz uma análise do risco de incêndio em edifícios hospitalares, onde se descrevem os métodos de Gretener, de Frame e o Hierárquico. No capítulo 3, descrevem-se também os métodos simplificados de análise da evacuação de edifícios e por fim analisam-se modelos numéricos de simulação da evacuação de edifícios em situação de incêndio. Descreve-se de forma detalhada o *software* FDS+Evac, visto que, foi o usado no presente trabalho.

As modelações numéricas com recurso ao *software* FDS+EVAC constituem o 4º capítulo. No capítulo apresenta-se o objeto de estudo, a descrição detalhada dos compartimentos corta-fogo (Bloco Operatório, Serviços de Urgências e de Internamentos e o CCF Laboratórios) estudados e cenários de incêndio simulados.

O 5º capítulo apresenta e discute os resultados das simulações numéricas com o *software* FDS+Evac e da evacuação a partir dos métodos simplificados de cálculo. Neste capítulo foram ainda comparados os resultados das simulações numéricas com o *software* FDS+Evac com os resultados obtidos de cálculos de evacuação com métodos simplificados.

O 6º capítulo analisa os resultados obtidos a partir dos métodos de análise do risco com os resultados obtidos pelo método de Gretener, de Frame e o Hierárquico. Por outro lado, apresenta a proposta de adaptação dos métodos de Gretener e de Frame para análise de risco do incêndio em hospitais.

O 7º e último capítulo está reservado às conclusões e desenvolvimentos futuros. As conclusões baseiam-se nos resultados obtidos através da análise de risco de incêndio com os métodos de Gretener, de Frame e o Hierárquico, com as simulações numéricas bem como a partir dos métodos simplificados de cálculo.



## 2. ESTADO DE ARTE

### 2.1. Generalidades

O estado de arte sobre a modelação do risco e evacuação de hospitais em situação de incêndio, constatou a existência de poucos estudos nesta área. Embora, atualmente, existam vários modelos de simulação computacional do incêndio, poucos trabalhos foram desenvolvidos para estudar os riscos e os impactos do incêndio na evacuação de hospitais. Muitos dos trabalhos modelam o incêndio em edifícios públicos, onde quase 90% dos ocupantes são pessoas sem limitações na mobilidade ou com capacidades de perceção e reação a um alarme de incêndio. Isto é, em situação de incêndio evacuam com os seus próprios meios. Por outro lado, muitos trabalhos numéricos recorrem simplesmente ao *Fire Dynamic Simulator (FDS)*, sem, no entanto, acoplar este ao Evac, para permitir um estudo simultâneo do incêndio e da evacuação dos edifícios.

A maior parte dos estudos de evacuação em hospitais, como os de Taaffe, et al. (2005), Chen, et al. (2015), Vugrin, et al. (2015) foram desenvolvidos para emergências em desastres naturais, tais como, furacões, ciclones e terremotos. Os furacões e ciclones são desastres que se podem prever com antecedência, o que faz com que se leve a cabo uma evacuação pré-desastre, enquanto os terremotos é pós-desastre. O mesmo não se pode dizer dos incêndios que são acontecimentos instantâneos e precisam de uma ação (evacuação do edifício) em paralelo com o combate ao incêndio (Hamacher & Tjandra, 2002).

A pouca investigação sobre o impacto do incêndio na evacuação de hospitais é, também, refletida na maior parte da legislação internacional de SCI em edifícios. A legislação internacional de SCI em edifícios baseia-se no princípio da evacuação não assistida, isto é, evacuação prevista para pessoas que em caso de incêndio evacuam o edifício com os seus próprios meios. Entretanto, em hospitais o maior número de ocupantes são pacientes, logo as evacuações em aquelas instituições são maioritariamente assistidas. Para o caso de Portugal, o nº 5, do artigo 51º, da Portaria nº 1532/2008, de 29 de dezembro, prevê a evacuação de hospitais em incêndio. A portaria em alusão exige a correção pelo fator 1,3 ao efetivo de crianças com idade não superior a seis anos ou de pessoas limitadas na mobilidade ou nas capacidades de perceção e reação a um alarme para efeitos de dimensionamento das vias de evacuação e saídas, de forma que perante o incêndio a evacuação seja rápida e segura. A portaria prevê (nos artigos 60º, 230º, 231º e 235º, todos desenvolvidos no ponto 2.10.1) de forma específica a evacuação de locais de risco D que, constituem a maior parte de compartimentos de hospitais. Este conjunto de pessoas previsto na portaria, em situação de incêndio, requer assistência para evacuar um edifício.

O objetivo primordial deste capítulo consiste em apresentar resultados de estudos realizados na área de análise de risco e evacuação de hospitais em situação de incêndio, bem como das especificidades a ter em conta na evacuação de pacientes, segundo o grau de enfermidade (acamados e/ou não acamados). Este trabalho visa modelar a evacuação de hospitais em situação de incêndio, contudo, faz uma abordagem geral acerca da evacuação de edifícios com pessoas com necessidades especiais. A evacuação de edifícios com pessoas com necessidades especiais está condicionada à necessidade de cada pessoa. Muitas vezes, perante um incêndio, a saída destas pessoas é possível com o auxílio de terceiros, o mesmo acontece em muitos dos pacientes em hospitais. Para além dos temas referenciados no parágrafo anterior, o presente capítulo aborda ainda regulamentos de evacuação de hospitais em situação de incêndio, de países como Portugal, Reino Unido, Brasil e Estados Unidos da América. Os regulamentos em questão dão uma visão geral de como cada país efetua a evacuação de hospitais, em situação do incêndio. Por outro lado, faz-se ainda referência a regulamentos de segurança contra o incêndio para pessoas com necessidades especiais de países como Portugal, Espanha, Brasil e Reino Unido.

### **2.2. Estudos com recurso ao *Fire Dynamic Simulator* (FDS)**

No presente subcapítulo é feita uma descrição crítica de trabalhos que se auxiliaram do FDS+Evac para simular incêndios em várias situações. Com o subcapítulo pretendeu-se demonstrar as potencialidades do *software* FDS+Evac nas simulações em situação de incêndio através da análise de estudos feitos no âmbito de evacuação de hospitais em situação de incêndio. Este simulador foi o usado na presente tese para modelar o risco e a evacuação de hospitais em situação do incêndio.

#### **2.2.1. Simulação de incêndios em Hospitais a partir do *software* FDS+Evac**

O *Fire Dynamic Simulator* (FDS) é um programa de simulação computacional desenvolvido pelo *National Institute of Standards and Technology* (NIST) e que nos últimos anos tornou-se essencial para o estudo dos incêndios, quer em edifícios ainda em projeto ou em planta e na reconstituição de incêndios ocorridos em edifícios. Em edifícios por construir ou em planta, através de simulações com base no projeto, é possível detetar e corrigir erros em projeto tais como o dimensionamento das vias de evacuação, saídas de emergência, sistema de desenfumagem, entre outros. O FDS é também usado de modo a apurar as prováveis causas que originaram um determinado incêndio, o seu desenvolvimento, as condições térmicas e caso tenha havido vítimas humanas, o motivo das mortes.

Através da recolha de dados relacionados com as velocidades reais de diferentes grupos de ocupantes em hospitais, Wei, et al. (2011) estudaram, a partir do *software* FDS+Evac, a influência das velocidades e da familiaridade nas saídas de emergência para a evacuação em

hospitais. Os autores ressaltaram a rara investigação da evacuação de hospitais em caso de incêndio. Por outro lado, reconhecem que devido ao estado clínico debilitado de muitos dos ocupantes/pacientes, uma simulação no contexto real (simulacro) de evacuação não seria aconselhável, por isso recorreram à simulação numérica.

O estudo introduziu novos dados nas simulações de velocidade de diferentes grupos. Trabalhos experimentais anteriores consideravam os ocupantes em hospitais com velocidades iguais, o que na realidade não é verdade atendendo a que, a velocidade é condicionada pela idade, sexo ou estado clínico dos pacientes. Através dos métodos de observação e de um questionário definiram as velocidades reais de cada grupo a introduzir para a simulação com o *software* FDS+Evac.

O algoritmo básico em FDS+Evac manteve os fatores importantes: forças físicas, forças de contacto e gravidade, forças psicológicas exercidas por outras pessoas e o ambiente no qual estão envolvidos (a geometria do edifício). No que diz respeito ao físico, cada pessoa foi modelada como uma elipse movendo-se em um plano 2D. Cada pessoa foi tratada como autónoma com as suas próprias propriedades físicas pessoais e estratégias de evacuação.

O estudo foi orientado para pacientes em salas de ortopedia e pediatria e foram estudados de forma separada. As velocidades foram observadas ao longo de uma via horizontal de evacuação (VHE) através de gravações de vídeo. O Quadro 2.1 apresenta a categoria dos ocupantes em estudo, as velocidades médias de cada categoria, assim como a amostra representativa dos ocupantes envolvidos no estudo.

Quadro 2.1. Velocidades de pedestres em hospitais (adaptado de Wei, et al. 2011).

<b>Categoria</b>	<b>Velocidade (m/s)</b>	<b>Amostras</b>
Pacientes em Ortopedia	0,44 ± 0,21	30
Acompanhantes na pediatria	0,67 ± 0,18	66
Auxiliares	1,01 ± 0,25	7
Pacientes com duas muletas	0,51 ± 0,08	3
Pacientes com uma muleta	0,32 ± 0,05	6
Pacientes em cadeira de rodas	0,22 ± 0,11	7
Pacientes em geral	0,67 ± 0,14	14
Enfermeiros	1,02 ± 0,24	4
Médicos	1,15 ± 0,21	3
Visitantes	0,93 ± 0,25	63
Pais abraçando uma criança	0,69 ± 0,19	36
Pais puxando uma criança	0,60 ± 0,12	19
Pais com criança no ombro	0,65 ± 0,31	11

Os autores apuraram que, em emergência, uma estrutura hospitalar complexa trazia consigo constrangimentos aos pacientes. A evacuação de hospitais por vias de evacuação complexas, bem como em saídas de emergência pouco familiares mostraram-se inconvenientes para qualquer tipo de ocupante em hospital. O estudo da familiaridade de saídas de emergência

(Fig. 2.1) em ocupantes de enfermarias de ortopedia e pediatria, utilizando o programa FDS+Evac, concluiu que, pouco mais da metade de ocupantes/pacientes tinha familiaridade com os diferentes tipos de saídas, contudo, em situação de incêndio os ocupantes entravam em pânico e desorientavam-se por completo. O facto de os ocupantes entrarem em pânico em situação de incêndio refletiu-se na evacuação do edifício. Da Figura 2.1 pode-se observar que os gráficos são similares sem muita diferença entre pacientes com e sem familiaridade dos caminhos de evacuação.

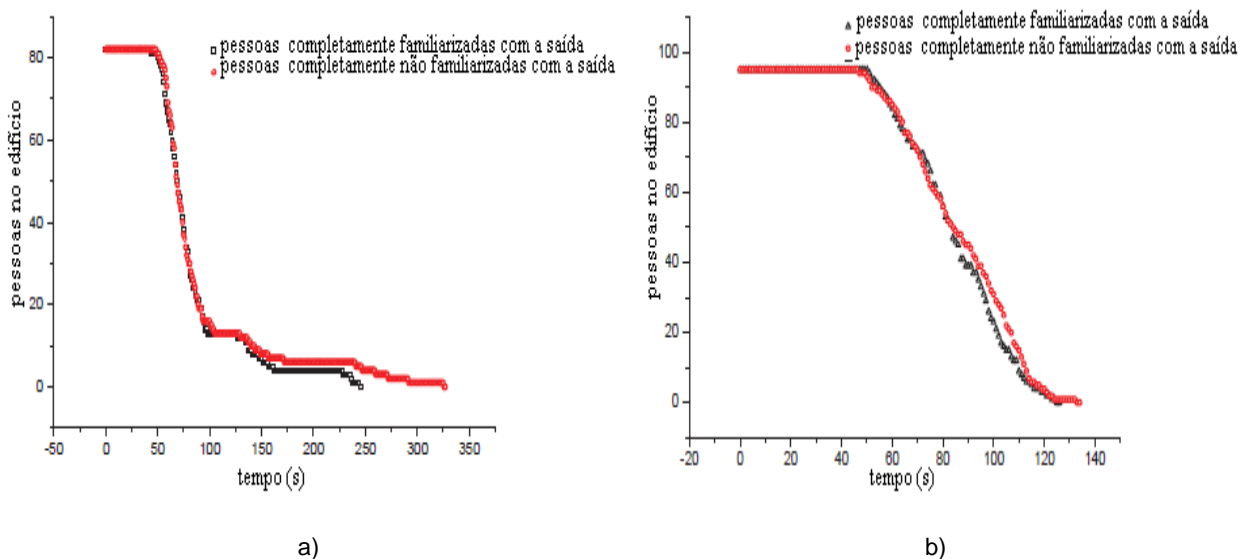


Figura 2.1. Familiaridade com as saídas; a) salas de ortopedia e b) salas de pediatria, (adaptado de Wei, et al., 2011).

Por último, os autores apuraram ainda que, os fluxos intermitentes observados em salas de ortopedia, Figura 2.2a, traduziam a evacuação do edifício com ocupantes com mobilidade reduzida, devido à disparidade do estado físico dos mesmos ou da pouca familiaridade das saídas. Em contrapartida, as velocidades dos ocupantes em enfermarias de pediatria, Figura 2.2b, sempre se mantiveram contínuas, com tempo de evacuação total de 130 s, em detrimento dos 250 s dos ocupantes em salas de ortopedia. Os ocupantes com certa estabilidade foram mais rápidos ao evacuar o edifício e foram sempre os primeiros. De facto, ocupantes com mobilidade reduzida congestionam a evacuação determinando o tempo da mesma. Dependendo do meio em que se movem, a tendência é de serem lentos e ocupar mais espaço quando comparados a ocupantes com condições físicas normais. Por outro lado, a falta de familiaridade com as saídas de emergência foi outro fator condicionante dos tempos de evacuação. Em situação de incêndio, se os ocupantes não sabem a localização das saídas de emergência, tornam a evacuação do edifício demorada e com probabilidade de haver mortes.

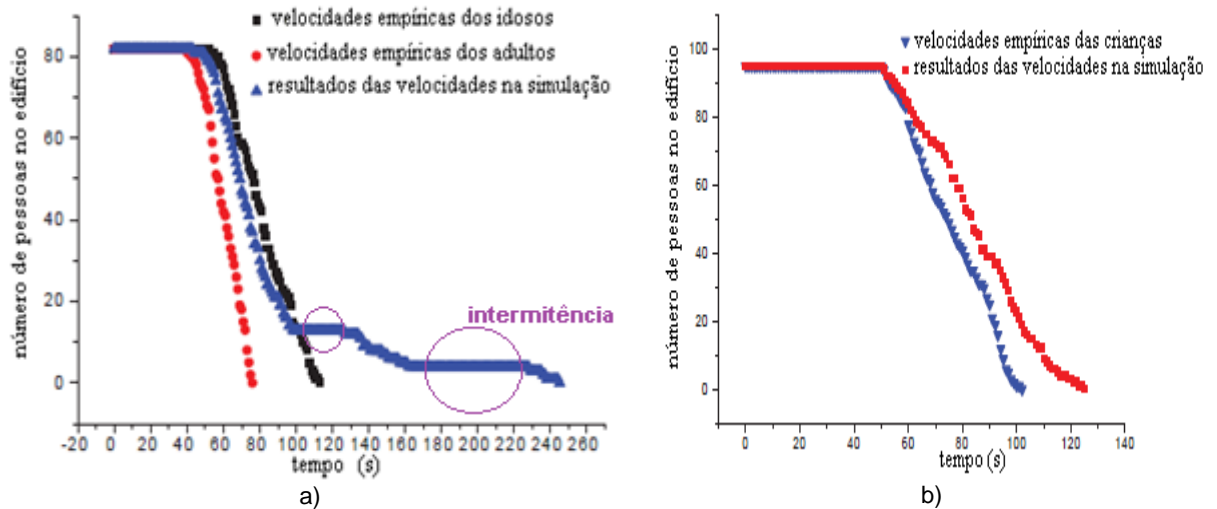


Figura 2.2. Velocidades em enfermarias; a) ortopedia; b) pediatria (adaptado de Wei, et al., 2011).

Através do programa FDS+Evac, De-Ching, et al. (2011) estudaram os efeitos de um incêndio, para a unidade de cuidados respiratórios (UCR). Com o *software* FDS+Evac analisaram os efeitos da visibilidade e temperaturas em áreas afetadas pelo incêndio.

O estudo simulou quatro focos de incêndios, Figura 2.3a, com duas taxas de libertação de calor (HRR), sendo 0,8 MW para os incêndios durante a renovação do edifício e 3 MW para os incêndios de origem acidental derivada da construção em curso. A cada foco de incêndio fez-se uma análise de como os *sprinklers*, Figura 2.3b, bem como a largura da porta influenciavam a evacuação dos utentes na UCR.

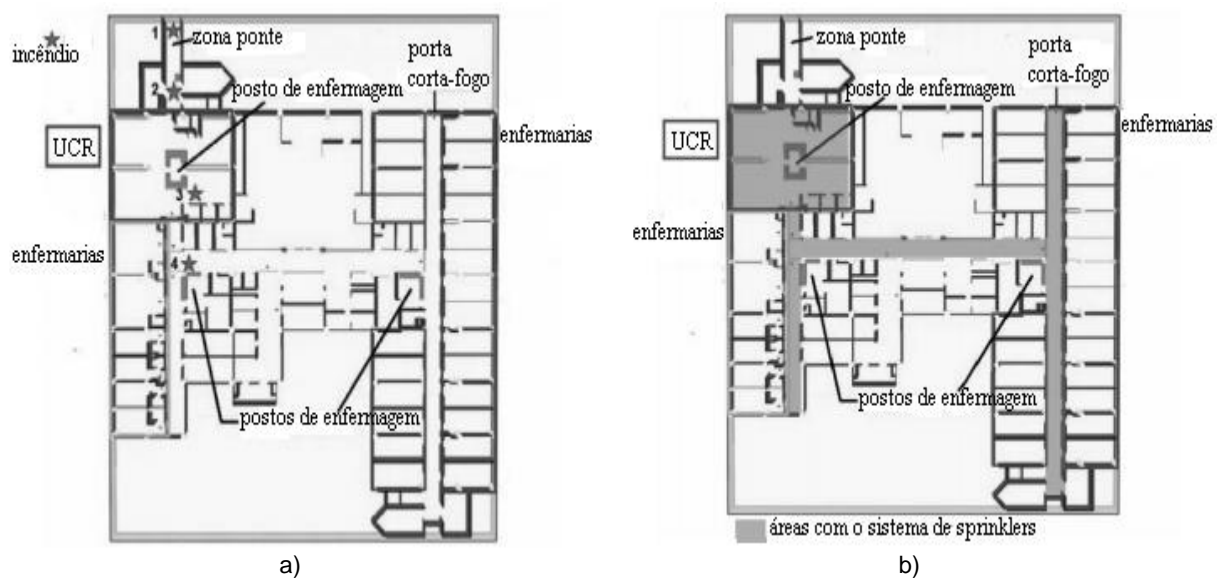


Figura 2.3. a) cenários de incêndio e b) áreas com sistemas de sprinklers (adaptado de De-Ching, et al. 2011).

As simulações detetaram fraco desempenho dos *sprinklers* no efeito visibilidade, todavia não colocaram em perigo a evacuação. Entretanto, mostraram bom desempenho ao reduzirem, consideravelmente, a temperatura interna do compartimento (Fig. 2.4). O outro foco de incêndio, cuja origem do incêndio foi na via horizontal de evacuação, embora tivesse os *sprinklers* em funcionamento, registou congestionamento nas portas de evacuação com 1,8 m de largura (Fig. 2.5).

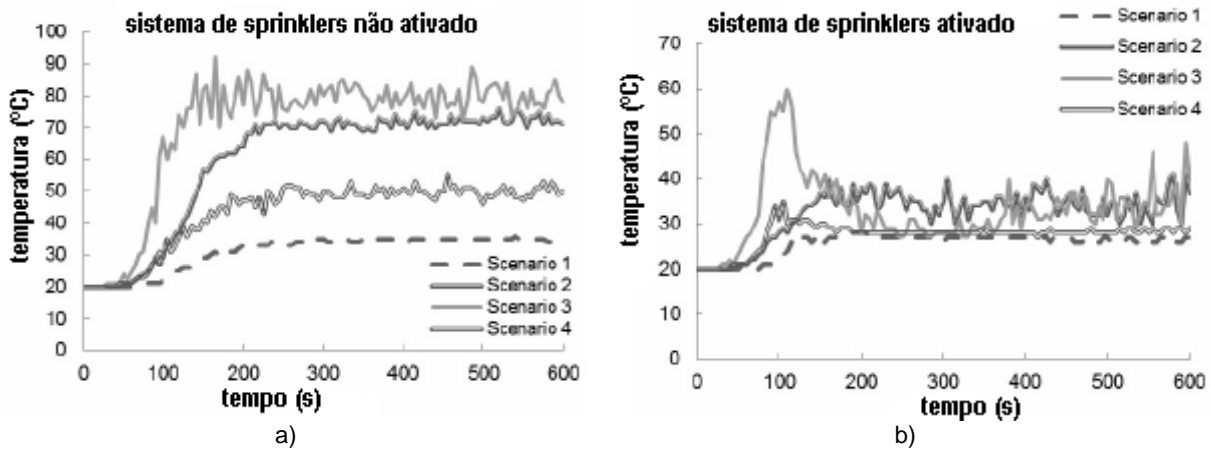


Figura 2.4. Temperatura nas vias de evacuação horizontal; a) sem o sistema de *sprinklers*, b) com os *sprinklers* ativados (adaptado de De-Ching, et al., 2011)

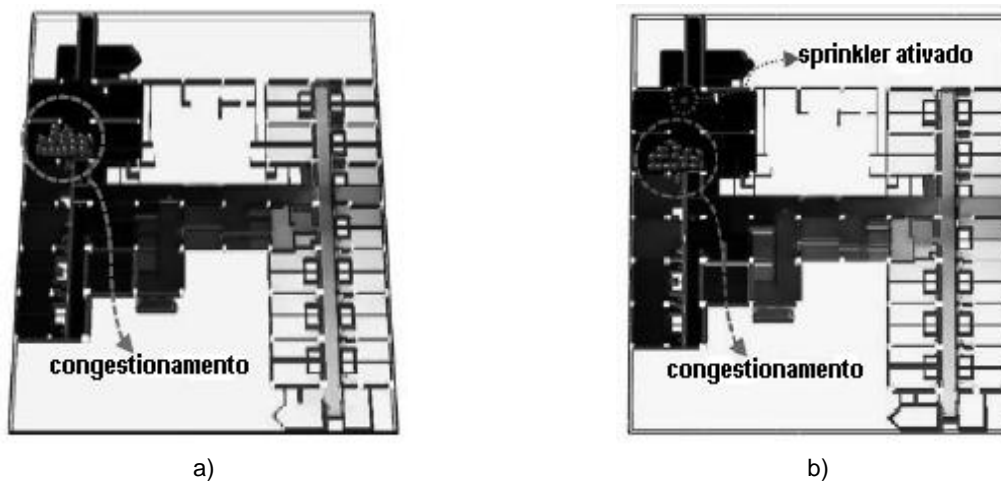


Figura 2.5. Congestionamento em porta de 1,8 m de largura; a) *sprinklers* desativado; b) *sprinklers* ativados (adaptado de De-Ching, et al., 2011).

Larguras de portas inferiores a 2 m têm condicionado a evacuação de edifícios, em particular quando se trata de evacuar edifícios com acamados. A largura da cama conjugada com o espaço ocupado pelas pessoas a transportarem/moverem o acamado exige portas com mais de 2 m de largura, sob pena de congestionamento, mesmo que a temperatura e a visibilidade

estejam do lado da segurança. As saídas com larguras menores tornam-se obstáculos de difícil transposição para acamados.

Os resultados do estudo de De-Ching, et al. (2011) mostraram ainda que, sem risco de incêndio, o tempo de evacuação mais rápido na UCR seria de 19,3 min. Este tempo podia ser ainda mais reduzido se as larguras das portas aumentassem para 2 m ou mais. O estudo sublinha ainda que, no caso de um incêndio, as vítimas humanas surgirão sempre que os pacientes não evacuarem o edifício dentro de um intervalo de tempo seguro, mesmo que a temperatura seja mantida sob condições aceitáveis pelos aspersores de incêndio. Neste caso o parâmetro condicionante é a visibilidade. Devido à pouca visibilidade ou falta total dela, os caminhos de evacuação assim como as saídas de emergência tornam-se invisíveis e/ou inacessíveis, o que faz com que os ocupantes se exponham por muito tempo aos gases tóxicos, por conseguinte acabam inalando-os em quantidades letais.

Por seu turno, Jiang, et al. (2014) estudaram a correlação entre as características comportamentais específicas de ocupantes em hospitais e as suas velocidades em passeios a pé, bem como a correlação com o seu comportamento na decisão de evacuar. A simulação de evacuação no edifício hospitalar foi feita com base no *software* FDS+Evac. Com o FDS+Evac, simularam um edifício de três andares e com três portas de evacuação, distribuídas entre Sul, Norte e Leste. A porta Sul mantinha-se aberta e era familiar para 75,2% dos ocupantes do edifício, a porta Norte localizava-se na parte de trás do edifício e era familiar para 24,8% e a Leste ninguém a conhecia, porque ficava geralmente fechada por questões de segurança. Os resultados com o FDS+Evac mostraram que o bloqueio de saídas de emergência constitui um risco para a evacuação dos edifícios, contudo, o aumento da largura das saídas, assim como a sua boa distribuição pelo edifício ajudam na evacuação eficiente em edifícios hospitalares.

A partir de um estudo em forma de questionário, distribuído a 50 unidades de tratamentos intensivos (UTI), dos quais só 35 responderam, Murphy & Foot (2011), estudaram o nível de preparação para evacuação de UTI's de Londres em situação de incêndio. Embora quase todas as unidades tinham treino obrigatório contra incêndio, no entanto, constatou-se graves problemas arquitetónicos tais como insuficiências de caminhos de evacuação, portas corta-fogo sem a qualidade desejada para o fim a que se esperava que respondessem e falta de sistemas automáticos que em incêndio fechem os sistemas de ventilação de modo a não permitirem a circulação do fumo.

### **2.2.2. Reconstituição de incêndios em edifícios a partir do FDS**

Em relação à reconstituição de incêndios já ocorridos, há a destacar o incêndio do Cherry Road Townhouse (edifício unifamiliar de dois pisos), o qual matou dois bombeiros e feriu três

(Forney, et al. 2003). As simulações com FDS e Smokeview deram resposta à inquietação dos investigadores que pretendiam saber o porquê da morte dos dois bombeiros localizados no topo da escada em detrimento dos do meio que estavam mais próximos do incêndio.

As simulações com o FDS concluíram que, o compartimento em combustão e sub-ventilado, recebeu, a partir da abertura das portas de correr, ar exterior (oxigénio) que 60 s depois fez com que o incêndio passasse à fase de pós-flashover. A Figura 2.6, extraída das simulações com FDS e Smokeview, mostra o fluxo de gás quente que se move através do teto da sala de estar e alastra-se à parede traseira do edifício. Os gases quentes, menos densos que o ar frio do ambiente, subiram e espalharam-se pelo teto e ao encontrar as paredes descenderam até às escadas, matando deste modo os dois bombeiros que se encontravam no topo das mesmas.

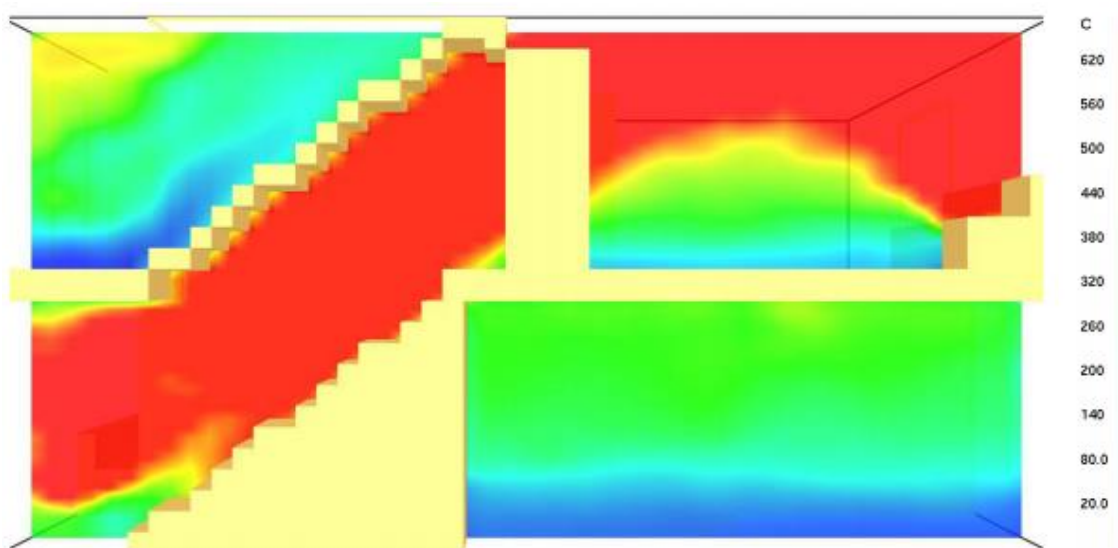


Figura 2.6. Temperatura (°C) em 200 s da simulação, ao longo da escada da cave, (adaptado de Forney, 2007).

Segundo Forney (2003) a flutuabilidade dos gases, observada através do FDS, fez com que morressem os bombeiros do topo da escada, porque os gases ao atingirem o topo começaram a baixar, enquanto a zona intermédia continuava a receber o ar exterior o que criou condições de sobrevivência dos bombeiros localizados ao meio da escada.

Um outro estudo com FDS reconstituiu o incêndio que destruiu um edifício de dois andares em Iowa - Estados Unidos da América, no qual morreram seis pessoas, sendo três crianças e três bombeiros. Para apurar o provável local e as razões que deram início ao incêndio (através da análise do comportamento do incêndio e das condições térmicas que poderiam ter existido na residência), o NIST, simulou o incêndio a partir do FDS e Smokeview. As simulações com o FDS e Smokeview indicaram que o incêndio teve a sua origem no fogão da cozinha (Fig. 2.7), 60 s depois as chamas espalharam-se pela sala de jantar e pela sala de estar até à escada,



onde através desta atingiram o segundo andar (Fig. 2.8), quando decorridos aproximadamente 9 min, (Madrzykowski, et al. 2002, e Forney, et al. 2003).



Figura 2.7. Cozinha depois do incêndio: a) interior da cozinha e b) vista traseira (adaptado de Madrzykowski, et al. 2002).

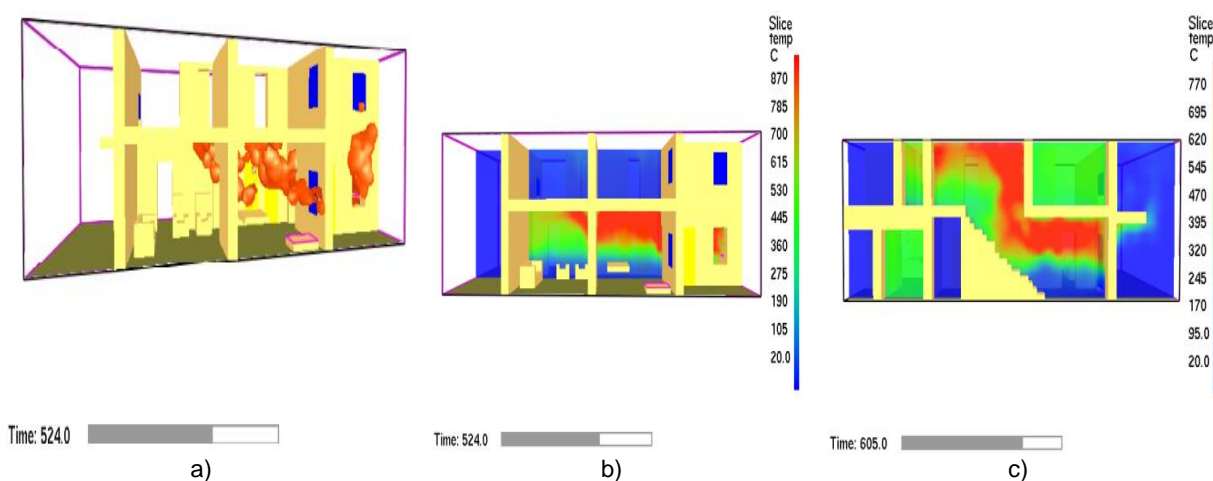


Figura 2.8. Simulação do incêndio na sala de jantar, decorridos quase 9 min; a) alastramento do incêndio; b) temperatura e c) temperatura e alastramento do incêndio à sala de estar a partir das escadas, (adaptado de Madrzykowski, et al. 2002).

Uma vez mais, o NIST usou o *software* FDS para reconstituir o incêndio ocorrido no The Station NightClub, West Warwick - Estados Unidos da América, que matou 100 pessoas e mais de 200 ficaram feridas. Com a reconstituição do incêndio a partir do simulador FDS e descobertas as falhas dentro do sistema de proteção contra o incêndio do The Station

NightClub, a *National Fire Protection Association* (NFPA) introduziu alterações aos regulamentos de segurança contra o incêndio para casas de divertimento noturno, (Grosshandler, et al. 2005). Entre as alterações introduzidas podem-se destacar a restrição de fogos pirotécnicos em casas de divertimento noturno; restrição ao uso de espuma de poliuretano e outros materiais facilmente inflamáveis para acabamentos interiores das casas noturnas; fortalecimento dos requisitos para a instalação de *sprinklers*, entre outras.

Com o objetivo de reconstruir incêndios reais ocorridos em edifícios e fornecer dados para a compreensão do fenómeno, bem como preparar as equipas de resposta, Mazonni, et al. (2015), recorreram a simulações numéricas de incêndio aplicando o modelo FDS. Para este estudo, o ambiente simulado foi o edifício Cacique do centro de Porto Alegre - Brasil. O edifício ficou danificado devido a um incêndio ocorrido em 26 de junho de 1996.

Os resultados com vista a determinar o local da origem do incêndio e a forma como o mesmo se propagou pelo edifício foram analisados em paralelo com os depoimentos das testemunhas. As simulações com o FDS apontaram a probabilidade de o sinistro ter iniciado no 11º andar e um segundo foco no piso térreo devido à queda de materiais ou equipamentos em chamas. Os resultados ganharam sustento com o depoimento das testemunhas e das imagens fotográficas dos danos ao edifício. Os danos no 11º andar foram mais severos em relação aos danos ocorridos em andares inferiores, Figura 2.9.

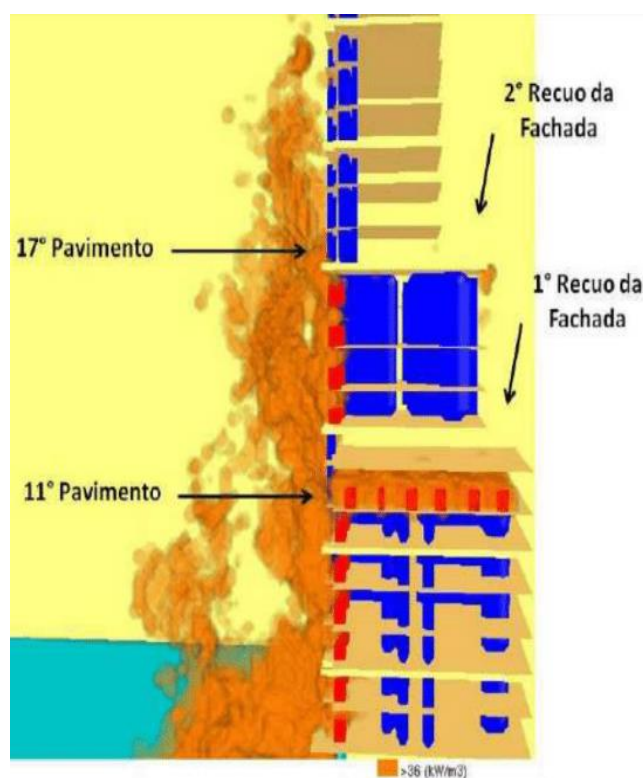


Figura 2.9. Ação do incêndio no 11º andar e nos andares inferiores (Mazonni, et al., 2015)

Com o FDS foi também possível visualizar o comportamento do incêndio e confirmar a hipótese de que o mesmo teve a sua origem no 11º andar. Por outro lado, observou-se que os recuos na fachada frontal do edifício serviram como compartimentação vertical impedindo o incêndio de atingir andares acima do sinistrado.

### 2.2.3. Aplicação do FDS em projetos de segurança contra incêndio

Com o intuito de verificar a segurança contra incêndios em zonas de refúgio em edifícios de grande altura situados em Hong Kong, Chow & Ki Chow (2009), usaram o *software* FDS. A simulação analisou o desempenho das cortinas de água para proteção de zonas de refúgio, em edifícios de grande altura, para dois incêndios com taxas de libertação de calor de 2 MW e de 25 MW.

O estudo realça que a taxa de libertação de calor dentro dum compartimento depende da quantidade do material disponível incluindo materiais de construção e das condições de ventilação. As condições de ventilação e a temperatura condicionam a forma como o calor e o fumo se dispersam no teto a partir da fonte da origem do incêndio.

O estudo diz ser impossível e irrelevante a simulação do edifício no seu todo mesmo que se use um computador com *hardware* muito potente. Entretanto, o domínio computacional da parte representativa do edifício simulado foi de 15 m de comprimento, 11 m de largura e 10 m de altura. Esta estrutura representava a simulação de dois compartimentos acima do compartimento que teve o início do incêndio incluído a zona de refúgio.

O ensaio foi constituído por quatro simulações, todavia com variações de parâmetros. As duas primeiras simulações tinham de comum a porta fechada e diferiam no parâmetro sem vento e com vento de velocidade de 10 m/s, Figura 2.10a. As outras duas diferem-se da primeira por terem a porta aberta, Figura 2.10b. O incêndio mostrou-se como sendo uma curva de crescimento ultrarrápido com um *burner* de 0,5 m x 0,5 m x 0,5 m de tamanho.

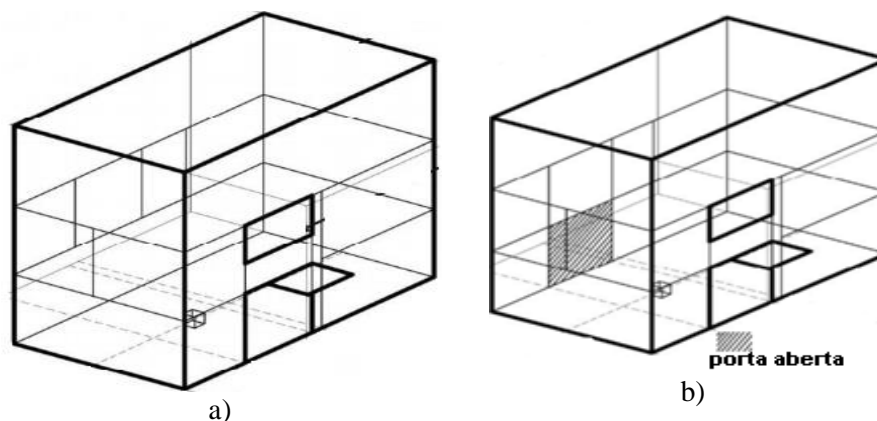


Figura 2.10. Geometria em CFD; a) porta fechada e b) porta aberta; (adaptado de Chow, & Ki Chow, 2009)

Os resultados com FDS mostraram que no incêndio de 2 MW os gases quentes não atingiam a zona de refúgio.

Relativamente ao cenário de incêndio com taxa de libertação de energia de 25 MW, o qual foi simulado com uma velocidade de vento de 10 m/s e com porta aberta, mostrou que, o ar quente produzido pelo incêndio sob uma velocidade de vento de 10 m/s não altera a temperatura do ar na zona do refúgio.

Os resultados do FDS demonstraram ainda que, fachadas com varandas com vão de 3 m ou mais dispensavam o sistema de cortina de água, mesmo em situações de incêndio com uma potência de 25 MW e um vento com uma velocidade de 10 m/s, porque o fumo do incêndio não atingia a zona de refúgio.

No entanto, através de três métodos distintos de avaliação da segurança contra incêndios em edifícios, sendo dois de análise quantitativa (Gretnener e Frame), e o terceiro o *software* FDS, Gaspar (2014), analisou o Risco de Incêndio de uma Unidade Industrial de Fabricação de Produtos Petrolíferos Refinados – Refinaria de Matosinhos.

Após a aplicação dos métodos tradicionais (Gretnener e Frame) os resultados revelaram que a fábrica de lubrificantes não oferecia segurança em relação ao risco de incêndio. De igual modo a modelação da zona de armazenamento pelo FDS demonstrou que a falta de compartimentação e sistema de desenfumagem forçada favoreciam uma propagação descontrolada das chamas e do fumo, Figura 2.11.



Figura 2.11. Evolução do fumo, na zona de armazenamento, passados 300 s, (Gaspar, 2014).

Os resultados com FDS mostraram ainda que, em caso de incêndio, a destruição quase por completo de todo o conteúdo da fábrica podia ocorrer em cerca de 5 min.

Cao (2014), a partir do *software* FDS simulou a evacuação de um compartimento, com o objetivo de estudar os impactos do fumo e do calor. Para o efeito, o estudo analisou os parâmetros visibilidade e temperatura, localização do foco do incêndio, carga do incêndio, taxas de libertação de calor e largura da saída.

O compartimento em estudo tinha uma área de  $144 \text{ m}^2$ , com células de  $0,4 \text{ m}$  e uma saída com  $0,8 \text{ m}$  de largura, localizada ao meio da parede direita (Fig. 2.12a). Contudo, o estudo não diz quantos ocupantes foram simulados.

Os focos de incêndio estavam localizados no canto superior esquerdo (Fig. 2.12b) e perto da saída (Fig. 2.12c). Para a combustão usaram-se materiais como madeira (com fuligem  $y = 0,015 \text{ g/g}$ ) e espumas de poliestireno (com fuligem  $y = 0,18 \text{ g/g}$ ). Foram estudadas oito diferentes taxas de libertação de calor, dois tipos de ocupantes: ocupantes lentos cujas velocidades foram de  $1,3 \text{ m/s}$  e ocupantes rápidos cujas velocidades foram duas vezes maior ( $2,6 \text{ m/s}$ ) a de ocupantes lentos. O tempo de pré-movimento foi de  $20 \text{ s}$  para os dois tipos de ocupantes.

A evacuação do compartimento foi também com e sem incêndio. Entretanto, o estudo apurou que, com o mesmo número de ocupantes, cenários sem incêndio tiveram tempo de evacuação menor quando comparados a cenários com incêndio, Figura 2.13. Para o cenário com o foco do incêndio perto da saída (Fig. 2.12c) observou-se que a evacuação ocorreu do canto da saída distante do foco do incêndio o que criou congestionamento e por consequência tornou o tempo de evacuação mais longo quando comparado ao cenário com o foco do incêndio no canto superior esquerdo, Figura 2.12b.

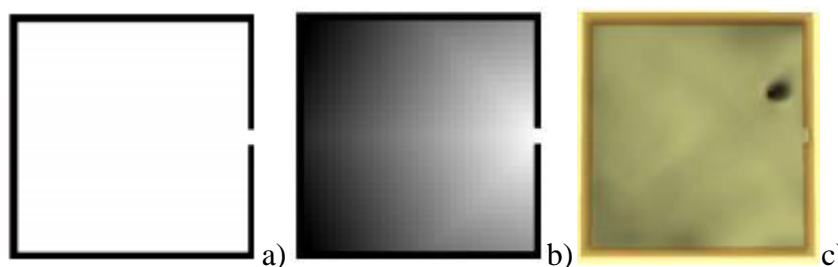


Figura 2.12. Compartimento estudado; a) localização da saída; b) foco de incêndio no canto superior esquerdo e c) foco de incêndio perto da saída, (adaptado de Cao 2014).

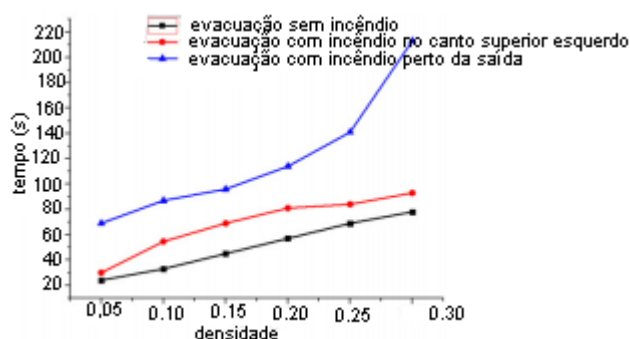


Figura 2.13. Evacuação do compartimento estudado, (adaptado de Cao 2014).

Por outro lado, o estudo concluiu que material de combustão com alto rendimento de fuligem e gás CO afetava severamente a evacuação devido à redução da visibilidade. A taxa de libertação de calor tinha grande efeito sobre a temperatura e visibilidade na sala. Quanto maior a taxa de libertação de calor, mais tempo de evacuação os ocupantes precisavam para sair do compartimento. Relativamente à largura da porta de evacuação o estudo concluiu que o aumento da largura da porta teve impacto na diminuição do tempo de evacuação. Isto é, quanto maior for a largura de uma porta maior é o fluxo de ocupantes a transporem a saída.

### **2.3. Estudos da evacuação de edifícios com recurso a *softwares* diferentes do FDS**

Dias (2013) estudou a partir do modelo numérico Simulex o tempo e a forma como pode ser realizada uma possível evacuação em situação de incêndio para o hospital São João, no Porto, Portugal. Através do modelo numérico Simulex, Dias (2013) confrontou os dados do modelo com as prescrições do Regulamento Técnico de Segurança Contra Incêndio em Edifícios (RT-SCIE), de modo a sugerir melhorias às condições de segurança para evacuação do hospital. Com o programa Simulex foi possível verificar que uma distribuição uniforme das enfermarias por várias zonas do edifício hospitalar ajudaria na evacuação rápida do edifício, bem como no cumprimento de algumas exigências regulamentares, visto que o hospital em estudo tem mais de 50 anos de existência e foi construído numa altura em que a evacuação não era um fator prioritário para a segurança. O programa Simulex mostrou existirem dificuldades de os ocupantes evacuarem o edifício em tempo útil porque os percursos eram muito maiores que os exigidos no RT-SCIE. Por outro lado, o programa mostrou que, a introdução de vias verticais de evacuação (escadas) externas, bem como a inclusão da compartimentação corta-fogo seriam as soluções práticas e viáveis para a evacuação do edifício. Outro aspeto que o programa mostrou não cumprir as exigências do RT-SCIE é a existência de portas com larguras inferiores às larguras dos corredores a que servem. Este aspeto foi considerado pelo programa Simulex, como estando na origem da diminuição acentuada da velocidade de evacuação, uma vez que portas com larguras inferiores aos corredores que servem levam também ao congestionamento, porque o fluxo nos corredores vai ser maior e menor nas saídas.

Através do *software* EVACNET4, Oliveira (2013) simulou a evacuação de emergência, identificou as saídas de emergência, bem como o tempo necessário para os trabalhadores de uma Oficina de Fabricação de Estruturas Navais, alcançarem o ponto de encontro. As simulações com EVACNET4 não tomaram em consideração os fatores de interferência tais como fatores humanos, entretanto, foi possível estimar o número mínimo de saídas de emergência necessárias para a evacuação total do edifício, assim como o tempo de evacuação. Foram realizadas cinco simulações com diferentes condições de evacuação para um efetivo de

569 ocupantes. O primeiro cenário (Fig. 2.14a) tinha três portas de evacuação e três de emergência que normalmente ficavam fechadas, o segundo cenário (Fig. 2.14b) tinha quatro portas de evacuação e três de emergência fechadas, o terceiro cenário (Fig. 2.14c) registrou um acidente que bloqueou as portas de evacuação DS-2 e 4 mantendo disponíveis duas visto que as três de emergência encontravam-se fechadas, o quarto cenário foi nas mesmas condições do terceiro cenário, todavia aumentou-se o tempo da simulação e o quinto cenário (Fig. 2.14d) também tinha as portas de evacuação DS-2 e 4 bloqueadas mantendo para evacuação as outras duas bem como as saídas de emergência.

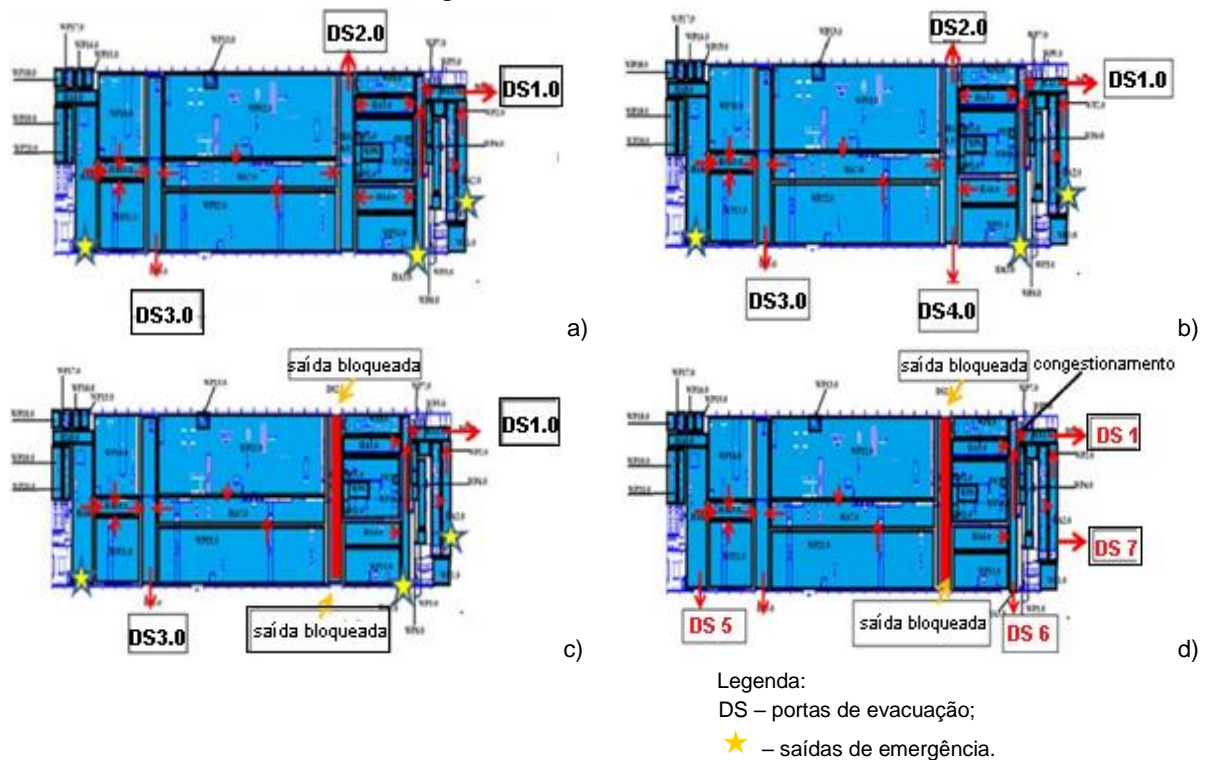


Figura 2.14. Localização das portas de evacuação e de emergência; a) primeiro cenário, b) segundo cenário, c) terceiro e quarto cenários e d) quinto cenário, (Oliveira, 2013).

O estudo apurou que mesmo com as saídas de emergência fechadas seria possível evacuar o edifício, sem que ocorra nenhum incidente, desde que haja um mínimo de três saídas disponíveis. Por outro lado, observou-se que as saídas de emergência foram preponderantes para uma evacuação rápida e para a diminuição do tempo da evacuação.

Montenegro (2016) através dos programas Pathfinder® e Depthmap® procurou identificar e analisar possíveis lacunas nos regulamentos Brasileiros sobre a evacuação de edifícios em situação de incêndio. O estudo comparou os resultados obtidos a partir da aplicação dos regulamentos com o das modelações numéricas. Com o programa Pathfinder® analisou o movimento dos ocupantes durante a evacuação assim como o tempo de evacuação e com o Depthmap® estudou a configuração do edifício e sua relação com o movimento dos

ocupantes bem como o posicionamento das saídas de emergência nos edifícios. O estudo a partir de Pathfinder® concluiu que o tempo de evacuação de um edifício nem sempre está relacionado com a distância a percorrer entre o local de permanência até transpor a porta de evacuação mais próxima, pois o congestionamento também contribuía para o aumento do tempo de evacuação. Outra conclusão obtida através do uso do programa Pathfinder® foi de que, a evacuação total de um edifício, com recurso a escadas leva ao congestionamento e por conseguinte ao aumento do tempo de evacuação. Assim, o estudo sugeriu que o dimensionamento das vias verticais de evacuação (VVE) deveria basear-se no desempenho. Entretanto, com o programa Depthmap® o estudo, praticamente, chegou aos mesmos resultados do Pathfinder®. Depthmap® demonstrou que a existência de vias de evacuação que se interligam criam mais possibilidades a ocupantes familiarizados com o edifício se moverem o mais rápido possível, porém, podem ser obstáculos para ocupantes pouco familiarizados com o espaço em causa.

### **2.4. Fatores que influenciam a evacuação de edifícios em incêndio**

O estudo da evacuação de edifícios, dentre várias análises, remete à análise do comportamento dos ocupantes do compartimento ou edifício a simular diante de uma situação de incêndio. O incêndio através dos gases tóxicos libertados pela matéria em combustão incapacita os ocupantes criando-lhes queimaduras nas vias respiratórias, asfixia e irritação pulmonar. Por outro lado, os caminhos de evacuação ficam cheios de fumo e, de modo consequente, as saídas de emergência tornam-se inacessíveis.

Segundo Purser (2002), o incêndio ao se desenvolver dentro de um compartimento aumenta a temperatura interna para valores muito elevados e insustentáveis para o corpo humano. O limite sustentável da temperatura para um incêndio que produzisse um ar seco seria de cerca de 115 °C. Infelizmente, em incêndio, o teor de vapor de água é bastante alto e o limite sustentável da temperatura do ar, por um período de exposição de 30 min, é de cerca de 60 °C. O Quadro 2.2 apresenta os limites de sustentabilidade do corpo humano para radiação e convecção. Assim, o presente trabalho assumiu uma temperatura de 80 °C considerando-a do lado da segurança. A temperatura máxima de 80 °C abaixo da camada livre do fumo é, também, prevista nos critérios de dimensionamento com base no desempenho das autoridades de construção suecas, para condutas das instalações de desenfumagem, (Sub-Committee on Fire Protection – S-CFP, 2001).

A exposição ao incêndio num determinado compartimento/edifício corresponde ao período entre a origem do incêndio e a da evacuação do último ocupante do compartimento.

O incêndio através do fumo e gases torna os caminhos de evacuação invisíveis, retardando deste modo a velocidade dos ocupantes, irritação nos olhos e vias respiratórias, bem como a



inacessibilidade das saídas de emergência e eventual pânico. A irritação nos olhos faz com que os ocupantes não visualizem distâncias de mais de 3 m, e assim dificilmente alcançam as saídas de emergência, porque é difícil manter os olhos abertos e obriga-os a andarem a zigzaguar ou encostados a paredes laterais (Jin 1997, Fowler 2003, e Yamada & Akizuki 2016).

Quadro 2.2. Limite de sustentabilidade para a Radiação e Convecção, (adaptado de Purser, 2002).

<b>Modo de produção</b>	<b>Intensidade</b>	<b>Tolerância do tempo</b>
Radiação	<2,5 kW/m <sup>2</sup>	>5 min
	2,5 kW/m <sup>2</sup>	30 s
	10 kW/m <sup>2</sup>	4 s
Convecção	<60 °C 100% saturado	>30 min
	100 °C <10% H <sub>2</sub> O	8 min
	110 °C <10% H <sub>2</sub> O	6 min
	120 °C <10% H <sub>2</sub> O	4 min
	130 °C <10% H <sub>2</sub> O	3 min
	150 °C <10% H <sub>2</sub> O	2 min
	180 °C <10% H <sub>2</sub> O	1 min

Os limites de sustentabilidade para a radiação e convecção propostos no quadro acima foram baseados no tempo de dor para uma pele humana desprotegida.

Jin (1975) defende que em situação de incêndio, quando os ocupantes alcançam vias horizontais de evacuação com fumo, tendem a voltar para trás, em vez de continuarem a marcha. Em situações de incêndio pela retaguarda, as pessoas tendem a mover-se através do fumo, estando deste modo impedidos de continuarem a evacuar, bem como alcançarem zonas seguras: câmaras corta-fogo, zonas de refúgio e/ou pontos de encontro. Por outro lado, a norma britânica PD 7974-6 (2004) advoga que, as pessoas em zonas de fumo diminuem a velocidade de deslocamento, quer pela densidade de fumo (visibilidade), quer pelas suas propriedades tóxicas e irritantes, Quadro 2.3.

Um estudo de Bryan, citado por Coelho (2009), no qual estudava o comportamento de pessoas envolvidas em incêndios, inquiriu 584 pessoas e observou que 62,7% das pessoas envolvidas atravessaram espaços cheios de fumos, todavia com uma visibilidade média de 3 m, 29,2% interromperam em determinado momento o seu movimento e voltaram para trás, sendo cerca de 53,3% homens e 46,7% mulheres.

Interessa sublinhar que, a redução da visibilidade depende de certos fatores: composição e concentração do fumo, tamanho das partículas e a forma como se distribuem ao longo do

compartimento e nas vias de evacuação, o tipo da iluminação e o estado físico-mental da pessoa envolvida pelo fumo, (Seito, et al. 2008).

Quadro 2.3. Efeitos do fumo na visibilidade e na velocidade de deslocamento (adaptado de PD 7974-6: 2004 e Jin, 1975).

Densidade de fumo e densidade ótica de fumo irritante	Visibilidade aproximada e iluminação difusa	Efeitos reportados
Nenhum	Não afetado	Velocidade de deslocamento de 1,2 m/s
0,5 (1,15) não irritante	2 m	Velocidade de deslocamento de 0,3 m/s
0,2 (0,5) irritante	Reduzida	Velocidade de deslocamento de 0,3 m/s
0,33 (0,76) misturado	3 m	30% das pessoas voltam atrás em vez de prosseguir com a fuga
Limites sugeridos de edifícios com:		
Pequenos espaços e curtas distâncias		OD <sup>1</sup> /m = 0,2 (visibilidade de 5 m)
Grandes espaços e longas distâncias		OD/m = 0,08 (visibilidade de 10 m)

Os níveis de oxigénio presentes no compartimento em combustão são outros fatores que, têm contribuído para risco dos ocupantes do compartimento. Os 21% de oxigénio da atmosfera são consumidos durante o desenvolvimento de uma combustão. Isto tem implicações diretas sobre o bem-estar e a saúde dos ocupantes do local. A concentração de oxigénio com valores abaixo dos 16%, põe em risco a vida humana. As pessoas necessitam de 10 L/min de oxigénio em cerca de 20 inspirações de 0,5 L/cada. O oxigénio nestas inspirações deve estar na concentração de 16%.

Os ocupantes podem, por seu turno, influenciar o rápido desenvolvimento do incêndio, com ações tipo abrir portas e janelas do compartimento em combustão, o que permite a entrada do ar, tornando o incêndio controlado pela ventilação, ou retardarem o desenvolvimento do mesmo mantendo as portas e janelas fechadas, bem como o acionamento dos dispositivos de proteção e combate ao incêndio.

No programa FDS+Evac um dos fatores que influencia o comportamento das pessoas durante a evacuação é, a seleção das saídas de evacuação. A escolha da saída a usar por um ocupante é baseada na análise individual, atendendo a posição do ocupante em relação às saídas de emergência e a posição dos demais ocupantes do mesmo compartimento. O ocupante seleciona a via de evacuação que no seu entender é a mais rápida. Para além da escolha da via mais rápida, outros fatores que têm influenciado a seleção das saídas pelos ocupantes de um edifício em incêndio são a familiaridade das saídas de emergência e a visibilidade das vias de evacuação (os ocupantes tendem a percorrer as vias com pouco fumo).

<sup>1</sup> Densidade ótica do fumo

O número dos ocupantes a evacuar no edifício influencia a velocidade individual através dos movimentos em massa. Os primeiros ocupantes do grupo, isto é, os que se encontram à frente da fila, são os que maior impacto têm no deslocamento e velocidade dos demais.

## 2.5. Tempos de evacuação de edifícios em situação de incêndio

Na modelação da evacuação de edifícios, fundamentalmente, está em análise o tempo disponível para evacuar o edifício sem que os ocupantes sofram as consequências do incêndio.

O sucesso da evacuação tem em conta certas condições, quer sejam elas ligadas aos ocupantes, quer sejam relacionadas à estrutura do edifício. Quanto aos ocupantes há a destacar o estado de saúde, que pode condicionar a mobilidade dos mesmos, sua atenção e familiaridade com o som dos alarmes, familiaridade com a geometria do edifício (maior domínio dos caminhos de evacuação e saídas de emergência) e formação em matéria de evacuação em situação de emergência/incêndio. Relativamente à estrutura do edifício, esta pode ou não facilitar a evacuação dos ocupantes. A existência e eficácia da sinalização de emergência pode ajudar a orientar os ocupantes a encontrarem as saídas de emergência.

Para Papinigis, et al. (2010), a determinação dos tempos de evacuação tem em consideração as características físicas das pessoas, no que concerne ao número de ocupantes, velocidade de deslocação dos mesmos e coeficiente do fluxo de saída.

Uma evacuação é considerada segura se o tempo necessário para evacuar em segurança for menor ao tempo disponível para uma evacuação também segura, Fig. 2.15, (Proulx, 2002). O tempo deve ser estimado através de modelos de propagação do fogo - evacuação, para o caso vertente de incêndio, ou mesmo de risco de colapso estrutural, para situações de terremotos.

O tempo de deteção trata-se do tempo desde a ignição até à deteção do incêndio, por um sistema manual ou automático. Todavia, é de sublinhar que, o tempo de deteção depende de certos fatores como: o cenário do incêndio, o bom funcionamento do sistema de deteção instalado e a capacidade dos ocupantes para detetarem ou confirmarem o incêndio.

O tempo de alarme integra o tempo de deteção até ao desencadear do alarme geral. O alarme geral, é o “alarme emitido para difundir o aviso de evacuação à totalidade dos ocupantes de um edifício ou de um estabelecimento. Nos locais onde existam pessoas limitadas na mobilidade ou na capacidade de perceção e reação a um alarme (como é o caso dos hospitais), destina-se também a desencadear as operações destinadas a apoiar a evacuação das referidas pessoas com limitações”, (artigo 6º, Portaria nº 1532/2008, de 29 de dezembro).

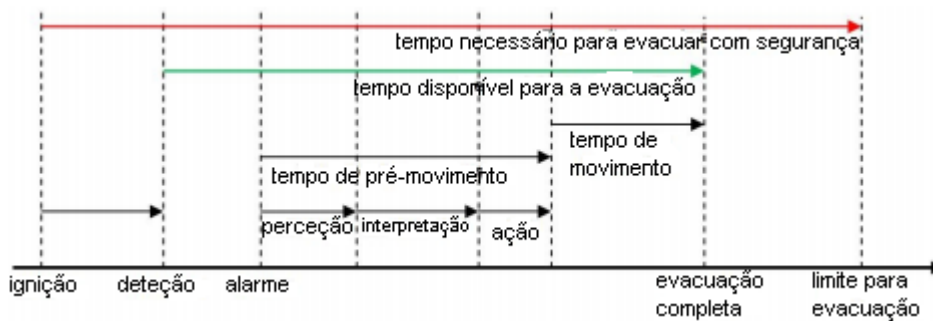


Figura 2.15. Tempo necessário para uma evacuação segura (adaptado de Proulx, 2002).

O tempo de pré-movimento é analisado desde a detecção ou emissão do alarme até ao momento em que o primeiro ocupante inicia a deslocação em direção à saída mais próxima. Entretanto, o tempo de pré-movimento subdivide-se pelo tempo de reconhecimento e tempo de resposta ou tomada de decisão (Purser & Bensilum, 2001).

- Reconhecimento – é o tempo da percepção do alarme geral pelos ocupantes.
- Resposta – corresponde ao tempo do início da evacuação do edifício pelos seus ocupantes.

Para estimar o tempo de pré-movimento deve-se segundo PD 7974-6 (2004) se ponderar uma série de fatores, dos quais podem estar ligados às condições arquitetónicas do edifício, estado e tipo de alarme de incêndio, características dos ocupantes (idade e estado de saúde), número e localização dos ocupantes, localização do incêndio, entre outros. Neste contexto a tese definiu os pré-movimentos segundo as características dos ocupantes, localização do foco do incêndio e dos elementos disponíveis para a evacuação do edifício.

Por último o tempo de evacuação é o tempo da saída do local de permanência para um lugar seguro, dentro (zona de refúgio) ou fora do edifício (ponto de encontro). Ou seja, tempo necessário para que todos os ocupantes de um edifício, ou de parte dele, atinjam uma zona de segurança, a partir da emissão do sinal de evacuação (artigo 4º, Anexo I, da Portaria 1532/2008, de 29 de dezembro).

De acordo com Marchant citado em vandeLeur (2005), o tempo de evacuação pode ser representado pela seguinte equação:

$$t_{escape} = t_{perc} + t_{aware} + t_{travel} \quad (2.1)$$

Onde:

$t_{perc}$  – é o tempo entre a ignição do incêndio à percepção da emergência;

$t_{aware}$  – é o tempo entre a percepção da existência de um incêndio e a consciência da necessidade de evacuar;

$t_{travel}$  – é o tempo de evacuação para um lugar seguro.

Contudo, pode-se afirmar que, o cálculo do tempo para a evacuação é a soma dos tempos parciais: desde a eclosão do incêndio, ou seja, a ignição, terminando com a saída do último ocupante do edifício em combustão. Por outro lado, o tempo necessário para a evacuação depende da localização dos ocupantes no edifício, do número de ocupantes e do número de saídas de emergência disponíveis (Hurley, et al. 2015).

O tempo de pré-movimento para situações de evacuação iniciada após sinal de alarme, não orientada e orientada por sistema de evacuação por voz difundida através de altifalantes, é segundo Gwynne, et al. (2003), o tempo gasto pelo ocupante antes de começar a evacuar, dado que o alarme já foi levantado. O tempo do pré-movimento foi estimado a partir de resultados dos exercícios de simulacros de incêndio (gravados em câmaras de vídeos) e entrevistas a vítimas de incêndios, Proulx (2002). Conforme a ocupação, o tempo de pré-movimento é o constante do Quadro 2.4, para uso na Grã-Bretanha e, a princípio, adotado para uso universal.

Quadro 2.4. Tempos de pré-movimento segundo a ocupação, (adaptado do BSI DD240, 1999, citado em Gouveia & Etrusco, 2002).

Ocupação	Tempos de pré-movimento $t_{pre}$ [s]		
	Ruído do alarme	Evacuação não orientada	Evacuação orientada
Hospitais	480	300	<b>180</b>
Residências	360	240	120
Hotéis	300	240	120
Locais de reunião	300	180	120
Estádios	300	180	120
Centros comerciais	300	180	120
Gares de transporte	240	180	60
Escritórios	240	180	60

O pré-movimento dos ocupantes iniciado em 180 s do incêndio é, segundo PD 7974-6 (2004) observável nos casos em que o incêndio ocorre com o hospital a registrar um número assinalável do pessoal médico, enfermeiro e/ou auxiliar bem treinado para evacuações, existência de detecção automática, bem como de um alarme de voz.

Uma modelação da evacuação próxima à realidade, implica necessariamente o conhecimento da forma como se processa o movimento dos ocupantes do edifício, durante uma emergência.

Vários estudos, entre eles os de Gwynne, et al. (2003), e Kuligowski (2009), sobre o comportamento das pessoas perante uma situação de emergência/incêndio concluíram que antes dos ocupantes tomarem a decisão de evacuar, primeiro preocupam-se com a

interpretação dos sinais que lhes são emitidos, em seguida análise das informações a serem difundidas, em terceiro lugar interpretação da situação e do risco e por último tomada de decisão em o que fazer.

Entretanto, a experiência com as evacuações mostra que, os ocupantes do edifício que já estiveram em situação de emergência/incêndio no passado têm a tendência de serem os primeiros a evacuem o edifício.

## 2.6. Velocidades de deslocamento

A velocidade de deslocamento em situação de incêndio é quase sempre influenciada por vários fatores, como: tipo de deslocamento, condições de deslocamento, tipo de ocupantes e as condições arquitetônicas do edifício a evacuar.

Estudos de Nelson & Mowrer (2002) que também são de uso Britânico segundo PD 7974-6 (2004) concluíram que, a velocidade de deslocamento de ocupantes sem limitações físicas que, ocorre em edifícios com vias de evacuação sem obstáculos, varia entre 1,2 a 1,25 m/s. A velocidade de marcha varia consoante a densidade populacional, isto é, a velocidade de 1,2 a 1,25 m/s é observável nos casos em que a densidade populacional é inferior a 0,54 pessoas/m<sup>2</sup>, acima desta densidade a velocidade diminui na proporção do aumento da densidade. Nos casos em que a densidade populacional excede 3,8 pessoas/m<sup>2</sup> a velocidade de deslocamento é considerada nula, de acordo com a seguinte equação:

$$S = k - akD \quad (2.2)$$

Onde:

S – velocidade de evacuação (m/s);

D – fator de densidade das pessoas, por unidade de área (pessoas/m<sup>2</sup>);

k – constante dependente do tipo de via de evacuação. O k é igual a 1,4 em trajetos horizontais, seja em corredores, rampas e/ou portas;

a – constante igual a 0,266 m<sup>2</sup>/pessoa.

Estudos da velocidade de deslocamento de pacientes em hospitais, bem como da decisão de evacuar, desenvolvidos por Jiang, et al. (2014) mostraram que, pacientes caminhavam lentamente em edifícios hospitalares, quando comparados com pessoas saudáveis em edifícios públicos comuns, Quadro 2.5. Em situações de emergência os pacientes tendiam a pedir ajuda às equipas de evacuação do hospital e mais de 1/3 eram propensos a perder orientação.

Quadro 2.5. Velocidade de caminhada em itinerários simples e retos no edifício do hospital (adaptado de Jiang, et al., 2014)

Caraterísticas humanas	Idade	Amostra	Velocidade mínima (m/s)	Velocidade máxima (m/s)
Saudáveis	Crianças	300	0,81	1,10
	Idosos	300	0,50	0,81
Doentes	Crianças	300	0,54	0,70
	Idosos	300	<b>0,45</b>	<b>0,60</b>

Um estudo similar a de Jiang, et al. (2014), desenvolvido por Rodrigues, et al. (2014), concluiu que as pessoas demoravam reagir diante de uma situação de incêndio, onde nos primeiros minutos comportavam-se como se estivessem paralisadas, sem acreditar no perigo que corriam.

Proulx (2002), num estudo desenvolvido com vista a analisar a velocidade de deslocamento de pessoas adultas com incapacidades físicas e/ou cognitivas, considerou uma velocidade média de cerca de 0,45 m/s, para pessoas idosas e crianças com menos de 6 anos. Nos casos em que os adultos transportavam certas bagagens, ou traziam consigo crianças à mão, a velocidade de deslocamento variou entre 0,22 a 0,79 m/s.

Em 1999 a revista *fire technology* publicou um estudo experimental (Quadro 2.6) do grupo de pesquisa *Fire SERT* da Universidade de Ulster, Irlanda do Norte, relativo a velocidades de deslocamentos em superfícies horizontais, que envolveu 155 pessoas com necessidades físicas que visitavam regularmente 5 Centros Dia, no qual se concluiu que a velocidade de deslocamento variava segundo o grau de necessidade da pessoa, (Proulx, 2002, e Shi, et al., 2009).

Importa destacar que para efeitos de simulações da presente tese de doutoramento, o intervalo de velocidade usado foi o de pessoas que se deslocam de andarilho (0,1 a 1,02 m/s), porque se considera aplicável para evacuação de hospitais que se supõe que os seus ocupantes sofreram uma intervenção cirúrgica ou estão internados numa enfermaria ou sala de urgências. A evacuação de alguns destes ocupantes/pacientes é feita em camas e por profissionais de saúde, o que pressupõe que a velocidade das mesmas seja maior a de pessoas em andarilhos, todavia atendendo o estado de saúde debilitado das pessoas a mover, a velocidade de deslocamento é reduzida para evitar complicar cada vez mais o estado de saúde dos pacientes. Por outro lado, a tese procurou estudar a evacuação dos CCF nos piores cenários possíveis.

Quadro 2.6. Velocidade de deslocamento, em superfícies horizontais, para pessoas com necessidades físicas, (adaptado de Proulx, 2002 e Shi, et al., 2009).

<b>Velocidades em superfícies horizontais</b>				
<b>Grupo de pessoas</b>	<b>Média (m/s)</b>	<b>Desvio padrão (m/s)</b>	<b>Faixa de velocidade (m/s)</b>	<b>Faixa interquartil (m/s)</b>
Média do grupo	1	0,42	0,10 – 1,77	0,71 – 1,28
Com dificuldade de deslocamento	0,8	0,32	0,24 – 1,68	0,57 – 1,02
Sem ajuda	0,95	0,32	0,24 – 1,68	0,7 – 1,02
De muletas	0,94	0,30	0,63 – 1,35	0,67 – 1,24
De bengala	0,81	0,38	0,26 – 1,60	0,49 – 1,08
<b>De andarilho</b>	<b>0,57</b>	0,29	<b>0,1 – 1,02</b>	0,34 – 0,83
<u>Sem dificuldades de deslocamento</u>	1,25	0,32	<u>0,82 – 1,77</u>	1,05 – 1,34
Em cadeira de rodas elétrica <sup>2</sup>	0,89	-	0,85 – 1,77	-
Em cadeira de rodas manual	0,69	0,35	0,13 – 1,35	0,38 – 0,94
Em cadeira de rodas manual com assistência	1,30	0,94	0,84 – 1,98	1,02 – 1,59
Ambulante com assistência <sup>3</sup>	0,78	0,34	0,21 – 1,40	0,58 – 0,92

## 2.7. Incêndios em Hospitais e suas origens

Estudos de incêndios em hospitais, desenvolvidos por Tzeng & Yin (2014), revelaram que, de 1994 a 2004, o Reino Unido registou 10662 incêndios, nos quais 477 pessoas foram evacuadas, 65 feridas e 2 pessoas mortas. Por seu turno, os Estados Unidos da América (EUA) registaram de 2004 a 2006, uma média de 6400 incêndios ocorridos em instalações médicas, resultando em:

- 1,2 mortes por 1000 incêndios;
- 25,6 lesões por 1000 incêndios;
- \$ 5312 em perdas por incêndios.

Dos 6400 incêndios ocorridos em hospitais dos EUA, 55% eram pequenos e confinados em cozinhas; 45% dos incêndios não confinados, 15% começaram na área da lavanderia, 14% em quartos e 10% em áreas de cozinha e utensílios de cozinha. No entanto, dados da *National Fire Protection Association* (NFPA), citados por Pan American Health Organization - PAHO (2014), sobre as 8 grandes causas de incêndio em hospitais dos Estados Unidos, apontaram as cozinhas como locais que mais incêndios registam, Figura 2.16.

<sup>2</sup> Amostra de 2 indivíduos

<sup>3</sup> Pessoas que podem andar, mas com dificuldades ou que têm deficiência que afeta a marcha ou não têm pleno uso de pelo menos um braço ou mão ou carecem de coordenação motora.



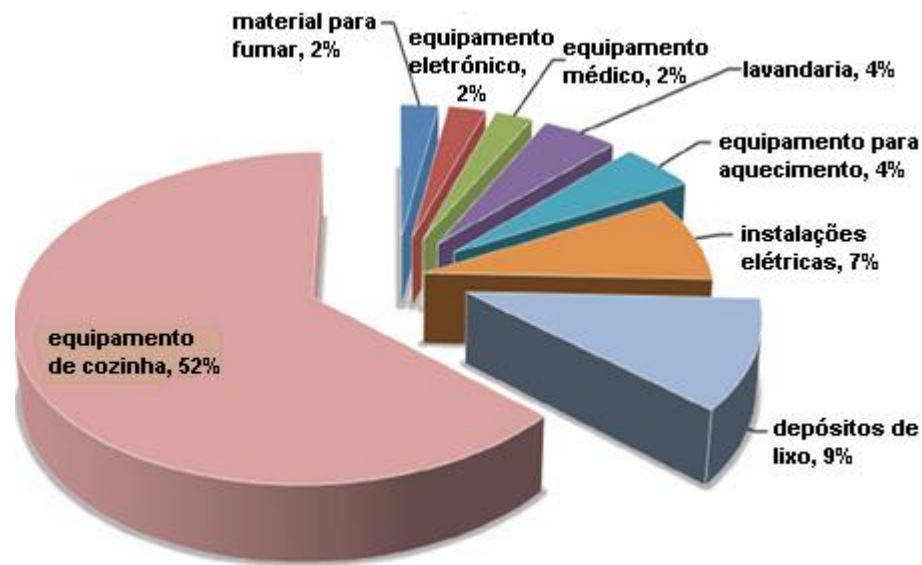


Figura 2.16. As 8 causas de incêndios nos hospitais dos EUA, (adaptado do NFPA citado em PAHO, 2014).

Sternberg, et al. (2004) estudaram as causas dos incêndios em hospitais e concluíram que mais de 50% das evacuações ocorriam por causa de ações levadas a cabo pelos utentes (entre as várias ações constam os incêndios provocados por pacientes). Childers & Taaffe (2010) em estudo similar concluíram que, a maioria das evacuações hospitalares eram causadas por situações de emergência interna, tais como incêndios e falhas de serviço público.

Almeida, et al. (2012) e Chowdhury (2014) estimam que 100 incêndios ocorrem por ano em salas de cirurgia, nos Estados Unidos da América. Almeida, et al. (2012) acrescentam que, a fonte de ignição frequentemente envolvida é o bisturi elétrico que, é utilizado em aproximadamente 85% das cirurgias e está relacionado com 100% dos incêndios associados à assistência anestesiológica. Por outro lado, diz que é difícil determinar a incidência real dos incêndios, visto que a literatura apenas descreve os casos em que houve lesões ou mortes dos doentes. Por seu turno, Chowdhury (2014) sublinha que, dos 100 incêndios anuais, 20 causaram ferimentos graves, que chegaram a causar uma a duas mortes por ano.

## 2.8. Evacuação de Hospitais em Situação de Incêndio

Uma evacuação hospitalar bem-sucedida, em situação do incêndio, depende essencialmente do número de pessoas qualificadas em matérias de evacuação e disponível, para em caso de incêndio intervirem imediatamente. O conhecimento do alvo da evacuação e do número mínimo de pessoas necessárias para intervir em caso de emergência é fundamental para salvar vidas de muitos pacientes (PAHO, 2014).

Os hospitais não são geralmente evacuados como a maioria de outros edifícios, porque o maior número dos pacientes internados não têm condições de se moverem com os seus

próprios meios. A generalidade dos pacientes é não-ambulatorio em graus variados e muitos estão em sistemas de apoio à vida. Portanto, o edifício e os diversos funcionários devem estar preparados para conter o incêndio, combater e controlar enquanto o hospital estiver ocupado. A responsabilidade de contenção e controle de um incêndio recai, inicial, sobre o pessoal do hospital. Segundo Augustine & Schoettmer (2005), NFPA 101 (2009), Wei-Wen, et al. (2011), Loria (2012), e Venezia (2012) é imperativo que cada funcionário esteja familiarizado com o plano de emergência interno de incêndio do hospital e conheça a ação apropriada a tomar no caso de ocorrer um incêndio. Wei-Wen, et al. (2011) acrescenta que, a existência de um número adequado de pessoal de enfermagem que recebeu treino eficaz de segurança contra incêndio é a melhor primeira linha de combate ao incêndio.

Greene (2005), citado por Tayfur & Taaffe (2009) diz que, muitos funcionários dos hospitais consideram a evacuação do Hospital como um último recurso. Ademais Tayfur & Taaffe (2009) defendem que, um hospital é muitas vezes considerado parte integrante do plano de resposta de emergência do município ou estado (i.e., os municípios e organizações humanitárias, muitas vezes dependem de hospitais para fornecer a capacidade de triagem durante uma emergência), motivo pelo qual os gestores dos hospitais preferem não os fechar.

A Association of periOperative Registered Nurses - AORN (2007) salienta que, um plano de evacuação é uma componente essencial da gestão de emergências. Os planos de evacuação horizontal e vertical devem ser compatíveis às instalações de cuidados de saúde, para nos casos em que não se pode oferecer um atendimento seguro e adequado dos pacientes, estes sejam evacuados. Por seu turno, De-Ching, et al. (2011) e Jiang, et al. (2014) defendem que, saídas de emergência com larguras de 2 m ou superior, bem como instruções de evacuação eficazes são as estratégias mais importantes para uma evacuação eficiente em edifícios hospitalares. No entanto, incêndios (internos ou externos), terremotos, inundações, furacões, interrupções de serviço público, ameaças humanas e derrame de materiais perigosos (internos ou externos) são exemplos de incidentes que possam requerer uma evacuação de toda a instalação hospitalar.

### **2.8.1. Especificidades a considerar na evacuação de Hospitais**

O objetivo de uma evacuação é sempre deslocar tão rápido e seguro quanto possível todos os pacientes, visitantes e funcionários que estejam em instalações perigosas. É importante reconhecer que os cuidados e os processos a levar a cabo podem não ser os recomendados em evacuação de emergência.

Muitos dos estudos efetuados relativamente a evacuação de unidades hospitalares em incêndio, são unânimes em não recomendar a evacuação de hospitais. Numa unidade de saúde, as evacuações parciais e/ou mesmo total não são desejáveis, exceto em circunstâncias

extremas. O Massachusetts Department of Public Health - MDPH (2014), PAHO (2014) e Loria (2012), defendem que a evacuação completa de um hospital deve ser considerada como um último recurso, quando não se espera mitigação ou outras medidas de urgência capazes de manter um ambiente de cuidados seguro. Por seu turno Nero & Khorram-Manesh (2013) defendem que, a decisão de evacuar um hospital não é facilmente tomada, porém deve ser tomada sem qualquer hesitação se alguma coisa põe em perigo a segurança dos pacientes, caminhos de evacuação, transporte, entre outras coisas.

Uma revisão da literatura sobre o planejamento das estratégias prioritárias para a evacuação, bem como as prioridades de transporte utilizado nas evacuações reais, mostra uma falta de consenso sobre quais os pacientes a transferir em primeiro, entre os pacientes de cuidados críticos e não-críticos. Por conseguinte, Childers, et al. (2014) apresentaram um modelo de programação dinâmica para evacuações de pacientes em emergência, bem como discutir estratégias de evacuação prioritárias para toda a unidade ou por piso.

Childers, et al. (2014) e Alonso-Gutierrez e Ronchi (2016), apontam como pacientes prioritários a evacuar numa situação de emergência, os que se encontram em perigo iminente. Caso nenhum grupo de pacientes esteja em perigo iminente, deve se evacuar primeiro os pacientes em cuidados não-críticos e por último os de cuidados críticos.

Os pacientes serão, quando possível, evacuados na horizontal a partir da área de incêndio, através de portas corta-fogo, para uma área segura ou zona de refúgio, situada no mesmo nível do compartimento em chamas. A ordem de evacuação deve ser dada por uma entidade superior do hospital, porém na ausência desta a gestão dos incidentes deve ser assumida pelos outros membros da equipa, atendendo que existe uma cadeia de comando pré-determinada, (Louisiana State University Health Sciences Center - LSUHSC, 1999 e Augustine & Schoettmer, 2005). Segundo Johnson (2006), Alonso-Gutierrez e Ronchi (2016), a evacuação deve obedecer a seguinte ordem:

- 1º. Pacientes mais próximos do incêndio;
- 2º. Pacientes ambulatoriais;
- 3º. Pacientes a evacuar em cadeiras de rodas, ou que necessitam de pequena assistência para evacuar;
- 4º. Pacientes a evacuar em cobertor, macas ou outra técnica de evacuação (Fig. 2.17);
- 5º. Pacientes em cirurgia.

Porém, para os casos em que o incêndio tenha origem diretamente na sala de pacientes, não se espera que uma entidade superior dê ordem para se iniciar a evacuação. Qualquer

pessoa/funcionário deve de imediato evacuar os pacientes expostos ao fogo (NYCTP-HEP<sup>4</sup>, 2006).

Os pacientes mais próximos das chamas e do fumo serão os primeiros a evacuar através de caminhos de evacuação seguros, protegidos por portas corta-fogo, para um lugar seguro (dentro do hospital, ou numa zona de refúgio) (NFPA 101, 2009). *Zona de refúgio, local num edifício, temporariamente seguro, especialmente dotado de meios de proteção, de modo a que as pessoas não venham a sofrer dos efeitos diretos de um incêndio no edifício* (Anexo I, da Portaria n° 1532/2008, de 29 de dezembro).

Pacientes ambulatoriais serão perfilados e de mãos dadas. Funcionários de saúde (médicos/enfermeiros) ou do serviço de segurança contra incêndio (de preferência dois) irão dirigir a saída dos ocupantes, estando um à frente da fila e o outro atrás.

Pacientes não-ambulatoriais carecem duma especial atenção para a sua evacuação e mesmo depois da evacuação, porque se supõe que padecem de enfermidades típicas. Isto faz com que sejam evacuados com equipamento de suporte à vida quando possível e necessário, assim como de baterias indispensáveis para o seu funcionamento. Três a quatro pessoas das equipas de evacuação, incluindo um enfermeiro e um terapeuta respiratório, podem ser necessários para evacuar pacientes de cuidados intensivos. Todavia, o oxigénio não deve ser utilizado ao passar por uma área do incêndio.

No caso de pacientes que não podem deslocar pelos seus próprios meios (por exemplo, aqueles que estão em cadeira de rodas ou que têm deficits de mobilidade ou necessidades de cuidados críticos), AORN (2007), LSUHSC (1999), PAHO (2014) e Alonso-Gutierrez & Ronchi (2016), aconselham os funcionários a usarem técnicas de evacuação adequadas (por exemplo, transporte em cadeira, puxar o paciente em cobertor, muleta humano/arraste por duas pessoas, macas de lona deslizante, entre outras práticas, Fig. 2.17), para além de usar as várias equipas de emergência disponíveis para salvar este tipo de pacientes.

---

<sup>4</sup> New York Centers for Terrorism Preparedness and Planning - Hospital Evacuation Protocol.



Figura 2.17. Técnicas de evacuação em emergência nos hospitais (adaptado de Florida Department of Health Hospital Evacuation Toolkit, 2011).

### 2.8.2. Estratégias da Evacuação em Hospitais

A decisão de evacuar é uma decisão difícil. Os pacientes devem evacuar o edifício apenas quando absolutamente necessário. Situações dignas de evacuação incluem perigo representado pelo incêndio, fumo, inundações ou potencial exposição a matérias perigosas. Childers & Taaffe (2010) acrescentam que, a evacuação pode também ser necessária como resultado de danos estruturais da instalação, danificação dos serviços essenciais ou por causa de um potencial de danos impostos pelas mudanças climáticas severas, onde o pessoal médico e os pacientes estão em maior perigo no interior da instalação. No entanto, Iseron (2013) e NYCTP-HEP (2006), defendem que nem todas as emergências vão exigir uma resposta de evacuação de emergência.

A evacuação de hospitais não deve depender do serviço de segurança contra incêndio e salvamento. A sua estratégia de evacuação deve depender só de fatores que estão dentro do seu próprio controlo e ser adequada e eficaz para as instalações em causa. Isto é, o processo de evacuação de hospitais deve estar estabelecido nos planos de emergência interno de cada hospital. Qualquer que seja o sistema de evacuação a usar deve ser apoiado por adequados procedimentos de gestão.

AORN (2007) e Fire Safety Risk Assessment (2006) defendem que, em instalações de saúde, as estratégias de evacuação são suscetíveis de cair em uma ou mais das seguintes modalidades:

- *evacuação fase única;*
- *evacuação horizontal;*
- *evacuação vertical;*
- *evacuação retardada;*
- *evacuação parcial ou de zona;*

- *evacuação total.*

#### **2.8.2.1. Evacuação fase única**

Esta estratégia é apropriada para instalações de saúde onde os pacientes se enquadram predominantemente na categoria “independente”. Isto é, pacientes ambulatoriais em que se espera que, em incêndio sejam capazes de sair rapidamente do edifício, em particular, para um lugar seguro.

#### **2.8.2.2. Evacuação horizontal**

A decisão de evacuar pacientes de um hospital, deve sempre ter em atenção o não agravamento da condição clínica dos pacientes. Os pacientes não são suscetíveis de serem movidos a menos que haja perigo iminente ou, no caso de uma situação de incêndio em desenvolvimento, como medida de precaução. Ao contrário da maioria dos outros edifícios públicos, as estratégias de evacuação hospitalar baseiam-se no conceito de evacuação horizontal em que, os ocupantes são movidos para áreas adjacentes no interior do edifício.

O princípio da evacuação horizontal é segundo Health Technical Memorandum - HTM, 05-02, (2015) e Wallask (2005), o princípio de mover os ocupantes de uma área afetada pelo incêndio, através de vias horizontais de evacuação (VHE) dotadas de portas corta-fogo ou de paredes resistentes ao fogo, para um compartimento adjacente, no mesmo nível, livre do incêndio de modo a proteger os ocupantes dos perigos imediatos do incêndio e fumo. Os ocupantes podem permanecer no compartimento até ao combate completo do incêndio, ou transferidos para um outro compartimento adjacente similar caso o anterior não ofereça segurança, ou direcionados à caixa de escada mais próxima, para uma evacuação pisos a baixo.

Importa observar que, para a evacuação horizontal ser eficaz, depende de uma série de fatores, a destacar:

- sistemas de alarme de incêndio abrangentes, para garantir a deteção precoce do incêndio em qualquer parte do hospital;
- criação de condições estruturais como portas corta-fogo e CCF para conterem o incêndio e reduzir as distâncias a percorrer até encontrar uma via de evacuação;
- gestão hospitalar que assegure procedimentos de resposta, que se consubstanciam na formação adequada dos funcionários e simulacros de rotina, para aperfeiçoamento das funções de cada elemento (no momento de combate ao incêndio real ou mesmo na evacuação do hospital).

### 2.8.2.3. Evacuação vertical

De um modo geral não é aconselhável o uso de elevadores durante uma situação de incêndio, sob pena de os ocupantes ficarem presos, ou o poço do elevador se tornar numa chaminé de ventilação do fogo real. No entanto, em determinadas circunstâncias usar elevadores pode ser um meio adequado de fuga, por exemplo em edifícios de muito grande altura.

Nessas circunstâncias, os elevadores são fornecidos com garantias adicionais<sup>5</sup>, tais como fontes de alimentação duplicadas, sistemas de comunicação protegidos, permitindo o seu uso em emergência de incêndio.

A evacuação vertical com recurso a elevadores é prática para situações em que os pacientes não podem sair pelos seus próprios meios, evacuação de acamados e/ou “carros de emergência”<sup>6</sup>. Por outro lado, são adequados para a circulação de todas as categorias de pacientes, incluindo os obesos.

NYCTP-HEP (2006) defende que, o movimento de pacientes em sentido descendente tenha lugar após o movimento horizontal. O movimento vertical dos pacientes pode ser necessário se o incêndio e/ou fumo estão a ameaçar o piso e os gases tornam o local insustentável e/ou as condições estruturais já não oferecem segurança aos pacientes. No entanto, segundo Wallask (2005), os pacientes devem ser evacuados para zonas de refúgios que se encontrem em pisos inferiores, se possível dois pisos abaixo do envolvido em chamas.

NYCTP-HEP diz ainda que, os pacientes ambulatoriais devem ser evacuados pelas escadas para pisos inferiores, enquanto os elevadores servem aos pacientes incapazes de caminhar.

### 2.8.2.4. Evacuação retardada

Em algumas partes das instalações de saúde pode não ser desejável ou prático evacuar alguns compartimentos imediatamente, por causa de condições médicas ou tratamentos dos seus ocupantes. Nestas circunstâncias, pode ser conveniente permitir que eles permaneçam onde estão enquanto o incêndio é extinto e o perigo passa, ou para prepará-los para a evacuação. Esta estratégia aplica-se por exemplo aos blocos operatórios ou às unidades de cuidados intensivos. Para que esta estratégia possa ser implementada, estes locais devem constituir CCF, para além de possuírem um plano de evacuação adequado à realidade dos locais e à especificidade dos seus ocupantes.

---

<sup>5</sup> Mais informações acerca das garantias adicionais podem ser consultadas no *Firecode* HTM 05-03 *Operational provisions Part E - Escape lifts in health care premises* fornece mais detalhes a precauções adicionais e discute os requisitos de gestão para a utilização de elevadores de evacuação no sector da saúde.

<sup>6</sup> O “carro de emergência” é uma estrutura móvel ou, em certos casos, transportável, que contém um conjunto de equipamentos, fármacos e outros materiais, indispensáveis para a reanimação cardiopulmonares.

Segundo Craighead (2009), a estratégia de evacuação retardada consiste na movimentação temporária dos ocupantes do edifício para zonas de refúgio ou área de assistência de emergência, onde os mesmos podem permanecer em relativa segurança, embora perto da área do incêndio.

#### **2.8.2.5. Evacuação parcial ou de zona**

Evacuação parcial ou de zona, é aquela que prevê uma evacuação imediata e geral das áreas do edifício mais próximas do incêndio. A evacuação parcial pode ser apropriada quando o sistema de proteção contra o incêndio assegure que os ocupantes distantes da zona de evacuação estejam protegidos dos efeitos do incêndio por um tempo razoável. Todavia, a evacuação de zonas adicionais pode ser necessária. Uma vez os ocupantes dos andares envolvidos na evacuação forem realojados, a decisão de evacuá-los ainda mais, usando escadas ou elevadores, ou evacuar andares adicionais, será determinado pelo responsável de segurança contra incêndio, ou pelo corpo de bombeiros.

#### **2.8.2.6. Evacuação total**

Evacuação total ou completa envolve a evacuação de todos os ocupantes do edifício para uma área segura fora do edifício ou para zona de refúgio. Este tipo de evacuação é usado, apenas, como um último recurso.

O tamanho do edifício, o grande número de pessoas, muitas com limitações de movimentos por causa da gravidade das enfermidades, o número limitado dos elevadores, escadas e das pessoas envolvidas no processo de salvamento, tornam impraticável evacuar rapidamente todo o edifício de uma só vez. De acordo com Craighead (2009), citando Council on Tall Buildings and Urban Habitat (CTBUH), a evacuação total, por vezes, pode ser efetuada de forma faseada, isto é, por seções de edifícios. Esta estratégia é conhecida como evacuação por fases. Seito et al., (2008) sugerem a adoção da evacuação faseada, com o intuito de não gerar tumulto e conflitos entre as pessoas a evacuar o edifício.

Um caso de evacuação total ocorreu aquando do incêndio do dia 29/06/2018, que teve início no 6º e último andar de um dos edifícios do Hospital do Cancro de Londrina, Brasil, (RPC Londrina). A evacuação total do edifício hospitalar foi por motivos de precaução, porque o incêndio produzia muito fumo. Entretanto, não se fez referência da hora do início do incêndio, do tempo de combate do mesmo, do número de pacientes, bem como dos funcionários e das equipas de salvamento envolvidas na evacuação do hospital.



## 2.9. Evacuação de Pessoas com Necessidades Especiais

*Pessoas com necessidades especiais são aquelas que se confrontam com barreiras ambientais, impeditivas de uma participação cívica ativa e integral, resultantes de fatores permanentes ou temporários, de deficiências de ordem intelectual, emocional, sensorial, física ou comunicacional. Do conjunto das pessoas com necessidades especiais fazem parte pessoas com mobilidade condicionada, isto é, pessoas em cadeiras de rodas, pessoas incapazes de andar ou que não conseguem percorrer grandes distâncias, pessoas com dificuldades sensoriais, tais como as pessoas cegas ou surdas, e ainda aquelas que, em virtude do seu percurso de vida, se apresentam transitoriamente condicionadas, como as grávidas, as crianças e os idosos, (Preâmbulo, Decreto-Lei nº 163/2006, de 8 de agosto).*

Neste estudo não foram consideradas as pessoas transitoriamente condicionadas, no que apenas se abordaram as 5 categorias gerais de pessoas com necessidades especiais, (Fair Housing Act Design Manual 1998):

- *dificuldades de mobilidade;*
- *deficiências visuais;*
- *deficiências auditivas;*
- *deficiências da fala;*
- *deficiências cognitivas.*

### 2.9.1. Dificuldades de mobilidade

Pessoas com deficiência de mobilidade caracterizam-se pela necessidade de apoio à sua mobilidade por um ou mais dispositivos, como bengalas, muletas, cadeiras de rodas com motor de propulsão ou operada manualmente, ou um carrinho de três rodas ou *scooter*<sup>7</sup>. Estas pessoas caracterizam-se assim pelas seguintes dificuldades: manobras em espaços estreitos, subir e/ou descer escadas, movimentos sobre superfícies irregulares e visualização de itens colocados em alturas convencionais.

### 2.9.2. Deficiência de mobilidade ambulatória

Nesta subcategoria estão incluídas pessoas que podem andar, mas com dificuldade ou que têm uma deficiência que afeta a marcha, ou pessoas que não têm pleno uso dos seus braços ou

---

<sup>7</sup>“Scooter”, é um veículo de duas rodas, acionado por um pequeno motor de explosão, de forma análoga à motocicleta, mas provido de um assento em lugar de selim de montar, e com rodas de menor diâmetro. in Dicionário Priberam da Língua Portuguesa [em linha], 2008-2013, <http://www.priberam.pt/DLPO/scooter> [consultado em 01-12-2015].

mãos ou que carecem de coordenação motora, como pessoas que usam muletas, bengalas, andadores, aparelhos ortopédicos, próteses ou calçados. Pessoas com dificuldades em caminhar, subir degraus ou inclinações e estarem de pé por longo período, também fazem parte deste grupo. De um modo geral, estas deficiências afetam a capacidade de evacuar em emergência, a menos que meios alternativos sejam fornecidos. Jiang, et al. (2014) sustentam que, pessoas com deficiências na mobilidade têm velocidades mais lentas, quanto menor for a largura da passagem menor é a velocidade, o que faz com que necessitem de espaços mais largos para seus movimentos.

### **2.9.3. Deficiências respiratórias**

Pessoas com deficiências respiratórias geralmente podem usar os componentes do sistema de saída, mas podem ter dificuldades em sair com segurança devido ao fumo e gases tóxicos que lhes podem provocar tonturas, náuseas, dificuldades respiratórias, aperto na garganta, ou dificuldade de concentração. Estas pessoas podem exigir pausas para descanso durante a evacuação.

### **2.9.4. Deficiências visuais**

Consideram-se deficientes visuais pessoas com perda de visão, parcial ou total. Algumas pessoas com deficiência visual podem distinguir o claro do escuro, cores contrastantes, ou grande impressão, mas não conseguem ler letras pequenas, caminharem livremente em espaços mal iluminados ou tolerar alto brilho. Muitas pessoas cegas dependem de seu sentido do tato e da audição para perceberem o ambiente em que se encontram ou então usam bengala branca ou um animal de serviço para os conduzir.

De um modo geral, se uma pessoa não pode usar ou operar alguma parte ou elemento de um sistema de construção de saída padrão ou não ter o acesso a informação apresentada, como sinalização, porque esse elemento ou informação requer visão, a fim de ser utilizada ou entendida, então essa pessoa tem uma deficiência visual que pode afetar a sua capacidade de evacuar em caso de emergência/incêndio.

### **2.9.5. Deficiência auditiva**

Pessoas com audição parcial, muitas vezes usam uma combinação de aparelhos de leitura e audição, que desenvolvem e clarificam sons disponíveis. Eco, reverberação e ruído estranho de fundo podem distorcer a capacidade de ouvir. As pessoas surdas ou com dificuldades de audição e que dependem de leitura labial para obter informações devem ser capazes de ver claramente o rosto da pessoa que está a falar. Aqueles que usam a linguagem de sinais para comunicar podem ser adversamente afetadas em situação de incêndio por falta de iluminação (Fair Housing Act Design Manual, 1998, e NFPA, 2016).

As pessoas com dificuldades de audição ou surdas podem ter dificuldades em entender a comunicação oral e em receber notificação pelo equipamento que é exclusivamente auditiva, tais como telefones, alarmes de incêndio e sistemas de endereços públicos. Este facto pode afetar a sua capacidade de evacuar em caso de emergência.

#### **2.9.6. Deficiências da fala**

As deficiências da fala impedem uma pessoa de transmitir informações que exigem a capacidade de falar. Os únicos sistemas em edifícios que podem exigir que, uma pessoa tenha a capacidade de falar são os sistemas de telefone de emergência em áreas de refúgio, elevadores ou locais semelhantes.

#### **2.9.7. Deficiências cognitivas**

As deficiências cognitivas impedem uma pessoa de usar recursos ao seu dispor devido a incapacidade para processar ou compreender as informações necessárias para utilizar esses recursos.

As deficiências cognitivas podem ser causadas por deficiências de desenvolvimento, esclerose múltipla, depressão, alcoolismo, doença de *Alzheimer*, doença de *Parkinson*, lesão cerebral traumática, síndrome de fadiga crónica, acidente vascular cerebral e algumas condições psiquiátricas que provoquem uma diminuição ou incapacidade de processar ou compreender as informações recebidas pelos sentidos. Estes problemas afetam a capacidade de sair em segurança de um edifício em caso de incêndio ou outro tipo de emergência.

#### **2.9.8. Formas de evacuar pessoas com necessidades especiais**

A evacuação de edifícios é difícil e desconfortável para as equipas de salvamento e para as pessoas que estão a ser assistidas. A opção de evacuação segura para pessoas com necessidades especiais, atendendo que estas são na maior dos casos as últimas a sair do edifício, é o abrigo no local, (Proulx & Yung, 1996). Entretanto, Manchester Metropolitan University - MMU (2008) defende que o abrigo no local não deve ser usado como local de espera pelas equipas de salvamento, mas como lugar de descanso ou de espera até que seja seguro sair do edifício.

O abrigo no local consiste em mover as pessoas para um compartimento típico dentro do edifício, ou para uma zona de refúgio. O compartimento de refúgio deve fornecer uma relativa segurança e se possível um telefone com o qual se possa ligar aos serviços de emergência, a comunicar a sua localização, (Dartmouth College, 2005 e MMU 2008).

As pessoas devem ser transportadas da zona de incêndio ou de emergência, para uma zona segura, com auxílio das cadeiras de evacuação ou de terceiros. Para tal é necessário, segundo as necessidades especiais da pessoa a evacuar o edifício, observar os seguintes passos:

#### **2.9.8.1. Pessoas com mobilidade limitada**

Pessoas com mobilidade limitada são indivíduos com qualquer tipo de limitação no movimento e não necessariamente apenas os utilizadores de cadeira de rodas. Na verdade, as pessoas com mobilidade reduzida podem ser classificadas em diferentes categorias; as duas mais comuns são pessoas semi-ambulantes e não-ambulantes, isto é, com ou sem capacidade de algum grau de mobilidade (Sime 1987). Devido a estas diferenças, os procedimentos a ter em conta no momento de mover estas pessoas não devem necessariamente ser os mesmos para todos os ocupantes com mobilidade reduzida.

A literatura diz que pessoas semi-ambulantes, geralmente, movem-se mais rapidamente sem qualquer ajuda direta. A melhor maneira de ajudar é garantir um livre movimento, de modo a não ficarem presas em caminhos de evacuação ou escadas lotadas, (Proulx & Pineau 1996).

Pessoas não-ambulantes são aquelas que não se podem mover por si próprias, de qualquer maneira, e o devem fazer através de uma cadeira de rodas ou transportadas por terceiros. É o tipo de pessoas para quem a questão de evacuar em emergência é de maior preocupação. Muita das vezes devido a largura da maioria das escadas, é difícil que alguém seja levado a descer as escadas usando uma cadeira de evacuação, enquanto outros ocupantes (sem restrições na mobilidade) estejam ainda a evacuar das mesmas escadas. Koo, et al. (2012), Noh, et al. (2016) advogam que, os ocupantes em cadeiras de rodas movem-se em ritmo lento e ocupam grandes espaços, o que pode bloquear as vias e afetar significativamente a evacuação do edifício. Pessoas com mobilidade reduzida, geralmente, têm que esperar até que os outros ocupantes evacuem primeiro para deixarem a escada livre. Assim, é importante que o edifício tenha uma zona de refúgio, ou outra área de espera adequada para pessoas com mobilidade reduzida. Dependendo do projeto de construção, o patamar da escada pode servir como área de espera (Proulx & Pineau, 1996 e MMU, 2008). Segundo a BS 9999 (2008) a área de espera deve ter o mínimo de 0,90 m x 1,40 m.

Importa salientar que, é da responsabilidade do acompanhante da pessoa com necessidades especiais, logo depois de o colocar em lugar temporariamente seguro, comunicar as equipas de emergência para o salvamento.

Na atualidade, existem cadeiras de evacuação específicas para transportar pessoas com dificuldades na mobilidade de subir e/ou descer escadas, Figura 2.18. Diferentes modelos típicos têm um número de rodas auxiliares que facilitam a passagem pelas escadas,

proporcionando deste modo uma condução suave durante a descida. A maioria é também equipada com freios, correias e andarilho que garantem a segurança da pessoa.



Figura 2.18. Cadeira de rodas com capacidade de evacuar em emergência (Macalux).

### 2.9.8.2. Pessoas cegas ou com baixa visão

A familiaridade com a construção é um fator primordial no comportamento da evacuação dos ocupantes com deficiência visual. Ocupantes que estão familiarizados com a construção, normalmente, não têm problemas quando usam o caminho de saída habitual, a menos que a via seja inacessível ou insegura. No caso em que tais ocupantes têm de usar uma via desconhecida para evacuar, ou não estejam familiarizados com o edifício, precisam, no entanto, de orientação para evitar obstáculos e alcançar um lugar seguro. Sørensen & Dederichs (2015) sustentam que, os deficientes visuais familiarizados com o edifício caminham nas escadas em velocidades comparáveis aos outros, especialmente quando os degraus das escadas seguem um padrão consistente.

Atendendo que a pessoa a evacuar é cega, o acompanhante deve lhe prestar, para além de auxílio durante a evacuação, informação precisa da emergência/incêndio e da sua localização, assim como fornecer detalhes sobre a direção a tomar e a localização de obstáculos ao longo do caminho.

### 2.9.8.3. Deficientes auditivos

As pessoas sofrem de deficiências auditivas em graus variados. Algumas pessoas têm faixas específicas do espectro sonoro que não podem ouvir, por exemplo, pessoas de idade avançada e com problemas auditivos não podem ouvir frequências elevadas, porque podem impedir a percepção de alarmes de incêndio, (Nober, et al. 1990, citado por Proulx & Pineau, 1996). Para

dar conta desta variedade de deficiências, procedimentos de evacuação devem ser adaptados para acomodar pessoas com deficiências auditivas. Há a destacar dois procedimentos, onde o primeiro, o mais importante, consiste num plano de alerta, uma vez que o alarme sonoro de incêndio pode não ser percebido. Em segundo lugar, as instruções durante uma emergência devem ser fornecidas por pessoas, em vez dos meios do sistema. Para acelerar a percepção do perigo que corre como da necessidade de evacuar de imediato, as instruções visuais em cartazes com dizeres e imagens do fogo podem constituir a forma mais simples e rápida de alertar.

## **2.10. Regulamentação de Segurança Contra o Incêndio em Hospitais**

### **2.10.1. Portugal**

A regulamentação portuguesa de segurança contra o incêndio em edifícios rege-se por dois dispositivos básicos, o Decreto-Lei nº 220/2008, de 12 de novembro, (que aprova o Regulamento Jurídico de Segurança Contra o Incêndio em Edifícios – RJ-SCIE) e a Portaria nº 1532/2008, de 29 de dezembro (que aprova o Regulamento Técnico de Segurança Contra o Incêndio em Edifícios – RT-SCIE).

O decreto-lei nº 220/2008, de 12 de novembro, classifica os hospitais como utilizações-tipo V, onde também estão incluídos os lares de idosos. As utilizações-tipo hospitalares e lares de idosos, correspondem a edifícios ou partes de edifícios recebendo público, destinados à execução de ações de diagnóstico ou à prestação de cuidados na área da saúde, com ou sem internamento, ao apoio a pessoas idosas ou com condicionalismos decorrentes de fatores de natureza física ou psíquica, ou onde se desenvolvam atividades dedicadas a essas pessoas, nomeadamente hospitais, clínicas, consultórios, policlínicas, dispensários médicos, centros de saúde, de diagnóstico, de enfermagem, de hemodiálise ou de fisioterapia, laboratórios de análises clínicas, bem como lares, albergues, residências, centros de abrigo e centros de dia com atividades destinadas à terceira idade. O mesmo decreto-lei, no nº 4, artigo 10º, classifica os quartos, enfermarias, salas de estar ou refeições ou para outras atividades, assim como as respetivas circulações horizontais exclusivas, afetos à utilização-tipo V, como locais de risco D. Esta classificação abrange ainda locais destinados ao ensino especial de deficientes, assim como a salas de dormida, de refeições e de outras atividades, respetivas circulações horizontais exclusivas, afetos à utilização-tipo IV, mas destinadas a crianças com idade inferior a 6 anos.

No que diz respeito a evacuação de locais de risco D, que são parte de compartimentos de hospitais, é prevista no artigo 60º, da portaria nº 1532/2008, de 29 de dezembro, o mobiliário, os equipamentos e os elementos decorativos devem ser dispostos de forma que os percursos até às saídas sejam clara e perfeitamente delineados. Por outro lado, as saídas dos locais de

risco D devem conduzir, diretamente ou através de outro local de risco D, a vias de evacuação protegidas ou ao exterior do edifício.

O artigo 230º, do RT-SCIE, que também trata dos locais do risco D diz que, os espaços de internamento de doentes ou de alojamento de idosos destinados a pessoas cuja mobilidade ou capacidades de perceção e reação a um alarme sejam mais limitadas, ou os ocupados por crianças até seis anos de idade, devem situar-se em pisos próximos do piso de saída para o exterior do edifício. Os blocos de operações, os blocos de partos e as unidades de cuidados intensivos não devem ser contíguos a locais de risco C (locais que apresentam riscos agravados de eclosão e de desenvolvimento de incêndio devido, quer às atividades nele desenvolvidas, quer às características dos produtos, materiais ou equipamentos nele existentes, designadamente à carga de incêndio).

Relativamente a localização dos locais de risco D, em pisos próximos ao piso de saída é também prevista na literatura internacional que analisa a evacuação de pacientes em hospitais. A literatura critica de certo modo a colocação de compartimentos administrativos em pisos de saída, em detrimento dos blocos operatórios e unidades de cuidados intensivos que são instalados em últimos pisos. Outro aspeto que a literatura faz menção, mas que não consta dos regulamentos de SCI em Edifícios, Portugueses, é o acesso a locais de risco D, através de rampas, mesmo que aqueles estejam no 1º ou 2º piso, (Tzeng & Yin 2014, citando Courson, 2011; Facility Guidelines Institute, 2010 e NFPA, 2016). A literatura diz que o acesso via rampa possibilita uma rápida evacuação, porque facilita e permite o acesso direto de viaturas de socorro.

A literatura internacional de evacuação de hospitais recomenda ainda o recurso à evacuação vertical, quer por escadas ou rampas, quer por elevadores concebidos para evacuações em situação de emergência. O uso de ascensor é também previsto no artigo 235º, do RT-SCIE, o qual diz que os ascensores destinados a evacuação de pessoas em camas, com assistência médica, devem satisfazer entre outras condições o acesso protegido por câmara corta-fogo em todos os pisos, com exceção dos átrios de acesso direto ao exterior e sem ligação a outros espaços interiores distintos de caixas de escadas protegidas; ter capacidade de carga nominal não inferior a 1600 kg; dimensões mínimas de 1,3 m × 2,4 m; e ter portas de patamar e de cabine, deslizantes de funcionamento automático, com largura não inferior a 1,3 m; entre outros aspetos.

As evacuações horizontal e retardada são previstas no artigo 231º, do RT-SCIE, que trata do isolamento e proteção. Para este artigo devem ser isolados e protegidos os blocos operatórios, os blocos de partos e as unidades de cuidados intensivos e separados dos espaços adjacentes por elementos de construção que garantam as classes de resistência ao fogo padrão (paredes

não resistentes - EI 90; pavimentos e paredes resistentes - REI<sup>8</sup> 90; portas - E 45 C<sup>9</sup>). No caso de os blocos operatórios, blocos de partos, unidades de cuidados intensivos e os espaços de neonatologia possuírem área superior a 200 m<sup>2</sup> devem ser subdivididos, no mínimo, em dois compartimentos corta-fogo, tornando possível a evacuação horizontal dos ocupantes por transferência entre eles. Estas evacuações cumprem o previsto na literatura de evacuação em edifícios hospitalares, porém faltou incluir a necessidade de duas saídas distintas para compartimentos com mais de 90 m<sup>2</sup>. No geral, o regulamento Português cumpre em grande parte as exigências básicas para uma evacuação segura de edifícios hospitalares.

### 2.10.2. Reino Unido

No Reino Unido, a evacuação de hospitais em perigo de incêndio assenta-se em Health Technical Memorandum (HTM) 05, nas suas diversas partes. Os documentos foram estruturados segundo os parâmetros dos regulamentos de construção, em uso no país. HTM faz uma abordagem das precauções a serem tomadas em situação de incêndio, garantindo a implementação das políticas de segurança ao incêndio e assegurar que o pessoal receba formação adequada e permanente, de procedimentos em situação de incêndio, para garantir a segurança e evacuação dos hospitais.

O HTM 05-01, fornece orientações em relação à gestão da segurança contra incêndios em instalações de utilização-tipo hospitalares. O documento delinea os organogramas dos efetivos responsáveis pela gestão de segurança contra incêndios nos hospitais, das normas que guiam a gestão e dos níveis da mesma gestão, entre outros aspetos.

Por sua vez, o HTM 05-02 estabelece que, em situação de incêndio a evacuação de edifícios hospitalares com pacientes com mobilidade condicionada (em cadeiras de rodas e/ou em camas), deve ser feita auxiliada ou conduzida por pessoas ligadas à equipa de salvamento. No entanto, a evacuação deve observar três estágios/fases que são:

- fase 1: evacuação horizontal- que consiste em mover somente os pacientes do compartimento da origem do incêndio para um adjacente seguro de incêndio;
- fase 2: evacuação horizontal- consiste em mover todos os pacientes do compartimento corta-fogo em incêndio para um adjacente no mesmo piso;
- fase 3: evacuação vertical - consiste em mover os pacientes para um piso inferior, ou para o exterior do edifício em incêndio. A evacuação para pisos inferiores, de preferência, deve ser feita para dois pisos abaixo ao de incêndio.

---

<sup>8</sup> REI onde: R - resistência mecânica; E - estanquidade às chamas e gases quentes; I - isolamento térmico.

<sup>9</sup> C – fecho automático.



Para além das condições já referidas, a evacuação de hospitais observa também o grau de enfermidade, segundo consta do subcapítulo 2.8.1. Entretanto, a evacuação de salas de cirurgia e/ou de cuidados intensivos deve ocorrer quando todas as medidas de mitigação (confinamento do incêndio no compartimento de origem através de fechamento de portas e janelas) e combate ao incêndio não resultaram, ou em situações em que o compartimento adjacente ou inferior ao dos pacientes está sobre ameaça do fumo ou incêndio, ou em circunstâncias em que o respetivo compartimento deu origem ao incêndio.

Para efeitos de flexibilidade na evacuação de compartimentos com pacientes muito dependentes, o HTM 05-02 recomenda a instalação de portas duplas, porque muitas das vezes estes pacientes são movidos enquanto ligados a aparelhos auxiliares à vida. Os compartimentos devem ser corta-fogo e os sistemas de climatização (aquecimento, ventilação e ar condicionado - AVAC), devem ser concebidos de modo a resistirem um período de tempo adequado para deteção e extinção do incêndio antes de ameaçar os ocupantes. Os sistemas AVAC para salas de operações e cuidados intensivos devem ter uma pressão ligeiramente acima dos compartimentos adjacentes, para durante um incêndio evitarem a penetração do fumo e de gases de combustão nos compartimentos.

O HTM 05-02 prevê ainda a evacuação de pessoas com doenças mentais. Atendendo a perigosidade que estas representam para si e para as pessoas que ajudam a sair do edifício, o regulamento recomenda que a evacuação de compartimentos com estes pacientes seja feita por pessoas altamente qualificadas para o efeito. As evacuações causadas pelo incêndio devem ter início no compartimento de eclosão do mesmo.

Para além do HTM 05-01-02, importa fazer menção ao HTM 05-03, partes E e K. A parte E regula o uso de elevadores e a parte k do HTM 05-03, faz a menção da evacuação de pacientes dependentes e com uma doença altamente infecciosa. Estes pacientes devem ser internados em compartimentos com padrão elevado de proteção contra incêndios, de modo a minimizarem a necessidade de os mover para o exterior ou outro local seguro no interior do edifício. Dentre os requisitos a incorporar dá-se relevância a proteção dos compartimentos com porta dupla, uma vigilância permanente, treino em matérias de evacuação para a equipa médica que trata dos doentes, vias de evacuação pré-planificadas para minimizar os efeitos de infeção, entre outros.

### **2.10.3. Brasil**

A legislação de segurança contra o incêndio Brasileira não é uniforme, isto é, não se encontra compilada num único documento normativo, para o uso nacional. No entanto, existe a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), entidade que lida com os regulamentos

de segurança contra o incêndio no Brasil. A ABNT admite que, cada Estado Federal elabore as normas que achar mais aplicáveis para os objetivos a alcançar.

Não havendo uma legislação de segurança contra o incêndio, única para o Brasil, o presente trabalho cingiu-se aos regulamentos do Estado de São Paulo, porque se diz que são os mais atualizados do país, por outro lado, têm alto grau de exigências e alguns de seus requisitos são adotados por outros estados brasileiros, (Poggetto, et al., 2013).

A legislação da evacuação em hospitais do Estado de São Paulo, baseia-se no Decreto Estadual nº 56.819, de 10 de março de 2011 que, institui o Regulamento de Segurança contra Incêndio das edificações e áreas de risco no Estado de São Paulo. Todavia, para a elaboração de projetos recorre-se à Instrução Técnica (IT) nº 16/2015, que corresponde ao Plano de emergência contra incêndio.

A evacuação em hospitais, deve ter em conta as necessidades e particularidades de cada hospital e de cada paciente a evacuar. A gestão da evacuação deve obedecer a uma hierarquia de comando, além do conhecimento pleno por parte das diversas equipas das vias de evacuação, zonas de refúgios e pontos de encontro, (SESGESP<sup>10</sup>, 2012).

No que concerne à prioridade de evacuação de pacientes o plano de evacuação dos hospitais de Estado de São Paulo, estabelece a seguinte ordem de evacuação:

1. mobilidade plena: aqueles que se movem com os seus próprios meios e de forma independente;
2. mobilidade parcial: apresentam alguma restrição ao movimento;
3. dependência total: pacientes sob sedação em unidades de terapia intensiva, em centro cirúrgico, etc.

Pessoas portadoras de deficiências físicas, permanente ou temporária, devem ser acompanhadas por dois elementos da equipa de salvamento, (IT nº 16/2015).

O plano de evacuação de hospitais do Estado de São Paulo, estabelece dois tipos de evacuação: evacuação programada e imediata.

#### *Evacuação programada*

Este tipo de evacuação é antecipada ao evento, criando-se desta forma condições para uma saída rápida e segura dos pacientes. Os pacientes com maior mobilidade saem em primeiro, os com dependência total em segundo lugar. Os pacientes a evacuar o edifício devem, para

---

<sup>10</sup> Secretaria de Estado da Saúde do Governo do Estado de São Paulo

efeitos de transferência pós evacuação, serem classificados segundo o estado clínico de cada um. Serão classificados de verde os com mobilidade plena e serão os últimos a transferir, amarelo os com mobilidade parcial, entretanto, segundos a transferir e vermelho os com dependência total e primeiros a transferir. Pacientes em terapia intensiva serão considerados, de forma geral, como vermelhos, todavia após avaliação médica podem ser reclassificados como amarelos.

#### *Evacuação imediata*

A evacuação imediata ocorre quando não é viável realizar a retirada padrão, pelos seguintes motivos: energia elétrica cortada, rede de gases interrompida, vias de evacuação cheias de fumo, temperatura elevada, baixa concentração de oxigênio, alto risco de morte aos expostos ao compartimento em emergência. Durante qualquer emergência as evacuações devem ser feitas através de escadas e/ou rampas. Os pacientes com mobilidade plena e condicionada devem ser orientados verbalmente para evacuar. Os com mobilidade condicionada devem evacuar o edifício, se possível, acompanhados por um membro da equipa do hospital.

Pacientes com dependência total, em caso de impossibilidade de permanência no local, deverão ser retirados por equipas de bombeiros. Se possível, deverá a equipa da unidade, antes de evacuar o local, providenciar o posicionamento dos pacientes, de forma que os menos graves fiquem próximos à porta de saída e os com maior gravidade mais longe da porta, e informar a equipa de bombeiros da posição dos pacientes com menor gravidade, de forma que eles possam estabelecer uma ordem de retirada.

Os pacientes de cadeiras de rodas serão considerados com mobilidade plena se houver rampa, e com mobilidade moderada se não.

Relativamente a resistência ao fogo padrão mínima dos elementos de construção, segundo a IT nº 08/2011, (Resistência ao fogo dos elementos de construção), devem possuir resistência ao fogo mínimo de 60 min, para as paredes divisórias entre unidades autónomas (enfermarias e quartos de hospitais) e entre unidades e áreas comuns. As suas portas devem ser do tipo resistente ao fogo 30 min. Os edifícios com *sprinklers*, isentam-se destas exigências.

#### **2.10.4. Estados Unidos da América**

O estudo de incêndio em edifícios é uma área que tem merecido uma análise profunda nos Estados Unidos. No entanto, a segurança contra o incêndio nos Estados Unidos assenta-se em regulamentos locais e federais que regem a evacuação de edifícios públicos. Dos vários documentos elaborados com o propósito de oferecer uma evacuação segura e eficaz, há a destacar *National Fire Protection Association - NFPA 101- Life Safety Code*.

De um modo geral, o código da NFPA 101 sublinha que para uma evacuação rápida e segura de um hospital, este não deve ter as saídas de emergência bloqueadas. Todavia, por questões de segurança, de alguns setores do hospital, isto é, as necessidades clínicas dos pacientes requerem medidas de segurança especializadas para a proteção dos mesmos, pode ser necessário bloquear saídas de emergência. Em tais casos, devem-se fazer modificações apropriadas, nomeadamente: dotar esses espaços de um sistema de deteção de fumo e de combate ao incêndio, *sprinklers* e portas que sejam de desbloqueio fácil para os funcionários.

As portas de saídas de emergência, em vias horizontais e verticais de evacuação devem ser mantidas abertas sob comando de um dispositivo de atuação automática que, em incêndio as liberte de modo a manterem a via fechada e protegida. Por outro lado, as portas que protejam as vias horizontais de evacuação devem ser construídas de modo a resistirem a passagem de fumo.

A Administração de Segurança e Saúde Ocupacional (OSHA - na sigla inglesa) dos EUA exige que, em edifícios públicos os caminhos que levem às saídas, bem como a áreas seguras dentro e/ou fora do edifício, sejam acessíveis e livres de quaisquer materiais ou itens que impeçam as pessoas de evacuarem o edifício de maneira fácil e segura, (OSHA, 2003).

Os sistemas de alarme, detenção e combate aos incêndios devem ser instalados com dispositivos automáticos que na eventualidade de um incêndio, acionem o fechamento automático das portas em todos os compartimentos com fumo, bem como em toda a instalação.

A NFPA 101 diz que, todas as instalações de cuidados de saúde devem ser concebidas, construídas, mantidas e operadas para minimizar a possibilidade de ocorrência de incêndios, de modo a evitar a evacuação dos hospitais. Os edifícios devem ainda garantir segurança para os ocupantes, quer estejam próximos ou distantes da origem do incêndio, bem como assegurar um movimento seguro que se assemelha a um movimento não em emergência.

A segurança dos ocupantes hospitalares não se pode restringir, apenas, à evacuação do edifício. A proteção contra incêndios deve ser em primeira instância feita pelas instalações (proteção passiva), pelo treino adequado do pessoal e desenvolvimento de procedimentos operacionais e de manutenção, para em situações extremas evacuar e realocar os pacientes, ou isolar e combater o incêndio com os ocupantes nos seus respetivos compartimentos, (NFPA 101, 2009).

Relativamente a estrutura, esta deve ser concebida, construída e mantida para proteger os ocupantes, nos seus compartimentos, durante o tempo necessário ou garantir uma evacuação rápida e segura em último plano. Isto implica que, a estrutura deve possuir compartimentação

corta-fogo, saídas de emergência suficientes, sistemas de detecção, alarme e combate ao incêndio. Os sistemas utilizados devem ser efetivos na redução do risco ou condição para a qual estão a ser utilizados, fiáveis e mantidos ao nível para o qual foram projetados para operar e devem permanecer operacionais.

As paredes e os tetos devem ser construídos por materiais não combustíveis. Todas as paredes exteriores ou interiores que fazem parte das vias horizontais e verticais de evacuação, bem como as lajes e pavimentos entre pisos devem ser constituídos de material incombustível. As paredes interiores constituídas de madeira devem ser tratadas de modo a retardarem o incêndio, num tempo mínimo de 120 min.

Com vista a viabilizar a evacuação, os quartos de internamento com mais de 93 m<sup>2</sup> devem ter, pelo menos, duas portas distintas, onde uma das saídas leve diretamente a uma via horizontal de evacuação. NFPA 101 diz ainda que, a proteção e evacuação de pacientes em incêndio deve ter em conta a evacuação em primeiro lugar de todos os pacientes diretamente expostos ao incêndio e seus efeitos. Aliada a evacuação está o acionamento do alarme do incêndio para avisar os demais ocupantes do edifício, bem como forma de solicitar reforço para a área afetada. Outra ação, de aplicação imediata, consiste em confinamento do incêndio, através de fechamento de portas e janelas, reduzindo assim a necessidade de evacuar os ocupantes, exceto na sala de origem do incêndio.

No que toca a ordem de prioridade na evacuação dos hospitais, em primeiro lugar devem evacuar o edifício pacientes com capacidades físicas de moverem-se, em segundo os que apresentam uma capacidade física limitada e por último os totalmente dependentes, (Oregon State Fire Marshal, 2013).

Dos regulamentos abordados pode-se concluir que os do Reino Unido e EUA são muito abrangentes e detalhados em matéria de evacuação de edifícios hospitalares. Os regulamentos do Reino Unido abordam quase com exclusividade aspetos da evacuação de pacientes com doenças altamente infecciosas ou com doenças mentais. A evacuação de compartimentos com este tipo de pacientes não tem merecido atenção em muitos regulamentos, mesmo se reconhecendo da sua importância. Segundo os regulamentos do Reino Unido a evacuação deve ser feita por pessoas altamente qualificadas e treinadas para o efeito. As divisões de internamento devem possuir porta dupla e vigilância permanente, de modo a combater o incêndio ou evacuar o edifício com o incêndio ainda na fase precoce. Por seu turno, os regulamentos dos EUA exigem que, em incêndio os edifícios hospitalares tenham a capacidade de assegurarem que os pacientes se movimentem como se fosse em situação normal e não de emergência. Isto é, o edifício deve ter a capacidade de confinar o incêndio na divisão que deu origem ao mesmo.

## **2.11. Regulamentação de Segurança Contra o Incêndio para Pessoas com Necessidades Especiais**

Os regulamentos de acessibilidade aos edifícios e estabelecimentos que recebem público, via pública e edifícios habitacionais visam fornecer uma solução de evacuação segura em incêndio, em particular para pessoas com necessidades especiais. A gestão da segurança contra incêndios em edifícios deve ter em conta os vários grupos de pessoas que podem usar as instalações, prestando especial atenção às pessoas com necessidades especiais.

### **2.11.1. Portugal**

Em Portugal, o regime da acessibilidade aos edifícios e estabelecimentos que recebem público, via pública e edifícios habitacionais é definido pelo Decreto-Lei nº 163/2006, de 8 de agosto. Este decreto-lei possui em anexo as normas técnicas para melhoria da acessibilidade das pessoas com mobilidade condicionada. Porém, não é feita qualquer referência a situações de emergência e/ou evacuação, contudo, mantém-se o símbolo internacional de acessibilidade, que consiste numa placa com uma figura em branco sobre um fundo azul, em tinta refletora. O símbolo internacional de acessibilidade deve ser afixado em local bem visível nos edifícios, estabelecimentos e equipamentos de utilização pública e via pública.

Portugal, para além de reconhecer a necessidade de comodidade de acesso a edifícios para pessoas com necessidades especiais precisa de um regulamento próprio que prevê a evacuação de edifícios com pessoas com necessidades especiais, em particular, em edifícios públicos.

O Decreto-Lei nº 163/2006, de 8 de agosto, é muito limitado nas suas análises de modo que não faz menção dos elevadores para evacuar pessoas com necessidades especiais. Mas dado que a portaria nº 1532/2008, de 29 de dezembro estabelece o uso de elevadores para auxiliar as equipas de socorro, bem como a evacuação de edifícios pode-se por analogia concluir que é permitido o uso de elevadores em incêndio, desde que tenham sido concebidos para o efeito.

### **2.11.2. Espanha**

Na Espanha, as condições básicas de acessibilidade e não-discriminação de pessoas com deficiência para acesso e uso de espaços públicos urbanizados e edificações são previstas no Real Decreto 505/2007, de 20 de abril.

O decreto estabelece princípios a observar para acomodar pessoas com necessidades especiais, onde prevê que os edifícios tenham um caminho acessível que no mínimo conduza a entrada principal que leva a uma via pública e/ou parque de estacionamento. As portas das entradas deverão dispor de espaço para pessoas que se deslocam em cadeira de rodas e serão

sinalizadas e iluminadas de modo a permitirem o seu reconhecimento quer do exterior, quer do interior.

A disposição do mobiliário, quer fixo, quer móvel terá em conta o uso seguro e independente por pessoas com necessidades especiais, bem como dispor de espaços livres que permitam o acesso e circulação de pessoas em cadeiras de rodas.

A sinalização e iluminação de emergência deverão facilitar a localização das diferentes áreas, caminhos de evacuação, bem como a utilização do edifício em condições de segurança. A sinalização de segurança deve estar em local visível e perceptível a todos os grupos de pessoas com necessidades especiais.

O artigo 8 do decreto em referência reserva-se à evacuação de edifícios com pessoas com necessidades especiais em caso de incêndio. O documento estabelece que o edifício deverá ter equipamentos e instalações adequadas para permitir a deteção e transmissão de alarmes visuais e sonoros de incêndio perceptíveis aos vários grupos de pessoas com necessidades especiais. Por outro lado, os edifícios deverão ter um elevador de emergência com acesso a todos os andares e que permitirá o transporte prioritário de pessoas com necessidades especiais motoras. Por conseguinte, as áreas de espera dos elevadores serão dotadas de elementos construtivos resistentes ao fogo.

Em pisos onde não seja prevista uma saída de emergência devem em compensação ter zonas de refúgio, construídos com materiais resistentes ao fogo, para abrigo e posterior salvamento de pessoas com necessidades especiais.

As vias de evacuação, que conduzem tanto para o exterior como para zonas de refúgio terão sinalética ótica, acústica e tátil adequada para facilitar a orientação de pessoas com necessidades especiais.

### **2.11.3. Brasil**

ABNT NBR 9050 estabelece critérios e parâmetros técnicos a observar em projeto, construção, instalação e adaptação de edifícios, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos às condições de acessibilidade. Esta norma considera diversas condições de mobilidade e de perceção do ambiente, com ou sem a ajuda de aparelhos específicos, como: próteses, aparelhos de apoio, cadeiras de rodas, bengalas de rastreamento, sistemas auxiliares de audição, entre outros.

A norma começa por estabelecer dimensões de referência a considerar em edifícios e/ou espaços para facilitar o deslocamento de pessoas em pé (Fig. 2.19), assim como em cadeiras de rodas, Figura 2.20.

A NBR 9050 (2004), estabelece ainda que em piso, o dimensionamento de espaços de circulação para pessoas em cadeiras de rodas, deve considerar o módulo de referência de 0,80 m x 1,20 m (Fig. 2.21a), atendendo que, a largura mínima necessária para que pessoas em cadeiras de rodas transponham obstáculos isolados com extensão de 0,40 m ou mais deve ser de 0,80 m e 0,90 m respectivamente (Fig. 2.21b e 2.21c).



Figura 2.19. Dimensões referenciais para deslocamento de pessoa em pé, (ABNT NBR 9050: 2004).

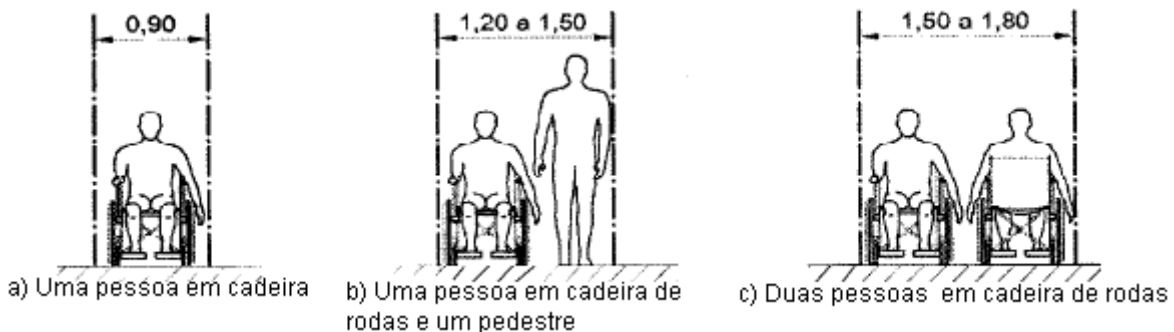


Figura 2.20. Largura para deslocamento em linha reta, (ABNT NBR 9050: 2004).

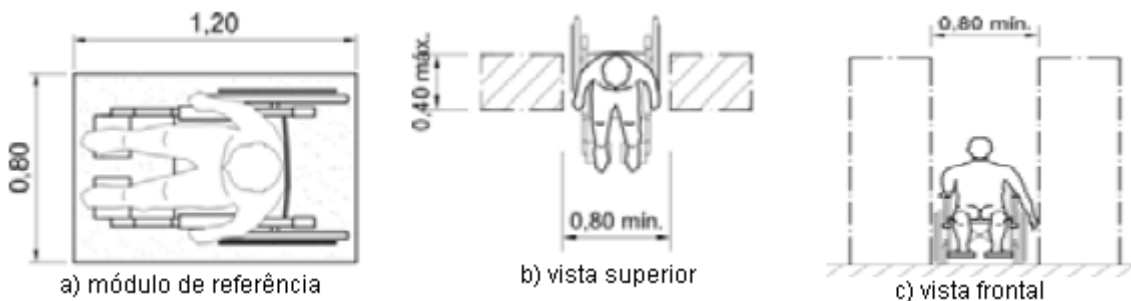


Figura 2.21. Dimensões de referência e de larguras para a transposição de obstáculos isolados de uma pessoa em cadeira de rodas, (ABNT NBR 9050: 2004).



Uma circulação e evacuação segura exigem para além das dimensões mínimas uma boa comunicação e sinalização dos edifícios, espaços, assim como do mobiliário. Neste contexto a NBR 9050 estabelece que a comunicação para pessoas com necessidades especiais deve ser visual (através de textos ou figuras), tátil (através de caracteres em relevo, Braille ou figuras em relevo) e sonora (através de recursos auditivos). Por sua vez, a sinalização deve ser do tipo permanente (utilizada nas áreas e espaços cuja função já esteja definida), direcional (utilizada para indicar a direção de um percurso ou a distribuição espacial dos diferentes elementos de um edifício e pode ser na forma de textos, figuras ou símbolos), de emergência (utilizada para indicar os caminhos de evacuação e saídas de emergência dos edifícios, dos espaços e do ambiente urbano, ou para alertar perigo iminente) e temporária (utilizada para indicar informações provisórias ou que podem ser alteradas periodicamente).

Para uma melhor orientação das pessoas com necessidades especiais a acessibilidade dos edifícios, do mobiliário, dos espaços e dos equipamentos urbanos deve ser feita por meio do símbolo internacional de acesso. Esta sinalização deve ser afixada em local visível ao público, como: entradas, áreas e espaços de estacionamento de veículos, áreas acessíveis de embarque/desembarque, sanitários, áreas de assistência para salvamento, zonas de refúgio, saídas de emergência, áreas reservadas para pessoas em cadeira de rodas e equipamentos exclusivos para o uso de pessoas com necessidades especiais.

A sinalização visual em áreas de circulação, quando suspensa, deve ser instalada a uma altura livre mínima de 2,10 m do piso. Os símbolos em relevo para a sinalização tátil devem ser instalados entre 1,40 m e 1,60 m do piso. A sinalização vertical em Braille ou texto em relevo deve ser instalada de maneira que a parte inferior esteja a uma altura entre 0,90 m e 1,10 m do piso. Em portas a sinalização deve estar localizada no centro ou na parede adjacente, ocupando área a uma distância do batente entre 15 cm e 45 cm e a sinalização tátil deve ser instalada nos batentes, no lado onde estiver a maçaneta, a uma altura entre 0,90 m e 1,10 m.

A norma estabelece que para uma circulação e evacuação rápida e segura os caminhos e saídas de emergência devem ser sinalizadas com informações visuais e sonoras. Os alarmes sonoros, bem como os alarmes vibratórios, devem estar associados e sincronizados aos alarmes visuais intermitentes, de maneira a alertar as pessoas com deficiência visual e as pessoas com deficiência auditiva. As mensagens sonoras devem ser precedidas de um prefixo ou de um ruído característico para chamar a atenção dos ocupantes do edifício. As escadas que ligam os pavimentos, inclusive nas de emergência, junto à porta corta-fogo, deve conter sinalização tátil e visual informando o número do pavimento. Por outro lado, os mecanismos e dispositivos de emergência devem conter informações táteis e visuais, representadas através de símbolos. Os quartos e sanitários de hotéis, instituições de idosos e hospitais devem instalar telefones, campanhas e alarmes de emergência visuais, sonoros e vibratórios.

Os alarmes sonoros devem ter intensidade e frequência variável alternadamente entre som grave e agudo de 500 Hz e 3 000 Hz, intermitência de 1 a 3 vezes por segundo, com uma intensidade de no mínimo 15 dBA superior ao ruído médio do local ou 5 dBA acima do ruído máximo do local.

As zonas de refúgio devem ter as portas de acesso identificadas com sinalização em material fotoluminescente e sinalizadas conforme ilustra a Figura 2.22.

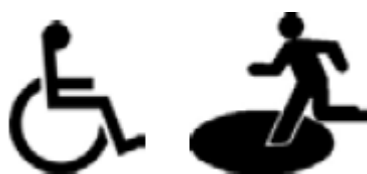


Figura 2.22. Zonas de refúgio para pessoas com deficiência (ABNT NBR 9050: 2004).

As superfícies dos pisos devem ser regulares, firmes, estáveis e antiderrapantes sob quaisquer condições, que não provoquem trepidação em dispositivos com rodas (cadeiras de rodas ou carrinhos de bebê). Admite-se inclinação transversal da superfície até 2% para pisos internos e 3% para pisos externos e inclinação longitudinal máxima de 5%. Inclinações superiores a 5% são consideradas rampas e, portanto, devem possuir uma largura livre de 1,50 m, sendo o mínimo admissível de 1,20 m.

A norma prevê ainda que, na inoperância de equipamento eletromecânico de circulação deve-se substituir por outros meios e/ou técnicas de modo a garantir a segurança na circulação de pessoas com necessidades especiais, em particular com mobilidade reduzida. Para tal, deve-se dispor de procedimentos e pessoal treinado para auxílio. O equipamento eletromecânico de circulação inoperante deve estar sinalizado e para os casos em que houver equipamento eletromecânico com utilização assistida ou acompanhada, deve ser previsto dispositivo de comunicação para solicitação de auxílio. Deve ser informada a disponibilidade de acessibilidade assistida.

Os elevadores são segundo a NBR 9050 (2004) previstos para uso por pessoas com necessidades especiais, todavia a NBR 13994 (2000) não os considera como meios de evacuação de edifícios em caso de emergência, porque muitas das suas funções poderão estar inoperantes. Assim, deve ser definido um plano para evacuar pessoas em cadeiras de rodas ou com outras necessidades especiais, mas que não inclua o uso de elevadores.

#### **2.11.4. Reino Unido**

No Reino Unido a concepção de edifícios e suas abordagens para atender às necessidades de pessoas com necessidades especiais é regulado pelo BS 8300: 2009. Esta norma define o

ambiente acessível como aquele em que uma pessoa com necessidades especiais pode fazer o seu uso de forma independente ou com assistência, incluindo a possibilidade de evacuar de forma segura em caso de incêndio ou outra emergência.

Para a segurança dos ocupantes, BS 8300: 2009 diz que, as portas de acesso aos edifícios não podem constituir barreiras para pessoas com necessidades especiais, no entanto, o projeto de arquitetura deve ter em consideração:

- a) visibilidade da porta;
- b) soleira da porta que permita manobra conveniente da cadeira de rodas;
- c) facilidade de operação das portas;
- d) porta com largura mínima livre efetiva.

Os caminhos de evacuação ou outras vias devem ser devidamente sinalizados e iluminados, bem como possuir larguras que permitam uma rotação mínima de 180° em cadeira de rodas.

Os acabamentos dos pavimentos, materiais de parede e teto devem ser do tipo que contrastam visualmente com superfícies adjacentes, possuem iluminação natural e artificial que possibilita o uso eficiente por pessoas cegas e com visão parcial.

Uma via de evacuação deve ter uma largura não inferior a 1,80 m ou, se inferior, possuir locais de passagem, com 1,80 m de largura. Com a exceção de obstruções permanentes, em nenhum caso a largura de um corredor deve ser inferior a 1,20 m, contudo, a parte final da via de evacuação deve ter uma largura igual ou superior a da via sem obstrução.

As vias de evacuação não devem ser rugosas e sempre que possível devem estar niveladas. Se isso for inevitável, a inclinação dos caminhos de evacuação deve ser menor que 1:20, a menos que tenha rampa e inclua patamares. Os declives devem ser identificados por revestimento que contraste visualmente com o restante do revestimento do piso.

As vias de evacuação devem ter iluminação uniforme, difusa e sem brilho, reflexos ou sombras, para não confundir pessoas de baixa visão. As vias de evacuação que não recebam iluminação natural, a iluminação artificial deve ser de pelo menos 100 lux.

Os degraus de escadas devem ter entre 15 a 18 cm de altura e um espelho de 30 a 45 cm, para se possível fornecer conforto ao descansar.

A largura de uma escada, não deve ser inferior a 1,20 m e a largura entre corrimãos não deve ser inferior a 1 m. Se a largura entre corrimãos excede 2,0 m, a escada deve ser dividida em duas ou mais, com uma distância entre corrimãos de pelo menos 1 m, ou não mais de 2 m, para garantir que todos os utilizadores tenham acesso a um corrimão. Os corrimãos devem ser

de baixa condutibilidade térmica, com preferência de madeira ou manta de nylon, para que não sejam excessivamente frios ou quentes ao tato.

Em situação de pânico ou de incêndio as portas de emergência devem segundo BS 8300: 2009 obedecerem o exigido pelo BS EN 1125: 2008 e BS EN 179: 2008. Os dispositivos de saída em situação de pânico devem ter uma força operacional máxima de 220N. Por seu turno, os dispositivos de saída de emergência devem exigir uma força operacional máxima de 70N para abertura em alavanca ou 150N se se tratar de abertura através da barra antipânico.

Os sistemas de abertura da porta, quando localizados na parede adjacente devem estar afixados a 0,20 m da porta e a uma altura entre 0,90 m a 1,05 m. Quando a abertura de uma porta estiver condicionada ao acionamento de chamada telefónica deve-se, no entanto, de forma visível e/ou audível indicar que a chamada foi recebida e que a porta está aberta.

Entretanto, as zonas de refúgios sejam no patamar de uma escada protegida (Fig. 2.23), via de evacuação protegida adjacente a uma escada, devem ter as dimensões não inferiores a 0,90 m x 1,40 m, para permitir manobras de todo o tipo de cadeiras de rodas e uma resistência ao fogo mínima de 30 min. A largura da porta que dá acesso à zona de refúgio deve ter uma abertura livre não inferior a 0,85 m, e uma largura da via de evacuação não inferior a 0,90 m (BS 9999: 2008).

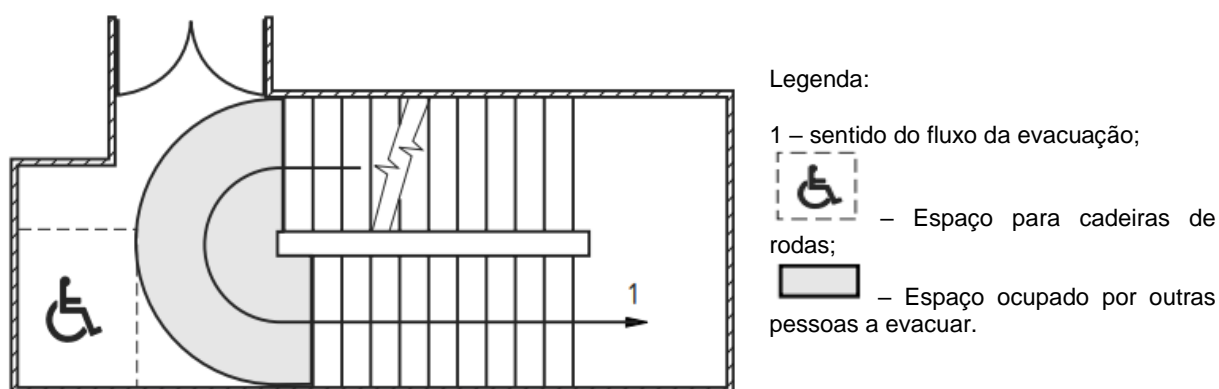


Figura 2.23. Zona de refúgio para pessoas em cadeiras de rodas, em escadas protegidas, (adaptado de BS 9999: 2008).

No que diz respeito à evacuação vertical através de elevadores, estes só podem ser usados quando tenham sido concebidos para o efeito, contudo, deve se dar prioridade a ocupantes que tenham dificuldades para evacuarem o edifício a partir de escadas, (BS 9999: 2008). Os painéis de comando devem se localizar nas paredes laterais e alcançáveis por pessoas em cadeira de rodas. Por outro lado, os botões do comando devem ser bem salientes e contrastados com os demais botões, de modo a serem usados por pessoas com deficiências visuais. Braille também pode ser usado. Os telefones de emergência em elevadores devem ser

fáceis de usar (por exemplo, ativação por intercomunicador e botão de pressão) e conter acopladores indutivos para que pessoas que usam aparelhos auditivos possam fazer uso deles.

## 2.12. Medidas de Autoproteção

O Decreto-Lei 220/2008, de 12 de novembro obriga a que as entidades exploradoras/proprietários elaborem e implementem medidas de autoproteção nos edifícios ou partes de edifício que ocupem. Estas medidas são determinadas em função utilização-tipo em questão e respetiva categoria de risco. Poderão, no entanto, ser exigidas medidas mais gravosas para um dado edifício, se existirem inconformidades face à legislação. Esta obrigatoriedade vigora desde 2009 e aplica-se a todos os edifícios e recintos, incluindo os existentes.

O mesmo Decreto-Lei exige ainda que as Medidas de Autoproteção sejam apresentadas e depositadas no Centro Distrital de Operações e Socorro (CDOS-ANPC) respetivamente competente em termos territoriais, até aos 30 dias anteriores à entrada em utilização do espaço, no caso de obras de construção nova, de alteração, ampliação ou mudança de uso.

As medidas de autoproteção são disposições de organização e gestão da segurança, que têm como objetivo incrementar a segurança de pessoas e dos edifícios/recintos face ao risco de incêndio, e compreendem no seu conjunto medidas de prevenção, preparação e resposta, e englobam todos os níveis dentro de uma organização. Estas medidas contemplam:

- a) Medidas preventivas que conforme a categoria de risco podem ser por forma de procedimentos de prevenção ou planos de prevenção. São documentos no qual estão indicados a organização e os procedimentos a adotar, por uma entidade, para evitar a ocorrência de incêndios e para garantir a manutenção do nível de segurança decorrente das medidas de autoproteção adotadas e a preparação para fazer face a situações de emergência.
- b) Medidas de intervenção em caso de incêndio, que conforme a categoria de risco tomam a forma de procedimentos em caso de emergência ou planos de emergência interno. Este documento deve assentar num conjunto de regras previamente definidas e organizadas, perante uma emergência, na maior parte das vezes inesperado, de forma a organizar a resposta aos riscos previsíveis no estabelecimento/edifício/recinto em causa. Estes procedimentos devem conter a sistematização das ações de deteção, alarme e alerta, ações de combate e ações de evacuação do edifício/recinto.
- c) Registo de segurança que são um conjunto de documentos que contém os registos de ocorrências relevantes e de relatórios relacionados com a segurança contra

incêndios. As ocorrências são registadas com data de início e fim e identificação do responsável pelo seu acompanhamento, referindo-se, nomeadamente, à conservação ou manutenção das condições de segurança, às modificações, alterações e trabalhos perigosos efetuados, incidentes e avarias ou, ainda, visitas de inspeção das autoridades competentes para esse efeito. De entre os relatórios a incluir nos registos de segurança, destacam-se os das ações de instrução e de formação, dos exercícios de segurança e de eventuais incêndios ou outras situações de emergência. Esses registos deverão ser mantidos durante 10 anos e organizados de forma a ser facilmente auditáveis.

d) Formação em SCIE, sob a forma de ações destinadas a todos os funcionários e colaboradores das entidades exploradoras, ou de formação específica, destinada aos delegados de segurança e outros elementos que lidam com situações de maior risco de incêndio. As ações de formação compreendem a sensibilização para a segurança contra incêndios, cumprimentos dos procedimentos de alarme e evacuação e instruções básicas de operação de meios de intervenção.

e) Simulacros, para teste do plano de emergência interno e treino dos ocupantes com vista a criação de rotinas de comportamento e aperfeiçoamento de procedimentos. O plano de segurança interno é constituído pelo plano de prevenção, pelo plano de emergência interno e pelos registos de segurança.

Para as utilizações-tipo V de 3ª categoria de risco, como é o caso do hospital Sousa Martins são por força do artigo 21, do Decreto-Lei n.º 220/2008, de 12 de Novembro obrigas a observar as seguintes medidas de autoproteção: Registos de segurança, plano de prevenção, plano de emergência interno, ações de sensibilização e formação em SCIE e simulacros.

Entretanto, as medidas formação em SCIE e simulacros foram desenvolvidos com mais detalhes nos subcapítulos a seguir.

### **2.12.1. Formação dos ocupantes em matérias de Segurança Contra Incêndio em Edifícios**

Em caso de emergência/incêndio concorrem fatores como, fisiológicos e psicológicos que influenciam o comportamento humano, a evacuar o edifício ou combater o incêndio. As altas temperaturas, o fumo muito denso, o ruído criado pelo incêndio e por pessoas provavelmente em pânico e o gás tóxico dos incêndios têm influenciado sobremaneira a fisiologia e a psicologia dos ocupantes do edifício. Para Mu (2013), o fator psicológico diz respeito a género, nível educacional, profissão e experiência em combater e evacuar edifícios em incêndio. O autor acrescenta que a experiência em incêndios afeta principalmente a perceção de risco e a tomada de decisões em tempo útil.

Estudos sobre o comportamento das pessoas em situação do incêndio dizem que, as pessoas com conhecimentos em matérias de SCI em edifícios, a sua primeira ação consiste em procurar equipamentos de primeira intervenção (extintores de incêndio, bocas de incêndio do tipo carretel e/ou mantas ignífugas) para o combate do incêndio, enquanto pessoas sem formação a sua primeira ação é sair do edifício ou procurar familiares, (Bryan, 1977, citado por Paulsen, 1981).

A prevenção, segurança e intervenção só são exequíveis se as pessoas que utilizam e ocupam os edifícios tiverem consciência dos riscos, compreenderem as medidas de segurança e forem capazes de executar os procedimentos de prevenção e emergência. Os ocupantes de edifícios só têm consciência se regularmente são sensibilizados e treinados em matérias de combate e evacuação em incêndio. O sucesso no combate ao incêndio, assim como a evacuação rápida e segura de um edifício pode ser influenciado pela familiaridade dos ocupantes com o edifício e seus sistemas de combate ao incêndio.

O'Connor, et al. (2017) defendem que ocupantes frequentes de um edifício podem ter um conhecimento completo das vias de evacuação e sistemas de alerta, o que aliado a treinos regulares e exercícios de evacuação pode ajudar na evacuação rápida e segura em situação do incêndio. Por sua vez, o artigo 206, da Portaria nº 1532/2008, de 29 de dezembro, defende que devem ser formados em matérias de SCI, os funcionários e colaboradores das entidades exploradoras dos espaços afetos às Utilizações-Tipo, bem como todas as pessoas que exerçam atividades profissionais nesses espaços por períodos superiores a 30 dias por ano e todos os elementos com atribuições previstas nas medidas de autoproteção.

As ações de formação de ocupantes de edifícios em aspetos como: sensibilização para a SCI, com o objetivo de os familiarizar com os espaços e com a identificação dos respetivos riscos de incêndio, com o cumprimento dos procedimentos e planos de prevenção contra incêndio, procedimentos de alarme e procedimentos gerais de atuação em caso de emergência e ainda com as instruções básicas de utilização dos meios de primeira intervenção devem merecer muita atenção, porque contribuem para diminuição de focos de incêndios, bem como criar condições para evacuar os edifícios na fase inicial do incêndio e diminuir o pânico.

### **2.12.2. Simulacros de Incêndio em Hospitais**

Segundo o artigo 207, da Portaria 1532/2008, de 29 de dezembro, simulacros são exercícios realizados com os objetivos de testar os planos de emergência interno dos edifícios e de treino dos ocupantes, visando essencialmente a criação de rotinas de comportamento e atuação, bem como ao aperfeiçoamento dos procedimentos em causa. A portaria em alusão diz ainda que, nas situações em que as características dos ocupantes possam inviabilizar a realização de exercícios de evacuação (como é o caso dos hospitais), devem em substituição serem

realizados exercícios de quadros e reforçadas as medidas de segurança, nos domínios da vigilância ao incêndio e das instruções de segurança. No entanto, as recomendações resultantes do exercício feito devem ser tidas em conta na melhoria do plano de emergência interno, de modo a serem executadas em simulacros posteriores.

As Utilizações-Tipo V de segunda categoria de risco ou superior são pela Portaria 1532/2008, de 29 de dezembro, obrigadas a realizarem simulacros, pelo menos, uma vez por ano. Durante os exercícios, os dispositivos de notificação dos ocupantes como alarmes, iluminação e sinalização de emergência devem ser ativados, assim como o fechamento de portas, de modo a criar um cenário muito próximo de uma emergência de incêndio real. Todavia, não se deve acionar os alarmes de incêndio para os exercícios realizados no período noturno.

No fim de um exercício deve-se elaborar um relatório que contenha a data da realização do exercício, nomes dos participantes, observações da resposta dos supostos pacientes e uma crítica geral para melhorar os desempenhos futuros. Os exercícios devem ser realistas e o pessoal envolvido na evacuação deve mover os pacientes em área supostamente de perigo, deve ainda saber localizar e acionar os botões de alarme, saber localizar os extintores e praticá-los durante os exercícios.

Estudos desenvolvidos por Silva, et al. (2013) e Cordeiro, et al. (2016), com o objetivo de estudar o comportamento das pessoas em relação a um simulacro e em uma situação de incêndio real concluíram que, numa simulação de incêndio o comportamento dos ocupantes pode ser diferente quando comparado a uma situação de incêndio real, porque em incêndio as pessoas encaram o perigo com seriedade, o que muitas das vezes não se observa em simulacros. Os participantes dos simulacros de incêndio geralmente têm conhecimento prévio de sua programação e, como resultado, não estão tão concentrados como deveriam.

Por último referir que, a seguir descrevem-se de forma sumária alguns simulacros de incêndios ocorridos em hospitais. Os simulacros em causa foram exercícios que refletiam um cenário aproximado a uma emergência real, com o objetivo de sensibilizar e prevenir, bem como testar o plano de segurança em situação de emergência e testar os procedimentos a adotar perante uma situação de emergência real. Os simulacros serviram ainda para que num cenário real se consiga lidar o melhor possível com sentimentos de pânico, evitando que os danos provocados nas instalações sejam agravados com danos ou perdas humanas.

### **2.12.2.1. Simulacro de Incêndio no Hospital de Bragança**

Um simulacro de incêndio foi realizado no serviço de medicina, no 4º piso, Unidade Hospitalar de Bragança. O simulacro pressupôs que o incêndio foi provocado por um curto-circuito num dos quartos. Com o simulacro, o Hospital de Bragança pretendia testar o Plano



de Emergência Interno, treinar os agentes internos e externos ao nível das comunicações, do manuseamento dos equipamentos de primeira intervenção, designadamente extintores e bocas-de-incêndio, bem como articular os meios internos com os meios externos de socorro e salvamento (Unidade Local de Saúde do Nordeste, 2018). Por outro lado, foi testada a acessibilidade e mobilidade das viaturas dos bombeiros dentro do parque de estacionamento do Hospital de Bragança, a regulação por parte da Polícia de Segurança Pública (PSP) do trânsito e acesso às instalações por viaturas de utentes e ambulâncias, bem como a circulação de visitas e colaboradores na área do incêndio.

Estiveram envolvidos na realização do simulacro colaboradores da Unidade Local de Saúde (ULS) do Nordeste, os Bombeiros Voluntários de Bragança em número de quinze e quatro viaturas, a PSP e elementos do Serviço Municipal de Proteção Civil.

O incêndio simulado resultou em quatro feridos, todos eles doentes internados naquele Serviço. Duas das vítimas estavam acamadas e ficaram bloqueadas pelo fumo e pelo incêndio, outra ficou ferida com gravidade, com queimaduras e em paragem cardiorrespiratória e quarto ferido, com queimaduras. Os feridos foram evacuados pelos profissionais do Serviço e pelos bombeiros. A vítima em estado grave foi socorrida no local pela Equipa de Emergência Intra-hospitalar e, posteriormente, assistida no Serviço de Urgência, juntamente com os restantes feridos.

Da avaliação do simulacro atestou-se a eficácia do Plano de Emergência Interno, bem como a capacidade de resposta demonstrada pelos responsáveis pelo socorro e salvamento, na evacuação e atendimento dos supostos quatro feridos.

#### **2.12.2.2. Simulacro de Incêndio no Hospital de Vila Verde.**

Segundo Silva, 2018, um simulacro de segurança contra o incêndio foi levado à cabo no bloco operatório do Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Vila Verde (SCMVV). Do simulacro estiveram envolvidas 17 pessoas, das quais 7 operacionais e 10 funcionários do hospital, para além de duas viaturas sendo uma de combate a incêndios urbanos e a outra de apoio tático. O foco do incêndio do simulacro foi um bloco operatório em plena cirurgia a um paciente. Logo depois do início do suposto incêndio, os funcionários procederam com a evacuação horizontal do doente que estava na mesa de operações, para uma divisão que não estava a ser atingida pelo fumo de forma a continuar a operação, enquanto combatia-se o incêndio.

O simulacro testou ainda a extinção do incêndio sem recurso a agente extintor água, de modo a não danificar o material, visto que a sua aquisição é muito onerosa. Serviu ainda para perceber como funcionava o bloco operatório, visto constituir uma área crítica e de

desconhecimento dos bombeiros, bem como conhecer o tipo de risco para melhor atuação em situações de incêndio real.

Mais uma vez a avaliação do simulacro foi positiva atendendo que, quer a evacuação do doente em cirurgia, quer o combate ao incêndio foram trabalhos rápidos e bem-sucedidos. Por outro lado, o pessoal médico e enfermeiros, ficou com a preparação necessária para atuar em caso de emergência.

### **2.12.2.3. Simulacro de Incêndio no Hospital Vázquez Díaz, Huelva, Espanha**

Um simulacro de incêndio foi realizado no complexo hospitalar de Huelva, concretamente no 3º andar do Hospital Vázquez Díaz, com o propósito de verificar o funcionamento das Medidas de Autoproteção do edifício hospitalar e garantir a segurança adequada dos profissionais e pacientes em caso de um incêndio real, (Europa Press, 2016).

O simulacro de incêndio contou com 112 elementos a destacar: Bombeiros de Huelva, Polícia Local e Polícia Nacional, Brigadas Contra Incêndio do Complexo Hospitalar e pessoal de segurança, manutenção, vigilantes e administrativos do Hospital Vázquez Díaz, para além dos profissionais médicos e de enfermagem das unidades afetadas.

O 3º andar do Hospital Vázquez Díaz destinava-se a Unidade de Continuidade Assistencial em Medicina Interna, para pacientes com idade avançada, frágeis e multi-patológicas, o que se resume em pacientes com dificuldades adicionais diante de uma possível evacuação real. Foi devido ao tipo dos seus pacientes e das dificuldades a enfrentar numa possível evacuação real que o andar foi escolhido para a simulação em incêndio.

O simulacro de incêndio evacuou horizontalmente da ala esquerda para a direita 14 pacientes acamados e garantiu por parte dos profissionais de enfermagem o acompanhamento e a continuidade dos cuidados hospitalares necessários. Para além da evacuação horizontal (a mais rápida e segura em hospitais), procedeu-se ainda a evacuação vertical por uma das caixas de escadas localizadas do lado do edifício. A evacuação vertical teve lugar para preparar os profissionais de serviço e as equipas de socorro de eventual incêndio que, pela sua severidade obrigue uma evacuação dos pacientes ao exterior do edifício.

De sublinhar que, antes da realização do simulacro de incêndio teve lugar uma formação de atualização (para mais de 300 profissionais que trabalhavam no complexo hospitalar), sobre as medidas a adotar em caso de emergência, tendo em atenção as Medidas de Autoproteção do Hospital Vázquez Díaz, bem como do plano de emergência interno e das funções de cada profissional de acordo com a posição que ocupa no hospital.

Assim, o simulacro atingiu o grau necessário de treino para os profissionais de serviço, assim como as equipas de socorro para atuarem de forma rápida e segura em caso de incêndio real. O simulacro de incêndio foi bem-sucedido e por outro lado, garantiu uma ação planificada que proteja os pacientes e os profissionais de serviço em incêndio real.

Por último referir que os três simulacros de incêndio descritos são unânimes em afirmarem que os exercícios foram bem realizados e que alcançaram os objetivos pretendidos. Para o sucesso de um simulacro contam-se fatores como: preparação das equipas envolvidas, divulgação da data e local a se realizar o simulacro, bem como dos meios humanos e materiais envolvidos. Atendendo que, os simulacros descritos não foram apresentados em forma de vídeo, logo a minha análise ficou condicionada a informação por escrito disponível em seus *sites*.

### **2.13. Considerações Finais**

Do estado de arte concluiu-se que, existem vários modelos de simulação computacional ao incêndio, todavia poucos trabalhos foram desenvolvidos para estudar os riscos e os impactos do incêndio na evacuação dos hospitais. Muitos dos trabalhos simulam o incêndio e a evacuação em edifícios públicos onde, quase 90% dos, ocupantes são pessoas sem limitações na mobilidade ou com capacidades de perceção e reação a um alarme de incêndio. Isto é, em incêndio evacuam com os seus próprios meios. Este facto é também evidente na legislação internacional de segurança contra o incêndio em edifícios que, se baseia no princípio da evacuação não assistida, isto é, prevista para pessoas que em caso de incêndio evacuam com os seus próprios meios.

A evacuação de pacientes é uma tarefa complicada e de difícil decisão. Os pacientes só devem ser evacuados em situações de perigo representado pelo incêndio, fumo, inundações, exposição a matérias perigosas ou danos estruturais da instalação. Entretanto, há que evacuar em primeiro os que estão diretamente expostos ao perigo ou na seguinte ordem segundo o grau de enfermidade: pacientes ambulatoriais e por último os não-ambulatoriais.

Em termos de estratégia de evacuação em emergência de incêndio, dá-se prioridade à evacuação horizontal dos pacientes. Esta consiste na movimentação dos pacientes do local afetado pelo incêndio para um outro adjacente, localizado no mesmo piso. No entanto, quando verificado que a horizontal ainda expõe os pacientes a perigos de fumo, radiação, ou gases tóxicos ou há indícios da estrutura ceder pode-se recorrer à evacuação vertical a partir de elevadores destinados para o efeito e/ou escadas.

Os regulamentos de acessibilidade aos edifícios e estabelecimentos que recebem público, via pública e edifícios habitacionais visam fornecer uma solução de evacuação segura em

incêndio, em particular para pessoas com necessidades especiais. A gestão da segurança contra incêndios em edifícios deve ter em conta os vários grupos de pessoas que podem usar as instalações, prestando especial atenção às pessoas com necessidades especiais.

As pessoas com necessidades especiais devem evacuar o edifício em momentos diferentes das pessoas normais, todavia respeitando as especificidades de cada pessoa. As pessoas normais são as primeiras a evacuar o edifício e por último pessoas com necessidades especiais. A evacuação de pessoas com necessidades especiais pode proceder recorrendo ao abrigo no local, ou seja, mover as pessoas para uma zona de refúgio de modo a esperarem até que seja seguro sair do edifício.

As regulamentações de segurança contra o incêndio em hospitais são unânimes em reconhecer que, a evacuação só pode ter lugar caso todas as medidas de mitigação e/ou combate ao incêndio não tenham resultado. Por outro lado, são convergentes quanto a prioridade na evacuação, tipo de evacuação, isolamento dos blocos operatórios e de unidades de cuidados intensivos, bem como a sua localização em pisos próximos do piso de saída, para uma saída rápida dos pacientes.

Relativamente à segurança contra incêndio para pessoas com necessidades especiais, dos regulamentos analisados os do Brasil e Reino Unido são mais completos. Portugal e Espanha, embora tenham regulamentos exclusivos para pessoas com necessidades especiais, entretanto, ainda falta uma análise detalhada em como agir para evacuar de forma rápida e segura os edifícios com pessoas com necessidades especiais. Os regulamentos, na sua maioria, cingem-se a aspetos de comodidade em situações não de emergência/incêndio.

## 3. ANÁLISE DO RISCO DE INCÊNDIO EM EDIFÍCIOS HOSPITALARES

### 3.1. Generalidades

O termo risco vem sofrendo alterações ao longo da evolução do homem, mas esteve sempre associado a previsão de um acontecimento futuro indesejado. A história diz que o termo risco surgiu a partir do século XV, como forma de avaliar os prejuízos de perdas de navios durante as navegações. O “risco” com a aceção atual foi a partir do século XIX, onde se associa o risco com a prevenção, ou seja, se as causas são conhecidas e quantificadas é possível prever o efeito indesejado, (Leite & Navarro, 2009). Entretanto, o risco pode ser entendido como a combinação da probabilidade de ocorrência de um dano e a gravidade desse dano.

Segundo Gretener, o risco de incêndio é produto do fator de exposição ao perigo de incêndio pela probabilidade de ocorrência de um incêndio (perigo de ativação).

O risco pode, segundo Slovic & Weber (2000) e Watts (2002), tomar diferentes abordagens dependendo da finalidade e âmbito da análise ou avaliação. O risco tem sido assumido como perigo, probabilidade, consequência e como potencial adversidade ou ameaça. Por sua vez, Watts faz uma análise de risco na vertente de engenharia de segurança contra incêndios, ao afirmar que, analisar o risco é procurar compreender a natureza indesejada e as consequências negativas para a vida humana, a saúde, a propriedade e/ou meio ambiente.

A avaliação de risco de incêndio pretende identificar possíveis riscos de modo a eliminá-los ou reduzi-los, para que caso surjam criem menores danos possíveis. Interessa também para a avaliação do risco de incêndio, a necessidade de tomar precauções contra incêndios, para garantir a segurança/integridade física das pessoas, das instalações e dos bens, bem como quantificar as consequências, quer das probabilidades, quer dos impactos de riscos de incêndios.

Por seu turno, os métodos de evacuação estudam o tempo necessário para a evacuação de um edifício, atendendo entre outras condições: a altura do edifício, a localização dos ocupantes, aspetos arquitetónicos do edifício, as distâncias a percorrer, bem como o tamanho das pessoas a evacuar.

Este capítulo apresenta, nos subcapítulos a seguir, a análise dos riscos de incêndio através dos métodos de Gretener, Frame e Hierárquico, análise dos métodos de evacuação de edifícios a partir dos modelos de Jake Pauls (largura efetiva das escadas), Predtechenskii-Milinskii e Galbreath e modelos numéricos de evacuação de edifícios em situação de incêndio (Simulex,

buildingEXODUS, PathFinder e FDS+Evac). Os métodos de Gretener, Frame e Hierárquico foram os usados para análise do risco de incêndio nos CCF estudados.

### 3.2. Métodos de Análise do Risco de Incêndio em Edifícios

Os métodos de análise do risco de incêndio consistem em ferramentas utilizadas para tomada de decisões, de modo a permitir que sejam adotadas medidas preventivas que evitem problemas ou reduzam seu impacto sobre as pessoas, equipamentos, instalações e o meio ambiente.

#### 3.2.1. Método de Gretener

O método de Gretener surge com o objetivo de avaliar os prêmios de seguros na indústria e em armazéns de grande dimensão, por outro lado, quantificar o risco de incêndio em grandes edifícios, nomeadamente: os centros comerciais, os locais de espetáculos, hospitais, escolas, escritórios, edifícios industriais e edifícios de usos múltiplos. O método baseia-se em fórmulas matemáticas simples, conjugadas com dados tabelados e desenvolvidos com fundamentação estatística.

O método considera três tipos de edifícios, nomeadamente: tipo Z, G e V.

- edifício do tipo Z – edifícios com áreas de pisos não superiores a 200 m<sup>2</sup>, cuja envolvente resiste ao incêndio por 30 min ou mais. Assim, a propagação do incêndio está limitada, tanto na horizontal como na vertical. Este tipo de edifício enquadra-se nos requisitos de uma utilização-tipo hospitalar, pois estes edifícios confinam o incêndio no compartimento de origem, contribuindo para a não evacuação do edifício, condição prioritária em emergência/incêndio em hospitais. Caso seja necessário evacuar, os edifícios de tipo Z proporcionam uma evacuação segura dos pacientes quer na horizontal (a mais aceitável), quer na vertical nos casos em que se prevê o colapso da estrutura, devido a incapacidade da sua envolvente resistir ao incêndio;
- edifício do tipo G – construção de grandes superfícies em que o compartimento de incêndio se estende a um piso completo ou a áreas muito significativas com desenvolvimento na horizontal. Por consequência, a propagação do incêndio na horizontal está facilitada, enquanto a propagação na vertical está limitada;
- edifício do tipo V – estão incluídos neste tipo de edifícios os que não possam ser classificados no tipo Z ou G. Basicamente, abarca as construções de grande volume, o que facilita e acelera a propagação do fogo tanto na horizontal como na vertical e em que o compartimento de incêndio estende-se a todo o edifício ou a parte dele.

O método de Gretener define o risco, por um lado, como sendo a expectativa da perda e por outro lado, como resultado do produto da probabilidade do perigo pela severidade do perigo, de acordo com a expressão (3.1):

$$R = AxB \quad (3.1)$$

onde: R – risco de incêndio;

A – probabilidade de ocorrer um incêndio;

B – perigo do incêndio, grau de perigo ou severidade da probabilidade.

O perigo do incêndio **B** é dado pelo quociente entre o perigo potencial e as medidas de proteção, as quais se podem assumir como: ativas, passivas e de gestão de recursos humanos, segundo a expressão (3.2).

$$\text{Perigo do incêndio} = \frac{\text{Perigo potencial}}{\text{Medidas de proteção}} \Leftrightarrow \mathbf{B} = \frac{\mathbf{P}}{\mathbf{N} \times \mathbf{S} \times \mathbf{F}} \quad (3.2)$$

com: P – perigo potencial é o produto de elementos de perigo cujas magnitudes são influenciadas, por um lado, pelo conteúdo do edifício (materiais e mercadoria presente), por outro lado, pelo próprio edifício;

N – medidas normais (extintores, hidrantes, formação do pessoal);

S – medidas ativas (sistemas de detecção e alarme, tipo de brigadas de intervenção, *sprinklers*, desenfumagem);

F – medidas passivas (estrutura autoportante, paredes circundantes, tetos, dimensão dos compartimentos de incêndio).

Para o Método de Gretener, todos os edifícios estão sujeitos ao risco de incêndio e que o seu nível de segurança depende de um conjunto de fatores, os quais favorecem ou dificultam a sua ocorrência e desenvolvimento.

Entretanto, o perigo potencial **P** pode ser descrito de acordo com a expressão (3.3):

$$\mathbf{P} = qxcxr \times kxi \times exg \quad (3.3)$$

Fatores do conteúdo: q – carga do incêndio;

c – combustibilidade;

r – produção do fumo;

k – produção de gases tóxicos e corrosivos;

Fatores do edifício: i – carga de incêndio imobiliária;

e – nível do andar ou altura do local;

g – amplitude dos compartimentos de incêndio e sua relação comprimento/largura.

Os valores destes fatores individuais não são baseados em estatísticas, mas resultantes da comparação das análises de risco de incêndio para as quais as medidas de segurança de incêndio são mais comuns ou exigidas por lei. Segundo o método de Gretener, a determinação de valores para cada tipo de fatores é segundo a expressão:

$$\gamma = R_u/R \quad (3.4)$$

Onde:  $R_u$  – risco de incêndio admissível;  
 $R$  – risco de incêndio efetivo.

Para Gretener, a segurança é obtida comparando o risco calculado com o máximo admitido, de tal modo que um edifício ou compartimento será considerado como tendo segurança aceitável, se o risco calculado for inferior ao risco admissível, (Macedo, 2008). O risco admissível é calculado a partir do risco normal ( $R_n = 1,3$ ) corrigido pelo fator  $P_{HE}$  que considera o grau de perigo para as pessoas em função do número e do nível do piso, ou outros fatores suscetíveis de dificultar a evacuação dos ocupantes.

No entanto, o risco de incêndio admissível é:

$$R_u = R_n \times P_{HE} \quad (3.5)$$

Se o edifício for muito alto ou o número de pessoas for elevado, ou os ocupantes apresentarem certas limitações como saúde debilitada, idade ou outras, o fator de perigo para as pessoas é elevado, tornando o fator  $P_{HE}$  inferior a 1,0. Nos casos em que não se prevê situações excepcionais para as pessoas e/ou para o edifício a evacuar, o fator  $P_{HE}$  toma um valor igual ou superior a 1,0, ou seja:

$$\begin{aligned} P_{HE} < 1 & \text{ para perigo de pessoas acrescido;} \\ P_{HE} = 1 & \text{ para perigo de pessoas normal;} \\ P_{HE} > 1 & \text{ para perigo de pessoas reduzido.} \end{aligned}$$

Macedo (2008) diz que, se o  $R_u$  for menor que  $R$ ,  $\gamma < 1$ , significa que o edifício/compartimento de incêndio não está suficientemente protegido, devendo-se reformular as medidas de segurança.

Por último é de sublinhar que, o método de Gretener foi concebido para analisar o risco em instalações industriais, contudo, pode ser aplicado a todo o tipo de edifícios. Para além de ser aplicado em todos os tipos de edifícios é também de aplicação prática simples. O método baseia-se em dados aritméticos tabelados desenvolvidos com fundamentação estatística de tal forma que o uso não precisa que seja feito por um especialista em avaliação do risco do incêndio. O método aplica-se quase a todo o tipo de edifício, todavia não prevê a



possibilidade da propagação do incêndio entre edifícios, não prevê ainda as medidas de proteção as pessoas como: caminhos de evacuação, sinalização e iluminação de emergência, (fatores imprescindíveis para uma evacuação rápida e segura dos edifícios). Um outro fator não contemplado pelo método é o estado de conservação do edifício e a manutenção quer do edifício, quer das suas instalações e infraestruturas. Isto é, um edifício antigo com instalações elétricas sem a proteção adequada é consideravelmente mais perigoso do que um edifício recente com instalações elétricas devidamente protegidas.

### **3.2.2. O FRAME**

O *Fire Risk Assessment Method for Engineering*, mais conhecido pelo FRAME foi desenvolvido a partir do método de Gretener e de outros métodos como o *Evaluation du Risque d'Incendie par le Calcul* - ERIC, das normas alemãs DIN 18230 e austríacas TRBV100, muito usadas pelo sector de seguros.

O método evidencia a proteção do património e seu conteúdo, assim como a segurança das pessoas e atividades. Desta forma, define-se em primeiro lugar uma proteção adequada para o edifício e, posteriormente, verifica-se as medidas complementares necessárias para a segurança dos ocupantes e das atividades.

Este método é, segundo Coelho (2010) aplicável a cada compartimento do edifício, com o objetivo de avaliar o risco de incêndio para: o edifício, o conteúdo, os ocupantes e para as atividades desenvolvidas no mesmo edifício. Para edifícios constituídos por vários compartimentos, ou vários níveis, o FRAME calcula os riscos por compartimento e/ou nível, ou pelos compartimentos mais representativos do perigo.

Atendendo que, a evacuação de pacientes em hospitais é algo indesejado, o FRAME tem maior aplicação na conceção de hospitais. A sua aplicação relaciona-se com a capacidade de o edifício resistir ou de não ser potencialmente propenso a eclosão do incêndio, por causa da sua estrutura evolvente. O dano causado por um incêndio pode ser limitado ao compartimento do início, o que diminui a existência de vítimas e retoma à ocupação do edifício depois de se reparar a área afetada.

Os fatores de influência do risco não se comportam todos da mesma forma, com efeito o risco potencial e o risco aceitável não são os mesmos e os meios de proteção apresentam resultados diferentes para cada um destes aspetos do risco.

Uma das características fundamentais do método, é o cálculo dos índices de risco ser efetuado de forma separada para os edifícios, as pessoas e as atividades desenvolvidas.

O método tem a seguinte expressão geral:

$$R_o = \frac{P}{AxF_o} \quad (3.6)$$

$$F_o = 1 + \frac{f_s}{100} - \frac{f_s^{2,5}}{10^6} \quad (3.6.1)$$

Onde:  $R_o$  - risco inicial;  
 $P$  - risco potencial;  
 $A$  - risco aceitável;  
 $F_o$  - nível de proteção.

O método subentende a existência de um equilíbrio entre o perigo e a proteção num edifício bem protegido. Se o valor obtido for menor ou igual a 1 considera-se risco de incêndio aceitável. Entretanto, tem-se para o edifício três tipos distintos de risco: risco para os bens patrimoniais, designado por  $R$ , risco para as pessoas/ocupantes  $R_1$  e risco para as atividades  $R_2$  que se desenvolvem a seguir.

#### Risco para os bens patrimoniais

Para o cálculo do risco para os bens patrimoniais  $R$ , o risco potencial  $P$  é influenciado pela carga do incêndio e pelos fatores de propagação, da geometria horizontal, dos andares, da ventilação e da acessibilidade. O risco potencial  $P$  é definido por:

$$P = qxi x g x e x v x z \quad (3.7)$$

Onde:  $q$  - fator de carga calorífica (1,98);  
 $i$  - fator de propagação (1);  
 $g$  - fator de geometria horizontal (0,9)  
 $e$  - fator dos andares (1,22);  
 $v$  - fator de ventilação (1,08);  
 $z$  - fator de acessibilidade (1,05).

Os valores entre parênteses foram os assumidos para o cálculo do risco do incêndio nos compartimentos estudados, segundo os quadros dos resultados constantes do capítulo 6.

O risco potencial diz respeito à possibilidade de agravamento do risco principal ou inicial, sem necessariamente descrever o seu acréscimo nem a probabilidade de ocorrência. É um conceito que expressa o juízo de valor sobre exposição potencial a um possível risco.

A carga térmica  $q$ , traduz-se na quantidade de calor emitido por unidade de superfície pela combustão completa de todos os materiais combustíveis, que se encontram no compartimento. A carga térmica é constituída pela carga imobiliária  $Q_i$ , para o conteúdo e a carga calorífica mobiliária  $Q_m$ , para o edifício. Para os hospitais a carga calorífica é de 280 MJ/m<sup>2</sup> (EN 1991-1-2, 2010).

$$q = \frac{2}{3} \times \log(Q_i + Q_m) - 0,55 \quad (3.7.1)$$

O **i**, fator de propagação do fogo é calculado em função do aumento da temperatura **T**, necessária para inflamar ou danificar os bens. O **m** (expresso em metros) indica a dimensão média do conteúdo e o **M**, a classe de reação ao fogo das superfícies dentro do compartimento.

$$i = 1 - \frac{T}{1000} - 0,1 \times \log m + \frac{M}{10} \quad (3.7.2)$$

O fator de geometria **g** é definido pela influência da geometria horizontal. Ele é calculado em função do comprimento teórico do compartimento, **l**, e da largura equivalente, **b**.

$$g = \frac{b + 5 \times \sqrt[3]{l \times b^2}}{200} \quad (3.7.3)$$

O fator de andares **e**, define a influência da geometria vertical. Ele é calculado em função de **E**, número de andares. Para o piso do nível de referência  $E = 0$ , para os andares acima do acesso principal  $E = 1, 2, 3$ , etc. e para os andares abaixo do nível de referência  $E = -1, -2, -3$ .

$$e = \left| \frac{E + 3}{E + 2} \right|^{0,7 \times |E|} \quad (3.7.4)$$

O fator de ventilação **v** define a influência dos fumos. A ventilação é calculada em função da altura do teto do compartimento **h**, do quociente de ventilação **k** que corresponde a relação entre a superfície total e a superfície de ventilação, e de **Q<sub>m</sub>**, a carga calorífica mobiliária.

$$v = 0,84 + 0,1 \times \log Q_m - \sqrt{k \times \sqrt{h}} \quad (3.7.5)$$

Com: **h** - pé-direito, em metros. Se o teto for inclinado considera-se a altura média. O máximo valor da altura é de 15 m. Se o telhado tiver uma altura superior a 15 m, o método de FRAME limita  $h = 15$  m.

O fator de acessibilidade representado pelo **z**, corresponde as possibilidades de acesso. Ele é calculado em função da largura do compartimento que corresponde o **b**, das direções de acesso **Z** e da diferença de alturas entre o compartimento e o nível do solo, **H**.

$$z = 1 + 0,05 \times \text{Int} \left| \frac{b}{20 \times z} + \frac{H^+}{25} + \frac{H^-}{3} \right| \quad (3.7.6)$$

Com:  $\text{Int}$  – é o valor inteiro imediatamente superior ao obtido.

O risco aceitável  $A$  é definido por:

$$A = 1,6 - a - t - c \quad (3.8)$$

Onde: 1,6 - é o valor máximo de  $A$ ;  
 $a$  - fator de ativação (0);  
 $t$  - fator de evacuação (0,17);  
 $c$  - fator de conteúdo (0).

O fator de ativação  $a$  define a presença de fontes de incêndio no edifício. As fontes de incêndio são de origem humana como: o modo de aquecimento, as instalações elétricas, o emprego de produtos inflamáveis e operações perigosas que possam ocorrer.

O  $t$ , define o tempo de evacuação e é calculado em função da expressão 3.8.1. Nesta expressão  $(b + l)$  é o caminho de evacuação mais comprido do compartimento e  $X/x$  é o tempo necessário para  $X$  ocupantes do edifício passarem por  $x$  unidades de passagem. Salienta-se que, neste método, uma unidade de passagem é 0,60 m. O percurso nos caminhos de evacuação vertical é estimado através da introdução das distâncias  $H^+$  e  $H^-$ . O  $K$  é o número de direções distintas de saída ou caminhos de evacuação existentes.

$$t = \frac{p \times x \times \left[ (b + l) + \left( \frac{X}{x} \right) + 1,25 \times H^+ + 2 \times H^- \right] \times (b + l)}{800 \times k \times [1,4 \times x \times (b + l) - 0,44 \times X]} \quad (3.8.1)$$

Esta equação foi estudada com vista a adaptá-la para análise do risco de incêndio em hospitais (subcapítulo 6.3.2).

O  $c$  é o valor do conteúdo. O mesmo é calculado em função do valor absoluto dos bens e das possibilidades de substituição.

$$c = c_1 + c_2 \quad (3.8.2)$$

Onde:  $c_2 = \frac{1}{4} \times \log\left(\frac{V}{7 \times 10^6}\right)$

$V$  - valor monetário do recheio, em euros. O valor do recheio inclui o valor do compartimento, os bens presentes e dos utilizadores.

O nível de proteção  $D$  é por definição:

$$D = W \times N \times S \times F \quad (3.9)$$

Onde: W - fator dos recursos de água (0,86);  
N - fator de proteção normal (0,90);  
S - fator de proteção especial (1,48);  
F - fator de resistência ao fogo (1,74).

O fator de resistência ao fogo **F**, define o valor da resistência ao fogo dos elementos construtivos, corrigido pelo valor de proteção especial.

$$F = \left[ 1 + \frac{f}{100} - \frac{f^{2,5}}{10^6} \right] \times [1 - 0,025 \times (S - 1)] \quad (3.10)$$

$$\text{Onde: } f = \frac{1}{2} \times fs + \frac{1}{4} \times ff + \frac{1}{8} \times fd + \frac{1}{8} \times fw$$

fs – resistência ao fogo dos elementos estruturais (90);

ff – resistência ao fogo das fachadas (60);

fd – resistência ao fogo dos tetos (60);

fw – resistência ao fogo das paredes interiores (60).

#### **Risco para as pessoas/ocupantes**

O risco **R<sub>1</sub>** é dado:

$$R_1 = \frac{P_1}{A_1 \times D_1} \quad (3.11)$$

Onde: P<sub>1</sub> – risco potencial (1,700);

A<sub>1</sub> – risco aceitável (1,43);

D<sub>1</sub> – nível aceitável (2,76).

O

Risco Potencial **P<sub>1</sub>** é definido por:

$$P_1 = q \times i \times e \times v \times z \quad (3.12)$$

Onde: q - fator de carga calorífica (carga térmica);

i - fator de propagação;

e - nível do andar;

v - fator de ventilação;

z - fator de acessibilidade.

O risco aceitável **A<sub>1</sub>** é definido por:

$$A_1 = 1,6 - a - t - r \quad (3.13)$$

Onde: 1,6 é o valor máximo de A;

a – fator de ativação;

t – fator de evacuação;

r – fator ambiental (0).

O fator ambiental **r**, define em que medida o ambiente desfavorece a evacuação. O **r** é calculado em função da carga térmica imobiliária, **Q<sub>i</sub>**, e de **M**, a combustibilidade das superfícies.

$$r = 0,1 \times \log(Q_i + 1) + \frac{M}{10} \quad (3.13.1)$$

O nível de Proteção **D<sub>1</sub>** é definido por:

$$D_1 = N \times U \quad (3.14)$$

Onde: N – fator de proteção normal;

U – fator de fuga (3,07).

O fator de fuga **U**, define em que medida as possibilidades de evacuação foram melhoradas, protegidas e multiplicadas.

$$U = 1,05^u \quad (3.14.1)$$

Onde:  $u = u_1 + u_2 + u_3 + u_4 + u_5 = \sum u_i$

$u_1$  – detecção automática;

$u_2$  – meios de evacuação;

$u_3$  – compartimentação;

$u_4$  – proteção;

$u_5$  – brigadas de incêndio.

### **Risco para as atividades**

O risco para as atividades **R<sub>2</sub>** é definido por:

$$R_2 = \frac{P_2}{A_2 \times D_2} \quad (3.15)$$

Onde:  $P_2$  - risco potencial (1,700);

$A_2$  - risco aceitável (1,43);

$D_2$  - nível aceitável (2,76).

O Risco Potencial  $P_2$  é definido por:

$$P_2 = i x g x e x v x z \quad (3.16)$$

Onde: g – fator de geometria horizontal;

i – fator de propagação;

e – fator de andares (níveis);

v – fator de ventilação;

z – fator de acessibilidade.

O risco aceitável  $A_2$  é definido por:

$$A_2 = 1,6 - a - c - d \quad (3.17)$$

Onde: 1,6 é o valor máximo de A;

a – fator de ativação;

c – fator de conteúdo;

d – fator de dependência (0,30).

O nível de Proteção  $D_2$  é definido por:

$$D_2 = W x N x S x Y \quad (3.18)$$

Onde: W – fator de recursos em água;

N – fator de proteção normal;

S – fator de proteção especial;

Y – fator de salvaguarda (1,48).

O fator **W** representa a disponibilidade de água, isto é, a quantidade de água disponível, a pressão da rede e o sistema de distribuição. A expressão é assim definida:

$$W = 0,95^w \quad (3.18.1)$$

Onde:  $w = w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5 = \sum w_i$

$w_1$  – tipo de reserva de água (0);

$w_2$  – capacidade de armazenamento do depósito (4);

$w_3$  – rede de distribuição (0);

$w_4$  – pressão na rede (3);

$w_5$  – hidrantes (3).

O fator proteção normal N, define a qualidade dos meios de alerta, primeira intervenção e socorro.

$$N = 0,95^n \quad (3.18.2)$$

Onde:  $n = n_1 + n_2 + n_3 + n_4 = \sum n_i$

- $n_1$  – sistemas de alarme;
- $n_2$  – meios de primeira intervenção;
- $n_3$  – intervenção de bombeiros;
- $n_4$  – formação.

O S, fator de proteção especial, define o reforço da proteção por meios automáticos, pela abundância dos mesmos meios e o aumento da fiabilidade.

$$S = 1,05^s \quad (3.18.3)$$

Onde:  $s = s_1 + s_2 + s_3 + s_4 = \sum s_i$

- $s_1$  – detecção automática (8);
- $s_2$  – reservas de água (0);
- $s_3$  – proteção automática do compartimento (11);
- $s_4$  – corpo de bombeiros (0).

O fator de salvaguarda Y, define a proteção dos pontos nevrálgicos, dos dados de base e das cadeias de produção.

$$Y = 1,05^y \quad (3.18.4)$$

Onde:  $y = y_1 + y_2 = \sum y_i$

- $y_1$  – proteção física (4);
- $y_2$  – organização (3).

O método de Frame é prescritivo, todavia apresenta exigências de análise de risco de incêndio baseadas no desempenho. O método dá uma relevância significativa a proteção do edifício por compartimentos ou pisos, o que de certo modo responde a exigência de não evacuar os hospitais ou se necessário evacuar apenas os compartimentos atingidos ou em eminência de serem atingidos pelo incêndio. Aliada à proteção do edifício está a proteção dos bens, um fator também por considerar na avaliação do risco de incêndio em hospitais. Muitos dos bens dos hospitais são caros, cuja substituição em caso de destruição por incêndio pode não ser possível. Assim, a presente tese pretende adaptar os métodos de Gretener e Frame para a análise do risco do incêndio em hospitais.



### 3.2.3. Método hierárquico

O método de análise hierárquica foi desenvolvido por Thomas Saaty, nos anos 1980, com o propósito de dar soluções a problemas complexos, a partir da decomposição dos mesmos em níveis hierárquicos, para serem facilmente compreendidos e avaliados. O método desenvolve soluções para cada nível do problema, relacionando a contribuição de cada nível na formulação de uma resposta global para o problema. Os níveis hierárquicos, Figura 3.1 em quais se fundamenta o método hierárquico tem no topo das prioridades uma Política de Segurança Contra o Incêndio (PO), para qual são definidos os OBjetivos (OB). Por seu turno o alcance dos objetivos está dependente das EStratégias (ET), as quais são operacionalizadas através de Medidas (M), cada uma das quais apresenta um Grau (G) de implementação.

Atendendo que a avaliação é subjetiva, para a definição da importância dos níveis de hierarquia (política, objetivos, estratégias e medidas), tem-se recorrido ao método Delphi<sup>11</sup> e em casos de falta de consensos na avaliação do grupo de peritos, recorre-se aos métodos de Árvore de Acontecimentos, FRAME, Gretener, entre outros.

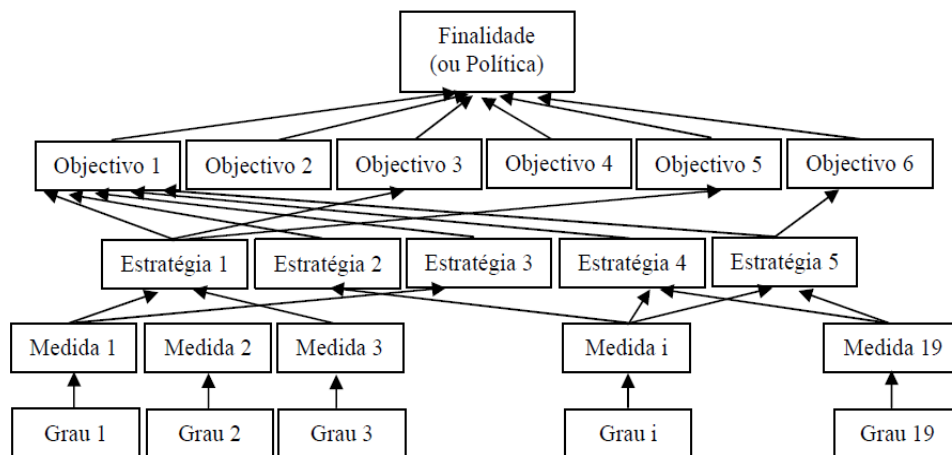


Figura 3.1. Estrutura hierárquica para o cumprimento de uma finalidade (Neves, 2004).

Na aplicação do método, a cada avaliador deve-lhe ser fornecida uma informação que contém uma breve descrição da política, objetivos a alcançar, estratégias e medidas, de modo a ter uma visão do que se pretende, de modo a atribuir pesos adequados. Por outro lado, a informação a fornecer deverá ser acompanhada por uma caracterização do edifício, localização, atividade nele desenvolvida, acessibilidade de meios de socorro, meios de

<sup>11</sup> O Método Delphi baseia-se num processo estruturado para a recolha e síntese de conhecimentos de um grupo de especialistas por meio de uma série de questionários, acompanhados de um *feedback* organizado de opiniões. Os questionários são apresentados sob a forma de um procedimento de consulta anónima e iterativa.

primeira e segunda intervenção disponíveis, bem como todos os aspetos pertinentes para a avaliação. Os pesos são atribuídos a pontuação de 0 a 9, segundo a importância, Quadro 3.1.

Quadro 3.1. Pontuação de importâncias relativas ou pesos para a decisão hierárquica (adaptado de Vandeveldt, et al. 2005).

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

### 3.2.3.1. Níveis Hierárquicos

Os níveis hierárquicos são organizados de forma que, um nível receba determinados valores de acordo com a influência relativa de todos os componentes do nível inferior. Contudo, os níveis e respetivos elementos de hierarquia encontram-se organizados da seguinte forma:

*Política (PO)* – constitui a primeira etapa e sobre a qual se orienta todo o método. A política é definida como a Redução do Risco de Incêndio.

*Objetivos (OB)* – garantem a prossecução da política de segurança contra o incêndio.

Por sua vez os objetivos subdividem-se em:

OB1 – proteção dos ocupantes. De acordo com as tipologias dos edifícios e recintos, a proteção dos ocupantes envolve: residentes, trabalhadores, visitantes, clientes/utentes que se possam encontrar dentro ou nas imediações ou edifícios adjacentes do local do início do incêndio e sofram das consequências do mesmo. A proteção dos ocupantes assume extrema relevância quando se trata de incêndios em utilizações-tipo hospitalares. Em setores como de cirurgia, unidades de cuidados intensivos, entre outros, não se recomenda a evacuação dos pacientes, em compensação, recorre-se a medidas compensatórias como: compartimentação corta-fogo, controlo de fumos e instalação de meios de primeira intervenção.

OB2 – proteção dos bombeiros. A proteção de bombeiros não se circunscreve apenas aos bombeiros voluntários, municipais e sapadores, mas também aos privados bem como todas as pessoas com formação específica para limitar e eliminar as consequências dos riscos dos incêndios.

OB3 – proteção do edifício. Este objetivo dá primazia a compartimentação e à limitação da propagação do incêndio entre edifícios, bem como a proteção da estrutura no que respeita à sua estabilidade ao incêndio. Este objetivo mostra-se de extrema importância, porque uma parcial ou total destruição da estrutura não só é onerosa, como também poderá implicar a

transferência dos pacientes ou perda de vidas humanas, tendo em conta que se trata de um hospital.

OB4 – proteção do conteúdo. O conteúdo de um edifício constitui de grande importância para a continuidade das atividades. Em hospitais a proteção do conteúdo, garante por um lado o tratamento contínuo dos pacientes e por outro lado, a não transferência de pacientes para outras unidades hospitalares, o que de certo modo poderia complicar a saúde de alguns pacientes e/ou superlotar as unidades hospitalares de destino.

OB5 – continuidade da atividade exercida. Qualquer incêndio que seja, pequeno ou grande tem quase sempre paralisado parcial ou total as atividades desenvolvidas. Esta paralisação tem consequências, quer para os hospitais porque serão obrigados a deslocar serviços e pacientes para outros hospitais, quer para a saúde dos próprios pacientes.

OB6 – proteção do ambiente. Atualmente a defesa do ambiente constitui um imperativo global. Os efeitos dos produtos resultantes de um incêndio têm consequências nefastas para a sociedade. O fumo, efluentes produzidos pelo próprio incêndio ou resultantes dos agentes extintores empregues para combater as chamas têm-se tornado a grande causa da contaminação das águas, assim como do surgimento de novas doenças. Estes fenómenos levaram com que as legislações de segurança ao incêndio incluíssem a obrigatoriedade de bacias de retenção, com vista a conter efluentes do incêndio ou possíveis derrames através de grupos geradores.

*Estratégias (ET)* – Após a atribuição de pesos aos objetivos em relação à política, segue-se a atribuição de pesos às estratégias em relação aos objetivos. Assim, foram definidas as seguintes estratégias:

ET1 – reduzir a probabilidade de início do incêndio. Esta estratégia assenta-se em todas as medidas ou mecanismos que contribuam para dificultar o início do incêndio, assim como limitar o seu surgimento.

ET2 – limitar o desenvolvimento/propagação do incêndio. A limitação da propagação do incêndio interna ou externamente entre edifícios exige que, o edifício tenha uma compartimentação corta-fogo adequada às suas características construtivas, assim como à atividade que desenvolve. O grande foco desta estratégia é toda a medida que atrase ou limite a propagação do incêndio dentro do compartimento de origem.

ET3 – facilitar a evacuação do edifício. Esta estratégia dá ênfase por um lado, a existência de saídas de emergência e caminhos de evacuação devidamente iluminados, sinalizados e convenientemente distribuídos, por outro lado, a existência de câmaras corta-fogo ou zonas de

refúgios. Acresce-se a esta estratégia a sensibilização e formação, acompanhadas por simulacros enquadrados em planos de emergência próprios. Para utilizações-tipo hospitalares a evacuação de pacientes constitui o último recurso depois de não resultarem todas as medidas de mitigação e combate ao incêndio. Entretanto, esta estratégia é muitas vezes substituída pela anterior.

ET4 – facilitar o combate ao incêndio e o salvamento. O salvamento de vidas humanas é uma atividade primária no combate ao incêndio. Por isso, a presente estratégia visa por um lado, toda a medida que levada a cabo facilita o combate precoce do incêndio, pelos ocupantes, trabalhadores ou brigada de incêndio local, e por outro lado, o combate e as operações de socorro pelos bombeiros.

ET5 – limitar os efeitos dos produtos resultantes do incêndio. A limitação dos efeitos dos produtos resultantes do incêndio consubstancia a limitação do fumo aos pacientes (de forma a não agravar a situação clínica dos mesmos), ao edifício e seu conteúdo. Esta estratégia inclui ainda o tratamento adequado dos efluentes produzidos pelos agentes extintores que podem transportar consigo substâncias nocivas, para as pessoas, o edifício e seu conteúdo, bem como o ambiente.

*Medidas (M) – as medidas são definidas em relação ao nível de cada estratégia.*

M1 – reação ao fogo dos materiais de construção. A primeira medida faz referência ao controlo das características de reação ao fogo dos materiais empregues no edifício e/ou recinto. Destacam-se: a estrutura resistente, paredes, tetos, pavimentos, escadas, assim como os materiais de revestimento e acabamentos.

M2 – resistência ao fogo da estrutura. Esta medida refere-se à resistência ao fogo dos elementos estruturais (pilares e vigas).

M3 – resistência ao fogo dos elementos com função de compartimentação. Esta medida pode ser associada às anteriores visto que, também se relaciona ao confinamento do incêndio. Os elementos desta medida têm como função evitar a propagação do incêndio do compartimento de origem para compartimentos contíguos, ou para pisos ou edifícios adjacentes.

M4 – dimensão dos compartimentos corta-fogo. Esta medida visa limitar as consequências do incêndio e facilitar as operações de combate.

M5 – características e localização de aberturas nas fachadas. Quando as aberturas nas fachadas estão devidamente dimensionadas contribuem para o sucesso de operações de salvamento e de combate ao incêndio, através da redução do risco de propagação do incêndio a outros pisos ou edifícios, pelo exterior.

M6 – distâncias entre edifícios vizinhos. As distâncias entre edifícios devem ser de forma que em incêndio não haja propagação do mesmo de um edifício para o outro, o que de certo modo ajudaria na evacuação de ocupantes/pacientes do edifício em incêndio para um outro sem incêndio. Por outro lado, ajuda na manobra das viaturas dos bombeiros, quer para o combate do incêndio quer para o salvamento dos ocupantes e dos bens.

M7 – Geometria das vias de evacuação. As dimensões das vias de evacuação, as distâncias a percorrer de um local de permanência até a via de evacuação mais próxima, assim como o número das saídas de emergência que conduzam ao exterior, constituem medidas que facilitam a evacuação rápida e segura do edifício.

M8 – vias de acesso para os bombeiros. Esta medida visa facilitar toda e qualquer manobra dos bombeiros para o combate aos incêndios e salvamento. Ou por outra, faz referência à geometria das vias de acesso que levam à entrada e penetração ao edifício e a eventual existência de obstáculos ao bom desempenho dos socorros externos.

M9 – meios de deteção do incêndio. Esta medida foi concebida com o objetivo de detetar o incêndio em fase precoce. A deteção poderá ser humana (vigilante ou ocupante do edifício) ou automática, através de detetores de fumos, chama e/ou temperatura. O sistema circuito fechado de televisão (CFTV) e deteção de intrusão (uma vez que pode originar um incêndio intencional) podem também fazer parte de meios de deteção do incêndio.

M10 – meios de combate ao incêndio. Esta medida visa todos os meios de combate ao incêndio. O combate ao incêndio na sua fase precoce é o grande objetivo da presente medida. A medida inclui redes de incêndio armadas, extintores, redes de *sprinklers*, sistemas de extinção automática por gases ou água pulverizada e mantas ignífugas. Contudo, o uso dos meios de combate ao incêndio pressupõe a formação específica das pessoas a usarem, sob pena de os meios não servirem para o devido fim e o seu mau uso acarretar consequências graves ao recheio do edifício.

M11 – controlo de fumos. Em incêndio a presença do fumo tem complicado sobremaneira a evacuação dos edifícios, tanto quanto os trabalhos dos bombeiros, quer para o combate ao incêndio, quer para o salvamento dos ocupantes do edifício. No entanto, o controlo do fumo deverá ter em conta a manutenção dos caminhos de evacuação livres do fumo, evitar prejuízos ao conteúdo e ao edifício, bem como facilitar o trabalho dos bombeiros.

M12 – sinalização de alarme e de emergência. A sinalização de alarme e emergência deve ser concebida de forma a garantir o aviso aos ocupantes da existência de um incêndio e dar-lhes informação para evacuar, bem como garantir a visibilidade dos espaços. Garantir a difusão do

alarme por sirene ou mensagem de voz gravada, que difunda procedimentos gerais, apelando a calma e/ou incentivar as pessoas a procederem de acordo com as instruções definidas.

M13 – equipas de primeira intervenção. As equipas de primeira intervenção têm a tarefa de intervirem no combate ao incêndio, tão cedo quanto possível. A constituição de equipas de 1ª intervenção e o apetrechamento das mesmas com o material de proteção pessoal e de combate ao incêndio, contribui para promover uma cultura de segurança que é tão necessária, quer para as instituições públicas, quer para as privadas. As equipas de primeira intervenção que podem incluir bombeiros privativos ou da empresa, são constituídas por pessoas com formação específica para o combate ao incêndio, sempre presentes no edifício e com conhecimento profundo do mesmo e dos locais propensos ao incêndio.

M14 – localização e tipo de corporação de bombeiros. A localização e o tipo de corporação de bombeiros caracterizam normalmente a qualidade e rapidez de resposta. Mas nem sempre a distância da localização dos bombeiros constitui o ponto fulcral para qualidade e rapidez de resposta a um alerta de incêndio. A prontidão, o tráfego, a largura e o estado das estradas, o tipo e condições físicas das viaturas para intervenção, conta bastante para uma resposta rápida e eficaz.

M15 – manutenção dos sistemas de segurança contra o incêndio. Os sistemas de segurança contra o incêndio são equipamentos de funcionamento ocasional, daí que as operações de manutenção e teste garantem a fiabilidade e eficácia dos equipamentos. A manutenção constante diminui os falsos alarmes, como detetar problemas em redes secas e húmidas.

M16 – educação e formação para a prevenção de incêndios. A evacuação em segurança ao incêndio, bem como o uso correto dos meios de combate ao incêndio, depende essencialmente da sensibilização, educação e formação das pessoas. A formação para a prevenção de incêndios aumenta o nível dos ocupantes sobre os fenómenos do fogo e dota os mesmos de conhecimentos de prevenção e comportamentos a tomar para prevenir a eclosão de incêndios e limitar as suas consequências.

M17 – planeamento e treino de emergência. O estabelecimento de medidas de prevenção contra incêndios e de procedimentos de atuação em caso de emergência são a base de qualquer plano e preconizam uma resposta previamente pensada, mesmo que apenas aproximada à realidade. O plano de emergência ajuda na redução do risco de incêndio porque operacionaliza meios e pessoas, numa gestão eficiente de emergência, limitando os efeitos ou consequências daquele evento.

M18 – manutenção e vigilância. Esta medida visa definir e criar procedimentos de controlo sobre os sistemas nevrálgicos do hospital, de modo a prevenir situações que possam desencadear incêndio.

M19 – fiscalização das condições de segurança. A fiscalização de condições de segurança é uma medida que visa inspecionar as instalações técnicas e equipamentos de segurança ao incêndio. Nesta medida incluem-se também equipamentos de suporte à vida (elevadores, instalações elétricas e de fluídos inflamáveis, instalações de gás, ar condicionado, ventiladores, equipamentos de queima e aquecimento de água, entre outros) e ainda espaços destinados a arrecadações e seu conteúdo e vias e saídas de evacuação.

Da análise do método hierárquico pode-se afirmar que, é um método complexo, embora o seu uso seja pela decomposição de problemas complexos em níveis hierárquicos, para facilmente compreendidos e avaliados. O facto de a avaliação ser feita por um conjunto de especialistas faz do método complexo para uso comum, diferentemente com o que acontece com os métodos de Frame e Gretener apresentados em subcapítulos anteriores. Por outro lado, a decomposição dos problemas é subjetiva, isto é, depende dos conhecimentos técnico-científicos e da experiência do especialista. A análise subjetiva de cada especialista pode fazer com que se demore muito tempo para uma análise de risco do incêndio de consenso, entre os especialistas avaliadores. Por outro lado, o método não fornece resultados imediatos, e a decisão final a tomar para a aplicação dos resultados vindos da avaliação dos especialistas carece de muita ponderação, visto que algumas análises podem ser divergentes.

#### **3.2.4. Potencialidades e limitações dos métodos estudados**

Os métodos de Gretener e Frame são quantitativos. A aplicação deles é com base em *check-list*, na qual constam os elementos a serem observados no edifício, de modo a que se considere seguro contra o incêndio. Todavia não dão muita relevância às condições arquitetónicas do edifício, como por exemplo a largura dos caminhos de evacuação e das saídas de emergência ou em compartimentos que pela natureza do uso têm em permanência um grande número de pessoas. Esta atuação dos métodos tem a sua explicação no facto de os mesmos terem sido concebidos para análise do incêndio em edifícios industriais, nos quais o edifício e o conteúdo são os parâmetros de maior relevância. Para os hospitais os fatores arquitetónicos têm um impacto na evacuação de edifícios com pessoas acamadas ou com necessidades especiais que precisam ser movidas em cadeira de rodas ou outros meios de evacuação. Caminhos e portas de evacuação com larguras reduzidas dificultam as manobras na saída de pessoas acamadas, bem como maior fluxo em situação de incêndio.

Os dois métodos são completamente prescritivos, o que contraria a tendência atual de análise de risco ao incêndio que se baseia no desempenho. Isto é, pode-se não seguir com rigor o

prescrito nos regulamentos desde que se tenha a certeza de que os elementos usados vão garantir uma segurança eficaz ao edifício. Implicitamente o método de Frame prioriza uma análise de incêndio baseada no desempenho dos elementos estruturais e/ou de construção, fatores relevantes a ter em conta na conceção de hospitais. Outro fator que faz com que o método de Frame seja associado a uma análise de risco do incêndio baseada no desempenho funda-se na medida em que, o método calcula os riscos de incêndio por compartimento e/ou nível, ou pelos compartimentos mais representativos do perigo. Cada compartimento e/ou nível deve ter um desempenho aceitável para que em incêndio consiga resistir. Ao levar em consideração estes fatores durante a conceção de utilizações-tipo hospitalares, se estaria de certo modo a contribuir para que em incêndio os hospitais não fossem evacuados. Em caso de evacuar seria para o compartimento em incêndio e facilmente se podia combater o incêndio uma vez que a estrutura envolvente seria de material incombustível.

O método hierárquico apresenta uma subjetividade nos seus resultados, porque os mesmos dependem da análise também subjetiva de especialistas, o que faz com que seja recomendado a especialistas em matéria de análise do risco de incêndio. Mas mesmo assim mostra-se flexível na sua aplicação, atendendo que recorre aos métodos de Frame e Gretener para suprimir lacunas que o método em si não consegue. Por outro lado, o método hierárquico é aplicável com a mesma potencialidade a quase todos os tipos de edifícios, enquanto os métodos de Frame e Gretener são mais para a avaliação de risco do incêndio industrial. Contudo, numa análise geral o método hierárquico é mais complexo que os de Frame e Gretener. Os métodos de Frame e Gretener são de uso por qualquer técnico de segurança ao incêndio, são também menos onerosos, enquanto o método hierárquico só especialistas podem usar, aliás a sua aplicação deve ter em conta a análise de vários especialistas, onde cada um faz a análise segundo o seu entendimento.

### **3.3. Métodos de Análise da Evacuação de Edifícios**

Em qualquer edifício o dimensionamento dos caminhos de evacuação deve assegurar que em emergência/incêndio os ocupantes do edifício não se exponham ao perigo e que a evacuação do edifício seja a mais segura possível, de forma a não só evitar mortes, mas também ferimentos.

Relativamente à evacuação dos edifícios o RT-SCIE diz que, os espaços interiores do edifício são organizados para permitir que, em caso de incêndio, os ocupantes possam alcançar um local seguro no exterior pelos próprios meios de forma rápida, fácil e segura. Para o cumprimento destes requisitos os edifícios deverão dispor de saídas em número e larguras suficientes convenientemente distribuídas e devidamente sinalizadas para que a distância a percorrer pelos ocupantes seja limitada e, sempre que possível, para o exterior do edifício.



O dimensionamento dos caminhos de evacuação e das saídas deve ser feito de forma a obter, sempre que possível, uma densidade de fluxo constante de pessoas em qualquer secção das vias de evacuação no seu movimento em direção às saídas, tendo em conta as distâncias a percorrer e as velocidades das pessoas de acordo com a sua condição física, de modo a conseguir tempos de evacuação convenientes. Por outro lado, as vias de evacuação devem ter larguras adequadas e, quando necessário, serem protegidas contra o fogo, o fumo e os gases de combustão (Portaria 1532/2008, de 29 de dezembro).

As saídas dos locais de risco D (que constituem grande parte dos compartimentos hospitalares) devem conduzir, diretamente ou através de outro local de risco D, a vias de evacuação protegidas ou ao exterior do edifício.

Entretanto, para além dos métodos (Jake Pauls, Predtechenskii-Milinskii e Galbreath) apresentados nos subcapítulos a seguir existem ainda os métodos simplificados (fluxos simples) cuja aplicação prática consta do subcapítulo 5.6, métodos de elementos discretos e métodos de elementos contínuos. O método dos elementos discretos permite a simulação do comportamento mecânico de um meio formado por um conjunto de partículas que interagem entre si através de seus pontos de contacto. A disposição das partículas dentro do conjunto global do sistema é aleatória, sendo possível formar meios com diferentes tamanhos de partículas distribuídas ao longo do conjunto. Enquanto, o método de elementos contínuos consiste na modelação de ondas de choque presentes em problemas da mecânica dos fluidos e transferência de calor. Os elementos contínuos são conectados por nós que combinados aos elementos finitos resulta em malha. Todavia, a precisão do método depende da quantidade de nós e elementos finitos, tamanho e do tipo de elementos finitos da malha. Ou seja, quanto menor for o tamanho e maior for o número de elementos finitos em uma malha, maior a precisão nos resultados da análise.

### **3.3.1. Modelo de largura efetiva das escadas, de Jake Pauls**

O modelo de largura efetiva das escadas foi desenvolvido por Pauls com o propósito de estudar o movimento de pessoas em escadas de edifícios. As escadas constituem o principal local de ferimentos e mortes acidentais em edifícios. As lesões, assim como as mortes em escadas superam em grande número as lesões e mortes provocadas por desastres naturais, entretanto, os incêndios superam as escadas apenas em números de mortes, (Pauls, 1984).

No seu modelo Jake Pauls diz que grande problema de movimento de pessoas em edifícios está relacionado por um lado, com as condições arquitetónicas e por outro lado, ao cumprimento dos códigos e normas de segurança prescritivas. No entanto, estudos empíricos sugeriram uma abordagem mais económica baseada no desempenho.

O modelo de largura efetiva das escadas defende que caixas de escadas com degraus maiores e visíveis melhoram o conforto, bem como a segurança o que se traduz na redução de risco em situações de emergência.

Entretanto, Pauls (1984) propõe a equação 3.19, relativa aos ocupantes, à largura da escada e ao tempo de fluxo.

$$\frac{W}{P} = 8040T^{-1,37} \quad (3.19)$$

Onde: W - é a largura efetiva da escada em mm;

P - é o número de pessoas evacuadas;

T - é o tempo de fluxo em segundos (não deve exceder 600 s).

### 3.3.2. Modelo de Predtechenskii-Milinskii

Predtechenskii-Milinskii analisou o movimento de pessoas em edifícios, através de resultados de exercícios de evacuação e incêndios reais ocorridos. O estudo fez uma análise detalhada do fluxo de ocupantes em portas de evacuação, cruzamentos em escadas e descreve ainda a relação entre a velocidade de deslocamento e densidade de fluxo, considerando o estado emocional das pessoas. O estudo analisou quer pessoas com necessidades especiais, quer sem necessidades especiais.

Através de estudos de campo, Milinskii analisou a velocidade de deslocamento de grandes densidades populacionais, bem como o fluxo em portas que variavam entre 0,5 m a 2,4 m de largura para uma densidade de 1 a 9 pessoas/m<sup>2</sup> (Kholshchevnikov & Samoshin, 2010). Em superfícies horizontais estabeleceu o f como área da projeção horizontal de um ocupante, a fim de expressar a densidade do fluxo (D) em m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> como:

$$D = \frac{Nf}{lb} \quad (3.20)$$

Onde: N – número de pessoas;

l – comprimento da via horizontal a percorrer (m);

b – largura da via horizontal a percorrer (m).

Por conseguinte, em condições de movimento normal a velocidade e a densidade em circulações horizontais são dadas pela seguinte expressão:

$$V = 112D_a^4 - 338D_a^3 + 434D_a^2 - 217D_a - 57 \quad (3.21)$$

Onde: V – velocidade em espaços horizontais para movimentos normais;

D<sub>a</sub> – densidade adimensional (m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>).

A expressão da velocidade e densidade em movimento normal, é a expressão fundamental na qual se deduziram as expressões para velocidades em movimentos verticais e de transposição de vãos, também em movimento normal. No entanto, a expressão principal é afetada por um fator de correção que varia de acordo com o tipo de circulação em causa. As expressões são as seguintes:

1. fator de correção para movimento descendente em escadas;

$$V_{de} = 0,775 + 0,44e^{-3,45D} \text{sen}(15,7)D \quad (3.21.1)$$

2. fator de correção para movimento ascendente em escadas;

- a)  $0 \leq D \leq 0,6$

$$V_{ae} = 0,785 + 0,009e^{-3,45D} \text{sen}(15,7)D \quad (3.21.2)$$

- b)  $0,6 < D \leq 0,92$

$$V_{ae} = 0,785 - 0,10 \text{sen}(7,85D - 1,57) \quad (3.21.3)$$

3. fator de correção para movimento de transposição de vãos.

$$V_{av} = 1,17 + 0,13 \text{sen}(6,03D - 0,12) \quad (3.21.4)$$

Nas expressões anteriores o **sen** é expresso em radianos.

A transformação de um movimento normal (expressão 3.20) num movimento confortável é segundo as expressões:

1. caminhos horizontais e vãos;

$$\mu = 0,63 - 0,25D \quad (3.21.5)$$

2. movimento descendente em escadas.

$$\mu = 0,76 \quad (3.21.6)$$

A transformação de um movimento normal para de emergência é segundo as expressões:

1. caminhos horizontais e vãos;

$$\mu = 1,49 - 0,36D \quad (3.21.8)$$

2. movimento descendente em escadas.

$$\mu = 1,21 \quad (3.21.9)$$

### 3.3.3. Modelo de Galbreath

Com base em dados de simulacros de evacuação de edifícios e do banco de dados de London Transport Board, Galbreath propôs o cálculo do tempo necessário para a evacuação, por meio de escadas, de ocupantes acima do primeiro piso (Coelho, 1997).

Para Galbreath a evacuação de edifícios através de escadas observa dois momentos distintos, onde o primeiro pode ser descrito como o necessário para que a escada fique cheia de ocupantes e o outro consiste no tempo necessário para que as pessoas deixem a escada. Todavia, o autor descarta qualquer interferência, no momento de evacuação, entre ocupantes dos pisos 0 e 1, com os provenientes de pisos superiores a estes. Assim, para analisar a evacuação a partir do piso 2, Galbreath propôs a seguinte expressão:

$$T = \frac{P + n}{F_e x u} \quad (3.22)$$

- Onde: T – tempo necessário para evacuar os ocupantes dos pisos através de escadas;  
P – número de ocupantes acima do 1º piso;  
n – deve ser mais baixo dos seguintes valores;  
a) ocupação por piso;  
b) capacidade do trecho da caixa de escadas entre dois pisos, considerando uma densidade de 3,6 pessoas/m<sup>2</sup>;  
F<sub>e</sub> – fluxo específico por unidade de passagem;  
u – número de unidades de passagem (cada unidade de passagem é igual 0,56 m).

Para finalizar dizer que, o presente trabalho estudou a evacuação de edifícios segundo os métodos simplificados propostos por Predtechenskii-Milinskii. O compartimento corta-fogo estudado foi o das urgências (dois exemplos dos quais o primeiro foi com efetivo previsto no projeto, todavia corrigido pelo fator 1,3 com base na Portaria 1532/2008 de 29 de dezembro e o segundo com efetivo previsto acrescido em 90%). Durante os cálculos da evacuação com os métodos simplificados desenvolveu-se de forma detalhada o método de Predtechenskii-Milinskii.

### 3.4. Modelos Numéricos de Simulação da Evacuação de Edifícios em Incêndio

Para um cálculo de evacuação de edifícios, aproximado à realidade, os engenheiros recorrem a modelos de evacuação computacionais para avaliar a segurança dos ocupantes. Atualmente, existe uma diversidade de modelos de evacuação, cada um com características únicas e específicas (Kuligowski & Peacock, 2005). Atendendo que existem numerosos modelos, a presente tese de doutoramento descreveu de forma sumária os modelos Simulex, building EXODUS e Path Finder e reportou e desenvolveu de forma detalhada o modelo de volumes finitos FDS+EVAC, visto que, estes são alguns dos modelos mais utilizados na atualidade,

quer para recriar incêndios ocorridos, quer para simular a capacidade de resposta dos sistemas de detecção e combate, movimento dos ocupantes, movimento dos fumos e observar as condições arquitetônicas dos edifícios, já construídos ou em projeto. Por outro lado, o FDS+EVAC mereceu mais desenvolvimento porque foi o software usado na presente tese.

### 3.4.1. Simulex

Simulex é um programa computacional desenvolvido por P. Thompson, da *Integrated Environmental Systems*, do Reino Unido, para simulações de evacuação de edifícios de todas as categorias de risco e geometricamente complexos, como se pode observar na interface gráfica da Figura 3.2. O Simulex tem um sistema de estrutura de espaço contínuo, cujos plano do piso e as escadas são divididas por uma grelha de 0,2 m x 0,2 m.

O *software* Simulex permite a modelação de edifícios em três dimensões (3D), através da importação de estruturas em CAD no formato DXF. Durante a construção do modelo geométrico da estrutura a simular, o utilizador define as saídas de emergência que conduzem ao exterior do edifício e o *software* Simulex calcula automaticamente as distâncias a percorrer numa possível evacuação e os caminhos de evacuação que levem a aquelas saídas.

Numa simulação de um possível incêndio os ocupantes movimentam-se em direção às saídas pré-definidas, com velocidades de deslocamento individuais as quais dependem das características individuais e da densidade nos caminhos de evacuação.

O modelo simula os ocupantes individualmente, isto é, rastreia as posições dos indivíduos em toda a evacuação. Além disso, os ocupantes têm uma visão individual do edifício, porque a escolha de vias pode consistir na mais curta, calculada pela distância do mapa padrão ou definida pelo utilizador através da atribuição de um mapa com raio alternativo, para um indivíduo ou grupo de ocupantes.

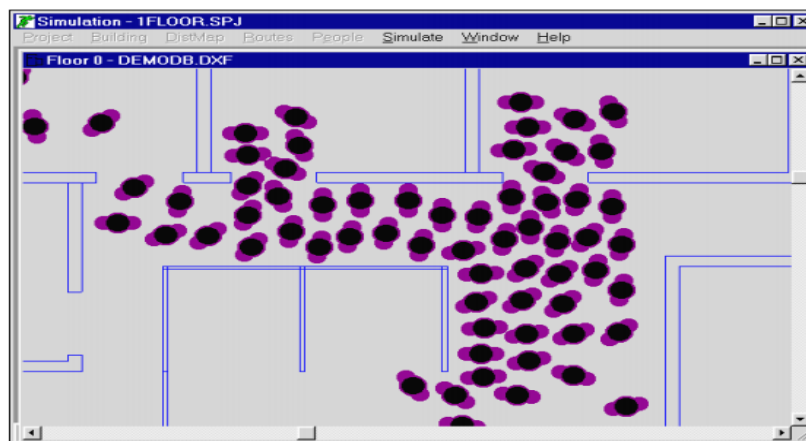


Figura 3.2. Interface gráfica do programa Simulex, (IES Virtual Environment, 2014).

A distância do mapa alternativo pode bloquear determinadas saídas, a fim de forçar um ocupante a tomar um determinado percurso ao longo do edifício. O utilizador pode visualizar o movimento de cada ocupante em qualquer ponto do edifício a qualquer momento da evacuação. No fim da simulação o *software* gera um arquivo de texto que contém informações detalhadas da evacuação dos ocupantes.

Entretanto, este modelo apresenta limitações na capacidade de os computadores não executarem com perfeição as simulações, deixando os ocupantes bloqueados nas paredes dos edifícios.

### 3.4.2. Building EXODUS

O modelo Building EXODUS foi concebido, pelo *Fire Safety Engineering Group* da Universidade de Greenwich, Reino Unido, para simular a evacuação de um grande número de pessoas provenientes de vários compartimentos. O modelo Building EXODUS considera a interação de “pessoas para pessoas, pessoas-fogo e pessoas-estrutura”. O modelo consiste em seis submodelos (Fig. 3.3) que interagem entre si para passar a informação sobre a simulação.

Estruturalmente o Building EXODUS é um modelo de malha fina que utiliza uma grelha 2D para representação gráfica da geometria da estrutura, localização de saídas, obstáculos, entre outros. A modelação em duas dimensões (2D) permite a interação dos ocupantes, mostra a localização de ocupantes individualmente e/ou em grupo, bem como mostra a distribuição do fumo e da temperatura.

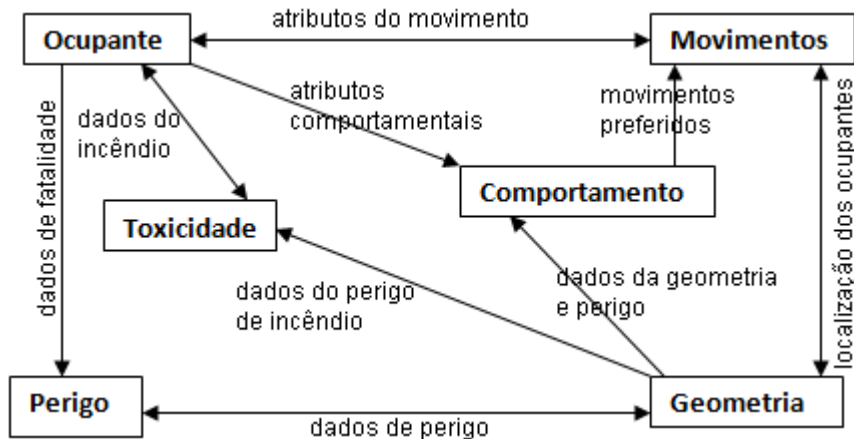


Figura 3.3. Interação submodelos EXODUS, (adaptado de Kuligowski, & Peacock, 2005)

Na modelação em 3D (Fig. 3.4) o programa apresenta os movimentos de subir/descer escadas de ocupantes individualmente e/ou em grupos. Por outro lado, o modelo considera os ocupantes como indivíduos, dando a cada um certas características. O objetivo dos submodelos é de descrever os ocupantes individualmente no que respeita ao sexo, idade,

velocidade máxima de tempo de resposta a um alarme, agilidade, paciência, entre outros. Os submodelos mantêm informações como a distância percorrida pelo ocupante em toda a simulação, localização de pessoas e exposição a gases tóxicos. Alguns desses atributos são estáticos e alguns alteram com as condições do edifício.

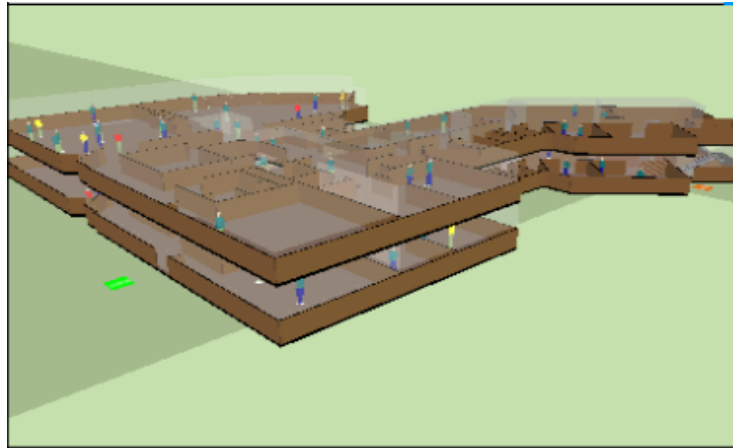


Figura 3.4. Interface gráfica do programa Building EXODUS, (Fire Safety Engineering Group - University of Greenwich, 1997).

As estratégias de evacuação de um determinado ocupante são determinadas pelo submodelo comportamental, que resulta das suas interações com o edifício, com outros ocupantes e o perigo que possa ocorrer num eventual incêndio. O submodelo comportamental centra-se em dois níveis distintos, um local e outro global. O nível local consiste na seleção de vias de evacuação alternativas e o global mantém o controlo da estratégia do ocupante (como usar a saída mais familiar). Após a atuação do modelo comportamental, o programa toma uma decisão e passa essa informação para o submodelo movimento.

O submodelo movimento controla o movimento físico do ocupante da posição atual para a próxima. Este submodelo pode também incorporar ultrapassagens, pisar do lado e outras ações a ser levadas a cabo pelos ocupantes durante a evacuação. O submodelo movimento determina a velocidade a que o ocupante se irá mover, enquanto o submodelo ocupante certifica se o ocupante tem a capacidade de realizar manobras específicas durante a evacuação (como transpor obstáculos).

O submodelo toxicidade determina os efeitos dos produtos tóxicos nos ocupantes do edifício. Os efeitos sobre os ocupantes são enviados ao submodelo comportamento que, por sua vez, transfere a informação para o submodelo movimento. Para determinar os efeitos do perigo de fogo e efeitos radioativos sobre o ocupante, EXODUS usa o *Fractional Effective Dose* (FED). O FED considera os efeitos de radiação, temperatura, HCN, CO, CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> baixo para estimar o tempo de incapacitação. Dependendo das suas características individuais, os ocupantes

podem optar por uma via de evacuação diferente quando confrontados com uma barreira de fumo.

### 3.4.3. PathFinder

O modelo Pathfinder é uma ferramenta de simulação analítica que pode ser acoplado a um modelo de incêndio. O modelo foi desenvolvido pela *Thunderhead Engineering Consultants*, dos Estados Unidos da América e é usado para localizar pontos de estrangulamento e filas num determinado projeto, contudo, não especifica o tipo de edifícios a que é aplicável.

O Pathfinder tem uma interface gráfica em 3D (Fig. 3.5) que simula a evacuação de ocupantes em situação de emergência. O modelo permite ainda produzir gráficos ligados à evacuação de acordo com os objetivos a estudar. O modelo usa uma malha fina triangulada com a qual representa a geometria da estrutura, bem como modelar o movimento contínuo dos ocupantes em todo o domínio.

O *software* incorpora dois tipos de movimentos de ocupantes: por direção e por *Society of Fire Protection Engineers* (SFPE). Na simulação por direção, os ocupantes são independentes, no entanto, evitam colisões entre si e com obstáculos, enquanto na simulação tipo SFPE, os ocupantes seguem os parâmetros introduzidos pelo utilizador e as velocidades de deslocamento são condicionadas à densidade e à capacidade de fluxo das portas de evacuação. O ocupante tem uma capacidade de detetar filas longas, dispositivos de manipulação de portas e os caminhos de evacuação com fumo.

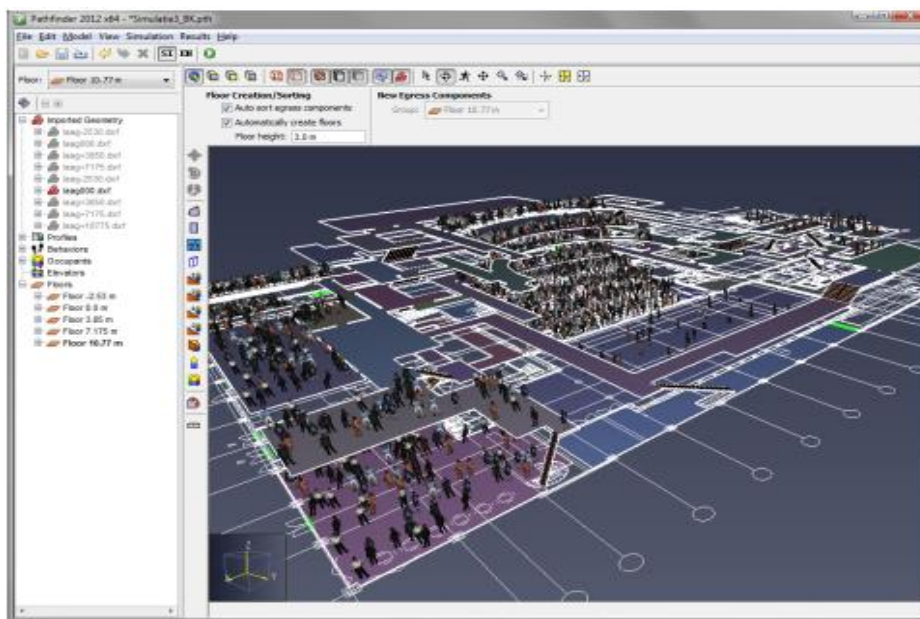


Figura 3.5. Interface gráfica do programa Pathfinder, (Thunderhead Engineering, 2014).



Com o simulador Pathfinder é também possível atribuir aos ocupantes saídas específicas (pelas escadas ou pelos elevadores) ou comportamentos específicos (tais como, aguardar em zona de refúgio). Por outro lado, podem ser atribuídos diferentes comportamentos aos ocupantes e características próprias atendendo a idade, altura, tipo de vestuário, entre outros.

#### 3.4.4. FDS+EVAC

FDS+Evac (FDS 6.1.0, Evac 2.5.0) é um *software* que consiste na simulação do incêndio e visualização do seu comportamento, bem como proceder a evacuação dos edifícios. O *software* pode ser usado para uma simulação simultânea do incêndio e evacuação ou simulação em separado, isto é, simular o incêndio sem evacuar o edifício (FDS), ou evacuar o edifício sem incêndio (Evac), (Korhonen & Hostikka, 2009).

O *Fire Dynamic Simulator* (FDS), desenvolvido pelo *National Institute of Standards and Technology* - NIST (<https://www.nist.gov/el/fire>), é um programa de incêndio com base em dinâmica computacional de fluídos (*Computational Fluid Dynamics* - CFD). A CFD, também designada por modelos de campo, utiliza as equações de conservação das massas, espécies (assumindo o comportamento de um gás ideal), quantidade de movimento e energia, dividindo o ambiente estudado em várias células, Figura 3.6.

O uso de modelos de campo permite descrever incêndios em geometrias muito complexas e incorporar grande variedade de fenómenos físicos (McGrattan, 2006). As equações de conservação são aplicadas a cada célula do domínio.

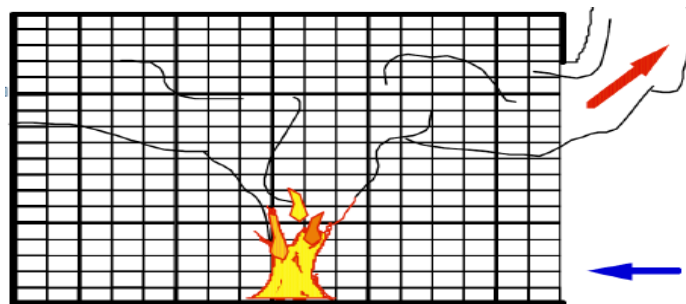


Figura 3.6. Ambiente estudado em várias células, (adaptado de Forney, 2005)

A modelação numérica cria condições para a simulação de incêndios, em situações que poderiam ter realmente ocorrido em comparação com as evidências físicas encontradas no incêndio real.

O modelo numérico de duas camadas foi o primeiro usado devido à sua simplicidade física e computacional. O modelo usava o programa *Consolidated Model of Fire and Smoke Transport* - CFAST criado também pelo NIST. Segundo Jones, et al. (2005) citado por Braga

& Landim (2008), o modelo de duas camadas simula o incêndio em ambientes construídos e divide o espaço em dois volumes: a camada superior quente e a camada inferior fria (Fig. 3.7). Por outro lado, o modelo permite o cálculo de distribuição de fumo, bem como a altura da camada e a sua temperatura.

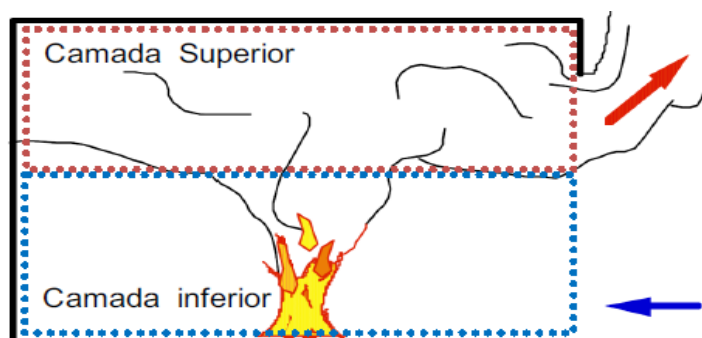


Figura 3.7. Modelo de duas camadas, (adaptado de Forney, 2005)

Por sua vez, o modelo FDS permite avaliar a dinâmica de um incêndio e o movimento do fumo por meio de informações sobre temperatura, densidade, pressão, velocidade, composição química em cada célula, transferência de calor por radiação e convecção entre gases e superfícies sólidas, pirólise, propagação de chamas e crescimento do incêndio, ativação dos *sprinklers*, detetores de temperatura e de fumo (McGrattan, et al. 2013). O FDS calcula ainda, o fluxo de calor e a taxa de perda de massa entre outras variáveis nas superfícies dos sólidos.

A simulação em FDS, consiste em inserir os dados para a construção do cenário e as propriedades físico-químicas dos materiais a analisar, pelo modelo. A entrada de dados no FDS é por meio de arquivos de texto os quais devem conter informações relacionadas com: modelo, malha, tempo da duração da simulação, condições de fronteira, propriedades dos materiais, condições da combustão e tipo e forma de apresentação dos resultados obtidos.

O programa FDS foi construído de modo a situar o foco de incêndio em qualquer parte do edifício, bem como analisar o comportamento do fumo e a eficácia das vias de evacuação. O FDS pode ainda ser aplicado em projetos ou edifícios já existentes, permitindo deste modo observar se o edifício em análise cumpre ou não com os regulamentos básicos de segurança contra o incêndio em edifícios. Isto é, com o FDS é possível verificar, introduzir e simular as alterações necessárias de maneira que o edifício cumpra com as exigências de segurança contra o incêndio.

Segundo Seito et al. (2008), as simulações computacionais não respondem cabalmente aos contornos do incêndio e seus efeitos, pois são apenas ferramentas, todavia a conjugação dos resultados das simulações com os conhecimentos teórico-práticos em engenharia de segurança

contra o incêndio, traduz-se na maioria das vezes em resultados bem-sucedidos e consolidados.

Ao FDS está acoplado o *software* Smokeview, também do NIST, que permite visualizar graficamente, em 3D, os resultados obtidos pelos cálculos do FDS. Os dois programas (FDS e Smokeview) são gratuitos, livres e de código aberto, (<https://pages.nist.gov/fds-smv/downloads.html>) permitindo sua adaptação à realidade em estudo.

A atual versão do FDS+Evac comporta a concentração dos gases CO, CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> para calcular o valor da dose efetiva fraccional (*fractional effective dose* – FED). O FED estima o perigo tóxico de uma mistura de gás quente em função do tempo de exposição para as concentrações e temperaturas de gás em constante mudança (Speitel, 1995). Para uma concentração constante do tóxico, o FED corresponde ao quociente entre o tempo da exposição e a dose eficaz para causar um efeito (incapacitação ou morte), segundo a expressão 3.23.

$$FED = \frac{\text{concentração recebida até ao momento}}{\text{concentração efetiva para o dano ou morte}} \quad (3.23)$$

Speitel (1995) considera um ocupante incapacitado quando o valor de *fractional effective dose* (FED) é igual ou excede a unidade. O FED igual a unidade é o assumido pelo modelo FDS+Evac. Por sua vez, Mowrer, et al. (2002), citado pelo Regulamento de Segurança Contra o Incêndio (R-SCI) da Noruega (2013), assim como o R-SCI de Singapura (2015), defendem que para pacientes em hospital o valor máximo de FED para os tornar incapacitados é 0,1 e para pessoas em estado de saúde normal é 0,3, (Quadro 3.2). O FED é também utilizado para diminuir a velocidade de deslocamento dos ocupantes, afetar o algoritmo da seleção de saída e acelerar o processo de deteção de incêndio. De sublinhar que 0,1 é o valor máximo de FED considerado para o presente estudo.

Quadro 3.2. Valores do FED (adaptado de Mowrer, et al., 2002, citado nos R-SCI da Noruega, 2013 e Singapura, 2015)

FED	Efeito
0,01	Insignificante
0,1	Incapacitado
0,3	Incapaz de evacuar pelos seus próprios meios
1	Inconsciente
2	Letal

O FDS modela um ocupante incapacitado como um agente que não experimenta quaisquer forças sociais dos demais agentes e com velocidade de movimento zero (para FED > 1.0) (Korhonen & Hostikka, 2009).

### 3. ANÁLISE DO RISCO DE INCÊNDIO EM EDIFÍCIOS HOSPITALARES

Um outro programa que se usa nas simulações FDS+Evac é o PyroSim®, (Thunderhead Engineering, 2016). Este fornece uma interface gráfica, para inserir tanto a geometria do ambiente a ser simulado, como todos os demais dados de entrada, necessários, para a simulação (carga de incêndio, propriedades dos materiais e critérios adotados), Figura 3.8. O PyroSim® permite, ainda, a entrada de todos os parâmetros e disponibiliza uma revisão imediata das informações, garantindo deste modo a colocação dos parâmetros em formato adequado para exportação ao FDS.

O PyroSim® contém o FDS e Smokeview, no conjunto das ferramentas de aplicação, o que possibilita a importação e exportação de arquivos entre os três *softwares*. O *software* permite ainda a importação de arquivos DXF do AutoCad que incluam objetos em 2 e 3D. É possível rodar o FDS a partir do PyroSim®, não sendo necessária a prévia geração dos arquivos de texto, (Thunderhead Engineering, 2016).

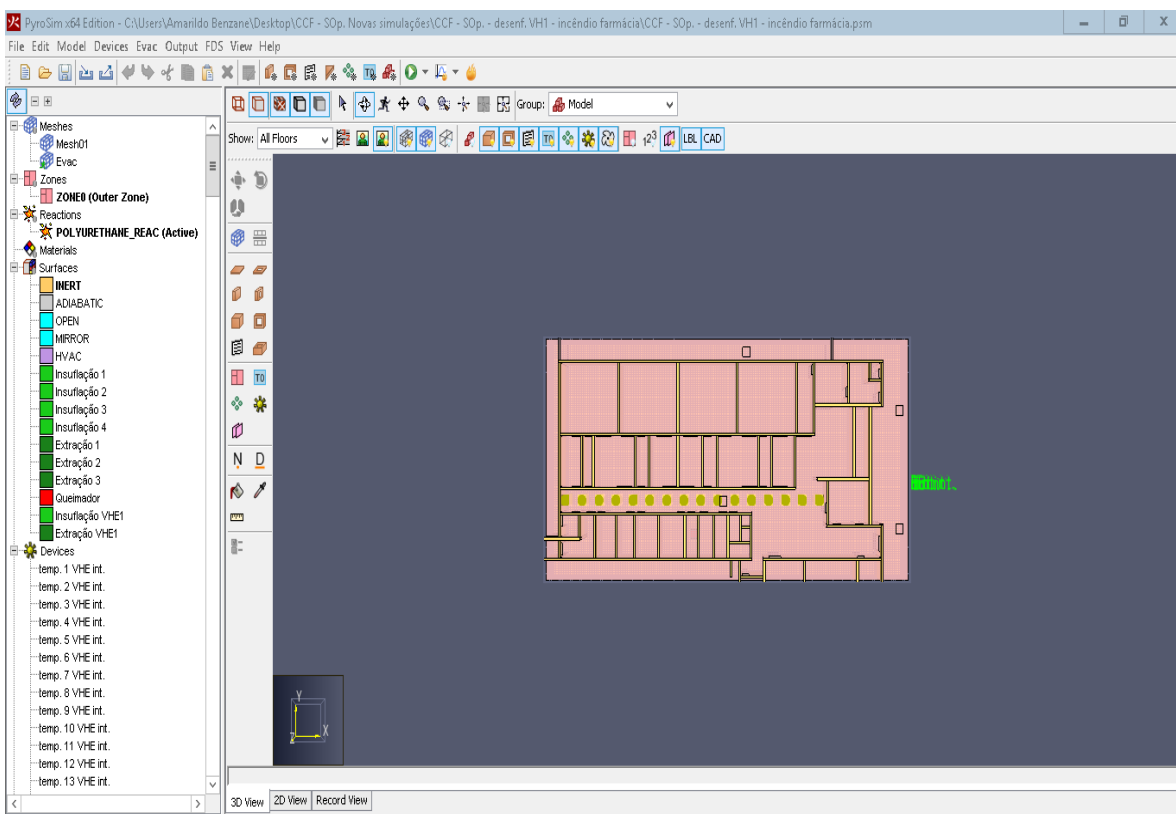


Figura 3.8. Interface gráfica do PyroSim®.

O *software* do PyroSim® fornece bibliotecas de propriedades, importáveis para os modelos e com capacidade de serem alterados a favor da simulação. As propriedades incluem reações químicas, detetores de fumo e temperatura, materiais, partículas, superfícies e demais parâmetros.

As ferramentas de desenho disponibilizadas no PyroSim® ajudam no processo de criação de um modelo, permitindo editar obstruções (que podem ser paredes, janelas, entre outras), cortar, copiar, colar e aplicar texturas em superfícies. Por outro lado, permite visualizar o Smokeview a qualquer altura e avaliar o progresso da simulação. Também traça automaticamente os gráficos de evolução dos parâmetros (temperatura, visibilidade, FED, taxa de libertação do calor - HRR, posição, velocidade dos ocupantes, entre outros), pretendidos ao longo do tempo.

O PyroSim® permite ainda a incorporação de sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC) que transportem contaminantes e calor ao longo do edifício. O sistema AVAC pode ainda ser integrado para fazer a exaustão dos fumos e insuflação do ar para o compartimento em chamas, bem como para a pressurização de câmaras corta-fogo.

Não obstante os avanços tecnológicos que se registam no estudo dos incêndios, as simulações computacionais certas vezes apresentam resultados pouco fidedignos à situação de um incêndio real. As incertezas podem decorrer de uma escolha errada do *software*, da simplificação da geometria com o objetivo de obter resultados em espaços de tempo muito curtos ou má caracterização das condições da envolvente.

#### 3.4.4.1. Fundamentação teórica do FDS+Evac

O FDS+Evac é considerado um modelo de comportamento, que rastreia os agentes através de uma equação de movimento, o que permite que cada agente seja autónomo, com propriedades próprias (Korhonen, 2008). O FDS+Evac possui propriedades para simular agentes em grupo ou individualmente, assim como incorporar características como: tamanho do corpo, massa, velocidade de deslocamento (dada por  $dx_i/dt$ ) e o momento de inércia, dos agentes. Segundo Korhonen (2008), a equação de movimento é dada por:

$$m_i \frac{d^2 x_i(t)}{dt^2} = f_i(t) + \xi_i(t) \quad (3.24)$$

Onde:  $x_i(t)$  – é a posição do agente  $i$  no tempo  $t$ ;  
 $f_i(t)$  – é a força exercida pelo ambiente sobre o agente;  
 $m_i$  – é a massa;  
 $\xi_i(t)$  – é uma pequena força aleatória de flutuação.

O FDS+Evac modela os agentes como uma combinação de três círculos (Fig. 3.9) com forma elíptica do corpo humano. Os agentes têm a capacidade de exercerem forças de contacto, forças psicológicas e moverem-se numa geometria 2D através da qual se representa o edifício. As velocidades de deslocamento em movimento livre e as dimensões do corpo em FDS+Evac são apresentadas no Quadro 3.3. O deslocamento do ombro é dado por  $\mathbf{d}_s = \mathbf{r}_s - \mathbf{r}_a$  com

base nas dimensões  $r_d$ ,  $r_s$  e  $r_t$  identificadas na Figura 3.9. Os tamanhos de corpo e as velocidades de deslocamento dos agentes podem ser personalizados.

No *software* FDS+Evac, os agentes são conduzidos para saídas do edifício por um campo vetorial. Os espaços por onde os agentes se podem mover, devem ter pelo menos cerca de 0,7 m de largura pois, o FDS+Evac não consegue mover corretamente os agentes em caminhos ou saídas mais estreitas. O campo vetorial é obtido como uma solução aproximada de um problema de fluxo potencial de um fluido incompressível em 2D, onde todas as paredes são inertes e as saídas escolhidas atuam como um ventilador, que extrai fluido do domínio.

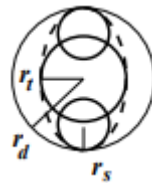


Figura 3.9. Corpo humano representado por uma combinação de três círculos sobrepostos, (adaptado de Korhonen, et al. 2008).

Quadro 3.3. Dimensões do corpo e velocidade de deslocamento livre, adotadas por defeito pelo FDS+Evac, (adaptado de Korhonen, et al. 2008).

Tipo	$r_d$ (m)	$r_t/r_d$ (-)	$r_s/r_d$ (-)	$d_s/r_d$ (-)	Velocidade (m/s)
Adulto	0,255±0,035	0,5882	0,3725	0,6275	1,25±0,30
Homem	0,270±0,020	0,5926	0,3704	0,6296	1,35±0,20
Mulher	0,240±0,020	0,5833	0,375	0,625	1,15±0,20
Criança	0,210±0,015	0,5714	0,333	0,6667	0,90±0,30
Idoso	0,250±0,020	0,6	0,36	0,34	0,80±0,30

FDS+Evac calcula a posição, a velocidade e a dose de gases tóxicos de cada agente dentro do domínio computacional. O movimento dos agentes pode ser visualizado usando o programa Smokeview. O número de agentes que se movem em diferentes partes do domínio, bem como o número de agentes em diferentes nós, são guardados em um arquivo de texto simples, delimitado por vírgula. Algumas informações adicionais, bastante detalhadas, são gravadas em arquivo de texto, incluindo as posições e propriedades iniciais dos agentes.

#### 3.4.4.2. Interação Ocupante-Incêndio

O incêndio influencia as condições de evacuação, porque pode incapacitar os ocupantes e, em casos extremos, bloquear os caminhos de evacuação, assim como as saídas de emergência. Em FDS+Evac o algoritmo de movimento integra fumo e os gases tóxicos, motivo pelo qual afeta as velocidades dos ocupantes na evacuação em incêndio. O fumo reduz a velocidade do deslocamento dos ocupantes devido à visibilidade reduzida, seus efeitos irritantes e asfixiantes. Korhonen (2018) citando Frantzich e Nilsson (2003) afirma que em incêndio a

velocidade dos ocupantes diminui com o aumento da concentração do fumo. Os efeitos dos gases tóxicos provenientes do incêndio são tratados usando o conceito de FED de Purser (2002), representada pela expressão 3.25.

$$FED_{tot} = (FED_{CO} + FED_{CN} + FED_{NO_X} + FLD_{irr}) \times HV_{CO_2} + FED_{O_2} \quad (3.25)$$

O algoritmo de seleção de saídas de emergência pelos ocupantes usa a densidade do fumo para calcular a visibilidade das portas de evacuação, assim como acionar os detetores de fumo ou calor.

Entretanto, estudos da evacuação de edifícios residenciais de grande altura mostraram que cerca de 96% dos ocupantes localizados acima do piso do incêndio moveram-se através do fumo. O movimento através do fumo embora perigoso é recorrente devido ao maior número de ocupantes a saírem ao mesmo tempo. Os ocupantes do piso em incêndio ao abrirem as portas, o que se torna uma ação repetitiva até todos abandonarem o local, fazem com que os corredores e as escadas, mesmo que pressurizadas encham do fumo, (Proulx, 2002).

#### 3.4.4.3. Características das simulações utilizando o FDS

Uma simulação no FDS é realizada introduzindo valores térmicos para os objetos e superfícies que caracterizam o modelo. Os elementos que quase não sofrem alterações físico-químicas durante a simulação, o modelo os caracteriza como inertes e atribui-lhes valores já padronizados e fisicamente aceitáveis para maioria dos casos.

A caracterização das condições de contorno requer a definição dos compartimentos do edifício, a descrição das fases do incêndio, comportamento das chamas e a sua interação com o ambiente e sistemas de proteção contra o incêndio, como *sprinklers*, detetores de fumo ou temperatura.

A otimização dos resultados no modelo FDS prende-se com a introdução correta de alguns dados como: o número de células que compõem a malha, os fatores ambientais através de criação de aberturas para a ventilação dos compartimentos (direção e intensidade do vento), a geometria e as propriedades dos materiais (alguns já se encontram inseridos no modelo, outros são adquiridos na literatura).

Outros elementos importantes na simulação de um incêndio são a potência do incêndio e a posição da chama, isto é, posição inicial do *burner* (da fonte de calor). A potência do incêndio é responsável pelo aquecimento dos elementos que constituem o contorno.

#### 3.4.4.4. Janela do cálculo FDS

Para o processamento dos resultados da simulação o programa FDS, abre automaticamente uma janela que gere o cálculo. Esta janela que visualiza o andamento de cálculo FDS permite ao utilizador continuar a trabalhar no modelo, introduzindo novos parâmetros de simulação do incêndio, ou inclusivamente outro edifício, sem pôr em causa o cálculo da simulação.

A janela apresenta o tempo de cálculo da simulação, assim como estimar o tempo em falta para o fim da simulação, Figura 3.10. Por outro lado, pode se ativar o *Smokeview* com os dados da simulação em curso, como também reiniciar o cálculo a partir do momento da sua paragem, o que permite pará-lo em diversos estágios de execução.

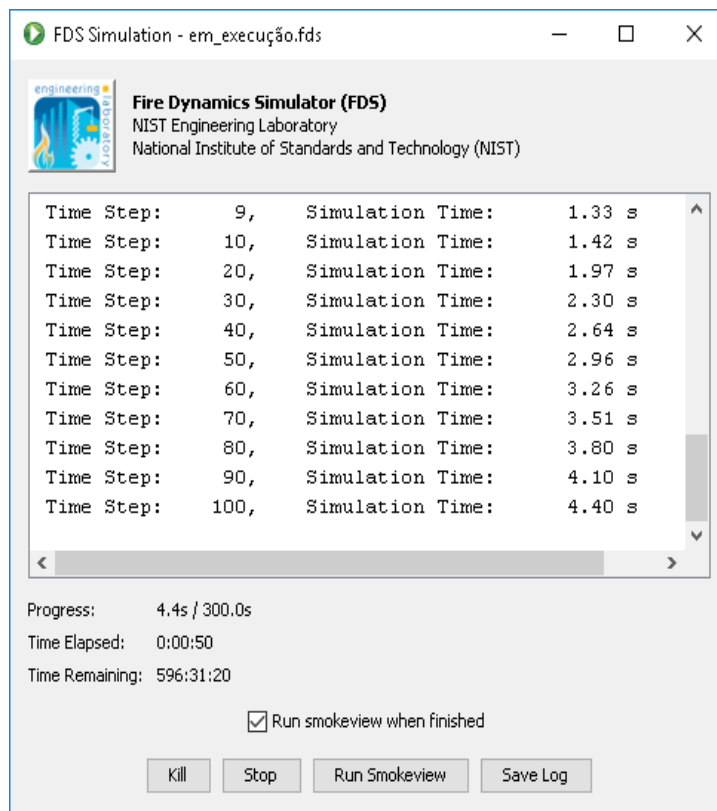


Figura 3.10. Simulação em curso, com tempo decorrido.

Os resultados esperados são: o tempo para a ocorrência do *flashover* (incêndio generalizado), a temperatura nas células, a espessura da camada do fumo, a densidade, a pressão e a taxa da libertação do calor, entre outros.

#### 3.4.4.5. Malha (*mesh*) de volumes finitos

O programa FDS é um sistema virtual denominado domínio, que muitas das vezes apresenta-se como prisma de base retangular com dimensão suficiente para suportar o objeto de estudo.



Por sua vez, o domínio é subdividido por células contíguas, dentro das quais se procede o cálculo das equações da mecânica dos fluídos. Ao conjunto das células recebe o nome de malha. A malha define o volume que vai ser analisado pelo programa, bem como as células que o constituem. Entretanto, a malha tem de envolver todo o espaço pretendido para o estudo.

O sucesso de uma simulação está intimamente ligado a uma boa definição da malha. McGrattan, et al. (2014) dizem que, para a escolha de uma malha adequada para um estudo/simulação é necessário que se faça um estudo de sensibilidade da malha, isto é, criar um primeiro arquivo de FDS com uma malha relativamente grossa e com sucessivas simulações fazendo sucessivas refinações da malha até que os resultados se apresentem muito próximos dos observados em laboratório, com diferenças insignificantes.

McGrattan, et al. (2014), defendem que células com dimensões de 5 cm ou 10 cm frequentemente apresentam resultados bem-sucedidos na análise da propagação do fumo bem como do calor de um incêndio. Por seu turno, Korhonen & Hostikka (2009) dizem que células com valores de 25 cm de tamanho ou mais são suficientemente precisos para analisar o comportamento do fumo de incêndio em grandes volumes. Células de tamanhos inferiores a 15 cm supõem cálculos muito mais pesados, por conseguinte são recomendados para aplicação em estudos e análises de incêndio e de fumo em volumes reduzidos. De sublinhar que, a presente tese usou uma malha de incêndio dimensionada com volumes de controlo de 0,25x0,25x0,25 m. Para análise da evacuação foi estabelecida uma segunda malha, cuja medida escolhida para os volumes de controlo foi de 0,25x0,25x1,00 m.

#### **3.4.4.6. Condições de fronteira**

Segundo McGrattan, et al. (2010), todas as superfícies sólidas são atribuídas condições de limite térmico, além de informações sobre o comportamento da combustão do material. A transferência de calor e massa de e para superfícies sólidas é geralmente tratada como correlações empíricas, embora seja possível calcular diretamente a partir da Simulação Numérica Direta (*Direct Numerical Simulation* - DNS).

Grande parte do tempo de preparação de uma simulação numérica é gasto na definição das condições de fronteira, bem como na especificação da geometria. A má definição destes parâmetros conduz a resultados finais, da simulação, distorcidos. A geometria é definida através de obstruções retangulares que podem estar associadas a condições de aquecimento, poder calorífico, condução de calor ou podem também estar associadas a aberturas onde o ar pode ser introduzido. O *software* FDS designa os obstáculos de OBST, com coordenadas de um sólido retangular, definidas por meio de dois pontos ( $x_{\min.}, y_{\min.}, z_{\min.}$ ) e ( $x_{\max.}, y_{\max.}, z_{\max.}$ ), que definem os vértices opostos.

Os elementos desprovidos de parâmetros termoquímicos são todos considerados como inertes pelo *software*. No entanto, as condições do meio tais como: temperatura, gravidade, pressão são passíveis de modificação. A não atribuição de valores condiciona o *software* a utilizar valores por defeito, ou seja, pré-definidos.

Na simulação do incêndio, em edifícios, aplicando o FDS emprega-se com frequência o poliuretano (polímetro amplamente usado em fibras, alcatifa, peças de plástico rígido, mobílias, tintas, entre outros), material padrão do *software* e que produz muito fumo.

### **3.5 Considerações sobre o programa FDS+Evac**

O FDS+Evac é um dos programas de modelação numérica do incêndio em simultâneo com a evacuação, contudo, apresenta potencialidades e algumas limitações que de certa forma podem afetar os resultados finais do estudo a desenvolver.

#### Potencialidades:

O FDS+Evac é um programa que pode simular uma evacuação do edifício com ou sem incêndio, isto é, o programa está concebido de forma a apresentar resultados finais de evacuação sem incêndio e/ou de evacuação com incêndio. Por outro lado, a simulação pode durante o decurso ser parada várias vezes, sem, no entanto, afetar os resultados finais.

Outra potencialidade que o programa apresenta é a capacidade de introduzir ocupantes em faixas etárias (crianças, adultos e idosos) ou em género (feminino ou masculino), aumentar ou diminuir as suas dimensões corporais, assim como as suas velocidades.

O *software* apresenta ainda potencialidades como: definir um ou vários pré-movimentos segundo os vários compartimentos ou tipos de ocupantes a simular, bem como definir uma ou várias velocidades segundo as idades ou o estado físico dos agentes a simular. O tempo de pré-movimento pode também ser definido a partir dos detetores de fumo ou calor.

O FDS+Evac pode ser modelado de forma todos os agentes conhecerem as saídas de emergência, o que os possibilita escolher as saídas mais próximas do local de permanência.

O *software* FDS+Evac não apresenta um número máximo de ocupantes a simular, todavia um número acima de 2000 ocupantes em uma malha poderá levar muito tempo de cálculo e exige um computador com um sistema operacional de 64 bits.

Interessa sublinhar que de um modo geral o FDS+Evac é um programa prático cujas análises não são dispendiosas. Algum erro existente e detetado, a simulação pode ser cancelada, corrigido e iniciada novamente em questão de minutos. O programa está definido para uma

simulação com ou sem incêndio com parâmetros dos ocupantes, assim como do domínio muito próximos de uma situação real.

#### Limitações:

O modelo FDS+Evac é recomendado para edifícios de geometria simples e retangulares. O programa ainda não incorpora diretamente superfícies curvilíneas e elevadores, no entanto, distingue os pisos através de escadas. Salas de concertos e instalações desportivas podem ser difíceis de modelar devido às limitações ditadas pela malha computacional retangular.

O modelo FDS+Evac não prevê o fumo em escadas, por conseguinte, não inclui também a opção de os ocupantes inverterem a marcha quando a concentração de fumo é muito alta em escadas de evacuação. O parâmetro STRS, que designa escadas ainda não contém informações de existência de fumo em escadas, ou seja, modela uma escada sem fumo mesmo que ela tenha. De igual modo, não modela a temperatura como um dos fatores que afeta a velocidade dos ocupantes e a evacuação do edifício.

Outra desvantagem apresentada pelo programa é o facto de não poder modelar as equipas de socorro em movimentos de entrar e sair do edifício durante o salvamento, nem de evacuar em macas ou em elevadores.

Durante uma situação de incêndio, os ocupantes podem influenciar o rápido desenvolvimento do incêndio, com ações tipo abrir portas e janelas do compartimento em combustão, o que permite a entrada do ar, tornando o incêndio controlado pela ventilação, ou retardarem o desenvolvimento do mesmo mantendo as portas e janelas fechadas, bem como o acionamento dos dispositivos de proteção e combate ao incêndio. Contudo, estes comportamentos dos ocupantes, em incêndio, ainda não são completamente previstos pelo programa.

### **3.6. Considerações Finais**

Os métodos de Gretener e Frame, embora concentrem-se para uma análise quantitativa do risco do incêndio, certas vezes divergem nos seus resultados, porque os elementos e os pesos a considerar dependem de cada método. Entretanto, a aplicação do método hierárquico depende, essencialmente, da experiência e dos conhecimentos técnicos do especialista a aplicar o método.

Os métodos de Gretener e Frame são mais práticos e simples, sem, no entanto, exigirem uma formação muito avançada para a sua aplicação, pois baseiam-se em uma *checklist*, onde o técnico da segurança contra o incêndio faz uma confrontação entre a lista e as condições do edifício. Por sua vez, o método hierárquico exige um conhecimento profundo na matéria de

segurança ao incêndio, contudo, pode-se afirmar que fornece resultados fiáveis quando corretamente aplicado.

Dos métodos de análise numérica pode-se concluir que muitos deles dependem da capacidade do processamento do computador a usar, como também da boa definição da malha. Mesmo que o computador tenha um processador muito potente, um erro na definição da malha ou de um outro parâmetro a inserir na simulação pode levar a resultados distorcidos.

O programa FDS+Evac apesar de ainda apresentar limitações, é adequado ao objeto de estudo, desde que as diferentes ferramentas do programa sejam bem conhecidas (através de estudos de manuais técnicos disponíveis na Internet, bem como de vídeos demonstrativos da construção de modelos a encontrar no site do NIST e na youtube<sup>12</sup>) para uma aplicação correta durante a construção do modelo, assim como na interpretação dos resultados finais.

---

<sup>12</sup>

[https://www.youtube.com/results?search\\_query=1PyroSim+FDS+simple+fire+model+%28spread+of+smoke%29](https://www.youtube.com/results?search_query=1PyroSim+FDS+simple+fire+model+%28spread+of+smoke%29)

## 4. MODELAÇÃO NUMÉRICA COM FDS+Evac

### 4.1. Objeto de estudo

O objeto de estudo da presente tese foi o novo edifício do hospital Sousa Martins na Guarda, Portugal, (Anexo), o qual era constituído por quatro pisos, nomeadamente: (piso -2 exclusivo a parques de estacionamento; piso -1, estacionamentos, áreas técnicas, oficinas, instalações mortuárias, sala de medicamentos, sala de preparação de citostáticos, preparação de estéreis, gabinetes, arquivo inativo, circulações e sanitários; piso 0, entrada principal, receção, central telefónica e posto de segurança, esterilização, salas de exames, salas de reuniões, salas de tratamento, salas de observação, Raio-X, gabinetes de consulta, salas de espera, sala de pequena cirurgia, arquivo clínico, sala de reanimação, cafetaria, lojas, circulações e sanitários e piso 1, salas de cirurgia, salas de recobro, laboratórios, unidade de cuidados intensivos, gabinetes, quartos de internamento, quartos de isolamento, salas de tratamento, copas, circulações e sanitários). O novo edifício tem uma área de implantação de 21200 m<sup>2</sup>, (Memória Descritiva e Justificativa, 2014). Em termos de efetivo o piso -1 é ocupado por 78 pessoas, piso 0 ocupado por 859 pessoas sendo 26 acamadas e piso 1 ocupado por 538 pessoas das quais 118 acamadas, Quadro 4.1 (Memória Descritiva e Justificativa, 2014). Para além dos ocupantes, o Quadro 4.1 apresenta ainda os compartimentos corta-fogo e as respetivas áreas dos pisos 0 e 1 dado que são exclusivamente utilizações-tipo V.

Quadro 4.1. Compartimentos Corta-Fogo, existentes nos pisos 0 e 1, respetivas áreas, bem como número de ocupantes

Pisos	CCF	Áreas (m <sup>2</sup> )	Ocupantes
0	Urgências	715,50	859
	Zona 1	670,97	
	Zona 2	1733,76	
	Zona 3	229,07	
	Zona 4	1027,64	
	Zona 5	1537,30	
	Zona 6	471,36	
	Zona 7	1360,40	
1	Zona 8	1156,29	538
	Serviço das Enfermarias	1054,74	
	Bloco Operatório	829,96	
	Bloco dos Laboratórios	510,93	
	Zona 1	1567,25	
	Zona 2	1969,64	
	Zona 3	344,83	
Zona 4	956,23		
	Zona 5	603,48	
	Zona 6	478,05	

## 4.2. Enquadramento do Edifício Segundo os Regulamentos

A segurança contra incêndios (SCI) de utilizações-tipo hospitalares é regulada exclusivamente pelo Decreto-Lei nº 409/98, de 23 de dezembro e pelo Capítulo III da Portaria nº 1532/2008, de 29 de dezembro. Além disso, no que diz respeito à regulamentos de SCI, os respectivos edifícios ainda devem respeitar as medidas nos Decretos-Lei nº 220/2008, de 12 de novembro e 224/2015, de 9 de outubro, sendo que este último introduz alterações ao primeiro.

O Decreto-Lei nº 409/98, de 23 de dezembro considera edifícios de tipo hospitalar os seguintes: hospitais e centros de saúde; unidades privadas de saúde; unidades de saúde das instituições privadas de solidariedade social. Neste contexto, a presente tese focaliza-se sobre a SCI de um Hospital, em concreto o novo edifício do Hospital Sousa Martins na Guarda.

Segundo o anexo III do decreto-lei nº 224/2015, de 9 de outubro, o novo edifício do hospital Sousa Martins corresponde a 3ª categoria de risco do incêndio (risco elevado), requisitos preenchidos quer pela altura ( $\leq 9$  m), quer pelo efetivo (1475 ocupantes).

Relativamente a locais de risco D, que constituem a maioria dos locais de Utilizações-tipo hospitalares, o Decreto-Lei nº 409/98, de 23 de dezembro, prevê que os pisos com unidades de internamento, cuidados intensivos ou especiais devem ser seccionados por paredes (com classes de resistência ao fogo de 30 e 60 min) e portas também das classes de resistência ao fogo de 15 e 30 min. O seccionamento deve ser em partes, com áreas tanto quanto possível semelhantes, exceto se aquelas unidades dispuserem de saídas de nível para o exterior do edifício. Por outro lado, os locais de risco D não devem, em geral, ser estabelecidos abaixo dos pisos de saída para o exterior do edifício. Por outro lado, a Portaria 1532/2008, de 29 de dezembro recomenda para que os compartimentos corta-fogo, em utilizações-tipo hospitalares, sejam isolados por elementos de construção com uma classe de resistência EI ou REI, com um escalão de tempo mínimo de 60 min dispondo no mínimo de vãos com classe de resistência ao fogo padrão de E 30.

Os locais de risco D são segundo o Decreto-Lei nº 220/2008, de 12 de novembro, local de um estabelecimento com permanência de pessoas acamadas ou destinado a receber crianças com idade não superior a seis anos ou pessoas limitadas na mobilidade ou nas capacidades de perceção e reação a um alarme. São os locais que segundo os seus ocupantes enquadram-se melhor nas utilizações-tipo hospitalares. Estes locais devem segundo o artigo 18, da Portaria 1532/2008, de 29 de dezembro terem áreas máximas de compartimentação corta-fogo por piso de 800 m<sup>2</sup>.

As distâncias máximas a percorrer de qualquer ponto até à saída mais próxima devem ser de 40 m, nas zonas com acesso a saídas distintas e 10 m, nas zonas em situação de impasse

(Decreto-Lei nº 409/98, de 23 de dezembro). No entanto, a distância de 40 m foi corrigida para 30 ou 20 m, segundo o artigo 61 da Portaria nº 1532/2008, de 29 de dezembro.

A largura mínima das saídas de locais com camas deve ser de 1,1 m, exceto quando estiverem dispostas nas paredes de seccionamento, caso em que deve ser de 1,40 m. Entretanto, algumas saídas do hospital em estudo como as do bloco operatório tinham larguras de 1UP, o que contraria de certo modo o Decreto-Lei nº 409/98, de 23 de dezembro, decreto que se supõe ter sido usado para as medidas de SCI do novo edifício do hospital Sousa Martins na Guarda.

Os métodos de controlo de fumos podem ser por desenfumagem passiva quando realizada por tiragem térmica natural, ou ativa, nos casos em que se utilizem meios mecânicos. As instalações de desenfumagem passiva compreendem aberturas para admissão de ar e para evacuação dos fumos, ligadas ao exterior, quer diretamente, quer através de condutas. Nas instalações de desenfumagem ativa, os fumos são extraídos por meios mecânicos e a admissão de ar pode ser realizada por meios naturais ou mecânicos. Na presente tese analisa-se a desenfumagem ativa com a extração de fumos e admissão de ar por meios mecânicos.

Nos edifícios hospitalares devem ser dotados de instalações de controlo de fumos os seguintes espaços: vias verticais de evacuação enclausuradas (sempre que sirvam três ou mais pisos ou sirvam pisos com camas), vias horizontais de evacuação enclausuradas, (sempre que sirvam locais com camas, se situem em edifícios de grande altura ou em pisos enterrados ou que tenham comprimento superior a 30 m), em cozinhas com aparelhos, ou grupos de aparelhos, com potência útil total instalada superior a 20 kW, entre outros.

Nas instalações de desenfumagem passiva, as aberturas para admissão de ar e evacuação de fumos devem ser alternadamente distribuídas, com uma distância máxima, medida segundo o eixo da circulação, entre duas aberturas consecutivas de admissão e evacuação de 10 m nos percursos em linha reta e 7 m nos outros percursos. Enquanto nas instalações de desenfumagem ativa, as bocas para admissão de ar e extração de fumos devem distar 15 m nos percursos em linha reta e 10 m nos outros percursos (Decreto-Lei nº 409/98, de 23 de dezembro e Portaria nº 1532/2008, de 29 de dezembro). Estas distâncias foram observadas para o sistema de desenfumagem dos 4 CCF em estudo.

### **4.3. Compartimentos Corta-Fogo Estudados**

A presente tese estudou a evacuação de 4 compartimentos corta-fogo (CCF): Bloco Operatório (BO), Serviços de Urgências (SU), Serviços de Internamentos/Enfermarias (SI) e Laboratórios (Lab), todos pertencentes ao novo edifício do hospital Sousa Martins na Guarda e desenvolvidos nos subcapítulos a seguir. Pelos dados do subcapítulo 2.7 era suposto simular um incêndio com origem na cozinha, mas não foi possível porque o edifício em estudo não

contém cozinhas. Desta forma, no lugar das cozinhas foram simulados os laboratórios que se presume, também, possuírem carga de incêndio elevada. As cozinhas assim como os laboratórios são locais do risco C, segundo o Decreto-Lei nº 220/2008, de 12 de novembro.

Para o estudo considerou-se os piores cenários que, se consubstanciaram pelo início do incêndio no período noturno, altura que se presume que os ocupantes estavam a dormir e quase 50% dos pacientes eram acamados. Assumiu-se também que sendo a noite o pessoal médico, enfermeiros, auxiliares e da equipa de segurança estavam em pouco número, consequentemente os compartimentos em estudo estariam também com pouco pessoal para situações de emergência, o que os tornaria mais vulneráveis em incêndio. Se o início do incêndio fosse no período diurno as dificuldades seriam menores quando comparadas com as do período noturno, dado que no período diurno, o hospital tem o número suficiente de pessoas para o combate e/ou evacuação dos compartimentos em incêndio. Por outro lado, no período diurno a deteção do incêndio pode ser precoce, visto que há muitas pessoas a circular, quer sejam funcionários, quer sejam visitantes ou acompanhantes. A grande probabilidade de ter conhecimento da ocorrência de um incêndio no período noturno é com o alarme do sistema do incêndio, o que significa que, antes deve ser detetado pelos detetores do incêndio.

O presente estudo baseou-se em dois focos de incêndio hipotéticos que decorreram, um num compartimento permanentemente ocupado e o outro num compartimento sem ocupantes. Dado que o estudo não se baseou em incêndio que tenha ocorrido, as simulações auxiliaram-se do referencial bibliográfico do PyroSim®.

As simulações numéricas tiveram início com a montagem dos modelos dos compartimentos selecionados, efetuado a partir das plantas arquitetónicas do novo edifício do Hospital Sousa Martins. O *software* PyroSim® que tem acoplado o FDS+Evac forneceu uma interface gráfica que possibilitou a visualização da montagem das estruturas. A escolha por estes programas deveu-se a possibilidade de realizar simulações simultâneas do incêndio e da evacuação dos compartimentos, por outro lado, possibilitam a análise da influência do fumo no movimento de saída dos ocupantes em relação ao tempo de evacuação, através da visualização pelo *software* Smokeview.

Os ocupantes a evacuar os CCF BO, SU e SI foram-lhes atribuídos características de idosos (homens e mulheres), com mobilidade condicionada, por isso se adotou a velocidade de 0,1 a 1,02 m/s correspondente a pessoas que se movem com andarilho. Por sua vez, os ocupantes dos laboratórios foram considerados adultos sem dificuldades de deslocamento com velocidades entre 0,82 a 1,77 m/s, (Quadro 2.6).



Após a formação do modelo a simular, introduziu-se a carga do incêndio e provocou-se a ignição. A carga de incêndio era constituída por todo o material combustível existente no compartimento em estudo, (EN 1991-1-2, 2002).

As simulações utilizaram uma taxa de libertação de energia padrão na fase de crescimento e no desenvolvimento do incêndio. Os valores da taxa de libertação para atingir a potência máxima calorífica são dados em função das ocupações (Quadro 4.2. e equação 4.1), (EN 1991-1-2, 2002). A taxa de libertação de calor é o parâmetro que representa a quantidade de energia libertada por segundo.

A taxa de libertação de energia máxima é de 10 MW, porém esta é baseada no valor de centros comerciais. Para compartimentos mais pequenos como os de escritórios, apartamentos e unidades de saúde, a taxa de libertação de energia máxima é de 5 MW, (EN 1991-1-2, 2002) a mesma adotada para as simulações dos CCF BO, SU e SI, enquanto para o CCF Lab usou-se uma taxa de libertação do calor de 10 MW, (Quadro 4.2).

$$Q = 10^6 \left( \frac{t}{t_\alpha} \right)^2 \quad (4.1)$$

Quadro 4.2. Dimensão de incêndio em função do tipo de ocupação, (adaptado da EN 1991-1-2, 2002).

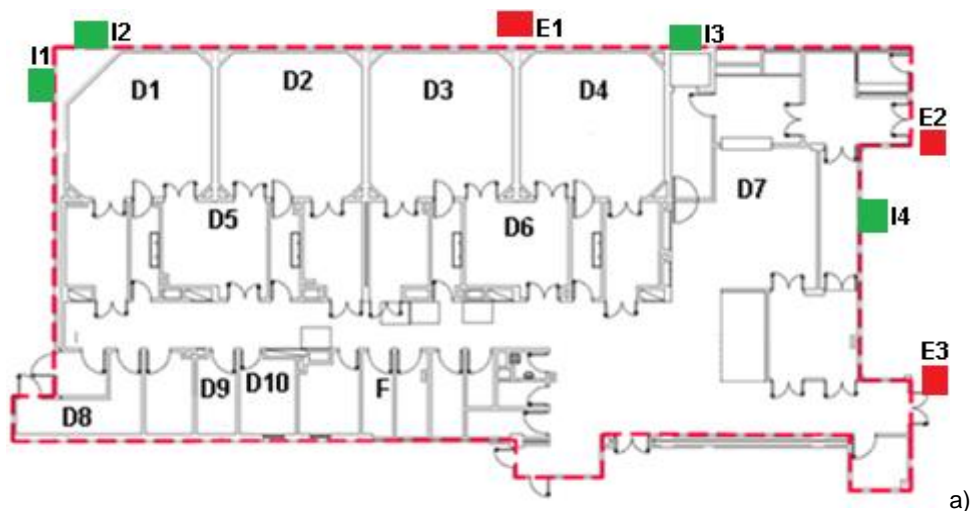
Ocupação do edifício	Taxa de crescimento do incêndio	Tempo necessário para atingir uma taxa de libertação de energia, $t_\alpha^{13}$ [s], de 1055kW	HRR pico [kW]	HRRPUA, "Q" [kW/m <sup>2</sup> ]
Habitação	Média	300	5000	250
Escritórios	Média	300	5000	250
<b>Quarto de hospital</b>	<b>Média</b>	<b>300</b>	<b>5000</b>	<b>250</b>
Quarto de hotel	Média	300	5000	250
Biblioteca	Rápida	150	5000	500
Sala de aula de uma escola	Média	300	5000	250
Centro comercial	Rápida	150	10000	250
Teatro e cinema	Rápida	150	-	500
Transporte (espaços públicos)	Lenta	600	10000	250

<sup>13</sup> O parâmetro  $t_\alpha$  é a taxa máxima de libertação de calor por unidade de área RHR, para diferentes tipos de ocupações.

### 4.3.1. Bloco Operatório

O CCF BO localiza-se no piso 1 e desenvolve-se em planta na horizontal com uma área de 829,96 m<sup>2</sup>, ou seja, não cumpre com a área máxima para CCF com locais de risco D, segundo o artigo 18, da Portaria nº 1532/2008, de 29 de dezembro. O BO tem 31 divisões, das quais se destacam quatro salas de operações (D1 a D4), duas salas de anestesia (D5 e D6) e uma farmácia (F). Conta ainda com um sistema de controlo de fumo (SCF) localizado nas vias horizontais de evacuação (VHE) laterais 2, 3 e 4 (retângulos azuis são insufladores de ar e vermelhos extratores de fumo), Figura 4.1a. Os respetivos caudais volumétricos constam do Quadro 4.7 e cumprem com as exigências para a instalação da desenfumagem ativa prevista na portaria nº 1532/2008, de 29 de dezembro.

Para além do descrito no parágrafo anterior há a destacar: 7 portas de evacuação - PE (círculos a preto) de 1,2 m; 1,5 m; 0,9 m; 0,9 m; 1,6 m; 1,6 m e 1 m de largura, respetivamente, 4 vias horizontais de evacuação (VHE), das quais três exteriores (VHE-2, 3 e 4) protegidas e com 1,9 m; 2,3 m e 3,6 m de largura respetivamente e uma interior (VHE-1) com 2,35 m de largura, Figura 4.1b.



a)

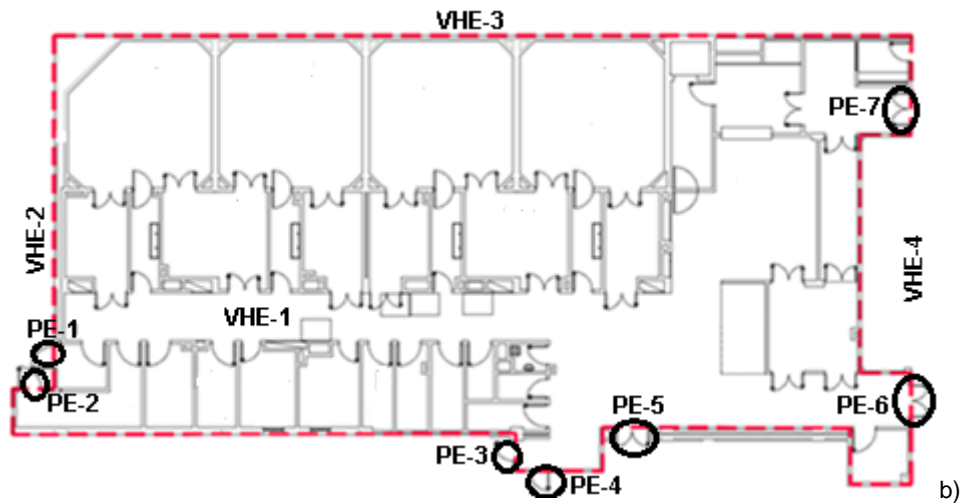


Figura 4.1. Compartimento corta-fogo Bloco Operatório; a) nomenclatura das divisões (D) e SCF e b) VHE e PE.

#### 4.3.2. Serviços de Urgências

O CCF SU desenvolve-se em planta na horizontal, com uma área de 715,50 m<sup>2</sup>, isto é, observa o prescrito no artigo 18, da Portaria nº 1532/2008, de 29 de dezembro, relativamente a áreas máximas para CCF com locais de risco D. Os SU têm 24 divisões das quais se destacam: dois gabinetes (D1 e D2), uma sala de reuniões, uma copa, uma sala aberta (D3) e dois quartos (D4 e D5) e a sala de arrumações (D6), Figura 4.2a. A sala aberta e os dois quartos destinam-se a internar doentes. Por outro lado, o SU possui um SCF que se divide em cinco extratores de fumo e dois insufladores de ar (retângulos a vermelho extratores de fumo e a verde são insufladores de ar), Figura 4.2a, com os respetivos caudais volumétricos no Quadro 4.9; duas portas de evacuação (PE-1 e 2) com larguras de 2,07 m e 2,05 m respetivamente (círculos a vermelho) e cinco vias horizontais de evacuação, sendo VHE-1, 2 e 3 interiores com 2,23 m; 2,94 m e 2,35 m de largura, respetivamente e VHE-4 e 5 exteriores com larguras de 2,95 m e 2,75 m respetivamente, Figura 4.2b.

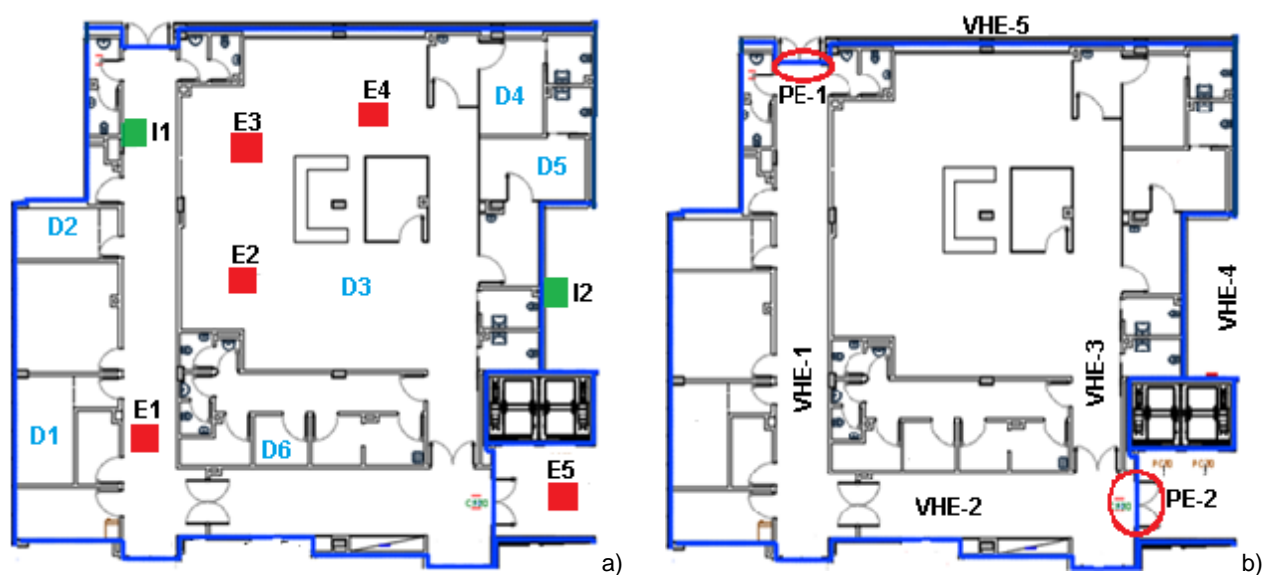


Figura 4.2. Compartimento corta-fogo Serviço de Urgências; a) nomenclatura das divisões e SCF e b) PE e VHE.

#### 4.3.3. Serviços de Internamento/Enfermarias

O CCF SI desenvolve-se também em planta na horizontal, com uma área de 1054,74 m<sup>2</sup>. Esta área não respeitou a área máxima para um CCF com locais do risco D, segundo o plasmado no artigo 18, da Portaria 1532/2008, de 29 de dezembro. O SI tem um sistema de desenfumagem localizado nas VHE-1 e 2, que se divide em quatro extratores de fumo e dois insufladores de ar (retângulos a vermelho são extratores de fumo e a verde insufladores de ar), (Fig. 4.3a e Quadro 4.9 respeitante a caudais) e três elevadores (Elev.1, 2 e 3) com uma área individual de aproximadamente 7,5 m<sup>2</sup> (círculo a vermelho, Fig. 4.3a), para evacuação de pacientes que em emergência/incêndio não possam se mover pelos seus próprios meios, (Fig. 4.3a). As enfermarias possuem, ainda, duas portas de evacuação (PE-1 e 2) com 2 m de largura cada (círculos a vermelho, Fig. 4.3b); diversas portas (P) de saída das divisões, quatro salas de enfermaria (D6, 7, 8 e 9), dois quartos de isolamento (D4 e D5), duas salas de tratamento (D10 e D14), dois gabinetes (D11 e D13), uma sala de reuniões (D1), uma sala de estar ou refeições (D2) e uma sala de preparação de medicamentos (D12) e dois caminhos de evacuação (VHE-1 e 2) com 1,80 m e 2,71 m de largura respetivamente, Figura 4.3b.



Figura 4.3. Compartimento corta-fogo SI; a) SCF e elevadores, b) portas das divisões e de evacuação, VHE e nomenclatura das principais divisões.

#### 4.3.4. Laboratórios

Os laboratórios localizam-se no piso 1 com uma área de 510 m<sup>2</sup>, dos quais 34 m comprimento e 15 m largura. Dada as atribuições dos laboratórios, estes não integram pacientes, motivo pelo qual o efetivo simulado foi só constituído pelos funcionários dos mesmos. Na constituição do CCF Lab há a destacar sete divisões com ocupantes: laboratórios de anatomia e microbiologia (D1 e D4) e salas de: microscopia, manipulação, microbactérias, espera e triagem (D2, D3, D5, D6 e D7) respetivamente (Fig. 4.4a). Para segurança contra o incêndio possui um extrator-E (retângulo a vermelho) e dois insufladores-I de ar (retângulos a roxo) (Fig. 4.4b e Quadro 4.11 respeitante a caudais), duas portas de evacuação (PE-1 e 2) com 2,25 e 2 m de largura, respetivamente (círculos a vermelho); diversas portas (P) de saída das divisões e três vias de evacuação (VHE-1, 2 e 3) com 1,75 m, 1,75 m e 2 m respetivamente, (Fig. 4.4b).



Figura 4.4. Compartimento corta-fogo Laboratórios; a) divisões e respectivas nomenclaturas e b) SCF, VHE e PE.

#### 4.4. Parâmetros adotados para o estudo

As simulações numéricas realizadas com o *software* FDS+Evac, para determinar as condições de evacuação, tiveram em consideração diferentes parâmetros, tais como: idade dos ocupantes (idosos de ambos sexos), localização dos ocupantes (divisões com efetivo), velocidades de deslocação, mobilidade condicionada dos ocupantes, condições geométricas dos CCF estudados (localização de vãos, vias horizontais e verticais de evacuação, paredes e respectivas dimensões), tipo de incêndio (curva de incêndio com uma taxa de libertação de energia de crescimento médio,  $t_a[s] = 1055\text{kW}$  e ultrarrápida – Fig. 4.5 e Quadro 4.1), existência e localização do sistema de controlo de fumos (SCF). A taxa de libertação de energia ou simplesmente taxa de crescimento está relacionada à forma, disposição e tipo de material.

Para o desenvolvimento deste estudo recorreu-se ao programa de visualização e introdução de dados PyroSim® (versão 2014.1.0110) e de visualização de dados de saída Smokeview (versão 6.1.5).

Os parâmetros gerais e respectivos valores adotados para garantir as condições mínimas de evacuação, nos três CCF em estudo, foram:

- ✓ Temperatura máxima de evacuação: 80 °C medida a uma cota de 1,75 m do pavimento. No trabalho considerou-se temperatura de 80 °C, em detrimento de 60 °C (Quadro 2.2), porque se considerou que 80 °C corresponderia uma análise da temperatura do lado da segurança;
- ✓ Gases tóxicos (FED) com valor menor que 0,1 para os CCF BO, SU e SI e 0,3 para o CCF Lab, (PD 7974-6, 2004 e Mowrer, et al., 2002, citado pelos R-SCI da Noruega, 2013 e Singapura, 2015);
- ✓ *Burner* com área de 1 m<sup>2</sup> e taxa de libertação de calor de 5 MW para os CCF BO, SU e SI e 10 MW para o CCF Lab, (EN 1991-1-1, 2002);
- ✓ A visibilidade medida a 1,75 m do pavimento. A altura livre de fumo, ou seja, a altura do pavimento para a camada de fumo, deve ser superior a  $1,6 + (0,1 \times H)$  metros, onde H é a altura do teto. Assim, o presente estudo adotou a visibilidade a 1,75 m de altura, para um edifício de 3,0 m de pé-direito, em detrimento de 1,80 m recomendado por Loughheed (2000), S-CFP (2001), Yan et al. (2009), R-SCI de Singapura (2015) e Portaria 1532/2008, de 29 de dezembro. O tamanho da malha para a presente tese foi de 0,25 m, por conseguinte, 1,75 m é múltiplo de 0,25 m. A visibilidade a uma cota de 1,75 m corresponde a interface entre a camada superior com fumo e a camada inferior, carregada de ar fresco num compartimento em combustão. Segundo Yan et al. (2009), a descida da camada de fumo abaixo de 1,75 m, altura de segurança, provoca a perda da visibilidade e conseqüente inacessibilidade das saídas de emergência, o que pode levar a morte das pessoas a evacuar o edifício, mesmo em situações de baixa concentração dos gases tóxicos. Por sua vez, o artigo 144, da Portaria 1532/2008, de 29 de dezembro prevê que a extração do fumo pode ser realizada por ventiladores ou bocas cuja parte inferior se situe, pelo menos, a uma altura de 1,80 m do pavimento, isto é, a portaria também exige uma altura mínima livre de fumo de 1,80 m.
- ✓ As grelhas de insuflação estão a 0,50 m do pavimento e as de extração a uma cota de 3 m do pavimento, logo cumprem com o previsto nos artigos 141 e 142, ambos da Portaria 1532/2008, de 29 de dezembro;
- ✓ As curvas de incêndio usadas foram segundo EN 1991-1-2 (2002) de taxa de crescimento médio para os CCF BO, SU e SI, recomendada para quartos de hospitais e ultrarrápida para o CCF Lab (destacados à vermelho na Fig. 4.5);

- ✓ Os dispositivos para a medição do FED, temperatura e visibilidade foram colocados ao longo das VHE, com uma separação de 2,25 m na horizontal e 0,25 m na vertical, Figura 4.6.
- ✓ A velocidade de deslocação média adotada para os CCF BO, SU e SI foi de 0,1 a 1,02 m/s, correspondente a pessoas que se movem de andarilho e de 0,82 a 1,77 m/s para os laboratórios, visto que se assumiu que os seus ocupantes não têm dificuldades de deslocamento, Quadro 2.6;
- ✓ O valor da densidade da carga de incêndio é de 280 MJ/m<sup>2</sup>, atendendo que os compartimentos em estudo são parte do hospital, (EN 1991-1-2, 2002).

O *software* FDS+Evac não tem acoplado nas suas ferramentas a possibilidade de modelar a evacuação de edifícios com ocupantes acamados (o equivalente a pacientes acamados), no entanto, recorreu-se ao aumento das dimensões físicas do corpo humano, para representar este tipo de ocupantes. Em consequência, este trabalho definiu os ocupantes em dois grupos: ocupantes *normal size* (ONS) ou ocupantes não acamados e ocupantes *large size* (OLS) ou ocupantes acamados. Os ocupantes *normal size* ou ocupantes não acamados são aqueles cujas características, isto é, as dimensões do corpo humano são as definidas pelo programa FDS+Evac, por seu turno, ocupantes *large size* ou ocupantes acamados foram atribuídos o dobro das dimensões físicas de ocupantes *normal size*, Quadro 4.3. Uma vez que se tratam de ocupantes com condições de saúde diferentes (acamados e não acamados), o tempo de simulação dos cenários foi diferente, bem como as velocidades de deslocamento adotadas (Quadros 5.1; 5.2; 5.4; 5.6 e 5.7, todos do capítulo seguinte). Para cenários com ocupantes *normal size* ou não acamados as simulações foram de 400 s e 500 s para ocupantes *large size* ou acamados. O tempo de simulação para ocupantes acamados teve em consideração a complexidade da evacuação derivada pelas larguras das camas que têm tamanhos maiores a de certas portas por transpor e das velocidades mais lentas adotadas, de forma a não agravar a situação clínica dos pacientes a evacuar. Os cenários do CCF Lab duraram 200 s, porque é ultrarrápida e os ocupantes são sem dificuldades de deslocamento e as saídas de emergência e dos locais de permanência têm mais de 2UP.

Quadro 4.3. Dimensões físicas dos dois tipos de ocupantes.

<b>Corpo humano</b>	<b>Ocupantes <i>normal size</i> (ONS)</b>	<b>Ocupantes <i>large size</i> (OLS)</b>
diâmetro	0,44 m a 0,58 m	1 m
tronco	0,3 m	0,6 m
ombro	0,19 m	0,35 m



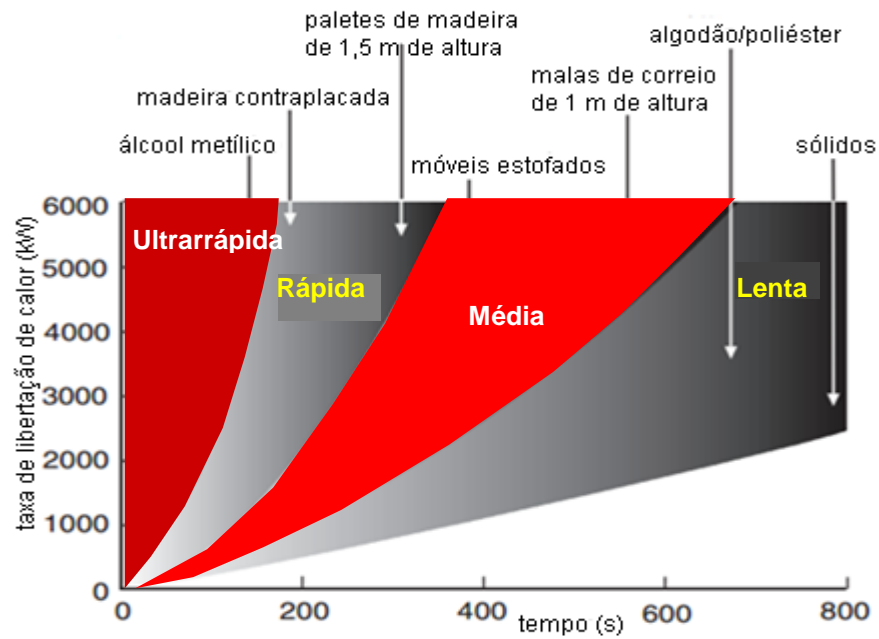
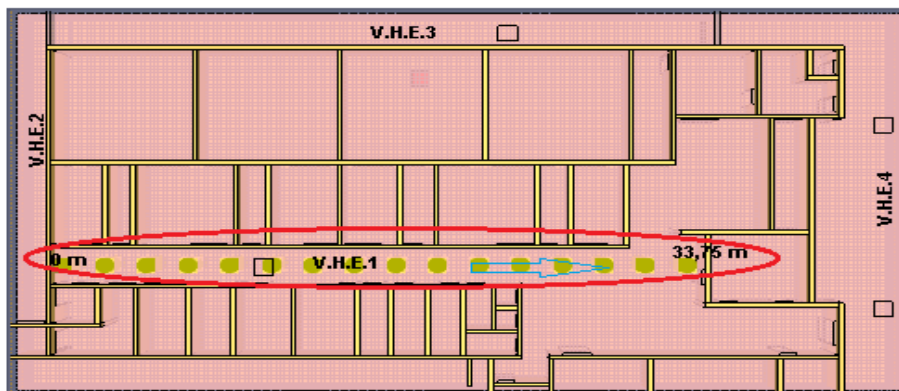
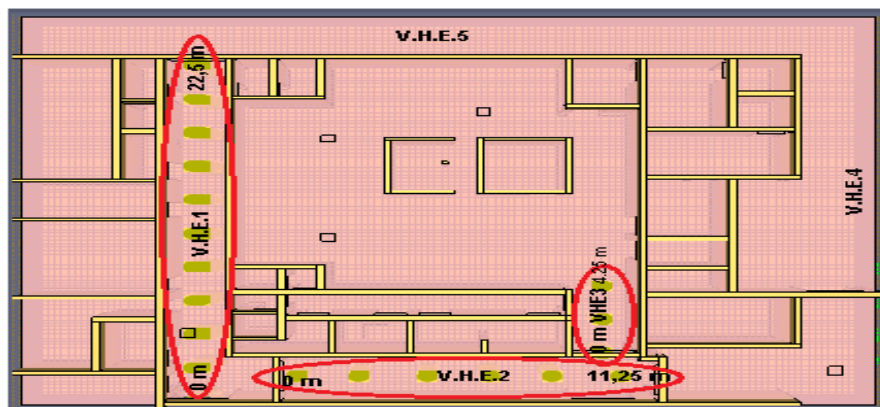


Figura 4.5. Conjunto de curvas de crescimento t-quadrado, (adaptado de Bukowski & Hurley, 2003).

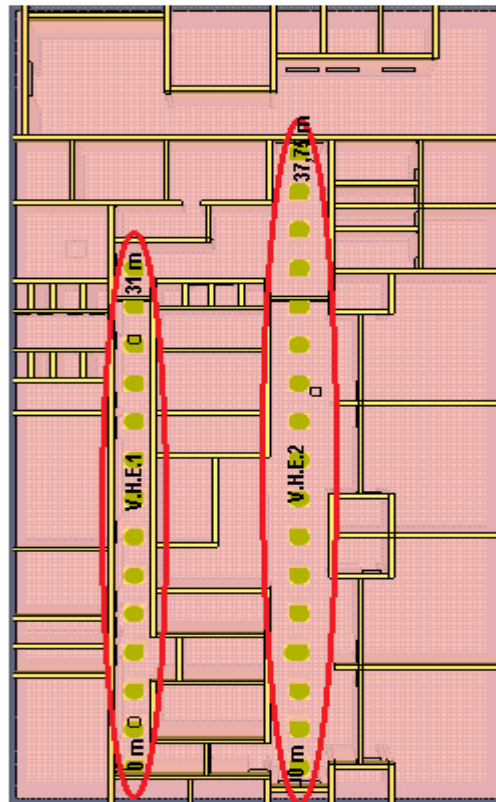


a) Dispositivos ao longo da VHE-1 do CCF BO.

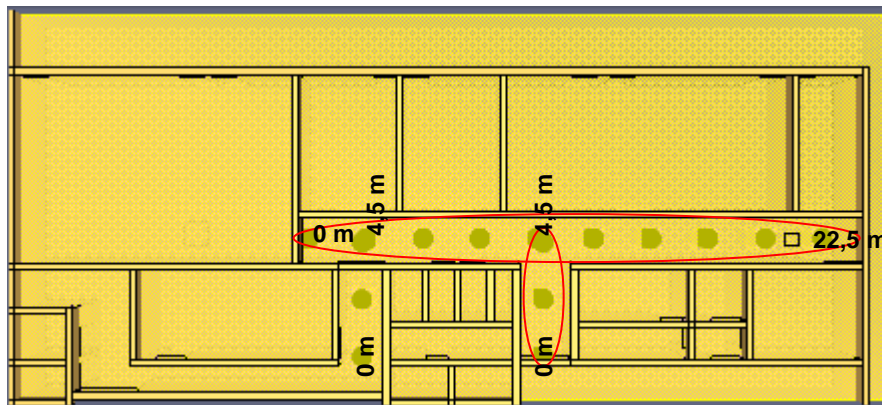


b) Dispositivos nas VHE-1, 2 e 3 do CCF SU.

Figura 4.6. Localização de dispositivos do FED, temperatura e visibilidade ao longo das VHE dos CCF em estudo (cont.).



c) Dispositivos ao longo das duas VHE do CCF SI.



d) Dispositivos ao longo das três VHE do CCF Lab.

Figura 4.6. Localização de dispositivos do FED, temperatura e visibilidade ao longo das VHE dos CCF em estudo.

#### 4.5. Localização dos Focos de Incêndio

Cada um dos quatro CCF estudados teve dois focos de incêndio, um em compartimento com efetivo e o outro em compartimento sem efetivo, mas com maior carga de incêndio e perto de uma VHE. No entanto, para os laboratórios os dois focos de incêndio foram em divisões com ocupantes. Em todos os focos de incêndio supõe-se que, o incêndio teve seu início no período noturno, com os ocupantes a dormirem. Para os casos em que o incêndio teve origem em

compartimentos com ocupantes, o pré-movimento terminou na fase inicial do incêndio (aos 30 ou 45 s) e nas situações em que o incêndio teve origem numa divisão sem ocupantes o pré-movimento terminou depois do alarme geral, isto é, aos 180 s, (Quadro 2.4).

#### 4.5.1. Localização dos Focos de Incêndio no Bloco Operatório

O estudo do BO cingiu-se a dois focos de incêndio (FI), um na sala de operações-D3 (Fig. 4.7a) e o outro na farmácia-F, próximo da VHE-1 (Fig. 4.7b). Para o incêndio com origem na sala de operações-D3 (com 6 ocupantes) o pré-movimento terminou aos 45 s depois do início do mesmo e para o da origem na farmácia (sem efetivo) o pré-movimento foi depois do alarme geral, isto é, terminou decorridos 180 s da simulação. A escolha da sala de operações-D3 deveu-se ao facto da mesma estar numa posição intermédia em relação as outras salas de operações, bem como a salas com efetivo, enquanto a escolha da farmácia deveu-se ao facto de ser um compartimento que guarda medicamentos que, em incêndio podem muito rapidamente ajudar no desenvolvimento do mesmo. No CCF BO analisou-se ainda a evacuação, de ONS ou ocupantes não acamados e OLS ou acamados.

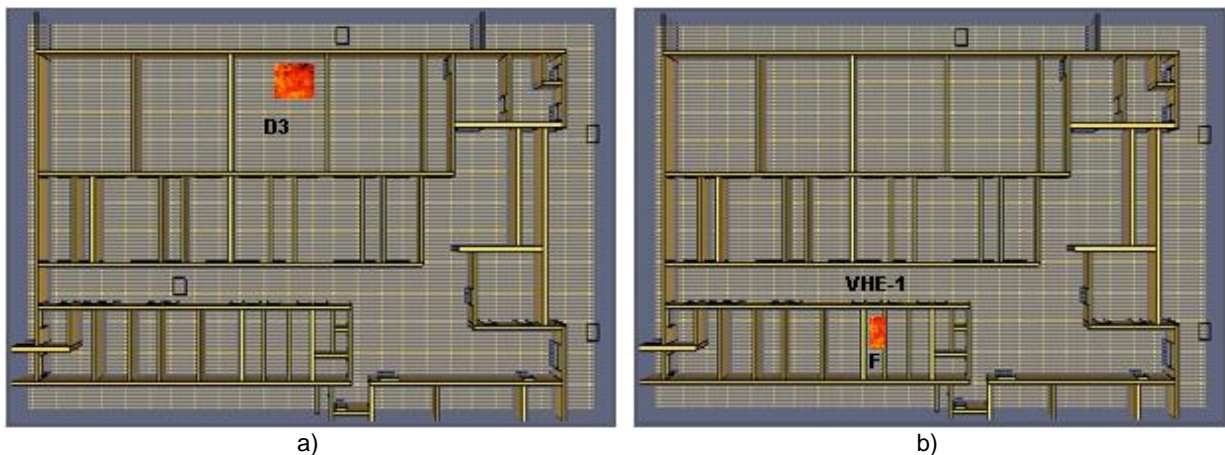


Figura 4.7. Localização dos focos de incêndios no CCF BO; a) sala das operações-D3 e b) farmácia-F.

O efetivo total simulado foi de 47 ocupantes, (Fig. 4.8 e Quadro 4.4), obtidos depois da correção pelo fator 1,3 para efeitos de dimensionamento de vias de evacuação e saídas considerando que, o efetivo a evacuar é constituído por pessoas limitadas na mobilidade, nas capacidades de perceção e/ou reação a um alarme de incêndio, bem como da observância dos respetivos índices (pessoas/m<sup>2</sup>) segundo o artigo 51, Portaria nº 1532/2008, 29 de Dezembro. A correção das vias e saídas de evacuação pelo fator 1,3 visa terem larguras adequadas para em caso de incêndio, os ocupantes alcançarem locais seguros no exterior do edifício de modo fácil, rápido e seguro. Os valores finais obtidos foram arredondados para valores inteiros, imediatamente, superiores.

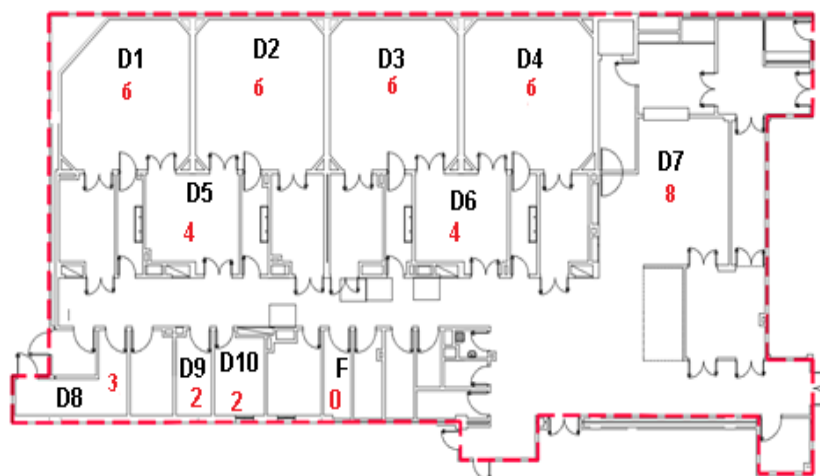


Figura 4.8. Nomenclatura das principais divisões (D) e distribuição do efetivo pelas mesmas, para o CCF BO.

O estudo do BO consistiu em analisar o desempenho do sistema de segurança contra o incêndio, atualmente instalado no edifício e verificar a influência dos parâmetros: temperatura, visibilidade, FED, largura das portas, entre outros, para a evacuação rápida e segura do edifício.

Quadro 4.4. Discriminação do efetivo no compartimento corta-fogo Bloco Operatório.

Nome da divisão	Nomenclatura	Índices (pessoas/m <sup>2</sup> )	Efetivo sem fator 1,3	Efetivo com fator 1,3
Sala de Operações	D1	0,10	4	6
Sala de Operações	D2	0,10	4	6
Sala de Operações (compartimento incendiado)	D3	0,10	4	6
Sala de Operações	D4	0,10	4	6
Sala de Anestesia	D5	0,10	3	4
Sala de Anestesia	D6	0,10	3	4
Espera de Tampos/Tampas Limpos	D7	1,00	6	8
Transfer de Material	D8	0,20	2	3
Material Esterilizado	D9	0,20	1	2
Gabinete do Responsável	D10	0,30	1	2
Farmácia (compartimento incendiado)	F	0,20	-	0
<b>Efetivo Total</b>	-	-	<b>32</b>	<b>47</b>

#### 4.5.2. Localização dos Focos de Incêndio no Serviço de Urgências

No CCF SU, o incêndio teve a sua origem na sala aberta-D3 (permanentemente ocupada) (Fig. 4.9a) e na sala das arrumações-D6 (sem efetivo), (Fig. 4.9b). Para a sala aberta-D3, o pré-movimento terminou aos 30 s e para o incêndio com origem no compartimento de arrumações, terminou decorridos 180 s adotando a mesma metodologia do CCF anteriormente

descrito. A sala aberta-D3 foi escolhida para o início do incêndio devido ao maior efetivo, o que cria grande probabilidade de se detetar o incêndio ainda na fase precoce, por outro lado, constitui o centro do CCF SU e está dependente de um caminho de evacuação para chegar a uma das duas PE, enquanto o compartimento de arrumações-D6 foi motivo de escolha por ser um dos compartimentos muito afastado dos com efetivo, o que cria a grande probabilidade de os ocupantes tomarem o conhecimento da existência do fogo a partir do alarme geral. Para a escolha do compartimento de arrumações, pesou ainda a possibilidade de os ocupantes entrarem em pré-movimento com o incêndio a atingir a via de evacuação VHE-3, a única para chegar a uma das duas saídas, (Fig. 4.9b).



Figura 4.9. Localização dos focos de incêndios no CCF SU; a) sala aberta e b) arrumações.

O efetivo do SU é variável, com tendências sempre a aumentar. Isto é, no inverno o número de ocupantes/doentes internados chega quase a atingir o dobro do previsto no projeto. Neste contexto constituiu objetivo de estudo do serviço de urgências, analisar a influência do efetivo no tempo de evacuação do CCF em situação do incêndio. A análise consistiu na variação do efetivo em quatro cenários. Os cenários foram assim constituídos: i) efetivo previsto pelo regulamento, todavia corrigido pelo fator 1,3, segundo a portaria nº 1532/2008, de 29 de dezembro (i.e., efetivo previsto no projeto com 48 ocupantes, Fig. 4.10 e Quadro 4.5); ii) efetivo previsto majorado em 30% (i.e., 63 ocupantes); iii) efetivo previsto com uma majoração em 60% (77 ocupantes); e iv) efetivo previsto acrescido em 90% (92 ocupantes). A simulação de cenários com números de efetivos diferentes, visava fazer um estudo gradual dos possíveis constrangimentos que, o CCF SU pudesse ter desde a evacuação do efetivo previsto no projeto, até à evacuação do efetivo previsto acrescido em 90% que é, quase o dobro do previsto. Estes parâmetros do efetivo são os mesmos para ambos os focos de incêndio considerados.



Figura 4.10. Nomenclatura das principais divisões e distribuição do efetivo pelas mesmas, para o CCF SU.

Quadro 4.5. Distribuição do efetivo no CCF Serviço de Urgências.

Nome do compartimento	Nomenclatura	Índices (pessoas/m <sup>2</sup> )	Efetivo sem fator 1,3	Efetivo com fator 1,3
Gabinete da direção	D1	0,30	2	3
Gabinete da direção	D2	0,30	2	3
Sala aberta (compartimento incendiado)	D3	1,00	28	36
Quarto	D4	1,00	2	3
Quarto	D5	1,00	2	3
Arrumações (compartimento incendiado)	D6	-	-	0
<b>Total</b>	-	-	36	<b>48</b>

À medida que os efetivos aumentavam, os compartimentos/divisões de internamento, propostos no projeto original, tornavam-se pequenos. Assim, os efetivos sem espaços em compartimentos previstos para internamento eram internados ao longo das VHE-1 e 2. O internamento dos efetivos nas VHE-1 e 2 pretendia recriar o que acontece nas urgências em épocas do inverno, quando a procura pelos serviços de internamento aumenta.

#### 4.5.3. Localização dos Focos de Incêndio no Serviço de Internamento/Enfermarias

O CCF SI teve, também, dois FI, sendo o primeiro na sala de preparação de medicamentos-D12, compartimento com efetivo, (Fig. 4.11a) e o segundo incêndio na sala de desinfecção de camas-D3, sem efetivo, (Fig. 4.11b). O CCF SI para além de estudar a evacuação horizontal, estudou, também, a evacuação vertical com recurso à utilização de elevadores, Figura 4.22, assim como a evacuação de ocupantes *normal size* e *large size* ou acamados. O compartimento preparação de medicamentos-D12 foi escolhido para o início do incêndio, pelo facto de se localizar quase ao centro do CCF e também na possibilidade do incêndio colocar em perigo uma parte das enfermarias (D7 e D8), (Fig. 4.11a) compartimentos com

muitos efetivos internados. Por seu turno, o compartimento para desinfecção de camas-D3 foi escolhido pelo facto de o pré-movimento se iniciar com a parte da VHE-2 que leva aos elevadores (Fig. 4.11b) cheia de fumo o que criaria dificuldades para os aceder, por outro lado, o compartimento para desinfecção de camas-D3 está distante dos compartimentos com efetivo, o que faz com que o conhecimento da existência do incêndio seja através do alarme geral.

Para a evacuação vertical o foco de incêndio foi o de preparação de medicamentos, porque o de desinfecção de camas bloqueava o acesso aos elevadores, o que tornava impossível o alcance e uso dos mesmos. Assim, o pré-movimento terminou 30 s para o primeiro foco de incêndio, quer para a evacuação horizontal, quer para a evacuação vertical. Para o segundo foco de incêndio, constituído apenas pela evacuação horizontal, o pré-movimento decorreu até aos 180 s.

O objetivo do estudo do CCF SI consistiu em avaliar o impacto da evacuação com recurso a elevadores, para os tempos de evacuação em incêndio. Por outro lado, comparar as duas evacuações, horizontal e vertical, de modo a determinar a mais eficaz e sugerir o uso da mesma em incêndio. O efetivo a evacuar foi de 100 pessoas distribuídas segundo a Figura 4.12 e o Quadro 4.6.



Figura 4.11. Localização dos FI no CCF SI; a) preparação de medicamentos-D12 e b) desinfecção de camas-D3.



Figura 4.12. Nomenclatura das principais divisões e distribuição do efetivo pelas mesmas, para o CCF SI.

Quadro 4.6. Distribuição do efetivo no CCF Serviço de Internamento ou Enfermarias.

Nome da divisão	Nomenclatura	Índices (pessoas/m <sup>2</sup> )	Efetivo sem o fator 1,3	Efetivo com o fator 1,3
Sala de reuniões/pausa	D1	0,50	4	6
Refeição/sala de estar	D2	0,50	4	6
Desinfecção de camas (divisão incendiada)	D3	0,20	-	0
Quarto de isolamento	D4	1,00	3	4
Quarto de isolamento	D5	1,00	3	4
Quarto de enfermaria	D6	1,00	13	17
Quarto de enfermaria	D7	1,00	13	17
Quarto de enfermaria	D8	1,00	13	17
Quarto de enfermaria	D9	1,00	13	17
Sala de tratamentos	D10	0,20	2	3
Gabinete do enfermeiro chefe	D11	0,30	1	2
Preparação de medicamentos (divisão incendiada)	D12	0,20	1	2
Gabinete	D13	0,30	1	2
Sala de tratamentos	D14	0,20	2	3
<b>Total</b>	-		<b>73</b>	<b>100</b>

#### 4.5.4. Localização dos Focos de Incêndio no CCF Laboratórios

O CCF Lab foi estudado com o intuito de avaliar o impacto de um incêndio com origem nos laboratórios, atendendo que é de propagação rápida devido ao material combustível em causa.



À semelhança dos outros CCF, o de Laboratórios teve também dois FI, sendo o primeiro no laboratório de microbiologia-D4 (Fig. 4.13a) e o segundo na sala de triagem-D7 (Fig. 4.13b), entretanto, difere-se dos outros CCF no que toca aos tempos do fim do pré-movimento que foram os mesmos (30 s), pois o início do incêndio foi em salas com ocupantes.

A divisão laboratório de microbiologia-D4 foi escolhida para o início do incêndio, pelo facto de possuir produtos que facilmente reagem ao incêndio, por outro lado os fumos atingem com facilidade as VHE-1 e 3 o que colocaria em perigo os ocupantes do próprio laboratório de microbiologia, com 16 ocupantes, e das divisões de manipulação e microbactérias (Fig. 4.13a). Com a VHE-2 atingida, bloqueava-se quase automaticamente a PE-2. Enquanto, a sala de triagem-D7 foi escolhida pelo facto de a propagação do incêndio atingir em primeira instância a VHE-2, o que levaria a dificuldades para quem quisesse evacuar pela PE-2, em particular os ocupantes do laboratório de anatomia e salas de microscopia, manipulação e de espera que a tinham como a mais perto, (Fig. 4.13b).

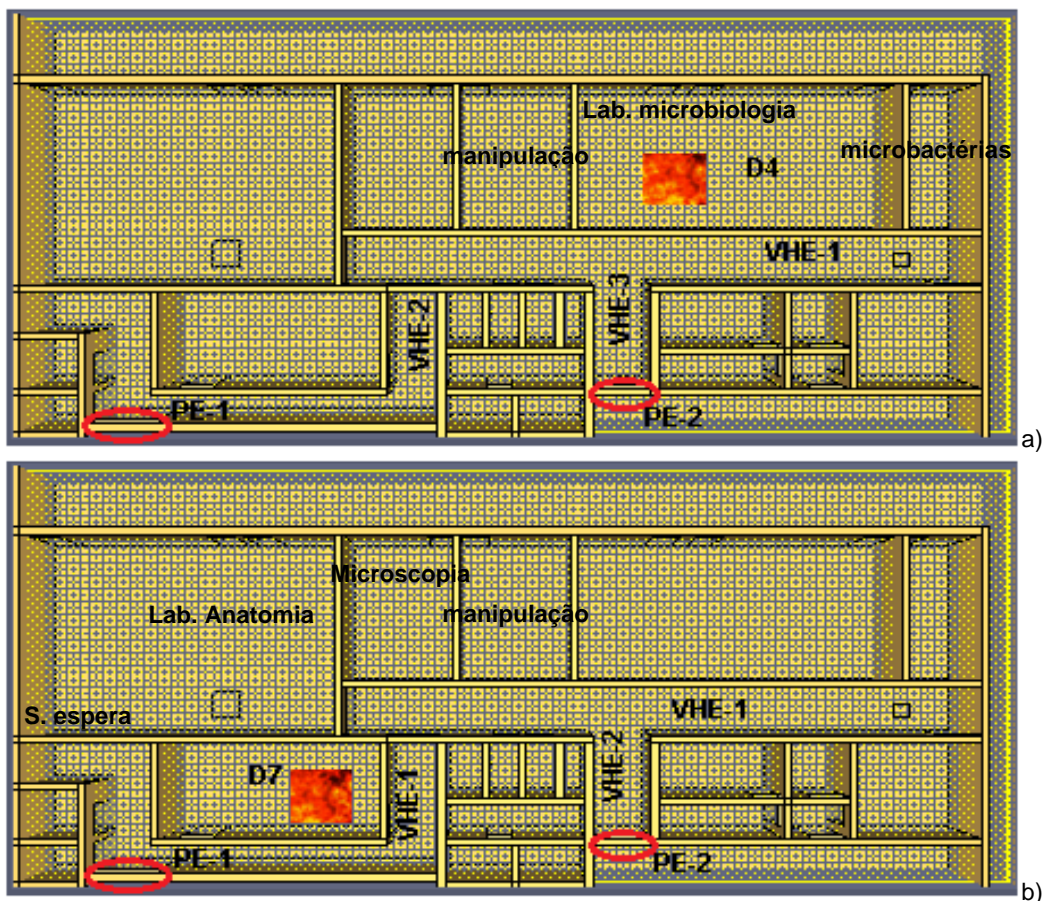


Figura 4.13. Localização dos FI no CCF Lab; a) laboratório de microbiologia e b) sala de triagem.

O efetivo a evacuar foi de 45 ocupantes distribuídos segundo a Figura 4.14 e Quadro 4.7.

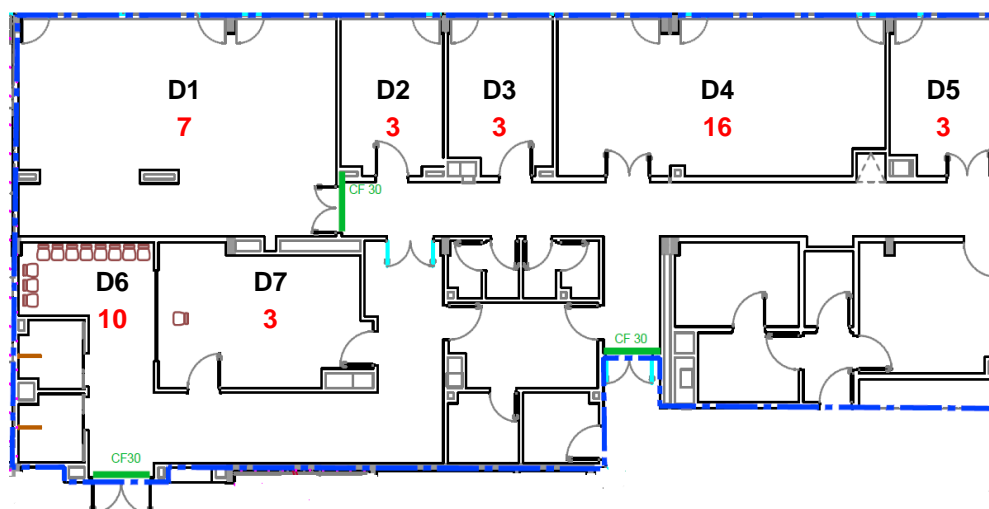


Figura 4.14. Nomenclatura das principais divisões e distribuição do efetivo pelas mesmas, para o CCF Lab.

Quadro 4.7. Distribuição do efetivo no compartimento corta-fogo Laboratórios.

Nome da divisão	Nomenclatura	Índices (pessoas/m <sup>2</sup> )	Efetivo sem fator 1,3	Efetivo com fator 1,3
Laboratório de Anatomia	D1	0,20	5	7
Microscopia	D2	0,10	2	3
Manipulação	D3	0,10	2	3
Laboratório de microbiologia sem esterilização (compartimento incendiado)	D4	0,20	12	16
Microbactérias	D5	0,10	2	3
Sala de Espera	D6	1,00	7	10
Sala de triagem (compartimento incendiado)	D7	0,20	2	3
<b>Efetivo Total</b>			<b>32</b>	<b>45</b>

#### 4.6. Sistemas de desenfumagem

O estudo do desempenho do sistema de desenfumagem efetivou-se através da análise do comportamento do fumo, da temperatura e dos gases tóxicos, provenientes dos dois focos de incêndio de cada compartimento corta-fogo estudado. Note que os dois focos de incêndio foram simulados separadamente.

No geral os sistemas de desenfumagem instalados nos 4 CCF estudados cumprem com o estabelecido na Portaria 1532/2008, de 29 de dezembro, no que concerne aos caudais, bem como as distâncias entre as bocas de admissão de ar e extração de fumos.

#### 4.6.1. Sistema de desenfumagem do CCF Bloco Operatório

Nos dois focos de incêndio analisou-se o desempenho do sistema de controlo de fumo (SCF) constante do projeto, isto é, localizado nas vias horizontais de evacuação: VHE-2, VHE-3 e VHE-4, Figura 4.15, cujos caudais volumétricos constam do Quadro 4.8.

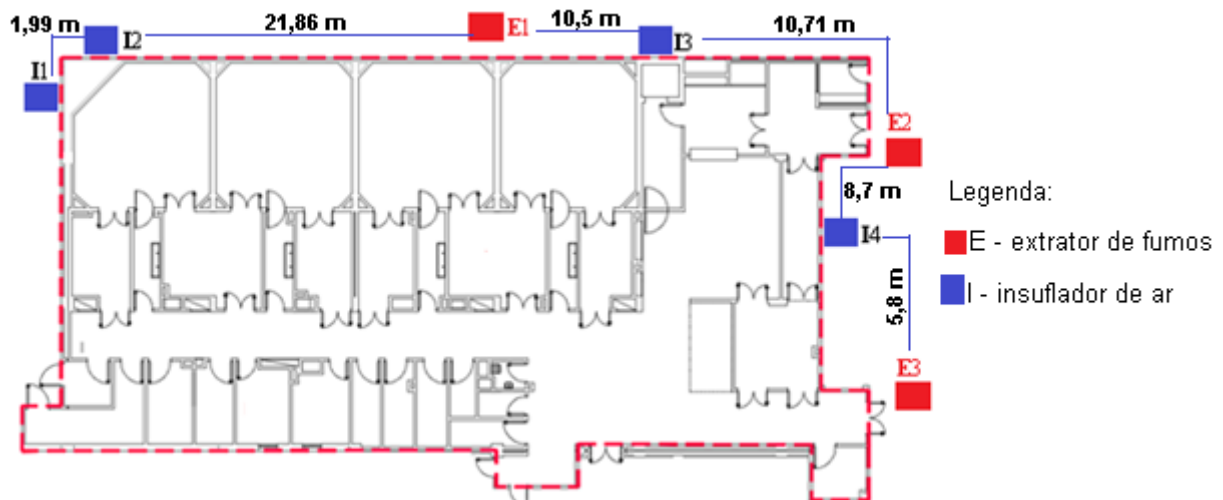


Figura 4.15. Localização e distâncias do Sistema de controlo de fumo do projeto, para o CCF BO.

Quadro 4.8. Caudais volumétricos do sistema de desenfumagem do projeto, para o CCF BO.

Grelhas	Localização	Nomenclatura	Caudais volumétricos (m <sup>3</sup> /s)
Extração-1	VHE3	E1	4
Extração-2	VHE4	E2	2,5
Extração-3	VHE4	E3	2,5
Insuflação-1	VHE2	I1	0,9
Insuflação-2	VHE3	I2	1,2
Insuflação-3	VHE3	I3	1,2
Insuflação-4	VHE4	I4	1,5

Para o incêndio com origem na farmácia-F foi adicionado um SCF na VHE-1. As bocas de admissão de ar e extração de fumos (insuflação – I5 e extração – E4) distam 15 m uma da outra ao longo da VHE-1 (Fig. 4.16). O caudal volumétrico de extração foi 1,3 vezes maior que o de admissão (Quadro 4.9), (artigos 256º e 257º, da Portaria 1532/2008, de 29 de dezembro). A distribuição do efetivo pelo compartimento manteve-se inalterável.

Quadro 4.9. Caudais volumétricos do sistema de desenfumagem da VHE-1, para o CCF BO.

Grelhas	Localização	Nomenclatura	Caudais volumétricos (m <sup>3</sup> /s)
Extração-4	VHE1	E4	1,56
Insuflação-5	VHE1	I5	1,2

O novo sistema de desenfumagem, instalado na VHE-1 (Fig. 4.16), funcionou em simultâneo com o sistema de desenfumagem do projeto (Fig. 4.15). Por outro lado, assumiu-se que as

portas de evacuação bem como as dos compartimentos com ocupantes estavam fechadas durante a simulação.

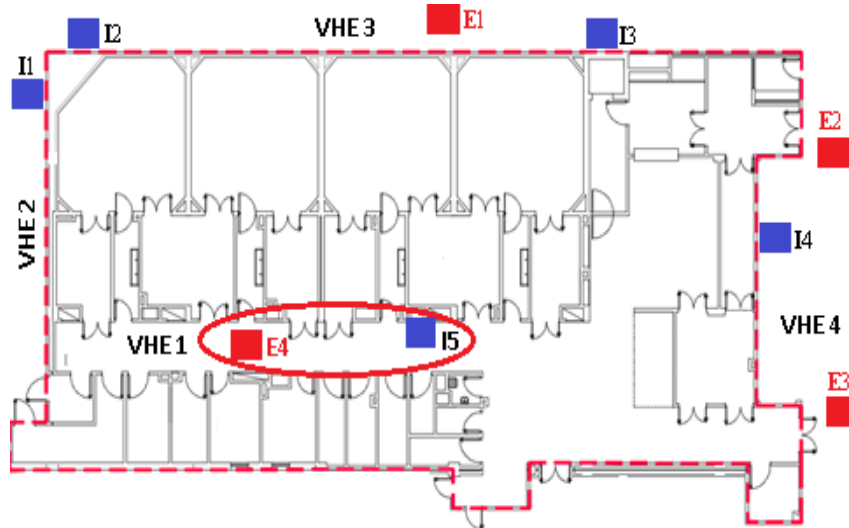


Figura 4.16. Localização do SCF do projeto e na VHE-1 para o CCF Bloco Operatório.

#### 4.6.2. Sistema de desenfumagem do CCF Serviço de Urgências

O CCF SU tem um sistema de desenfumagem que se divide em cinco extratores de fumo e dois insufladores de ar, Figura 4.17, cujos caudais volumétricos constam do Quadro 4.10. Para o CCF SU manteve-se inalterável o sistema de controlo de fumos do projeto (SCFP), porque o parâmetro estudado foi influência do número dos ocupantes no tempo da evacuação.

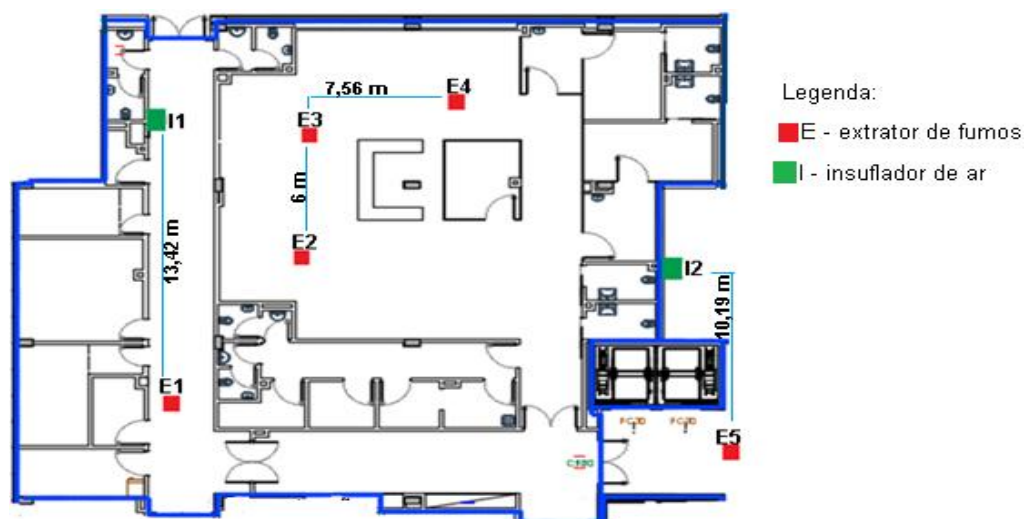


Figura 4.17. Localização e distâncias do sistema de desenfumagem do CCF Serviço de Urgências.

Quadro 4.10. Caudais volumétricos do sistema de desenfumagem do CCF SU.

Grelhas	Localização	Nomenclatura	Caudais volumétricos (m <sup>3</sup> /s)
Extração-1	VHE1	E 1	2,5
Extração-2	Sala aberta	E 2	0,67
Extração-3	Sala aberta	E 3	0,67
Extração-4	Sala aberta	E 4	0,67
Extração-5	VHE4	E 5	2,5
Insuflação-1	VHE1	I 1	1,5
Insuflação-2	VHE4	I 2	2,5

#### 4.6.3. Sistema de desenfumagem do CCF Serviço de Internamentos/Enfermarias

O CCF SI tem um sistema de desenfumagem localizado nas VHE-1 e 2, que se divide em quatro extratores de fumo e dois insufladores de ar, Figura 4.18. Os caudais volumétricos constam do Quadro 4.11. O estudo deste compartimento incidiu sobre o impacto da evacuação com recurso a elevadores, assim como do tipo e volumetria dos ocupantes para os tempos de evacuação.

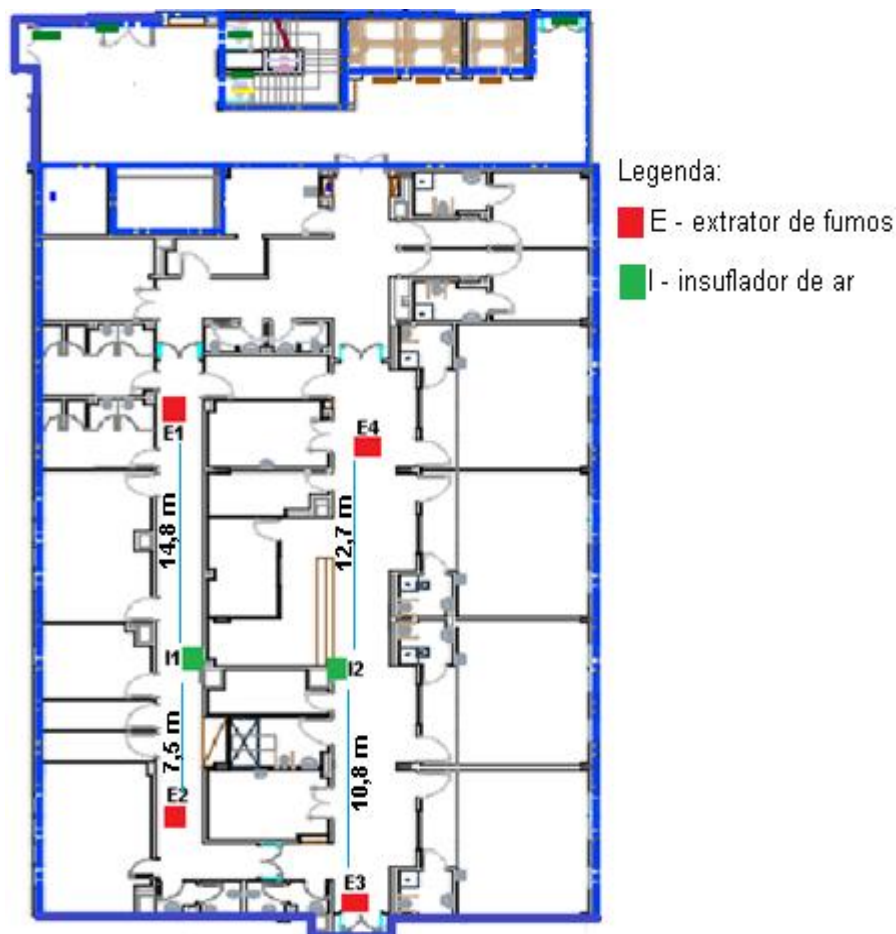


Figura 4.18. Localização e distâncias do sistema de desenfumagem do CCF SI.

Quadro 4.11. Caudais volumétricos do sistema de desenfumagem do CCF SI.

Grelhas	Localização	Nomenclatura	Caudais volumétricos (m <sup>3</sup> /s)
Extração-1	VHE1	E 1	1,5
Extração-2	VHE1	E 2	1,5
Extração-3	VHE2	E 3	2,5
Extração-4	VHE2	E 4	2,5
Insuflação-1	VHE1	I 1	1,8
Insuflação-2	VHE2	I 2	3

#### 4.6.4. Sistema de Controlo de Fumo do CCF Laboratórios

O SCF do CCF Lab é constituído por um extrator de fumo e dois insufladores de ar para uma área de 510 m<sup>2</sup>, com um máximo de 45 ocupantes. A localização dos SCF bem como os caudais volumétricos constam da Figura 4.19 e Quadro 4.12, respetivamente.

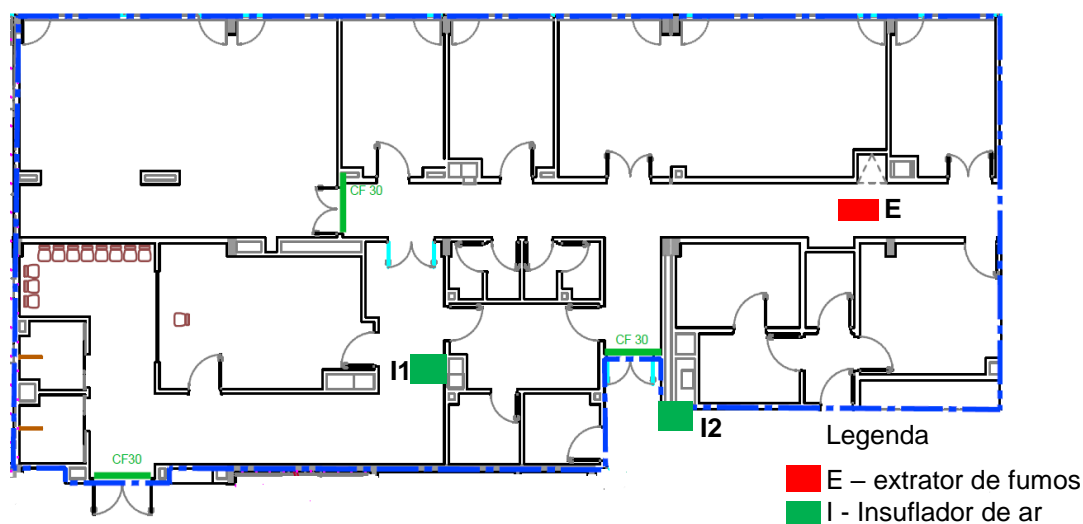


Figura 4.19. Localização do sistema de desenfumagem do CCF Lab.

Quadro 4.12. Caudais volumétricos do sistema de desenfumagem do CCF Lab.

Grelhas	Localização	Nomenclatura	Caudais volumétricos (m <sup>3</sup> /s)
Extração	VHE1	E	1,5
Insuflação-1	VHE2	I 1	0,9
Insuflação-2	VHE3	I 2	0,9

## 4.7. Número e largura de portas

### 4.7.1. Bloco Operatório

Jiang, et al. (2014), Koo, et al. (2012), De-Ching, et al. (2011) desenvolveram estudos relacionados à evacuação de edifícios hospitalares e constataram que, portas de emergências com larguras de 2 m ou superiores ajudavam na rápida evacuação desses edifícios, porque diminuía o congestionamento junto às saídas de emergência.

No BO, o cenário com portas analisou o impacto do aumento da largura das mesmas (Fig. 4.20), para a evacuação do CCF. Todas as larguras das portas usadas durante a evacuação do CCF foram aumentadas até 2 m, todavia o sistema de desenfumagem manteve-se o do projeto. De referir que as larguras das portas constantes do projeto variavam entre 0,90 a 1,60 m.

O cenário com o aumento da largura das portas teve lugar, porque o cenário com o SCFP para o mesmo foco de incêndio, isto é, foco do incêndio na farmácia, mostrou-se ser ineficiente, como se pode visualizar através dos resultados do cenário\_BO\_OLS\_FID3\_PM<sup>14</sup>, ponto 5.2.1, capítulo 5.

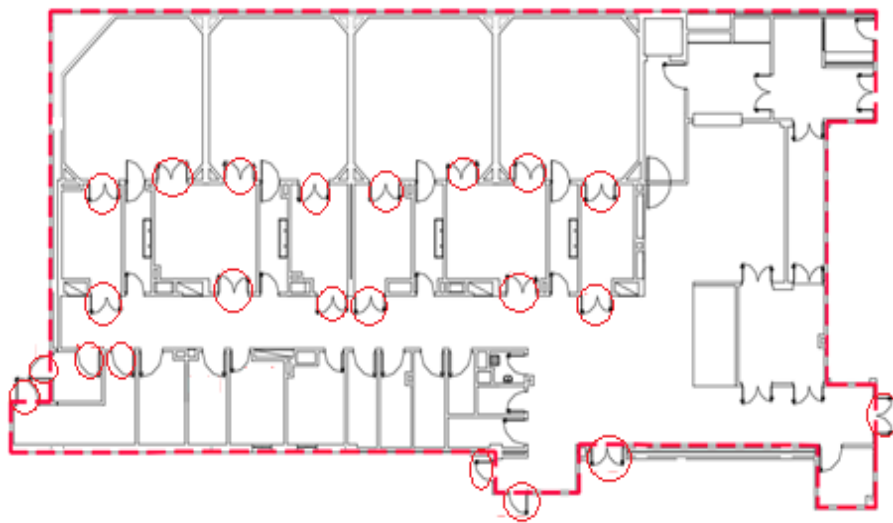


Figura 4.20. Portas com 2 m de largura, para o CCF Bloco Operatório.

#### 4.7.2. Serviço de Urgências

Outro compartimento corta-fogo que foi objeto de análise do efeito das portas para a evacuação do edifício, foi o de Serviço de Urgências. Neste, foi alterado o número de portas, introduzindo uma nova porta de evacuação, distante da VHE-3, Figura 4.21. Entretanto, um estudo de análise das principais causas que originam incêndios em hospitais (particularmente em unidades de tratamentos intensivos e de tratamentos intensivos neonatal), entre várias recomendações, realça a necessidade da existência de portas de saídas de emergência alternativas, em cada quarto e/ou enfermaria que, de preferência devem ser distintas das saídas normais. O estudo diz ainda que, a existência de portas distintas ajuda na evacuação rápida e segura dos pacientes, (Chowdhury, 2014). Por outro lado, NFPA 101 recomenda que quartos de internamento com mais de 93 m<sup>2</sup> (que é o caso da sala aberta com 195 m<sup>2</sup>), tenham pelo menos duas portas de evacuação distintas.

<sup>14</sup> BO – Bloco Operatório; OLS – ocupantes large size; FID3 – foco de incêndio na sala D3; PM – portas maiores.

Com a introdução da nova porta de evacuação (NPE) os pacientes passaram a dispor de 3 portas de evacuação (PE-1, PE-2 e NPE), Figura 4.21. O foco do incêndio manteve-se no compartimento de arrumações–D6 (Fig. 4.9b), sem efetivo, bem como mantiveram-se as condições de segurança contra o incêndio indicadas no projeto.

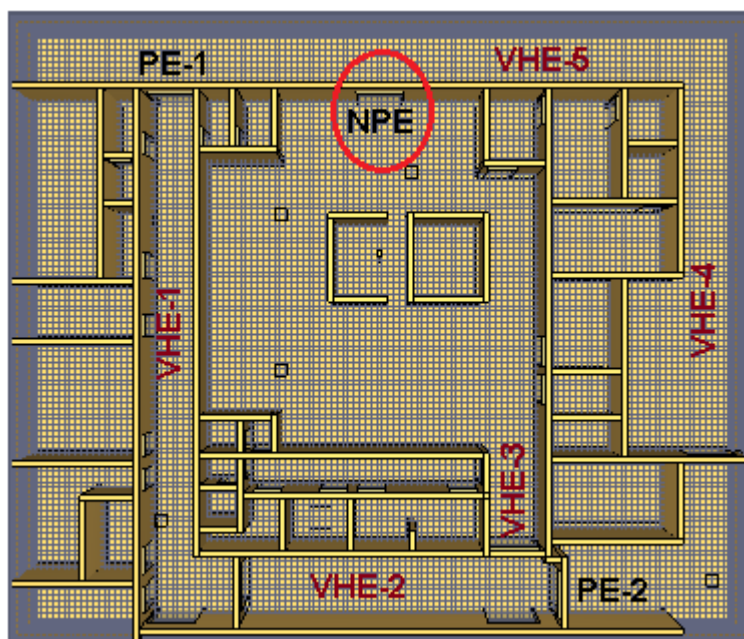


Figura 4.21. Compartimento corta-fogo Serviço de Urgências com a nova porta de evacuação.

A NPE foi introduzida numa das paredes da sala aberta, com acesso direto à VHE-5 e possui 2 m de largura, 2 de altura, é corta-fogo e com fecho automático.

#### 4.8. Elevadores

O cenário cuja evacuação é com recurso a elevadores, restringe-se apenas ao CCF SI. O CCF SI possui três elevadores (Fig. 4.22) que, em emergência, poderiam ser usados para evacuar o respetivo compartimento corta-fogo. Cada um dos três elevadores tem uma área de 7,5 m<sup>2</sup>, ou seja, cumprem com as dimensões mínimas (1,3 m x 2,4 m) previstas no artigo 235º, do RT-SCIE.





Figura 4.22. Os três elevadores do CCF SI.

#### 4.9. Síntese dos parâmetros estudados

Os Quadros 4.12; 4.13; 4.14 e 4.15 descrevem o total de cenários estudados em cada compartimento corta-fogo. Dos quadros constam os compartimentos da localização dos FI, o número de ocupantes em cada cenário, as referências dos cenários em cada FI, os tempos de término do pré-movimento dos ocupantes e as condições de simulação do cenário, isto é, os parâmetros testados ou diferenciadores dos cenários. No CCF BO (Quadro 4.13) estudaram-se 10 cenários, sendo 4 de ocupantes *normal size* (ONS) dos quais 1 com o FI na sala de operações D3 (FID3) e os restantes 3 com o FI na farmácia-F (FIF) e 6 cenários com ocupantes *large size* (OLS). Dos cenários *large size*, em 2 assumiu-se o FI na sala de operações-D3 e 4 na farmácia-F. Os cenários são assim designados por BO\_OLS/ONS\_FID3/FIF\_SCFR/SCFR\_vhe1/PM (vide a legenda). Dos 12 cenários estudados no CCF SU (Quadro 4.14) 4 tiveram o FI na sala aberta-D3 (FID3) e 8 na sala de arrumações-D6 (FID6). Para este CCF só foram simulados ONS.

Para o CCF SI ou de enfermarias (Quadro 4.15) estudaram-se 5 cenários, sendo 3 de ONS dos quais em 2 o FI foi na sala de preparação de medicamentos-D12 (FID12) e 1 na sala desinfecção de camas-D3 (FID3). Dos 2 cenários com OLS um teve o FI na sala de preparação de medicamentos-D12 e o outro na sala desinfecção de camas-D3. Por último, no CCF Lab (Quadro 4.16) foram analisados 2 cenários divididos pelos 2 FI e que eram constituídos por funcionários do hospital, ou seja, ocupantes sem dificuldades de deslocamento.

Quadro 4.13. Cenários estudados e parâmetros variados para o CCF Bloco Operatório.

Localização dos Focos de incêndio	Ocupantes <i>normal size</i> ou não acamados					Ocupantes <i>large size</i> ou acamados		
	Tempos (s) de Pré-M.	Ocupantes	Cenários	SCF	Portas	Cenários	SCF	Portas
Sala de operações - D3	45	47	BO_ONS_ FID3_SCF R	projeto	projeto	BO_OLS_ FID3_SCF R	projeto	projeto
						BO_OLS_ FID3_PM	projeto	2 m de largura
Farmácia - F	180	47	BO_ONS_ FIF_SCFR	projeto	projeto	BO_OLS_ FIF_SCFR	projeto	projeto
			BO_ONS_ FIF_PM	projeto	2 m de largura	BO_OLS_ FIF_PM	projeto	2 m de largura
			BO_ONS_ FIF_SCFR _vhe1	projeto e na VHE-1	projeto	BO_OLS_ FIF_SCFR _vhe1	projeto e na VHE-1	projeto
			BO_ONS_ FIF_SCFR _vhe1	projeto e na VHE-1	projeto	BO_OLS_ FID3_SCF R_vhe1_P M	projeto e na VHE-1	2 m de largura

Quadro 4.14. Cenários estudados e parâmetros variados para o CCF Serviços de Urgências.

Localização dos Focos de incêndio	Tempos de Pré-M (s).	Cenários	Ocupantes	SCF	Portas	Efetivos
Sala aberta – D3	30	SU_FID3_SCF R	48	projeto	projeto	Efetivo previsto
			63	projeto	projeto	Efetivo previsto +30%
			77	projeto	projeto	Efetivo previsto +60%
			92	projeto	projeto	Efetivo previsto +90%
Sala de arrumações – D6	180	SU_FID6_SCF R	48	projeto	projeto	Efetivo previsto
			63	projeto	projeto	Efetivo previsto +30%
			77	projeto	projeto	Efetivo previsto +60%
Sala de arrumações – D6	180	SU_NPE_FID6 _SCFR	92	projeto	projeto	Efetivo previsto +90%
			48	projeto	Nova porta	Efetivo previsto
			63	projeto	Nova porta	Efetivo previsto +30%
			77	projeto	Nova porta	Efetivo previsto +60%
			92	projeto	Nova porta	Efetivo previsto +90%

Quadro 4.15. Cenários estudados e parâmetros variados para o CCF SI.

Compartimento corta-fogo Bloco de Internamentos/Enfermarias										
Localização dos Focos de incêndio	Ocupantes <i>normal size</i> ou não acamados						Ocupantes <i>large size</i> ou acamados			
	Tempos (s) de Pré-M.	Ocupantes	Cenários	SCF	Portas	Elev.	Cenários	SCF	Portas	Elev.
Sala de preparação de medicamentos - D12	30	100	SI_ONS_F ID12_SCF R	projeto	projeto	-	SI_OLS_F ID12_SCF R	projeto	projeto	-
		100	SI_ONS_F ID12_SCF R_Elev	projeto	projeto	projeto				
Sala da desinfecção de camas – D3	180	100	SI_ONS_F ID3_SCFR	projeto	projeto	-	SI_OLS_F ID3_SCFR	projeto	projeto	-

Quadro 4.16. Cenários estudados e parâmetros variados para o CCF Lab.

Localização dos FI	Tempos de Pré-M (s).	Cenários	Ocupantes	SCF	Portas
Lab. Microb.– D4	30	Lab_FID4_SCFR	45	projeto	projeto
Sala de triagem– D7	180	Lab_FID7_SCFR	45	projeto	projeto

## Legenda:

- BO - Bloco Operatório;
- Elev - Elevadores;
- FID3-4-6-7-12 - Foco de incêndio nas salas D3-4-6-7-12;
- FIF - Foco de incêndio na farmácia;
- Lab - Laboratórios;
- NPE - Nova porta de evacuação;
- OLS - Ocupantes *large size*;
- ONS - Ocupantes *normal size*;
- PM - Portas maiores;
- Pré-M - Pré-movimento;
- SCFR - Sistema de controlo de fumo de referência;
- SI - Serviço de internamentos/enfermarias;
- SU - Serviço de urgências;
- vhe1 - Via horizontal de evacuação (VHE-1).

#### 4.10. Considerações Finais

O CCF BO é constituído por 7 PE, das quais duas têm uma unidade de passagem (UP), isto é, 0,90 m, outras duas também têm larguras superiores a UP, mas não atingem 2UP (1,40 m) e as restantes três têm larguras superiores a 2UP, ainda assim não atingem 3UP (1,80 m). Estas larguras embora cumpram o mínimo requerido pela Portaria 1532/2008, de 29 de dezembro, todavia são menores para evacuar CCF com acamados. Aliás, ao evacuar acamados, não só conta a largura da cama, mas também das pessoas que a movem. Ao contrário das PE, as

VHE têm larguras superiores a 3UP, isto é, larguras suficientes para deslocar acamados de forma fácil, rápida e segura.

Por sua vez, os CCF SU, SI e Lab têm as PE, assim como as VHE com larguras iguais ou superiores a 3UP, o que significa dizer que as larguras das PE, bem como das VHE não constituem obstáculo para a evacuação destes CCF. Para o CCF SI concluiu-se ainda que, os elevadores têm também dimensões suficientes para transportar acamados.

Os CCF BO, SU e SI são todos caracterizados por uma curva de incêndio de taxa de crescimento médio, já que a maioria dos seus compartimentos são ocupados por camas de pacientes, enquanto o CCF Lab tem uma curva de incêndio de taxa de crescimento ultrarrápida, porque é constituído por laboratórios, compartimentos com álcool e outras substâncias altamente voláteis, para além de ser exclusivamente ocupado por funcionários.

Por último referir que, o SCF no que concerne aos caudais volumétricos, bem como as distâncias entre as bocas de admissão de ar e extração de fumos e as distâncias a percorrer de local de permanência até à porta de evacuação mais próxima em cada CCF, observam o estabelecido na Portaria nº 1532/2008, de 29 de dezembro. Por outro lado, as portas de evacuação estão localizadas de modo a permitirem uma rápida evacuação dos CCF, através da distribuição dos seus efetivos.

## 5. ANÁLISE DOS RESULTADOS DAS MODELAÇÕES NUMÉRICAS COM O FDS+EVAC

### 5.1. Generalidades

O presente capítulo apresenta e analisa os resultados das simulações numéricas, com recurso ao programa de volumes finitos FDS em conjunto com o módulo de simulação da evacuação Evac, para os 4 CCF em estudo. Os resultados são referentes à evacuação, temperatura, visibilidade e gases tóxicos ou FED registados nos caminhos de evacuação. A apresentação dos resultados referentes ao FED resumiu-se ao cenário\_BO\_ONS\_FID3\_SCFR (Bloco Operatório), visto que em todas as simulações o FED teve valores insignificantes (0,01), Quadro 3.2, isto é, não influenciou a evacuação e assim não houve necessidade de o analisar em cenários subsequentes.

Os vários cenários simulados em cada CCF, diferenciavam-se em aspetos como: número de ocupantes, condições físicas dos ocupantes, SCF, largura das PE, entre outros. Assim, o texto principal da tese apresenta a análise dos resultados dos melhores e piores cenários de cada CCF. Os resultados e análises dos restantes cenários constam do Apêndice B e os modelos das simulações com FDS+Evac estão definidos no Apêndice A.

As distâncias máximas a percorrer dos locais de permanência, para os 4 CCF em estudo, até atingir a saída mais próxima, para o exterior ou para uma via de evacuação protegida, cumprem com o previsto no artigo 57, da Portaria nº 1532/2008, de 29 de dezembro. Por outro lado, os caminhos horizontais de evacuação têm as larguras mínimas recomendadas para locais de risco D e foram claramente traçados e retilíneos, proporcionando assim o acesso rápido e seguro às saídas dos CCF.

Relativamente aos cenários há a sublinhar que, para além dos focos de incêndio localizados em duas divisões diferentes para o mesmo CCF, também se analisou, para os CCF BO e SI a evacuação de ONS e OLS. Foram designados de cenários com OLS ou com ocupantes acamados, aqueles cujo 50% ou mais dos seus ocupantes considerou-se acamados. Para o CCF BO considerou-se 61% de acamados, isto é, 29 ocupantes e para o CCF SI 76%, correspondente a 76 ocupantes. Para o CCF SU todos os cenários foram considerados de ONS ou ocupantes não acamados, ou por outra, ocupantes que se moviam através dos seus próprios meios ou com pequena ajuda de terceiros. O CCF Lab foi constituído por ocupantes normais, sem dificuldades para exercerem qualquer movimento.

Os tempos do fim do pré-movimento foram distribuídos por compartimento de ocupação ou grupo de compartimentos de ocupação, com o intuito de simular o tempo gasto a preparar um paciente para depois evacuar o CCF, assim como os movimentos de saídas e entradas de

médicos e/ou equipas de socorro durante as operações de salvamento dado que, o programa FDS+Evac não incorpora os movimentos bidirecionais. Para o programa os ocupantes só têm o movimento unidirecional, ou seja, de fuga para uma zona exterior ao CCF em incêndio. Esta lacuna do modelo se contrapõe com o aumento do número do efetivo e aumento dos tempos de pré-movimento. Por outro lado, a modelação não incorpora queimaduras devido a altas temperaturas e as larguras das camas foram modeladas com o aumento da volumetria dos ocupantes.

Considerou-se que os ONS eram pacientes com intervenções cirúrgicas não complexas e que não precisavam de evacuar ligados à aparelhos de suporte à vida, o que fez com que as velocidades de deslocamento (Quadros 5.1, 5.11 e 5.19) fossem maiores quando comparadas às de OLS (Quadros 5.3 e 5.20), com intervenções cirúrgicas complexas e evacuados ligados à aparelhos de suporte à vida e em camas. As velocidades de deslocamento de cada grupo de ocupantes tiveram como base os estudos de Jiang, et al. (2014), (Quadro 2.5) e do Proulx (2002) e Shi, et al. (2009), (Quadro 2.6).

Durante a análise das evacuações dos CCF foi assumido que uma parte dos ocupantes, em particular os últimos a saírem dos CCF tenham possivelmente entrado em pânico ou ficado feridos. Os ferimentos considerados foram do tipo: pequenas queimaduras, embora o modelo não incorpore queimaduras devido a altas temperaturas, escoriação, contusão e entorse, resultantes de uma provável queda ou choque contra obstáculo ou entre ocupantes durante a evacuação dos CCF. Nas figuras de evacuação os ocupantes considerados feridos durante a evacuação foram representados pelas intermitências observadas.

## **5.2. Compartimento Corta-fogo Bloco Operatório**

### **5.2.1. Primeiro foco de incêndio – sala de operações**

O primeiro foco do incêndio ocorreu na sala de operações-D3, permanentemente ocupada, o que fez com que o tempo de deteção e reação reduzisse significativamente. Assim sendo, para a sala-D3 (local da origem do incêndio), o pré-movimento ocorreu até aos 45 s (Fig. 5.1a), na sala de anestesia-D6, local por onde passavam os ocupantes da sala de operações-D3 durante a fuga, o pré-movimento terminou aos 60 s (Fig. 5.1b), na sala de operações-D4 foi até aos 120 s (Fig. 5.1c) e nos restantes compartimentos o pré-movimento terminou após soar o alarme geral, ou seja, até aos 180 s (Fig. 5.1d). Presumiu-se assim que, os ocupantes da sala de operações-D4 tenham sido alertados para o incêndio pelos ocupantes da sala de anestesia-D6 ou pelo cheiro a fumo, visto que o movimento do fumo pelos compartimentos com ocupantes foi da sala de operações-D3, para a de anestesia-D6, em seguida para a sala de operações-D4.

A Figura 5.1 para além de apresentar os tempos dos pré-movimentos, apresenta ainda o comportamento do fumo e o movimento dos ocupantes nos diversos tempos do pré-movimento, assim como as 7 saídas de emergência (círculos a vermelho) disponíveis para a evacuação do CCF.

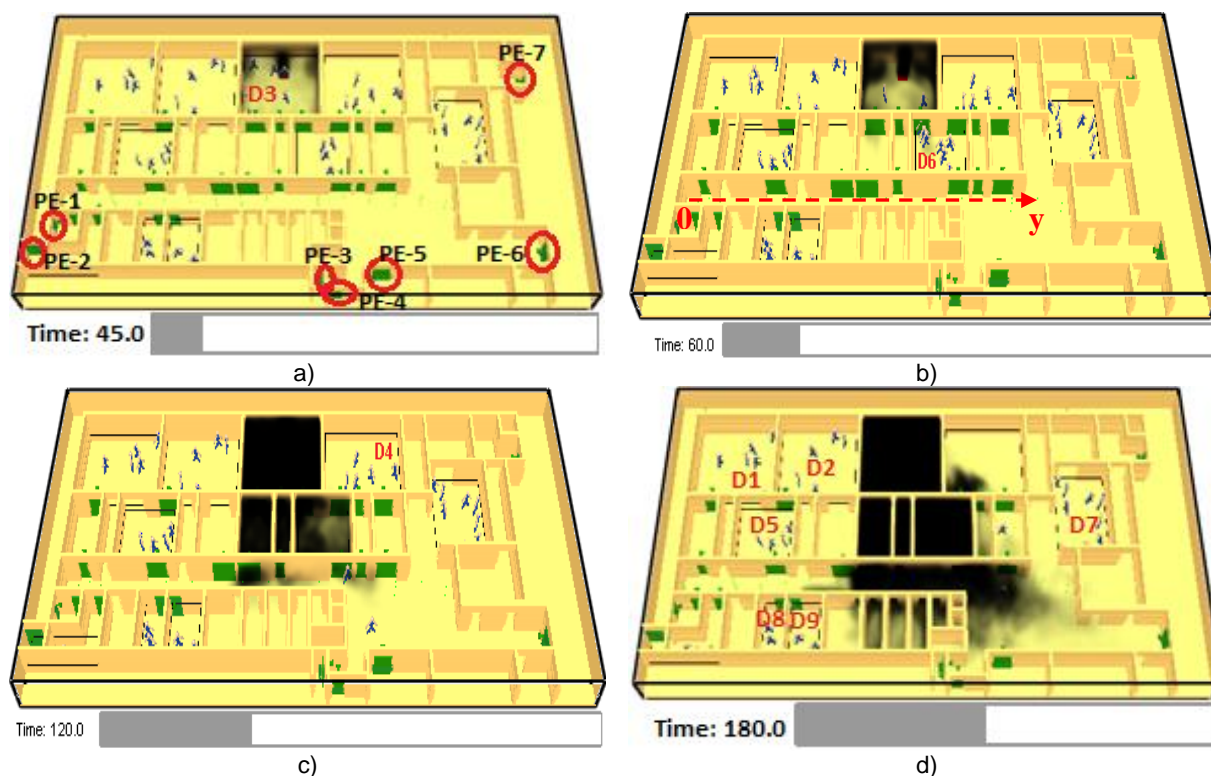


Figura 5.1. Localização das PE e do foco do incêndio, disposição dos ocupantes e o comportamento do fumo nos diferentes tempos do fim dos pré-movimento para o CCF BO: a) 45 s; b) 60 s; c) 120 s e d) 180 s.

### Cenário\_BO\_ONS\_FID3\_SCFR

No cenário\_BO\_ONS\_FID3\_SCFR analisou-se o desempenho do SCF constante do projeto (Fig. 4.17), para a evacuação do CCF com 47 (100%) ocupantes (linha a laranja), Figura 5.2. As velocidades de deslocamento adotadas tiveram em conta, principalmente, as condições físicas dos pacientes, Quadro 5.1. Os ocupantes das salas de operações-D1, D2, D3 e D4 foram-lhes atribuídos as velocidades mais baixas, independentemente de terem sido evacuados pelas equipas em serviço no momento do incêndio. Era pressuposto terem velocidades acima de 0,60 m/s, mas as suas velocidades foram condicionadas à velocidade atribuída aos pacientes (Benzane, et al 2017). As velocidades de 0,79 m/s foram para ocupantes que se presumiu que durante a fuga levavam consigo algum material (bagagem) e os ocupantes com a velocidade de 1,02 m/s, embora levassem alguma bagagem estavam muito perto das PE e evacuaram o CCF com a mesma velocidade.

O fluxo nas portas foi calculado tendo em conta o maior e menor fluxo observado durante a evacuação, Figura 5.2. Assim, o maior fluxo foi observado na PE-1, com  $F = 0,34 [p / s]$  e o menor na PE-6 com  $F = 0,15 [p / s]$  (expressão 5.1). Não se considerou como fluxo menor o da PE-2, visto que só 3 ocupantes saíram por ela, por outro lado, os 3 ocupantes não percorreram o principal caminho de evacuação (VHE-1) atendendo que, a PE-2 conduzia diretamente à VHE-2, livre do incêndio e seus efeitos.

$$F_i = \frac{\text{Pessoas evacuadas}}{\text{Tempo}} [p / s] \quad (5.1)$$

$$F_{maior} = \frac{P}{T} \Leftrightarrow F = \frac{13}{244 - 206} \Leftrightarrow F = 0,34 [p / s]$$

$$F_{menor} = \frac{P}{T} \Leftrightarrow F = \frac{3}{259 - 211} \Leftrightarrow F = 0,15 [p / s]$$

Dos resultados pode-se dizer que o fluxo nas PE para o cenário\_BO\_ONS\_FID3\_SCFR foi de  $F = 0,34 [p / s]$ .

Quadro 5.1. Velocidades adotadas para evacuar o CCF BO com ONS.

Salas ocupadas	Nomenclatura	Ocupantes	Velocidades adotadas (m/s)
Sala de operações	D1	6	0,60
Sala de operações	D2	6	0,60
Sala de operações	D3	6	0,60
Sala de operações	D4	6	0,60
Sala de anestesia	D5	4	0,79
Sala de anestesia	D6	4	0,79
Espera de tampos/tampas limpos	D7	8	0,79
Transfer do material	D8	3	1,02
Material esterilizado	D9	2	1,02
Gabinete do responsável	D10	2	1,02

Do Quadro 5.2 e da Figura 5.2 constam ainda o número de ocupantes que transpuseram as PE, assim como os tempos de passagem pelas PE, dos últimos ocupantes a abandonarem o edifício.

Quadro 5.2. Tempos de evacuação, por PE, dos últimos ocupantes a saírem do edifício, para o cenário\_BO\_OLS\_FID3\_SCFR.

Portas de evacuação	Ocupantes que saíram	Tempo em que o último ocupante saiu por PE [s]	Observações
PE-1	20	312	linhas a cheio e a tracejado a verde, Fig. 5.2
PE-2	3	192	linhas a cheio e a tracejado a preto, Fig. 5.2
PE-5	17	279	linhas a cheio e a tracejado a vermelho, Fig. 5.2
PE-6	6	259	linhas a cheio e a tracejado a roxo, Fig. 5.2
Total	47	-	a evacuação do edifício foi em 282 s



Presumiu-se que o cenário\_BO\_ONS\_FID3\_SCFR teve 2 feridos registados dos ocupantes que saíram pela PE-5, pese embora a visibilidade (Fig. 5.5) garantisse condições mínimas para uma evacuação eficaz, rápida e segura.

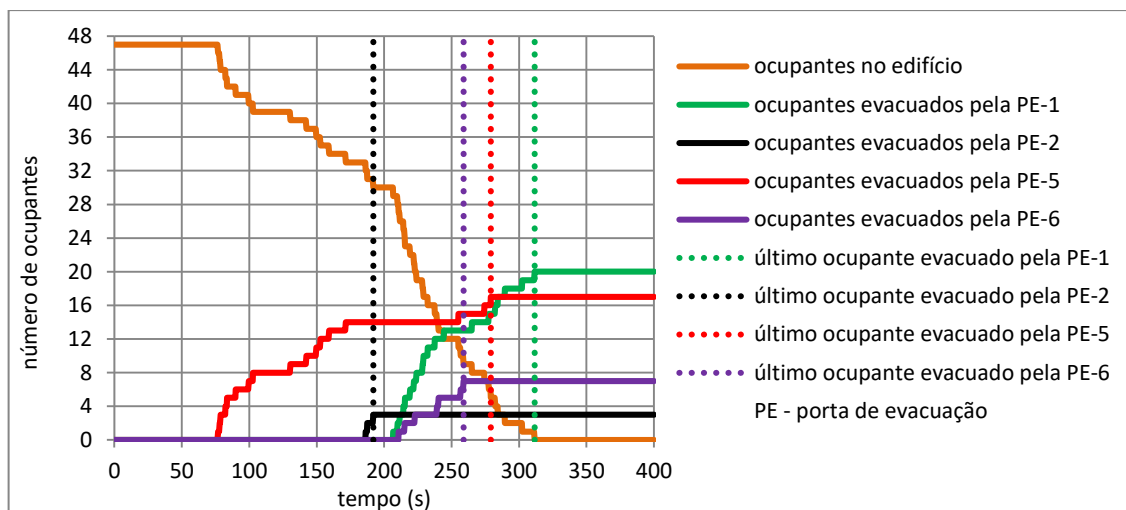


Figura 5.2. Número de ocupantes que evacuaram o CCF por PE para o Cenário\_BO\_ONS\_FID3\_SCFR.

As imagens da Figura 5.3 traduzem a situação da evacuação dos ocupantes em diferentes instantes para o cenário\_BO\_ONS\_FID3\_SCFR. No momento da evacuação do último ocupante pela PE-2 (aos 192 s, Fig. 5.3a) faltavam ainda por evacuar o CCF 30 ocupantes, aos 259 s faltavam por evacuar 9 ocupantes (Fig. 5.3b) e aos 279 s faltavam por evacuar 5 ocupantes (Fig. 5.3c), dos quais o último evacuou aos 312 s (Fig. 5.3d).

Para proceder a análise global das condições de evacuação do BO houve, também, a necessidade de analisar a temperatura, visibilidade e concentração de gases tóxicos (FED), ao longo da VHE-1, pois esta foi usada por mais de 90% dos ocupantes para evacuar o CCF.

A Figura 5.4 apresenta a temperatura registada em certos pontos ao longo do principal caminho de evacuação (VHE-1), até à evacuação do CCF pelo último ocupante. Da figura depreende-se que aos 180 s, a temperatura dos gases acima de 80 °C registou-se entre 1,25 m a 2,25 m do pavimento (Fig. 5.4). Aos 192 s, evacuou o CCF o último ocupante dos 17 que saíram pela PE-2, com a temperatura dos gases acima de 80 °C a registar-se entre 1 a 1,25 m do pavimento, Figura 5.2.

Dos 259 s aos 312 s da simulação pode-se observar que a temperatura quase se registou ao nível do pavimento (Fig. 5.4), porém aos 259 s tinham evacuado o CCF 38 (81%) ocupantes dos 47 por evacuar, (Fig. 5.2). Constatou-se ainda que maior parte dos ocupantes que evacuaram o CCF até aos 259 s, bem como os que o evacuaram depois o fizeram pela PE-1, o que leva a pressupor que ocupavam as divisões distantes do foco do incêndio. Isto é, sentiram

a temperatura dos gases acima de 80 °C quando atravessavam a VHE-1, local por onde o incêndio se alastrou antes de atingir as demais divisões do CCF BO. Foi também no intervalo 259 s a 312 s que o incêndio atingiu a fase de combustão contínua, pois, o comportamento dos respectivos gráficos foi quase similar, (Fig. 5.4). A capacidade de sobreviver ao incêndio diminuiu drasticamente, todavia não houve registo de mortes porque o FDS não toma em consideração a temperatura para a evacuação de edifícios.

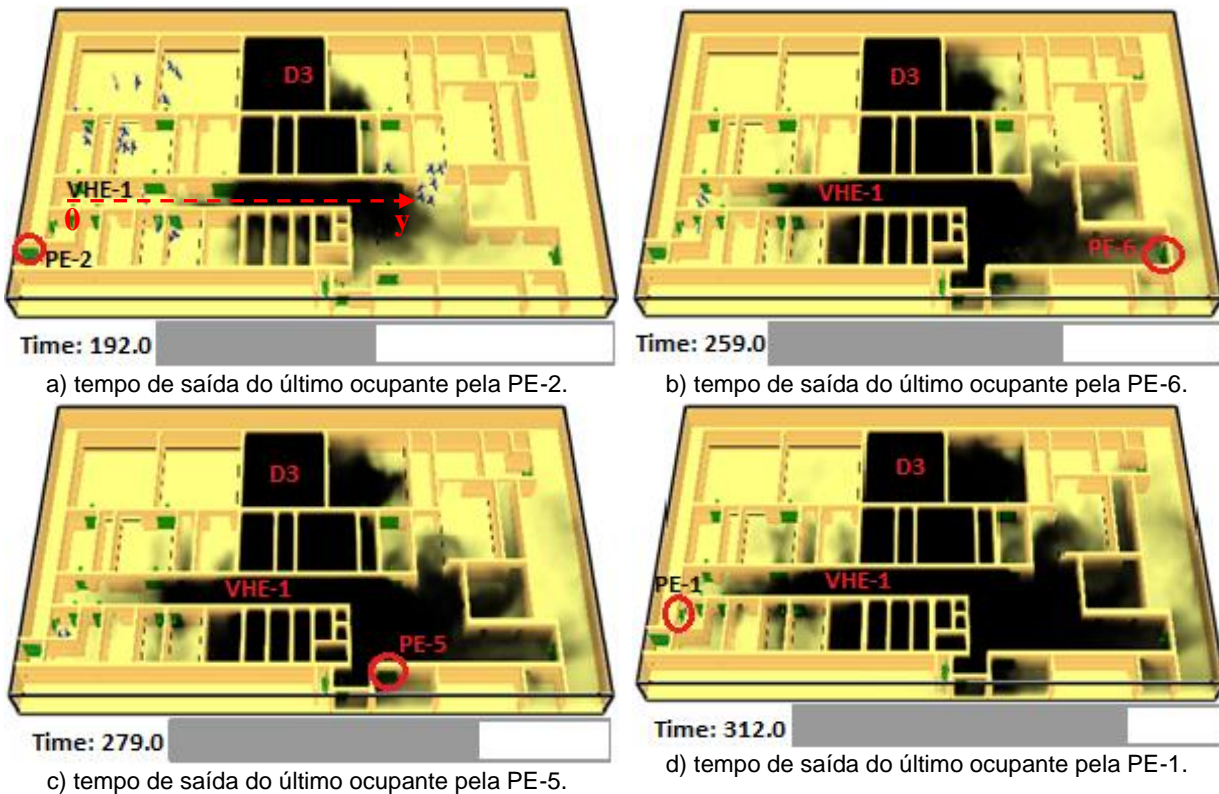


Figura 5.3. Tempos de saída dos últimos ocupantes por PE (círculos vermelhos) e comportamento do fumo para o Cenário\_BO\_ONS\_FID3\_SCFR: a) 192 s, b) 259 s, c) 279 s e d) 312 s.

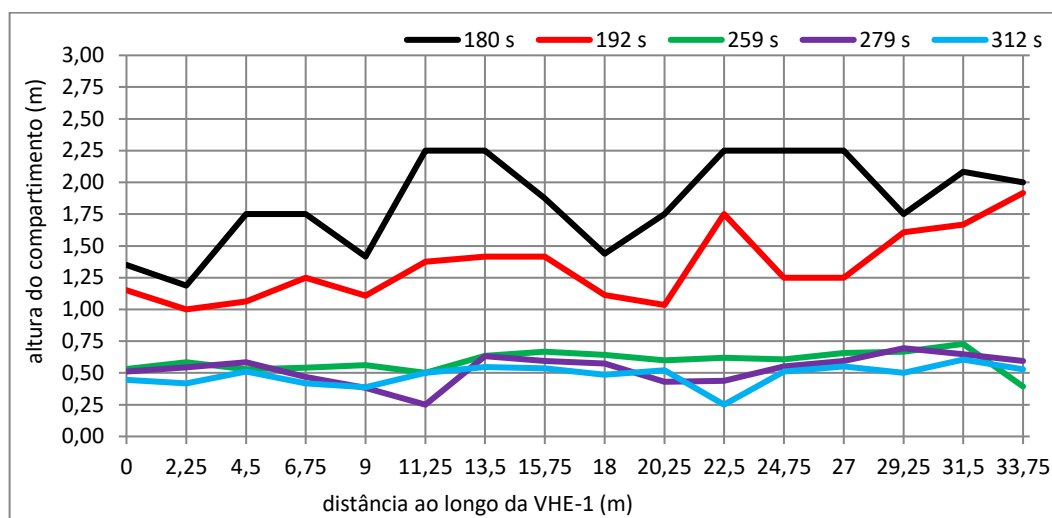


Figura 5.4. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o Cenário\_BO\_ONS\_FID3\_SCFR.

Outro parâmetro analisado foi a visibilidade, Figura 5.5. Aos 180 s do incêndio, houve o término do pré-movimento dos compartimentos que tomaram o conhecimento da existência do incêndio através do alarme geral. No entanto, a visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 ainda oferecia condições limites para a evacuação, pese embora as distâncias 15,75 a 24,75 m registassem-na abaixo da altura de 1,75 m do chão.

Decorridos 192 s de simulação (saiu o último ocupante dos que usaram a PE-2), a visibilidade registava-se a uma altura abaixo da mínima (1,75 m) nas distâncias entre 15,75 m a 27 m, (Fig. 5.5) que compreendiam as PE-3; 4 e 5. As distâncias 15,75 m a 27 m correspondiam o primeiro local a ser atingido pelas chamas e pelo fumo, o que era expectável que aos 192 s do incêndio começasse a registar tendências da diminuição da visibilidade.

Da Figura 5.5 pode-se ainda observar que, aquando da evacuação do CCF pelo último ocupante dos que transpuseram a PE-6 (aos 259 s) a visibilidade era nula para as PE-3; 4; 5 e 6. Contudo, os 9 ocupantes que ainda faltavam por evacuar o CCF estavam na zona da PE-1, isto é, local distante das portas cheias de fumo (PE-3; 4; 5 e 6), o que garante que estavam em segurança, Figura 5.3b. A visibilidade de 10 m para as PE-1 e 2 manteve-se, em toda a simulação a 2,25 m da altura do pavimento, nível que garantia uma evacuação segura. O registo da visibilidade a um nível de segurança aceitável deveu-se ao facto de as portas em alusão estarem muito afastadas do foco do incêndio, quando comparadas com as PE-3; 4; 5 e 6 que eram as primeiras a serem atingidas. Por conseguinte, pode-se assumir que os ocupantes evacuaram o CCF com a visibilidade do lado da segurança.

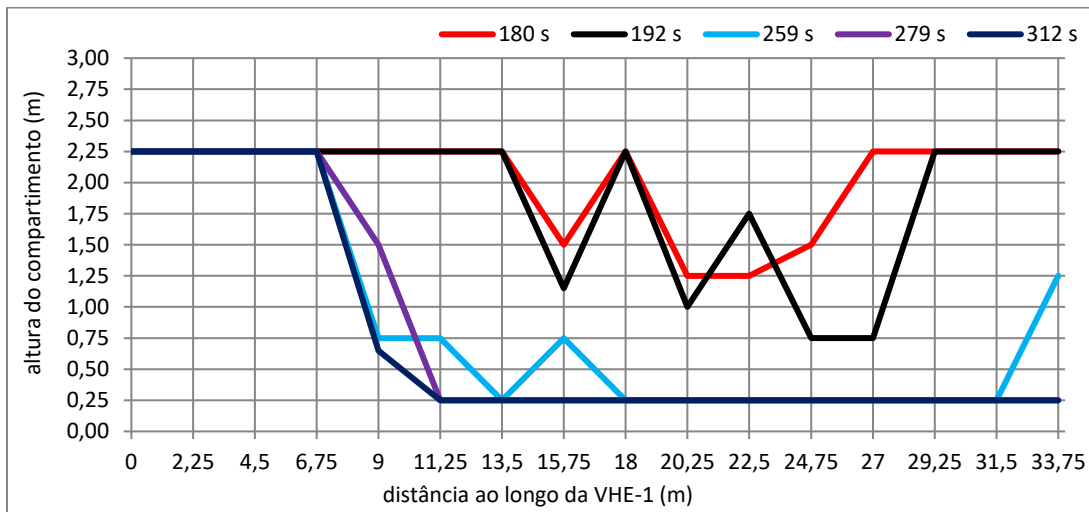


Figura 5.5. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o Cenário\_BO\_ONS\_FID3\_SCFR.

Diferentemente da visibilidade e temperatura que foram registadas em toda a VHE-1, os gases tóxicos (FED) foram registados num único ponto (primeiro local a sofrer dos efeitos do incêndio) ao longo da mesma via (Fig. 5.6a). Para a representação dos gases tóxicos não se recorreu a gráficos longitudinais, porque estes indicam apenas a altura do registo do FED (Fig. 5.6b) e não o valor atingido pelo FED (Fig. 5.6c). O FED teve um registo muito abaixo de 0,1 (Fig. 5.6c), ou seja, não influenciou a evacuação do CCF, porque o valor atingido foi insignificante, (Quadro 3.2). Os valores abaixo de 0,1 foram devido ao tipo de combustível (algodão, poliéster, colchões de molas) assumido para quartos de hospitais (EN 1991-1-2, 2002). Por outro lado, os níveis insignificantes do FED, assim como o registo da visibilidade do lado da segurança, criaram condições para que em tempo útil todo o CCF evacuasse em segurança.

Relativamente ao cenário\_BO\_ONS\_FID3\_SCFR pode-se concluir que a evacuação a 100%, deveu-se ao facto de o pré-movimento dos ocupantes ter sido ainda na fase precoce do incêndio. Por seu turno, a visibilidade registou-se em maior parte da simulação do lado da segurança, o que facilitou a visualização dos caminhos de evacuação, assim como a localização das saídas de emergência. Por outro lado, a mesma visibilidade registou-se do lado da segurança, em toda a simulação, para as PE-1 e 2, criando deste modo condições de evacuação para os compartimentos D1, D2, D5, D8, D9 e D10.

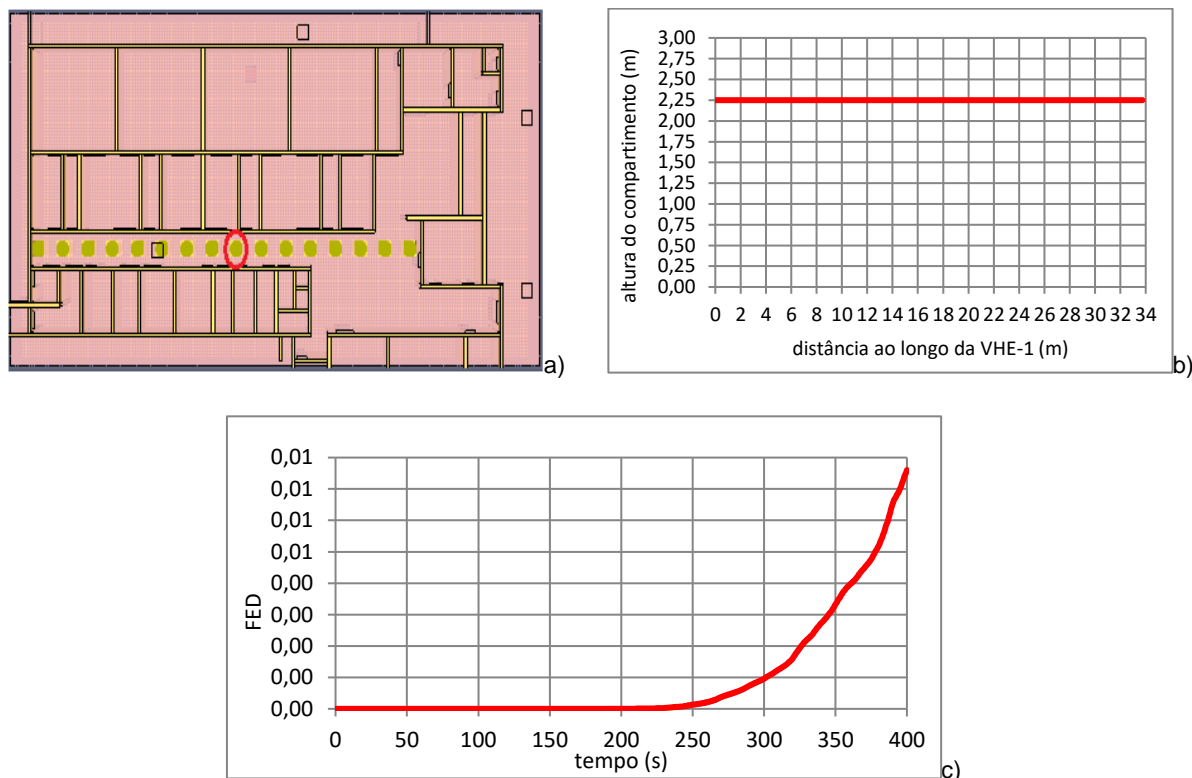


Figura 5.6. FED ao longo da VHE-1; a) local da medição do FED, b) altura do registo do FED e c) valor atingido pelo FED.

### Cenário\_BO\_OLS\_FID3\_SCFR

O cenário\_BO\_OLS\_FID3\_SCFR, ou com ocupantes acamados, ocorreu mantendo inalterável o SCF do projeto (Fig. 4.17 e Quadro 4.11), isto é, mesmas condições de segurança contra o incêndio para o cenário\_BO\_ONS\_FID3\_SCFR. Os tempos de pré-movimento foram definidos os mesmos do cenário anterior, todavia, 29 (61%) ocupantes eram acamados e as velocidades foram também diferentes (Quadro 5.3). Os ocupantes acamados das salas de operações-D1, D2, D3 e D4, tiveram velocidades mais lentas atendendo ao raciocínio descrito no subcapítulo 5.1. As velocidades dos acamados foram de 0,22 m/s, porque os mesmos tinham sofrido cirurgias complexas e foram evacuados ligados à aparelhos de suporte à vida.

O tempo de simulação foi de 500 s devido as complexidades de evacuar acamados, entretanto, nem todos evacuaram o CCF. O número de ocupantes que conseguiram evacuar o CCF e o tempo em que os últimos que conseguiram sair do edifício transpuseram as respetivas PE consta do Quadro 5.4. e da Figura 5.7.

Quadro 5.3. Velocidades adotadas para evacuar o CCF BO com OLS.

Salas ocupadas	Nomenclatura	Ocupantes	Velocidades adotadas (m/s)
Sala de operações	D1	6	0,22
Sala de operações	D2	6	0,22
Sala de operações	D3	6	0,22
Sala de operações	D4	6	0,22
Sala de anestesia	D5	4	0,79
Sala de anestesia	D6	4	0,79
Espera de tampos/tampas limpos	D7	8	0,79
Transfer do material	D8	3	1,02
Material esterilizado	D9	2	1,02
Gabinete do responsável	D10	2	1,02

Quadro 5.4. Tempos de evacuação, por PE, dos últimos ocupantes a saírem do edifício, para o cenário\_BO\_OLS\_FID3\_SCFR.

Portas de evacuação	Ocupantes que saíram	Tempo em que o último ocupante saiu por PE [s]	Observações
PE-1	12	269	linhas a cheio e a tracejado a preto, Fig. 5.7
PE-2	3	227	linhas a cheio e a tracejado a verde, Fig. 5.7
PE-5	16	167	linhas a cheio e a tracejado a azul, Fig. 5.7
PE-6	5	234	linhas a cheio e a tracejado a vermelho, Fig. 5.7
Total	36	-	11 ocupantes não evacuaram

Para o presente cenário o fluxo foi calculado para uma saída, ou seja, para a PE-1, visto que alguns ocupantes não conseguiram sair do compartimento. O fluxo registado foi  $F = 0,18 [p / s]$  (expressão 5.1.1), quase metade do fluxo maior observado no cenário\_BO\_ONS\_FID3\_SCFR.

$$F = \frac{\text{Pessoas evacuadas}}{\text{Tempo}} [p / s] \quad (5.1.1)$$

$$F = \frac{P}{T} \Leftrightarrow F = \frac{12}{269 - 203} \Leftrightarrow F = 0,18 [p / s]$$

As imagens da Figura 5.8 retratam a evacuação descrita na Figura 5.7 e no Quadro 5.4, para o cenário em estudo. Aos 167 s terminou a saída de ocupantes que usaram a PE-5, não obstante ainda faltavam por evacuar o CCF 31 ocupantes (Fig. 5.8a), aos 227 s faltavam 22 ocupantes (Fig. 5.5b), aos 234 s faltavam 16 e aos 269 s saiu o último ocupante dos que conseguiram abandonar o CCF, no que ainda faltavam 11 ocupantes que não chegaram de sair.

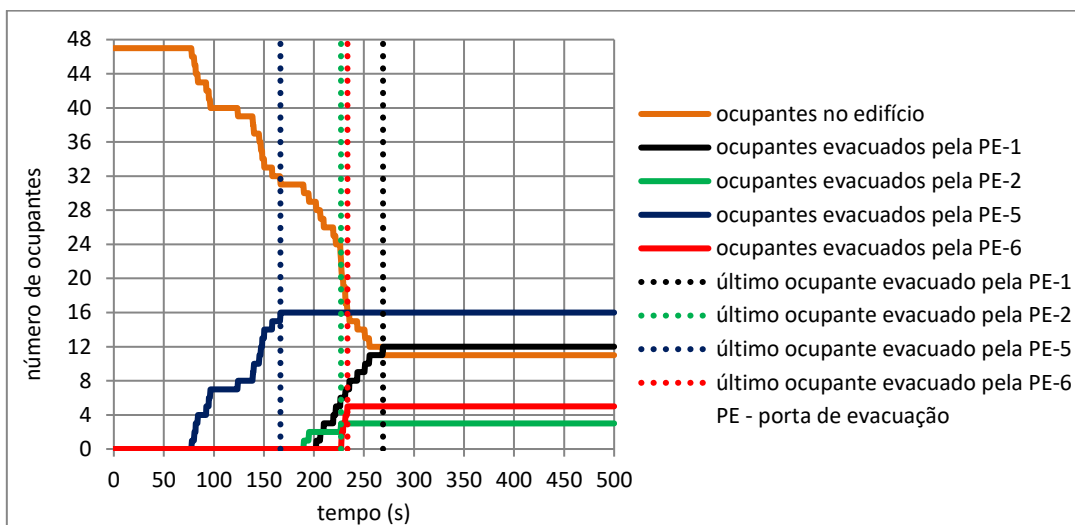


Figura 5.7. Número de ocupantes que evacuaram o CCF por PE para o cenário\_BO\_OLS\_FID3\_SCFR.

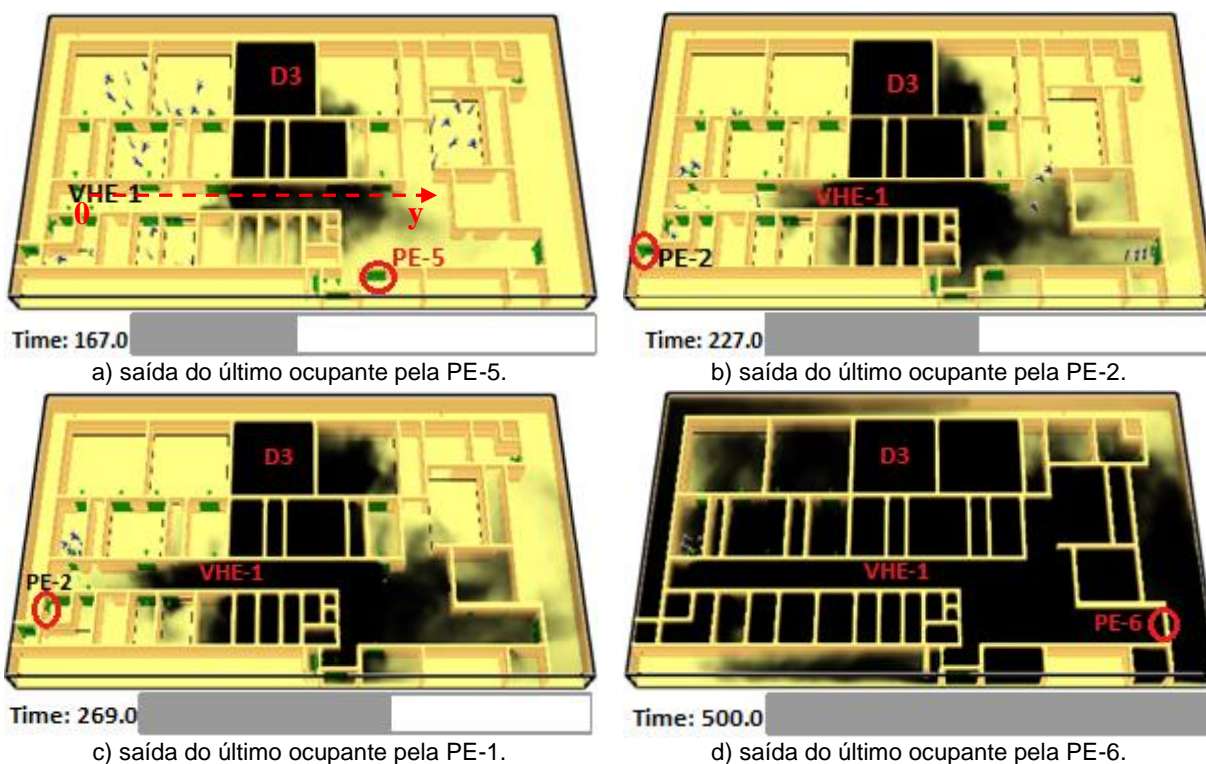


Figura 5.8. Tempos de saída dos últimos ocupantes por PE (círculos a vermelho) e comportamentos do fumo e dos ocupantes para o cenário\_BO\_OLS\_FID3\_SCFR: a) 167s, b) 227s, c) 269s e d) 500s.

Da análise da evolução temporal da temperatura, ao longo da VHE-1 constatou-se que, até aos 167 s (altura em que evacuou o CCF o último ocupante dos 16 que saíram pela PE-5) aquela registou-se a 2,25 m do pavimento, (Fig. 5.9). Pode-se também afirmar que, aos 180 s da simulação a VHE-1, de uma forma geral, continuou a apresentar condições para evacuar com

segurança. Da mesma figura pode-se ainda observar que entre os 227 aos 269 s da simulação, a temperatura dos gases acima de 80 °C registou-se a uma altura que variava entre 0,5 m a 0,75 m, do chão. Aos 227 s tinham saído 26 ocupantes dos quais uma parte ainda esteve exposto durante um pequeno período a temperaturas sem condições de segurança para o efeito. Também abandonaram com a temperatura a não oferecer condições de segurança os 10 ocupantes que saíram do CCF entre os 227 e 269 s da simulação. A evacuação destes ocupantes ocorreu pelo facto de o FDS não considerar o efeito da temperatura dos gases na evacuação dos edifícios, mas apenas as condições de visibilidade e de toxicidade (Korhonen, 2018), porque se a considerasse os ocupantes em causa (em número de 10) não abandonariam o edifício ou então o fariam, mas com queimaduras do 2º ou 3º grau devido a altas temperaturas. Mesmo assim, os 10 ocupantes foram considerados feridos, porque dos ocupantes que conseguiram evacuar o CCF, aqueles foram os últimos e com a visibilidade nula na maior parte da VHE-1.

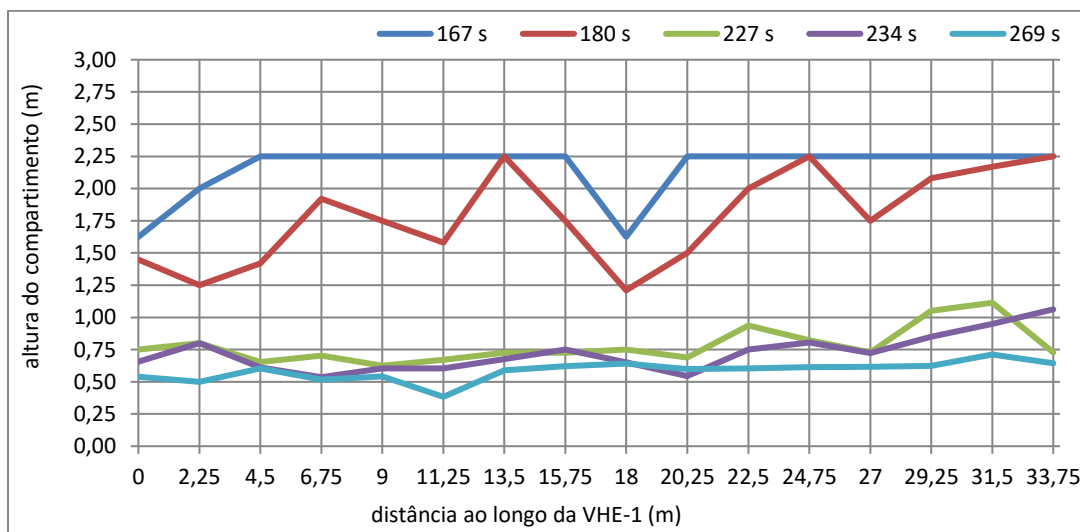


Figura 5.9. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário\_BO\_OLS\_FID3\_SCFR.

A visibilidade de 10 m foi também registada nos mesmos pontos em que se registou a temperatura. Da Figura 5.10 pode-se observar que, decorridos 167 s da simulação a visibilidade registada, foi de 0 m na zona da PE-5, (distâncias 22,5 a 27 m), porém, o resto da VHE-1 ainda registava algumas condições de visibilidade.



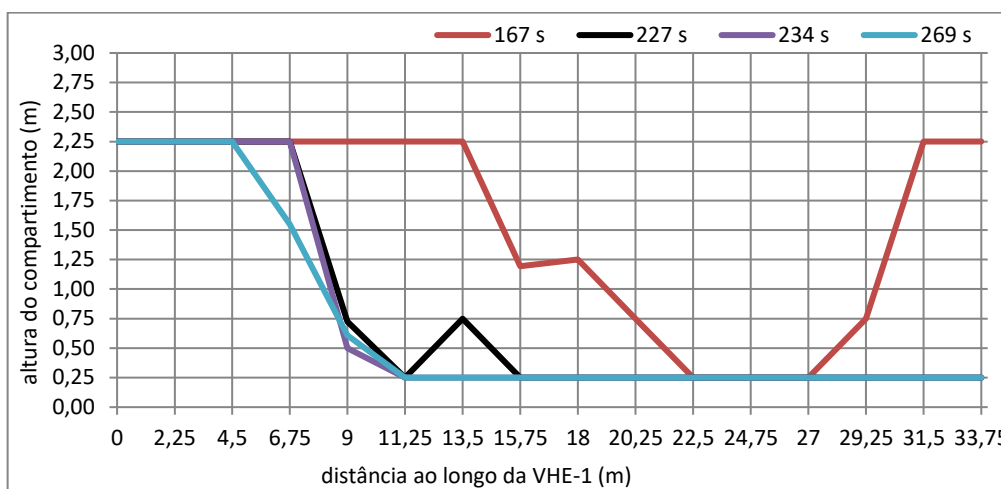


Figura 5.10. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário\_BO\_OLS\_FID3\_SCFR.

No intervalo entre os 227 e 269 s a visibilidade registou-se a 2,25 m do pavimento, para as distâncias 0 aos 6,75 m. Esta visibilidade foi segura para todos quanto evacuaram o CCF pelas PE-1 e 2, ainda assim, muitos não conseguiram sair, porque até aos 167 s as PE-3, 4, 5 e 6 (as primeiras a serem atingidas pelo fumo) eram invisíveis e quase inacessíveis. Aliado à inacessibilidade das PE devido a baixa visibilidade, estão as dimensões das camas que também limitavam a evacuação do CCF (atendendo que eram ocupantes acamados), como também diminuía o fluxo nas saídas e nos caminhos de evacuação devido ao maior espaço ocupado. A maioria das portas de acesso às salas de operações, bem como de emergência tinham larguras entre 0,9 a 1,5 m, o que acabou por se revelar pouco para a largura da cama de 1 m mais o espaço ocupado pelas duas pessoas que no máximo moviam/empurravam a mesma. Os ocupantes perderam assim muito tempo a transpor os vãos das portas e quando alcançavam a VHE-1 esta já estava totalmente cheia de fumo (sem condições de visibilidade).

As larguras das portas aliada à velocidade de deslocamento muito lenta dos ocupantes agravou muito as dificuldades para proceder à evacuação deste CCF.

#### Cenário\_BO\_OLS\_FID3\_PM

No presente cenário estudou-se o impacto da largura das portas (Fig. 4.21) para a evacuação do CCF, numa simulação de incêndio de 500 s. Todas as portas usadas para evacuar o CCF tiveram as suas larguras aumentadas 75%, ou seja, máximo até 2 m, contudo, as velocidades de deslocamento adotadas foram as do Quadro 5.3, o SCF manteve-se o do projeto (Fig. 4.17 e Quadro 4.11) e 61% dos ocupantes eram acamados. O aumento das larguras das PE e das dos locais de permanência foi o fator diferenciador do cenário\_BO\_OLS\_FID3\_PM para com os cenário\_BO\_ONS\_FID3\_SCFR e cenário\_BO\_OLS\_FID3\_SCFR, já analisados. A

simulação do presente cenário resultou na evacuação de todo o CCF, segundo o Quadro 5.5 e Figura 5.11.

Quadro 5.5. Tempos de evacuação, por PE, dos últimos ocupantes a saírem do edifício, para o cenário\_BO\_OLS\_FID3\_PM.

Portas de evacuação	Ocupantes que saíram	Tempo em que o último ocupante saiu por PE [s]	Observações
PE-1	16	313	linhas a cheio e a tracejado a preto, Fig. 5.7
PE-2	7	407	linhas a cheio e a tracejado a roxo, Fig. 5.7
PE-5	22	219	linhas a cheio e a tracejado a vermelho, Fig. 5.7
PE-6	6	249	linhas a cheio e a tracejado a verde, Fig. 5.7
Total	47	-	O edifício evacuou em 377 s.

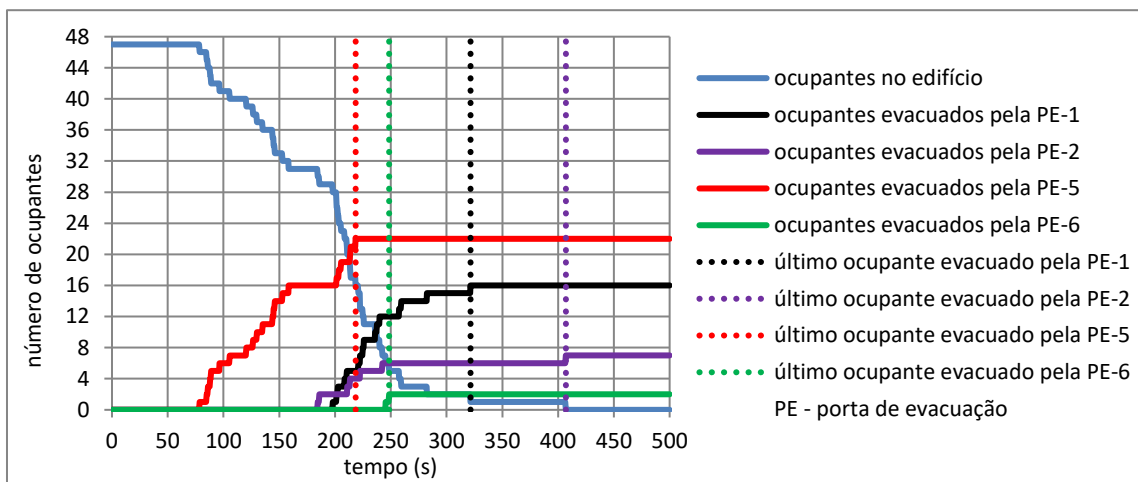


Figura 5.11. Número de ocupantes que evacuaram o CCF por PE para o cenário\_BO\_OLS\_FID3\_PM.

A temperatura e a visibilidade registadas ao longo da VHE-1, constam das Figuras 5.12 e 5.13. Quanto à Figura 5.12 pode-se verificar que, decorridos 180 s de simulação a temperatura dos gases acima de 80 °C registava-se a 0,75 m do pavimento. Aos 180 s de simulação foi o fim do pré-movimento dos últimos ocupantes, isto é, os que souberam do incêndio com o soar do alarme geral. Por outro lado, dos 219 s aos 407 s da simulação a temperatura dos gases acima de 80 °C registou-se entre 0,25 a 0,5 m do pavimento, o que levou a deduzir que mais de 50% do CCF evacuou com a temperatura a registar-se ao nível do pavimento. No entanto, aquelas temperaturas não tiveram efeitos negativos, porque os ocupantes foram atingidos quando atravessavam a VHE-1, o que se traduziu em pouco tempo e pequeno espaço de exposição. Mas mesmo assim, assumiu-se que 4 ocupantes ficaram feridos pois, aos 257 s a evacuação do CCF começou a registar intermitências significativas. As velocidades dos 4 ocupantes diminuiram, não só pelo facto da falta de visibilidade na maior parte da VHE-1, mas também pelos possíveis ferimentos registados.

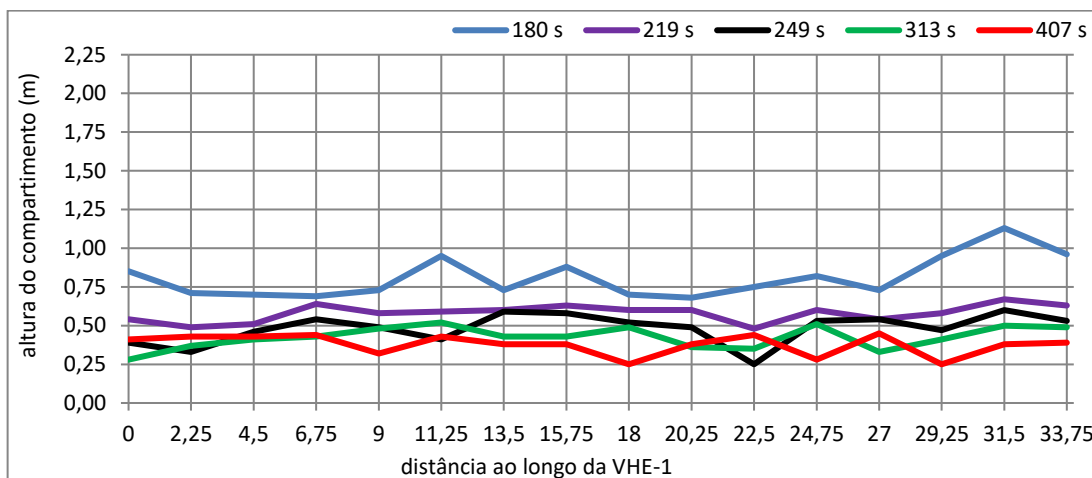


Figura 5.12. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário\_BO\_OLS\_FID3\_PM.

Segundo o comportamento dos gráficos da Figura 5.13, aos 180 s da simulação as PE-1, 2 e 6 registaram a visibilidade a 2,25 m do pavimento, ou seja, do lado da segurança. Ao fim de 180 s da simulação tinham saído pela PE-5, 16 ocupantes, dos 22 que a transpuseram. Quer os 16 ocupantes que evacuaram o CCF pela PE-5, quer os 25 que saíram pelas PE-1, 2 e 6, ou seja, 41 (88%) ocupantes saíram com a visibilidade a registar-se do lado da segurança para as referidas portas. Assim, pode-se afirmar que, os ocupantes tiveram condições de segurança para evacuar o CCF, porque quase em toda a simulação as PE dos extremos da VHE-1 registaram a visibilidade do lado da segurança. Por outro lado, os tamanhos das larguras das PE também contribuíram para o atravessamento rápido dos acamados.

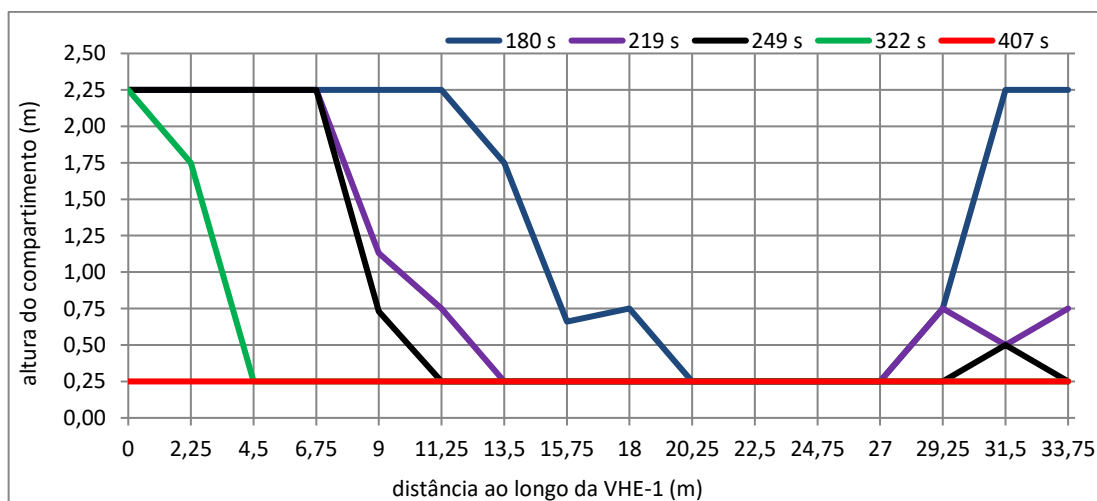


Figura 5.13. Pontos da visibilidade ao longo da VHE-1 para o cenário\_BO\_OLS\_FID3\_PM.

### 5.2.2. Segundo foco de incêndio – farmácia

O segundo foco de incêndio foi na farmácia (FIF), compartimento sem efetivo, Figura 5.14. O pré-movimento dos ocupantes terminou aos 180 s e foi definido como único para todo o CCF BO. Os ONS que correspondem aos cenário\_BO\_ONS\_FIF\_SCFR, cenário\_BO\_ONS\_FIF\_PM e cenário\_BO\_ONS\_FIF\_SCFR\_vhe1 foram-lhes atribuídas as velocidades previstas no Quadro 5.1. Por seu turno, os OLS (ocupantes das salas de operações), nomeadamente: cenário\_BO\_OLS\_FIF\_SCFR, cenário\_BO\_OLS\_FIF\_PM, cenário\_BO\_OLS\_FIF\_SCFR\_vhe1 e cenário\_BO\_OLS\_FID3\_SCFR\_vhe1\_PM, tiveram as velocidades do Quadro 5.3, ou seja, ocupantes ligados à aparelhos de suporte à vida. Contudo, os cenários: cenário\_BO\_ONS\_FIF\_PM, cenário\_BO\_OLS\_FIF\_PM, cenário\_BO\_OLS\_FIF\_SCFR\_vhe1 constam do Apêndice B.

As 4 imagens da Figura 5.14 descrevem o comportamento do fumo, a localização dos ocupantes nos instantes 45, 60, 120 e 180 s, assim como a comparação do presente foco de incêndio (origem do incêndio na farmácia-F), com o de origem do incêndio na sala de operações-D3. Os dois focos de incêndio tiveram o mesmo número de ocupantes.

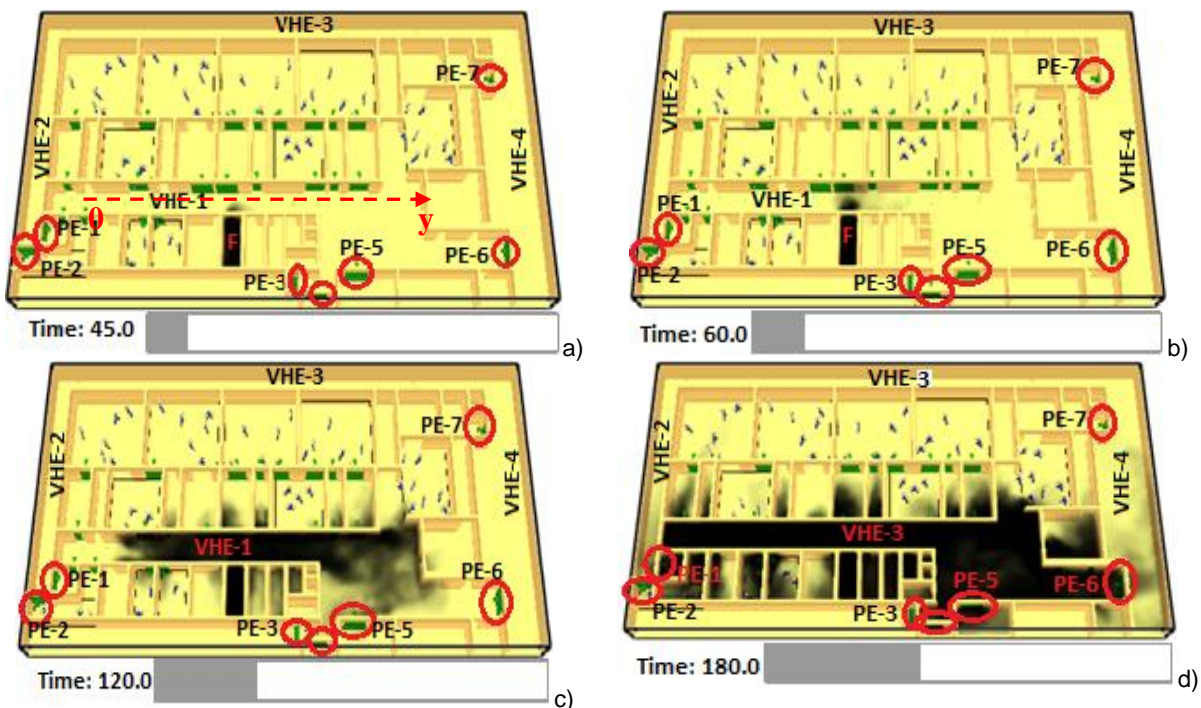


Figura 5.14. Localização das PE e VHE, disposição dos ocupantes e comportamento do fumo ao fim dos pré-movimentos, para o foco do incêndio na farmácia: a) 45 s; b) 60 s; c) 120 s e d) 180 s.

### Cenário\_BO\_ONS\_FIF\_SCFR

Para o cenário\_BO\_ONS\_FIF\_SCFR testou-se os parâmetros de segurança ao incêndio definidos no projeto (Fig. 4.17 e Quadro 4.11), donde resultou na evacuação do CCF por 22 ocupantes, segundo consta do Quadro 5.6 e da Figura 5.15.

Quadro 5.6. Tempos de evacuação, por PE, dos últimos ocupantes a saírem do edifício, para o cenário\_BO\_ONS\_FIF\_SCFR.

Portas de evacuação	Ocupantes que saíram	Tempo em que o último ocupante saiu por PE [s]	Observações
PE-1	11	242	linhas a cheio e a tracejado a preto, Fig. 5.15
PE-2	8	189	linhas a cheio e a tracejado a roxo, Fig. 5.15
PE-5	3	228	linhas a cheio e a tracejado a vermelho, Fig. 5.15
Total	22	-	25 ocupantes não evacuaram o edifício.

O fluxo foi  $F = 0,31 [p / s]$  (expressão 5.1.2) calculado para a PE-1, visto que a evacuação do compartimento não foi total.

$$F = \frac{P}{T} \Leftrightarrow F = \frac{11}{242 - 207} \Leftrightarrow F = 0,31 [p / s] \quad (5.1.2)$$

À semelhança dos anteriores cenários, também neste foram apresentadas e discutidas a temperatura e a visibilidade registadas no principal caminho de evacuação (VHE-1).

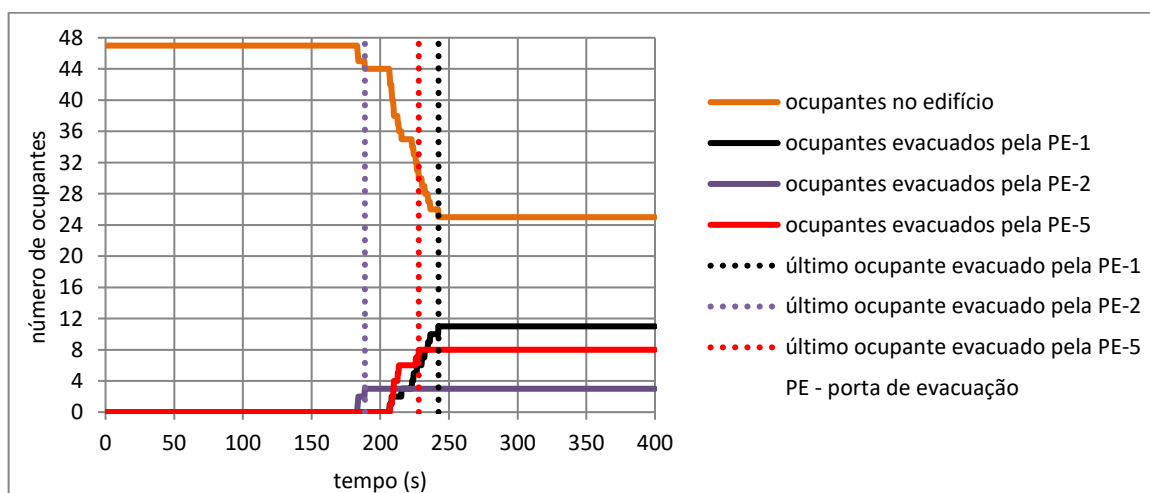


Figura 5.15. Número de ocupantes que evacuaram o CCF por PE para o cenário\_BO\_ONS\_FIF\_SCFR.

A Figura 5.16, traduz a evolução da temperatura dos gases acima de 80 °C ao longo da VHE-1, onde se pode constatar que a mesma condicionou a evacuação já que, decorridos 180 s registava-se a 1,25 m do chão. Ao fim de 240 s da simulação, o que corresponde a 60 s após o fim do pré-movimento, a temperatura registou-se a 0,5 m da altura do pavimento, isto é, as condições para uma evacuação segura tornaram-se diminutas.

Dos parâmetros tidos em consideração pelo FDS para a evacuação dos edifícios só a visibilidade (Fig. 5.17), influenciou negativamente dado que, aos 180 s já não havia condições de visibilidade de 10 m nos pontos extremos da VHE-1, ou seja, as PE-1 e 2, bem como as PE-5 e 6 (Fig. 5.14d) tornaram-se invisíveis, conseqüentemente pouco inacessíveis. Aos 189 s da simulação evacuou o CCF o último ocupante dos que saíram pela PE-2, com a altura da visibilidade a registar uma ligeira descida quando comparada ao tempo do fim do pré-movimento.

Por volta dos 228 s da simulação, decorridos, evacuou o CCF o último ocupante dos que saíram pela PE-5 e aos 242 s saiu o último dos que conseguiram evacuar o CCF BO. Quer o último ocupante a evacuar o CCF aos 228 s, quer os que saíram depois, todos o fizeram em condições de visibilidade nula, Figura 5.17. A principal via de evacuação (VHE-1) estava cheia de fumo, o que tornou as PE inacessíveis e os ocupantes acabaram por não evacuarem o CCF, mesmo com concentração dos gases tóxicos insignificante (Yan et al., 2009). Contudo, presumiu-se que não houve nenhum ocupante ferido entre os que conseguiram evacuar o CCF pois, os gráficos não apresentam intermitências.

A Figura 5.17, mostra que a camada quente do fumo se deslocou ao longo do teto da VHE-1, até as extremidades da mesma. Este deslocamento do fumo pelo teto fez com que as partes inferiores da VHE-1 tivessem condições razoáveis de visibilidade, todavia um maior número de PE estavam cheias de fumo, uma vez que se localizavam nos extremos da VHE-1. O fumo ao atingir as paredes (extremidades da VHE-1) desceu pelas mesmas até ao nível do pavimento, o que tornou as extremidades da via enfumadas, dificultando assim a visibilidade e conseqüente inacessibilidade das saídas de evacuação.

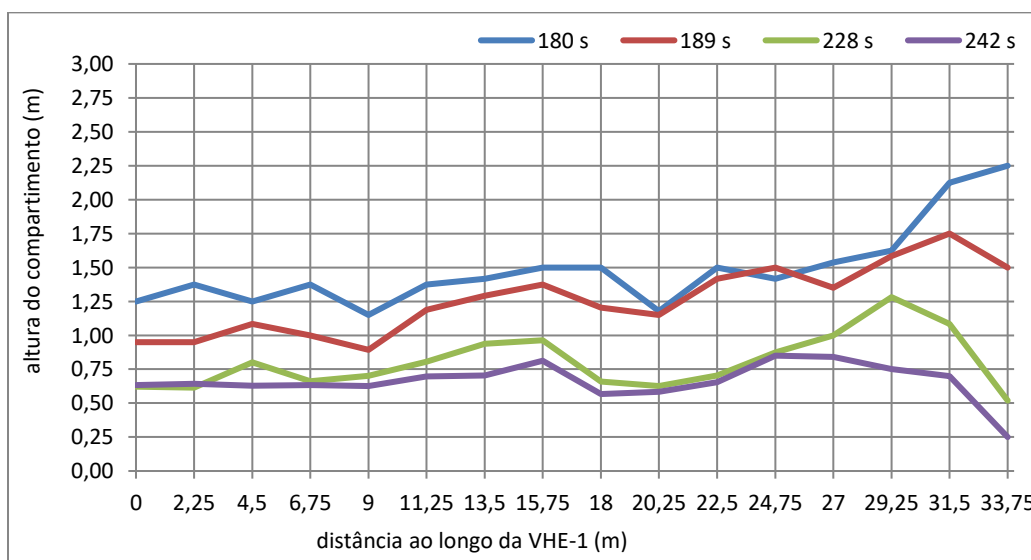


Figura 5.16. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário\_BO\_ONS\_FIF\_SCFR.

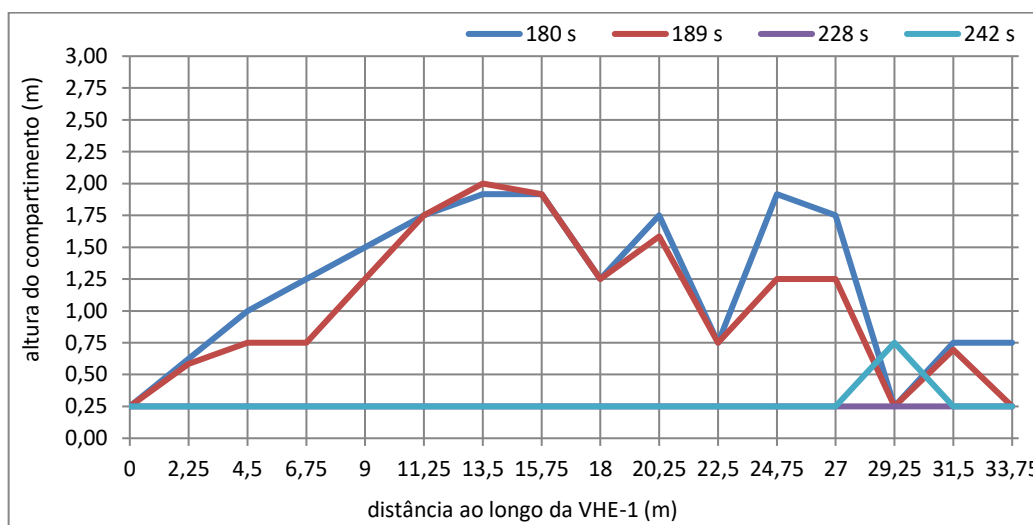


Figura 5.17. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário\_BO\_ONS\_FIF\_SCFR.

#### Cenário\_BO\_ONS\_FIF\_SCFR\_vhe1

No presente cenário para além do SCF constante do projeto em planta (Fig. 4.17 e Quadro 4.11), foi-lhe adicionado um outro na VHE-1, (Fig. 4.18 e Quadro 4.12). Este último SCF constitui fator diferenciador do presente cenário com os já analisados. No entanto, o processo de evacuação do edifício foi descrito no Quadro 5.7 e complementado pela Figura 5.18.

A introdução do SCF ao longo da VHE-1 melhorou as condições de evacuação, mesmo com o pré-movimento tardio (180 s), mas a temperatura dos gases acima de 80 °C registou-se a uma altura abaixo da registada pelos cenários que só possuíam o SCF do projeto. O ligeiro aumento da temperatura deveu-se a introdução do ar através do insuflador, com o propósito de manter condições de segurança nas zonas inferiores do principal caminho de evacuação. Os ocupantes começaram a evacuar o CCF com a temperatura dos gases acima de 80 °C a registar-se entre 1 a 1,50 m da altura do pavimento, Figura 5.19. Como se pode ainda observar da Figura 5.19, aos 294 s a temperatura dos gases acima de 80 °C registava-se a 0,25 m do pavimento. Foi nesta altura em que saiu o ocupante 44, ou seja, o último dos que conseguiram abandonar o CCF.

O controlo do fumo, Figura 5.20, foi de crucial importância, na medida em que permitiu prolongar o tempo de evacuação, garantir a visibilidade dos ocupantes, consequentemente melhorar o acesso às saídas de emergência. Nos cenários cenário\_BO\_ONS\_FIF\_SCFR (anterior) e cenário\_BO\_ONS\_FIF\_PM (Apêndice B), ambos sem SCF na VHE-1, aos 180 s as extremidades da VHE-1 (distâncias 0 m e 33,75 m) já não ofereciam condições de visibilidade, o que não se observa no presente cenário. A visibilidade das PE ajudou na

evacuação da maior parte do CCF, em comparação com os cenários em referência, cujos pré-movimentos foram também definidos para terminar aos 180 s.

Da análise da Figura 5.20 pode-se observar que aos 180 s de incêndio a visibilidade crítica foi registada na distância 20,25 m (zona do início do incêndio). Por volta dos 211 s de simulação as distâncias 11,25 m em diante, correspondentes às PE-3; 4; 5 e 6, já não reuniam condições de segurança para evacuar o CCF, por conseguinte, maior parte dos ocupantes localizados nos compartimentos D1; D2; D3; D5; D9 e D10 evacuaram o CCF pela PE-1, localizada no extremo 0 m da VHE-1, uma vez que esta ainda oferecia visibilidade. Todavia aos 260 s toda a VHE-1 tinha a visibilidade nula, o que levou a admitir que 11 ocupantes ficaram feridos, porque saíram enquanto a visibilidade não oferecia condições para uma evacuação segura do CCF. Mesmo com a visibilidade nula os ocupantes conseguiram evacuar, porque eram conduzidos por médicos e/ou equipa de socorro que conhecia a localização das saídas de emergência e a distância que as separava das mesmas, o que permitiu com que se movessem através do fumo. Também se supõe que durante o movimento sobre o fumo os ocupantes respiravam através de um pano.

Quadro 5.7. Tempos de evacuação, por PE, dos últimos ocupantes a saírem do edifício, para o cenário\_BO\_ONS\_FIF\_SCFR\_vhe1.

Portas de evacuação	Ocupantes que saíram	Tempo em que o último ocupante saiu por PE[s]	Observações
PE-1	31	294	linhas a cheio e a tracejado a preto, Fig. 5.18
PE-2	3	189	linhas a cheio e a tracejado a vermelho, Fig. 5.18
PE-5	9	211	linhas a cheio e a tracejado a verde, Fig. 5.18
Total	43	-	4 ocupantes não evacuaram o edifício

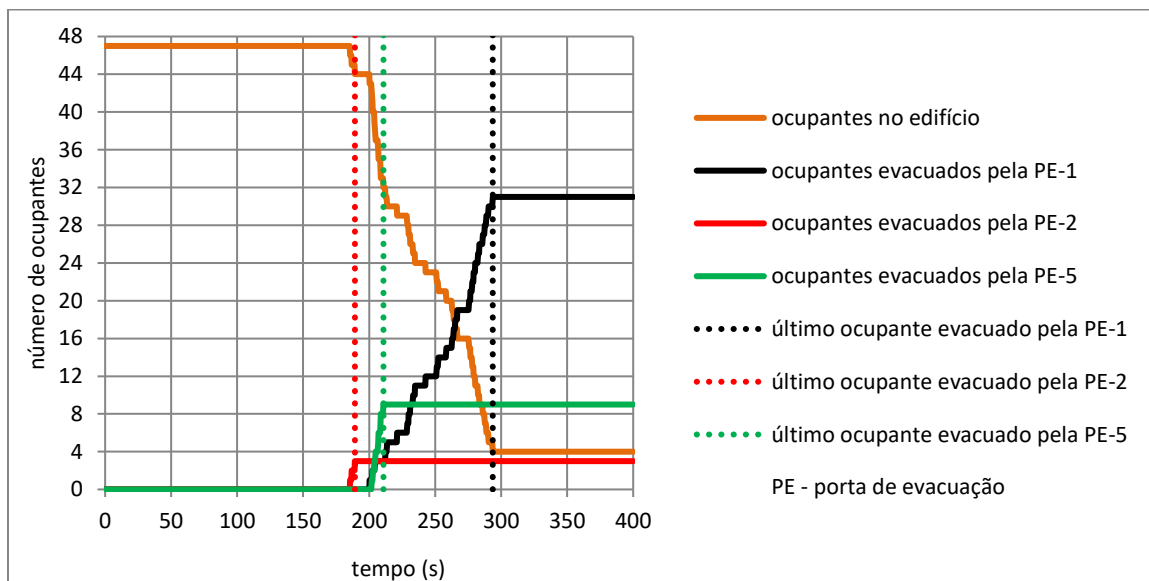


Figura 5.18. Número de ocupantes que evacuaram o CCF por PE para o cenário\_BO\_ONS\_FIF\_SCFR\_vhe1.



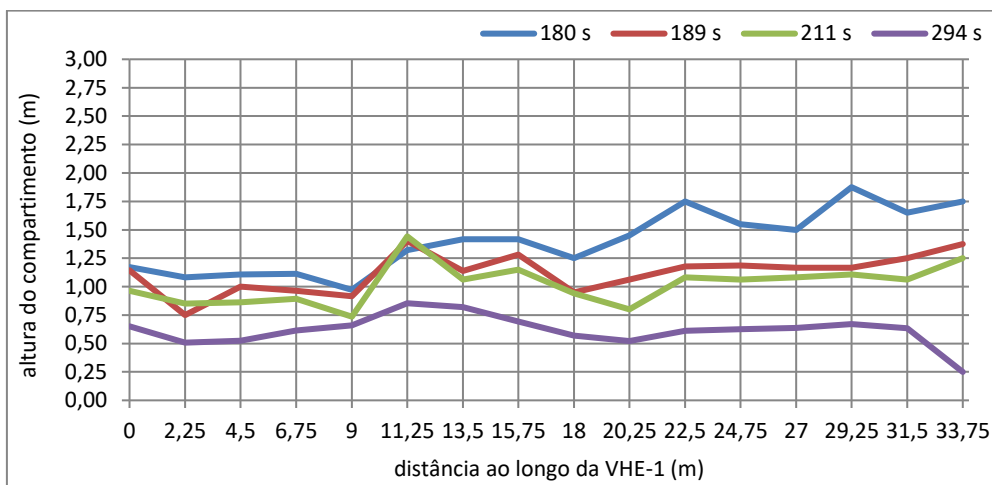


Figura 5.19. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário\_BO\_ONS\_FIF\_SCFR\_vhe1.

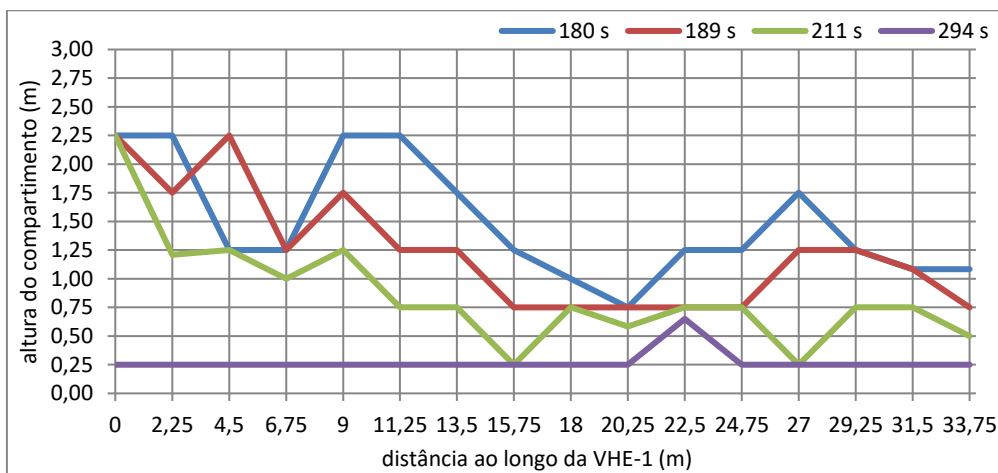


Figura 5.20. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário\_BO\_ONS\_FIF\_SCFR\_vhe1.

Embora a temperatura não tenha contribuído de forma significativa para uma evacuação segura dos ocupantes, contudo, a maior parte do CCF (92%) conseguiu evacuar, porque a visibilidade foi favorável para o efeito. O principal caminho de evacuação (VHE-1) foi visível em grande parte da simulação, de modo consequente as portas de evacuação eram localizáveis e acessíveis.

#### Cenário\_BO\_OLS\_FIF\_SCFR

No cenário\_BO\_OLS\_FIF\_SCFR para além de se estudar a evacuação de um CCF com ocupantes acamados, avaliou-se também o desempenho do SCF do projeto (Fig. 4.17 e Quadro 4.11). Entretanto, o fator diferenciador deste cenário com os já analisados (todos referentes ao segundo foco de incêndio) consistiu no tipo de ocupantes a evacuar o CCF que, se tratavam de ocupantes acamados. Assim, o Quadro 5.8 e a Figura 5.21 traduzem o processo de evacuação para o cenário em análise.

Quadro 5.8. Tempos de evacuação, por PE, dos últimos ocupantes a saírem do edifício, para o cenário\_BO\_OLS\_FIF\_SCFR.

Portas de evacuação	Ocupantes que saíram	Tempo em que o último ocupante saiu por PE [s]	Observações
PE-1	3	237	linhas a cheio e a tracejado a preto, Fig. 5.21
PE-2	3	195	linhas a cheio e a tracejado a verde, Fig. 5.21
PE-5	10	237	linhas a cheio e a tracejado a vermelho, Fig. 5.21
Total	16	-	31 ocupantes não evacuaram o edifício.

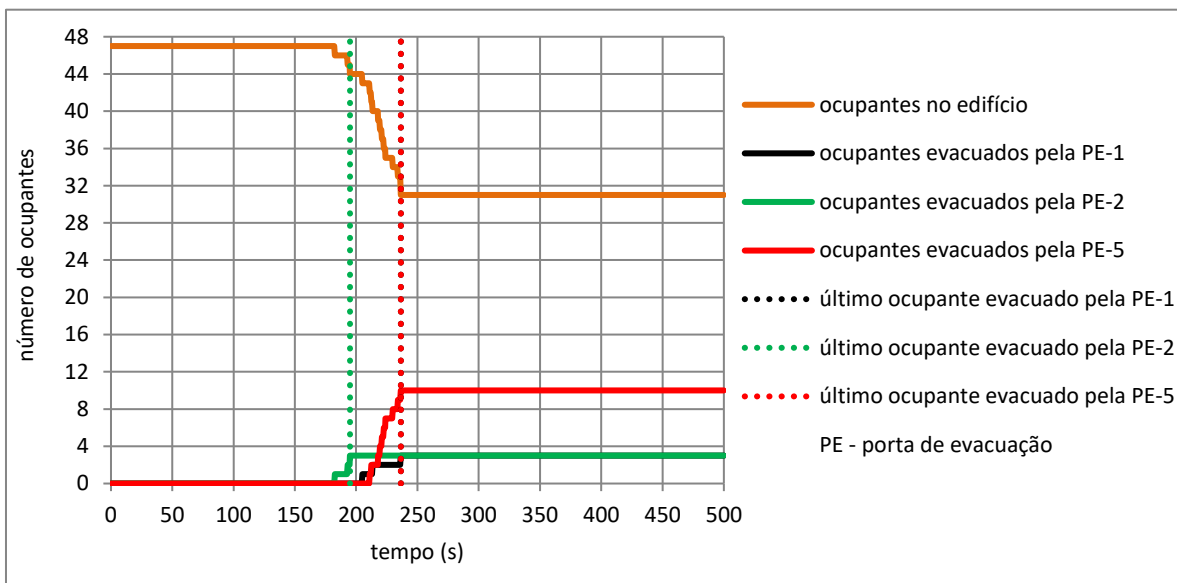


Figura 5.21. Número de ocupantes que evacuaram o CCF por PE para o cenário\_BO\_OLS\_FIF\_SCFR.

Da interpretação da Figura 5.22 constatou-se que, aos 180 s da simulação a temperatura dos gases acima de 80 °C registou-se quase em toda a VHE-1, a 0,75 m do chão, ou seja, o abandono do edifício iniciou com a temperatura a não oferecer segurança visto que, estava muito abaixo de 1,75 m, altura mínima adotada para evacuar em situações críticas de incêndio. De modo consequente, há saída do último ocupante dos que conseguiram evacuar o CCF (aos 237 s), a temperatura registava-se a 0,50 m da altura do pavimento, isto é, 0,25 m abaixo da registada aos 180 s, Figura 5.22. Com a origem do incêndio na farmácia a VHE-1 era o primeiro local a ser atingido, motivo pelo qual, aos 180 s da simulação a temperatura (Fig. 5.22) e a visibilidade (Fig. 5.23) registaram-se desfavoráveis à evacuação segura do CCF.

A visibilidade à semelhança da temperatura, aos 180 s do incêndio era também nula, Figura 5.23. Os 16 ocupantes que evacuaram o CCF o fizeram sem mínimas condições de visibilidade. As portas de evacuação eram invisíveis, consequentemente difíceis de localização, o que contribuiu para que 66% do CCF não evacuasse. Assim, assumiu-se que os

16 ocupantes que conseguiram sair do CCF BO estavam todos feridos, dado que não havia condições para uma evacuação segura.

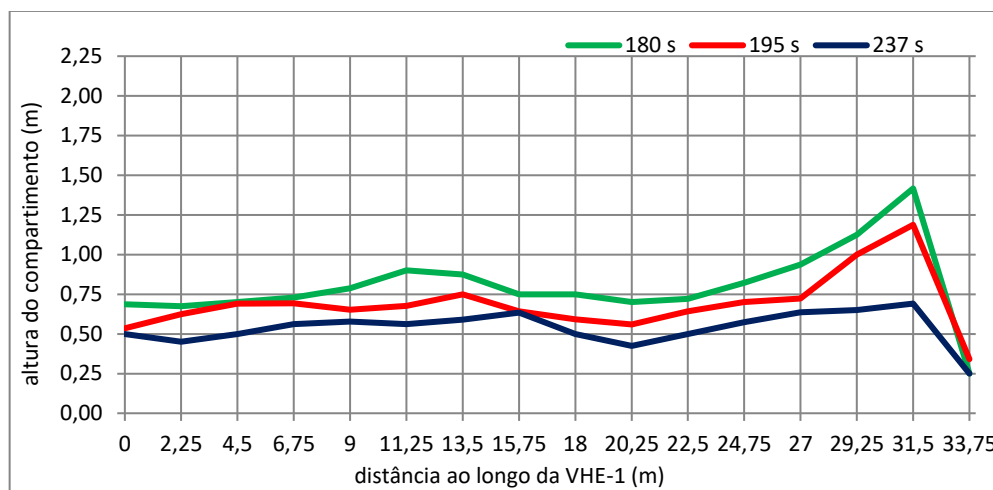


Figura 5.22. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário\_BO\_OLS\_FIF\_SCFR.

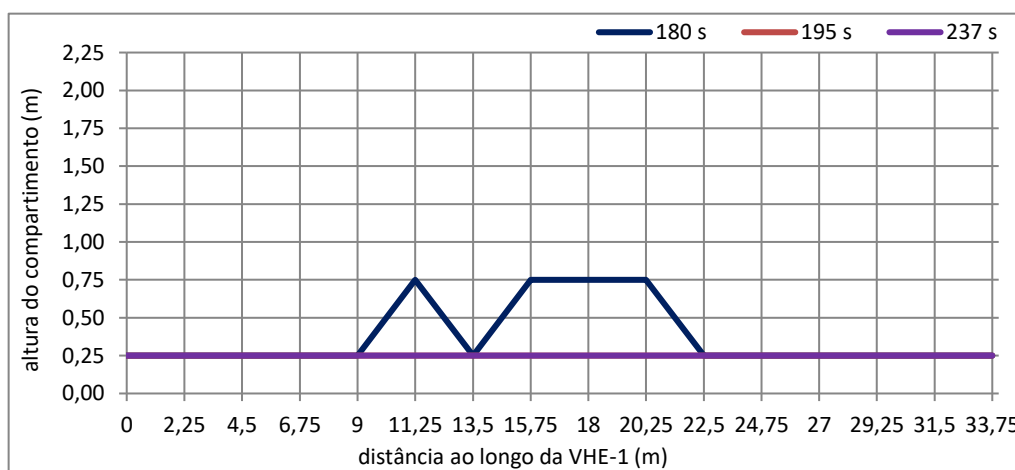


Figura 5.23. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário\_BO\_OLS\_FIF\_SCFR.

Dos resultados do presente cenário pode-se depreender que três fatores (temperatura, visibilidade e o tamanho da largura das PE) concorreram para a evacuação de um número reduzido (34%) de ocupantes. Ao fim dos 180 s a temperatura e a visibilidade já não se registavam do lado da segurança, isto é, o pré-movimento findou com a temperatura dos gases acima de 80 °C a registar-se a 0,75 m do pavimento e visibilidade nula, para a VHE-1. Logo, não havia condições para uma evacuação do CCF eficaz, segura e rápida. Outro fator esteve relacionado às larguras das PE que não facilitaram as manobras de atravessamento dos acamados, devido ao tamanho da largura das mesmas. A maioria das portas por atravessar tinham larguras inferiores às larguras das camas dos pacientes.

**Cenário\_BO\_OLS\_FID3\_SCFR\_vhe1\_PM**

O cenário\_BO\_OLS\_FID3\_SCFR\_vhe1\_PM resulta da união dos cenários\_BO\_OLS\_FIF\_PM (Apêndice B) e cenário\_BO\_OLS\_FIF\_SCFR\_vhe1, isto é, aumento das larguras das PE (Fig. 4.21), assim como a introdução de um SCF na VHE-1 (Fig. 4.18 e Quadro 4.12), o qual funcionou em simultâneo com o SCF do projeto. A união destes dois fatores tornaram-no diferente dos demais cenários analisados. A simulação decorreu em 500 s e a evacuação processou-se segundo o Quadro 5.9 e Figura 5.24.

Quadro 5.9. Tempos de evacuação, por PE, dos últimos ocupantes a saírem do edifício, para o cenário\_BO\_OLS\_FID3\_SCFR\_vhe1\_PM.

Portas de evacuação	Ocupantes que saíram	Tempo em que o último ocupante saiu por PE [s]	Observações
PE-1	19	357	linhas a cheio e a tracejado a verde, Fig. 5.24
PE-2	4	268	linhas a cheio e a tracejado a roxo, Fig. 5.24
PE-4	12	259	linhas a cheio e a tracejado a azul, Fig. 5.24
PE-6	2	227	linhas a cheio e a tracejado a preto, Fig. 5.24
PE-7	5	229	linhas a cheio e a tracejado a vermelho, Fig. 5.24
Total	42	-	5 ocupantes não evacuaram o edifício

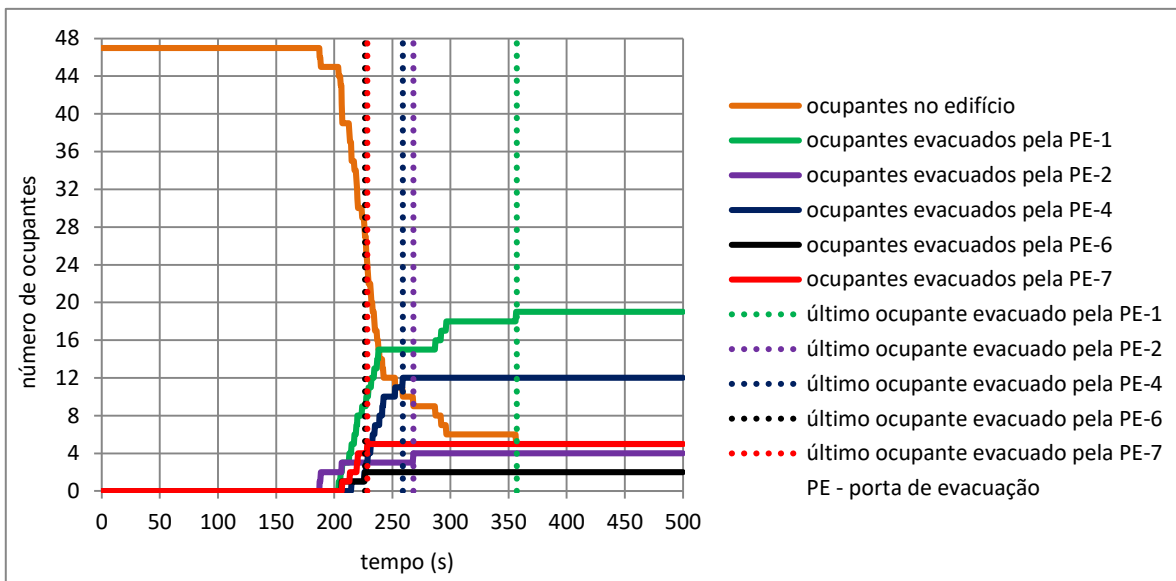


Figura 5.24. Número de ocupantes que evacuaram o CCF por PE para o cenário\_BO\_OLS\_FID3\_SCFR\_vhe1\_PM.

Quanto à Figura 5.25 pode-se observar que, a temperatura não teve grandes oscilações desde o término do pré-movimento (aos 180 s) até a saída do último ocupante dos que conseguiram evacuar o CCF. Decorridos 180 s da simulação o incêndio tinha atingido a combustão contínua, motivo pelo qual a evolução temporal dos gráficos a partir desta altura é muito próxima. Dos 180 aos 360 s a temperatura dos gases acima de 80 °C registou-se entre 0,5 m a

1 m da altura do chão, ou seja, a evacuação se iniciou com a temperatura a registrar-se abaixo da altura mínima (1,75 m), adotada para esta tese (segundo consta do subcapítulo 4.2).

O fluxo  $F = 0,44 [p / s]$  (expressão 5.1.3) foi calculado para a PE-1, visto que a evacuação do CCF não foi total.

$$F = \frac{P}{T} \Leftrightarrow F = \frac{15}{238 - 204} \Leftrightarrow F = 0,44 [p / s] \quad (5.1.3)$$

A partir da Figura 5.26 foi possível observar que a visibilidade ofereceu condições para evacuar o CCF de forma segura, contudo, da Figura 5.24 observa-se que, decorridos 242 s da simulação a saída dos ocupantes começou a registrar intermitência, o que fez assumir que os 7 últimos ocupantes a evacuarem o CCF entraram em pânico e/ou se feriram.

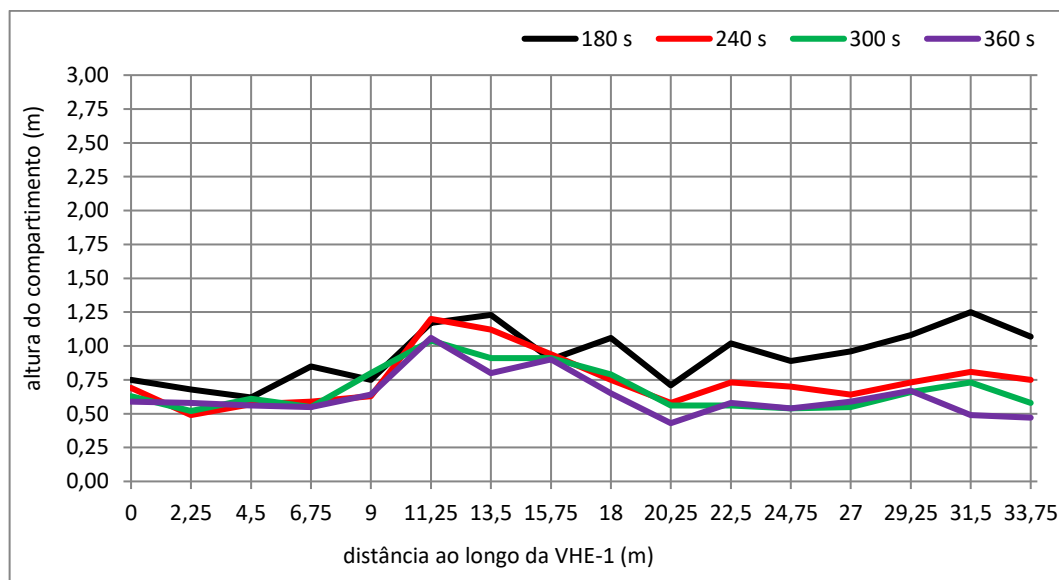


Figura 5.25. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o Cenário\_BO\_OLS\_FID3\_SCFR\_vhe1\_PM.

Observada a Figura 5.26 nota-se que as PE-1 e 2 tiveram condições de evacuação segura até decorridos 300 s de simulação. Com 180 s decorridos, a VHE-1 tinha a visibilidade acima de 1,75 m do pavimento entre as distâncias 0 m a 13,5 m, mas a partir desta última distância (13,5 m) em diante a visibilidade esteve entre 1 m a 1,50 m da altura do pavimento, o que afetava diretamente as PE-3, 4, 5 e 6. A visibilidade entre 1 m a 1,50 m do chão afetou 14 (33,3%) ocupantes do total de 42 (100%) que saíram do edifício atendendo que, os 5 que saíram pela PE-7 e 4 pela PE-2 (não se fizeram à VHE-1) e os 19 que saíram pela PE-1 tinham a visibilidade do lado da segurança.

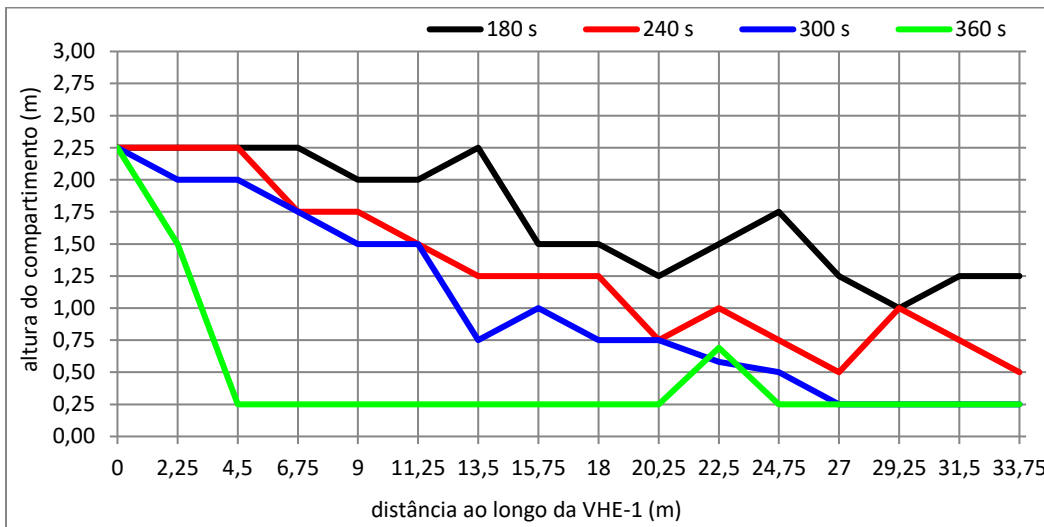


Figura 5.26. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o Cenário\_BO\_OLS\_FID3\_SCFR\_vhe1\_PM.

Dos dados do cenário\_BO\_OLS\_FID3\_SCFR\_vhe1\_PM pode-se concluir que embora a temperatura dos gases acima de 80 °C tenha sido registada a uma cota abaixo de 1,75 m, a maior parte dos ocupantes evacuaram o CCF porque a visibilidade de 10 m registou-se do lado da segurança. Por outro lado, o facto de as larguras das portas dos locais de permanência, assim como as das PE tiverem 2 m foi também preponderante para que maior número dos ocupantes evacuasse o CCF, porque as manobras de atravessamento em PE com acamados foram rápidas e seguras. Os fluxos em saídas de emergência e saídas dos locais de permanência também aumentaram, influenciando deste modo o número de ocupantes que abandonaram o edifício. Os ocupantes que abandonaram o CCF pelas PE-2 e 7, para além de se beneficiarem de PE com larguras até 2 m não se fizeram à VHE-1, porque as suas divisões tinham acesso direto às VHE-2 e 4, respetivamente, logo não sofreram os efeitos do fumo registado ao longo da VHE-1.

### 5.2.3. Síntese dos cenários do CCF Bloco Operatório

A análise das condições de segurança contra o incêndio para o CCF BO ocorreu em 10 cenários, com dois focos de incêndio cada (focos de incêndio na sala de operações-D3 e na farmácia-F), assim como com dois tipos de ocupantes por evacuarem o CCF (ONS e OLS). O fim dos pré-movimento foi também diferente, sendo 45 s para o foco de incêndio na sala de operações-D3 (FID3) e 180 s para o da farmácia-F (FIF). O Quadro 5.10 apresenta os resultados dos 10 cenários estudados, donde constam o número total de ocupantes (47 ocupantes para todos os cenários), número de ocupantes que evacuaram o CCF, número de feridos, tempo em que o último ocupante saiu do CCF e o tempo de evacuação do CCF BO.

Os itens número de ocupantes que evacuaram o CCF e tempo em que o último ocupante saiu do CCF, referem-se aos cenários que não evacuaram todo o CCF.

Quadro 5.10. Comparação dos resultados dos cenários do CCF Bloco Operatório.

Cenários	Nº de ocupantes	Nº de ocupantes saídos do CCF	Nº de feridos	Tempo do último ocupante dos que conseguiram sair do CCF [s]	Tempo de evacuação do CCF [s]
<b>cenário_BO_ONS_FID3_SCFR</b>		<b>47</b>	<b>2</b>	-	<b>282</b>
cenário_BO_OLS_FID3_SCFR		36	10	269	-
<b>cenário_BO_OLS_FID3_PM</b>		<b>47</b>	<b>4</b>	-	<b>377</b>
cenário_BO_ONS_FIF_SCFR		22	-	242	-
cenário_BO_ONS_FIF_PM		25	16	351	-
cenário_BO_ONS_FIF_SCFR_vhe1	47	43	11	294	-
<b>cenário_BO_OLS_FIF_SCFR</b>		<b>16</b>	<b>16</b>	<b>237</b>	<b>-</b>
cenário_BO_OLS_FIF_PM		34	5	400	-
cenário_BO_OLS_FIF_SCFR_vhe1		29	11	487	-
cenário_BO_OLS_FID3_SCFR_vhe1_PM		42	7	357	-

Da análise individualizada dos cenários concluiu-se que, o cenário\_BO\_ONS\_FID3\_SCFR (a verde) foi o melhor de todos, em razão de ter tido um tempo de evacuação relativamente menor a muitos cenários que não puderam evacuar por completo o CCF BO. Para que o cenário\_BO\_ONS\_FID3\_SCFR fosse o melhor pesaram parâmetros como: tipo de ocupantes (ONS) e o tempo do fim do pré-movimento definido em 45 s, isto é, início da evacuação do CCF com o incêndio ainda na fase precoce. Para este tipo de ocupantes e tempo do fim do pré-movimento, o SCF do projeto mostrou-se funcionar eficientemente. Presumiu-se que o cenário teve apenas 2 feridos. A seguir ao cenário\_BO\_ONS\_FID3\_SCFR destacou-se o cenário\_BO\_OLS\_FID3\_PM (a azul) como o segundo melhor, uma vez que evacuou por completo o CCF BO e registou também um menor número de feridos. Para além do parâmetro tempo do fim do pré-movimento, estimado para 45 s destacou-se também para os bons resultados deste cenário a largura das PE, bem como dos locais de permanência que foram aumentadas em 75%, i.e., até 2 m. A largura das portas ajudou nas manobras de atravessamento com acamados, assim como no aumento de fluxos em portas.

Entretanto, considerou-se como pior o cenário\_BO\_OLS\_FIF\_SCFR (a vermelho). Deste cenário conseguiram evacuar o edifício 16 ocupantes, dos quais se considerou que todos estavam feridos. Este foi o cenário que menos ocupantes evacuaram o CCF BO, por outro lado, todos saíram feridos. Contribuíram para que este fosse o pior cenário: o tempo do fim do pré-movimento tardio aos 180 s, falta de um SCF no principal caminho de evacuação (VHE-1) que pudesse melhorar as condições de visibilidade do principal caminho de evacuação e larguras das saídas de emergência e dos locais de permanência inferiores a 2 m, o que

constituiu obstáculo para o movimento dos acamados, visto que as camas tinham 1 m de largura mais as larguras das pessoas que as moviam.

### 5.3. Compartimento Corta-Fogo Serviço de Urgências

No CCF SU analisaram-se 12 cenários, dos quais 6 (cenário\_SU\_FID3\_SCFR, cenário\_SU\_FID3\_SCFR+90%, cenário\_SU\_FID6\_SCFR, cenário\_SU\_FID6\_SCFR+90%, cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR+30% e cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR+90%) constam do texto principal da tese e os outros 6 (cenário\_SU\_FID3\_SCFR+30%, cenário\_SU\_FID3\_SCFR+60%, cenário\_SU\_FID6\_SCFR+30%, cenário\_SU\_FID6\_SCFR+60%, cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR e cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR+60%) constam do Apêndice B.

#### 5.3.1. Primeiro foco de incêndio – sala aberta

Para o Serviço de Urgências (SU) o primeiro foco de incêndio, dos dois analisados, foi na sala aberta-D3 (FID3) com um efetivo permanente de 36 ocupantes (Fig. 5.27) e o pré-movimento definido para terminar aos 30 s do incêndio (Fig. 5.27a). Os quartos-D4 e D5 adjacentes à sala aberta-D3 terminaram o pré-movimento aos 45 s (Fig. 5.27b), enquanto os gabinetes da direção-D1 e D2, que se encontram afastados do foco do incêndio findaram o pré-movimento aos 60 s depois do início do incêndio (Fig. 5.27c). De sublinhar que os tempos de pré-movimento foram os mesmos para todos os cenários pertencentes a este primeiro foco de incêndio.

As imagens da Figura 5.27 ilustram entre outras coisas a propagação do fumo, assim como a disposição do efetivo no fim do pré-movimento.

Relativamente às velocidades de deslocamento, de referir que se adotaram as constantes do Quadro 5.11. Para os ocupantes da sala aberta-D3 e dos quartos-D4 e D5 foram na proporção de 50% com velocidades de 0,60 m, ou seja, ocupantes com pequenas intervenções cirúrgicas que não os deixaram imobilizados e 50% com velocidades de 1,02 m/s, isto é, ocupantes que sofriam apenas de simples gripes. Estas velocidades foram as mesmas para os 12 cenários pertencentes ao CCF SU, visto que este CCF não teve acamados.

Quadro 5.11. Velocidades adotadas para a evacuação do CCF SU.

Salas ocupadas	Nomenclatura	Ocupantes	Velocidades adotadas (m/s)
Gabinete da direção	D1	2	1,02
Gabinete da direção	D2	2	1,02
Sala aberta	D3	18	0,60
		18	1,02
Quarto	D4	4	0,60
Quarto	D5	4	1,02



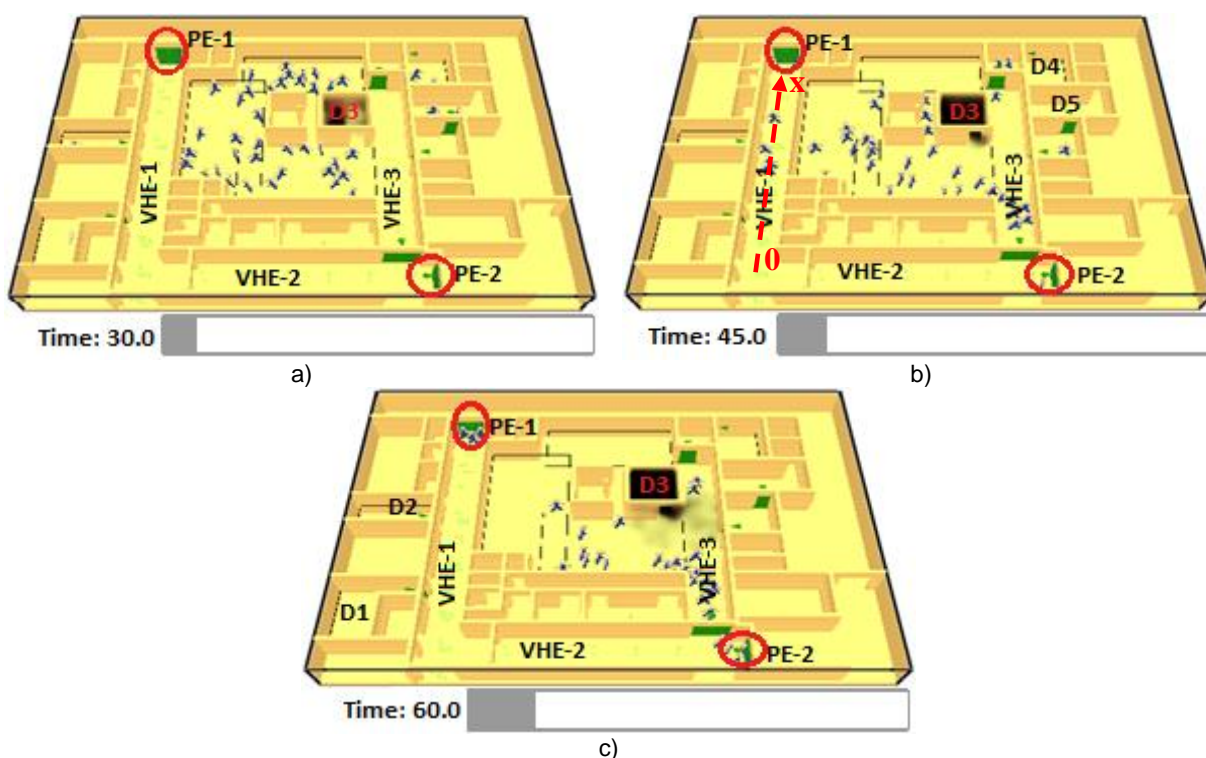


Figura 5.27. Localização das PE e VHE, disposição dos ocupantes e comportamento do fumo aos: a) 30s, b) 45s e c) 60s, - CCF SU.

### Cenário\_SU\_FID3\_SCFR

O cenário\_SU\_FID3\_SCFR era constituído por 48 ocupantes, ou seja, o efetivo previsto no projeto, segundo pode-se constatar dos resultados da evacuação e distribuição dos ocupantes pelas duas portas de evacuação (PE-1 e 2), Quadro 5.12 e Figura 5.28. A deteção, assim como a reação ao incêndio aconteceram na fase inicial do mesmo, tendo ajudado na evacuação total do CCF.

Quadro 5.12. Tempos de evacuação, por PE, dos últimos ocupantes a saírem do edifício, para o cenário\_SU\_FID3\_SCFR.

Portas de evacuação	Ocupantes que saíram	Tempo em que o último ocupante saiu por PE [s]	Observações
PE-1	4	62	linhas a cheio e a tracejado a verde, Fig. 5.28
PE-2	44	136	linhas a cheio e a tracejado a vermelho, Fig. 5.24
Total	48	-	O edifício evacuou em 106 s.

O fluxo, representado na equação 5.1.4, foi calculado para a PE-2, visto que 92%, isto é, 44 ocupantes saíram por ela e só 4 saíram da PE-1. Assim,  $F = 1,02 [p / s]$ :

$$F = \frac{P}{T} \Leftrightarrow F = \frac{44}{88 - 45} \Leftrightarrow F = 1,02 [p/s] \quad (5.1.4)$$

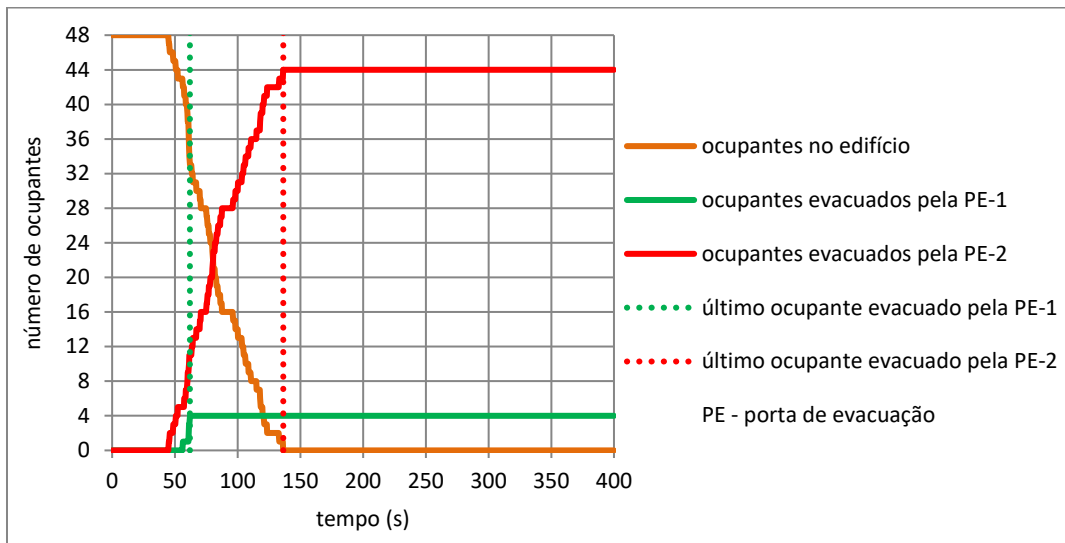


Figura 5.28. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por PE para o cenário\_SU\_FID3\_SCFR.

As Figuras 5.29; 5.30; 5.31; 5.32; 5.33 e 5.34 apresentam a temperatura e a visibilidade registadas ao longo das três VHE, durante os 400 s da simulação. Das figuras referenciadas verificou-se que, quer a temperatura dos gases acima de 80 °C, quer a visibilidade de 10 m se registaram do lado da segurança, motivo pelo qual não houve feridos e o fluxo foi de 1,02 p/s. Da análise da evacuação (Fig. 5.28) constata-se que, ao fim de 120 s da simulação já tinham evacuado o CCF 44 (92%) ocupantes do total de 48 (100%). À mesma altura a VHE-3 registava a visibilidade do lado da segurança pois, estava acima de 1,75 m da altura do pavimento em grande parte da via, Figura 5.34. De um modo geral, pode-se afirmar que todos os ocupantes saíram do CCF com a temperatura e a visibilidade a registarem-se do lado da segurança, porque mesmo o ocupante que evacuou o CCF decorridos 136 s ainda tinha possibilidades de evacuar de forma segura desde que se abaixasse 0,25 m.

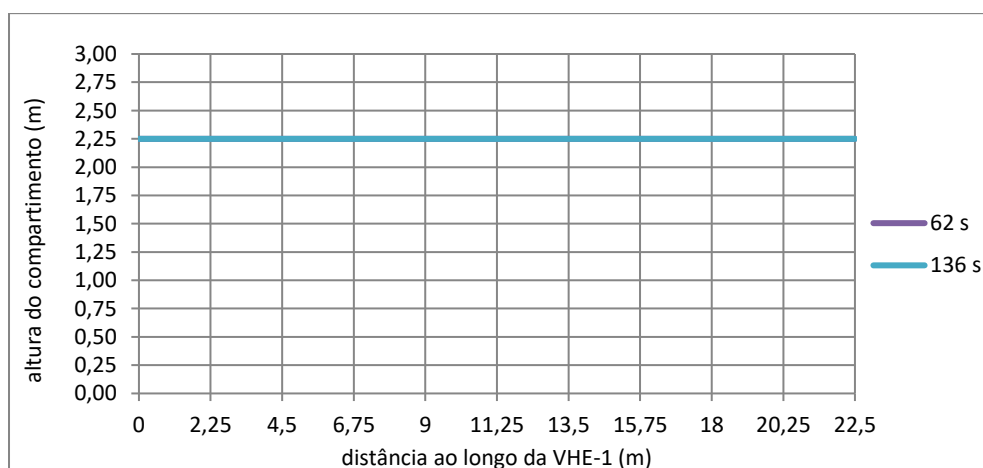


Figura 5.29. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário\_SU\_FID3\_SCFR.

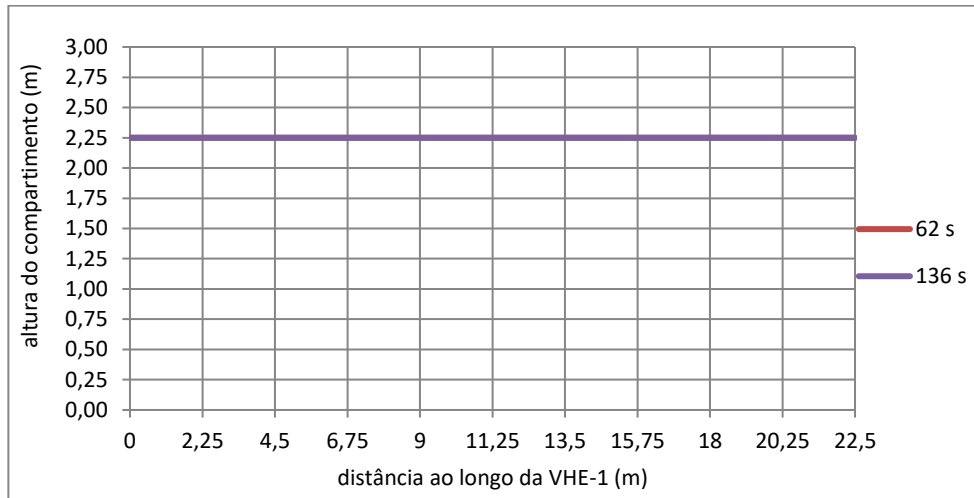


Figura 5.30. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário\_SU\_FID3\_SCFR.

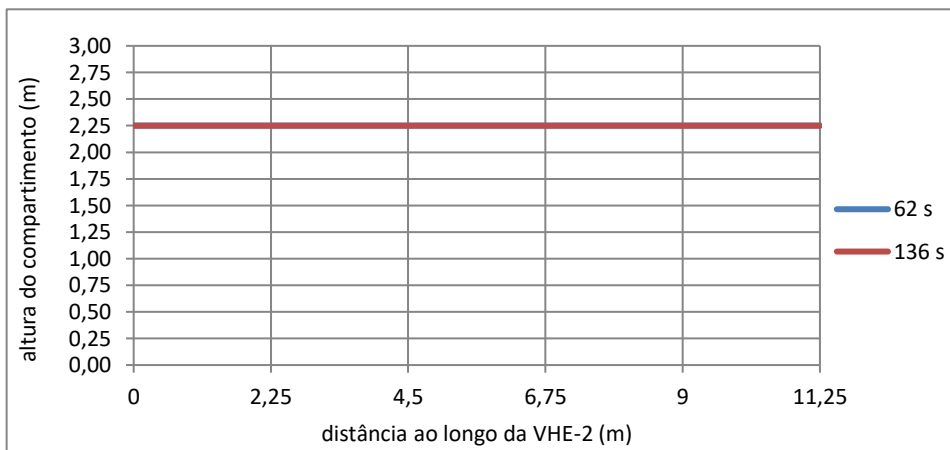


Figura 5.31. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-2 para o cenário\_SU\_FID3\_SCFR.

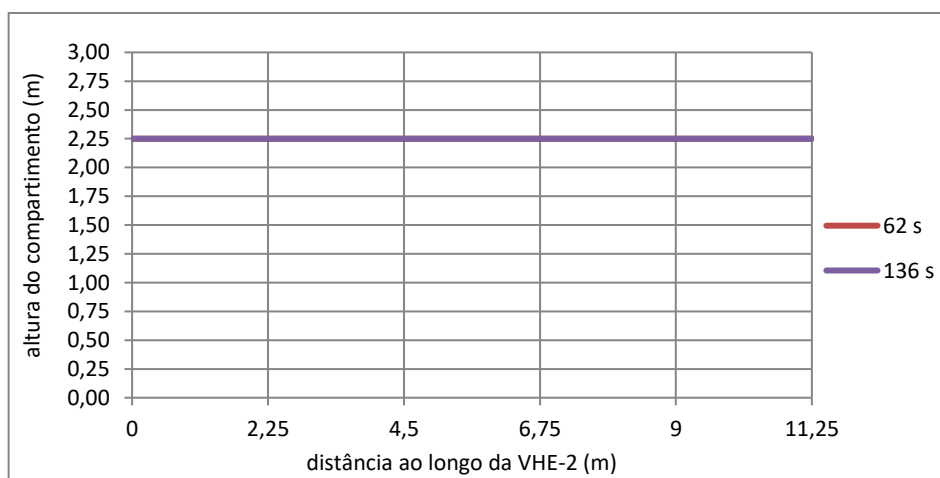


Figura 5.32. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-2 para o cenário\_SU\_FID3\_SCFR.

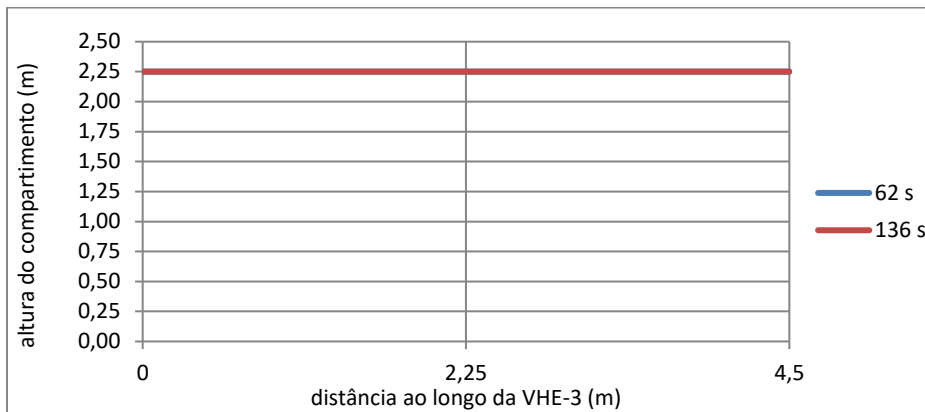


Figura 5.33. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-3 para o cenário\_SU\_FID3\_SCFR.

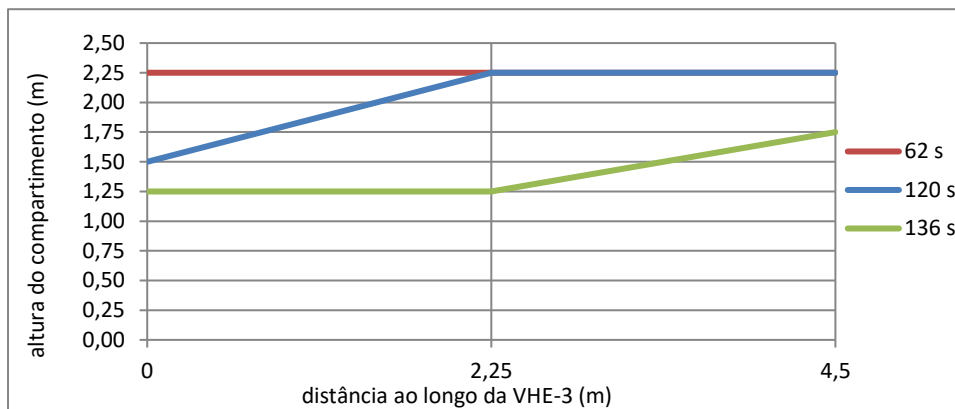


Figura 5.34. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-3 para o cenário\_SU\_FID3\_SCFR.

### Cenário\_SU\_FID3\_SCFR+90%

O cenário\_SU\_FID3\_SCFR+90%, constituiu o último dos cenários com início do incêndio na sala aberta-D3, no entanto, difere-se dos demais porque possui o efetivo previsto acrescido em 90%, o que corresponde a 92 ocupantes. O Quadro 5.13 e a Figura 5.35 traduzem o processo de evacuação do edifício, de uma simulação que durou 400 s. Na Figura 5.36 pode-se observar ainda a complementação do Quadro 5.13 e da Figura 5.35, no que toca a propagação do fumo e o posicionamento dos ocupantes durante o abandono do edifício.

Quadro 5.13. Tempos de evacuação, por PE, dos últimos ocupantes a saírem do edifício, para o cenário\_SU\_FID3\_SCFR+90%.

Portas de evacuação	Ocupantes que saíram	Tempo em que o último ocupante saiu por PE [s]	Observações
PE-1	19	116	linhas a cheio e a tracejado a verde, Fig. 5.35
PE-2	73	280	linhas a cheio e a tracejado a roxo, Fig. 5.35
Total	92	-	O edifício evacuou em 250 s.

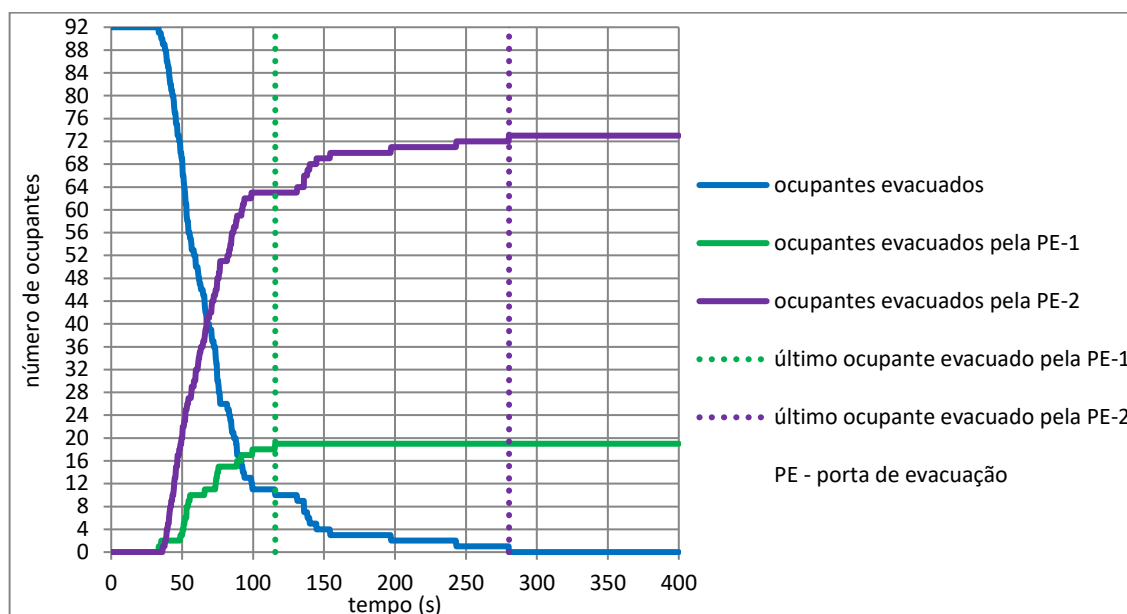


Figura 5.35. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por PE para o cenário\_SU\_FID3\_SCFR+90%.

O fluxo  $F = 1,16 [p / s]$  (expressão 5.1.5) foi calculado para a PE-2, visto que 79%, isto é, 73 ocupantes saíram por esta porta.

$$F = \frac{P}{T} \Leftrightarrow F = \frac{73}{99 - 36} \Leftrightarrow F = 1,16 [p/s] \quad (5.1.5)$$

Decorridos 100 s da simulação, a evacuação do CCF começou a ter intermitência, o que levou a assumir que os 11 ocupantes que evacuaram o CCF depois deste tempo estavam feridos, por isso as suas velocidades diminuíram. Os supostos ferimentos registados não estiveram diretamente relacionados aos parâmetros temperatura e visibilidade, embora este último tenha tido certa influência para a VHE-3. Presumiu-se que os ferimentos foram devido ao congestionamento observado na VHE-3, porque 80% do CCF usou a referida via de evacuação para alcançar uma das duas PE existentes e que levavam ao exterior.

No cenário em análise, excetuando a visibilidade da VHE-3 (Fig. 5.42), o resto das vias de evacuação registaram os dois parâmetros do lado da segurança, Figuras 5.37; 5.38; 5.39; 5.40 e 5.41. Aos 116 s a VHE-3 registou uma visibilidade do lado da segurança, no entanto, ainda faltavam por evacuar o CCF 10 (11%) ocupantes de um total de 92 (100%). Mais da metade dos 10 ocupantes que aos 116 s era antes de evacuar o CCF, saiu do mesmo antes dos 180 s, porque a essa altura só faltavam 2 ocupantes por evacuar o CCF. Embora aos 180 s a visibilidade se registara a uma altura do pavimento abaixo da mínima estabelecida para o presente estudo, pode-se considerar que a saída dos 10 ocupantes também foi segura. Logo, a

evacuação para o presente cenário ocorreu de forma segura, porque 98% do CCF evacuou com a temperatura e visibilidade a se registarem do lado da segurança.

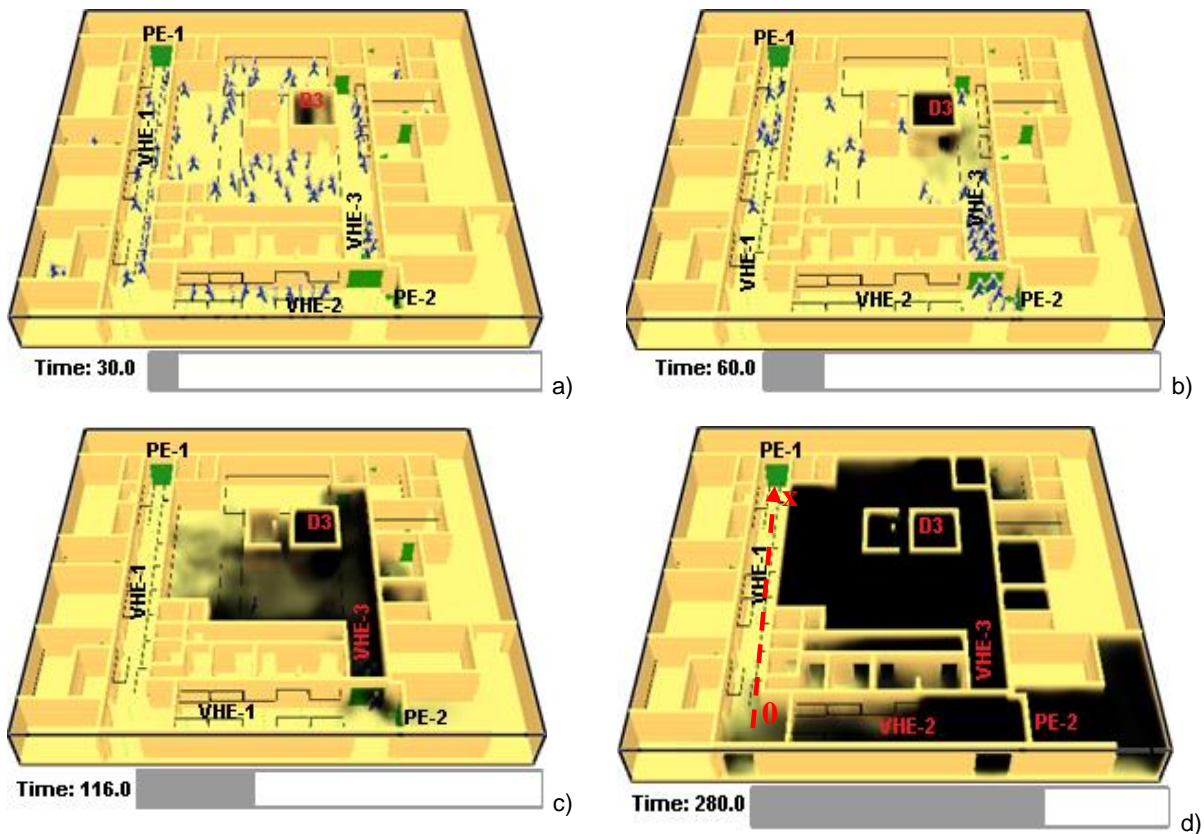


Figura 5.36. Localização das PE, das VHE, dos ocupantes e o comportamento do fumo, para o cenário\_SU\_FID3\_SCFR+90%, nos instantes: a) 30 s; b) 60 s; c) 116 s e d) 280 s.

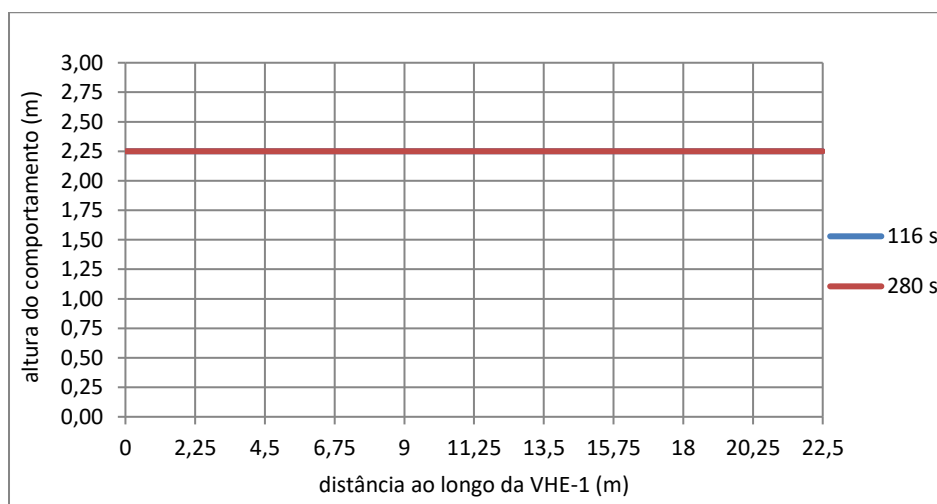


Figura 5.37. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário\_SU\_FID3\_SCFR+90%.

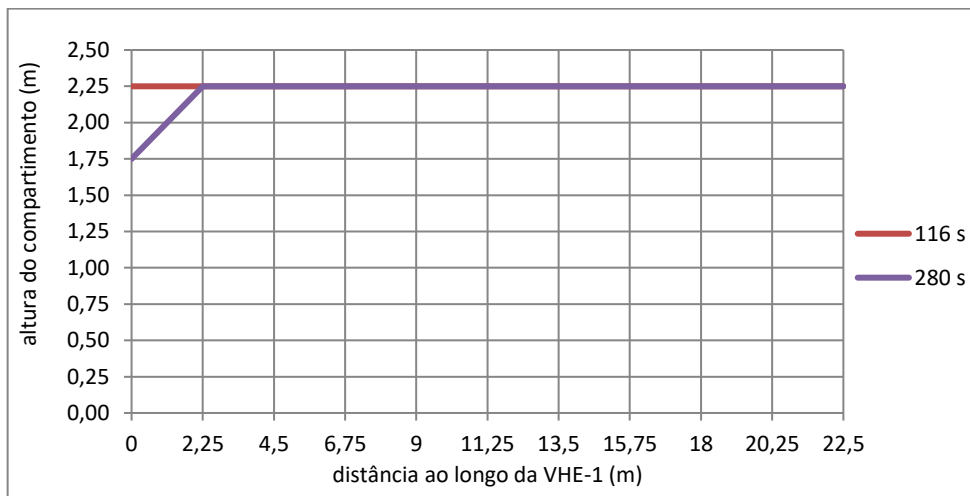


Figura 5.38. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário\_SU\_FID3\_SCFR+90%.

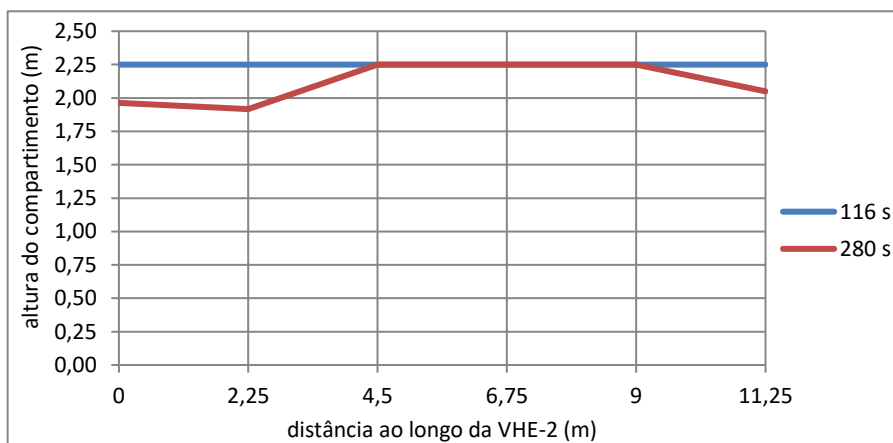


Figura 5.39. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-2 para o cenário\_SU\_FID3\_SCFR+90%.

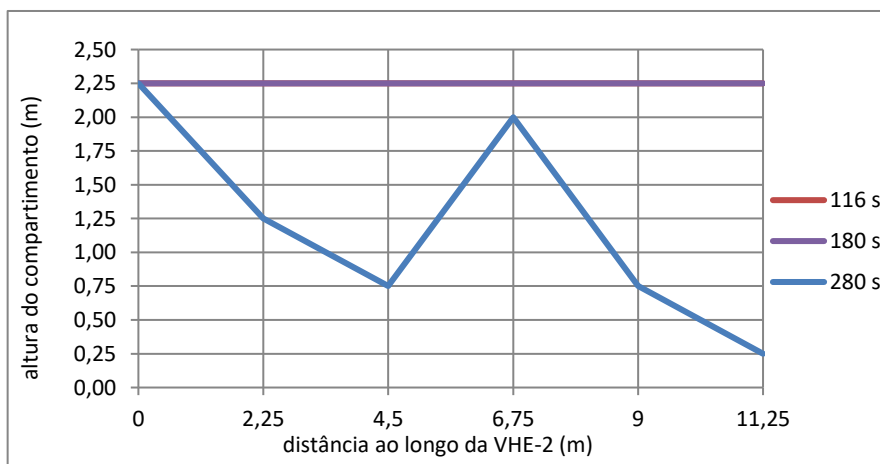


Figura 5.40. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-2 para o cenário\_SU\_FID3\_SCFR+90%.

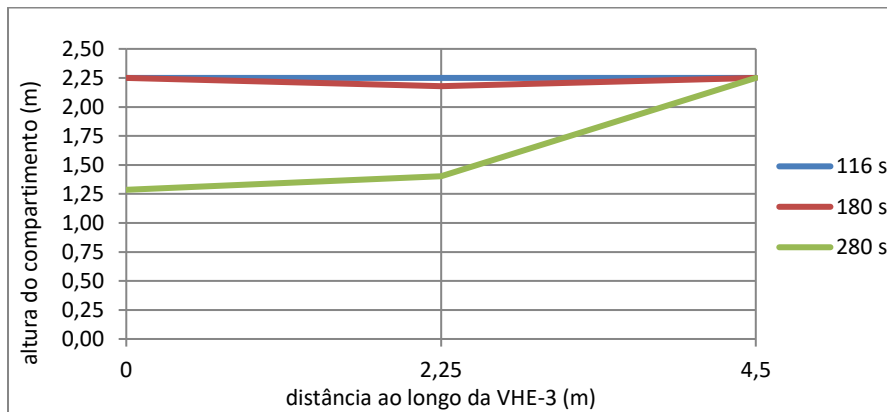


Figura 5.41. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-3 para o cenário\_SU\_FID3\_SCFR\_R+90%.

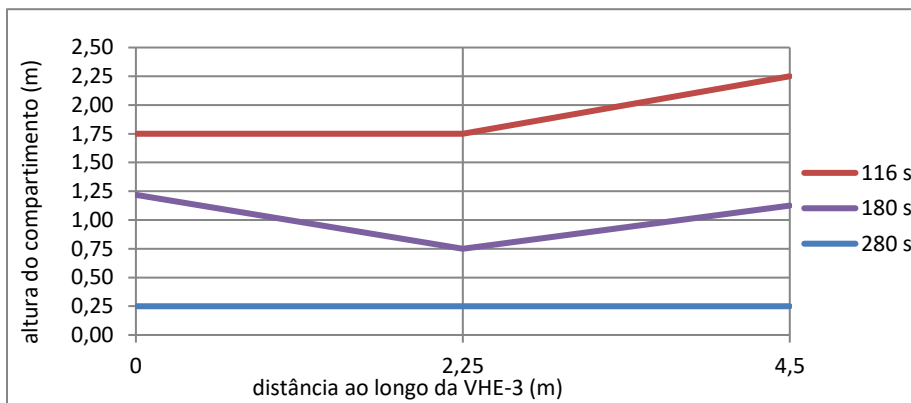


Figura 5.42. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-3 para o cenário\_SU\_FID3\_SCFR+90%.

### 5.3.2. Segundo foco de incêndio – sala de arrumações

O segundo foco de incêndio difere do primeiro no que toca à divisão da origem do incêndio e o tempo do fim do pré-movimento. Para os 8 cenários desenvolvidos neste foco do incêndio o *burner* localizava-se no compartimento de arrumações-D6 (Fig. 5.43) e o pré-movimento findou passados 180 s da simulação. A variação dos efetivos foi a mesma adotada nos cenários do primeiro foco do incêndio (sala aberta-D3), isto é, o cenário\_SU\_FID6\_SCFR teve 48 ocupantes, 63 para o cenário\_SU\_FID6\_SCFR+30% (consta do Apêndice B), 77 para o cenário\_SU\_FID6\_SCFR+60% (consta também do Apêndice B) e o cenário\_SU\_FID6\_SCFR+90% teve 92 ocupantes.

As imagens constantes da Figura 5.43 apresentam a localização das saídas de emergência, os caminhos de evacuação usados pelos ocupantes durante o abandono do CCF, bem como a propagação do fumo até ao fim do pré-movimento.



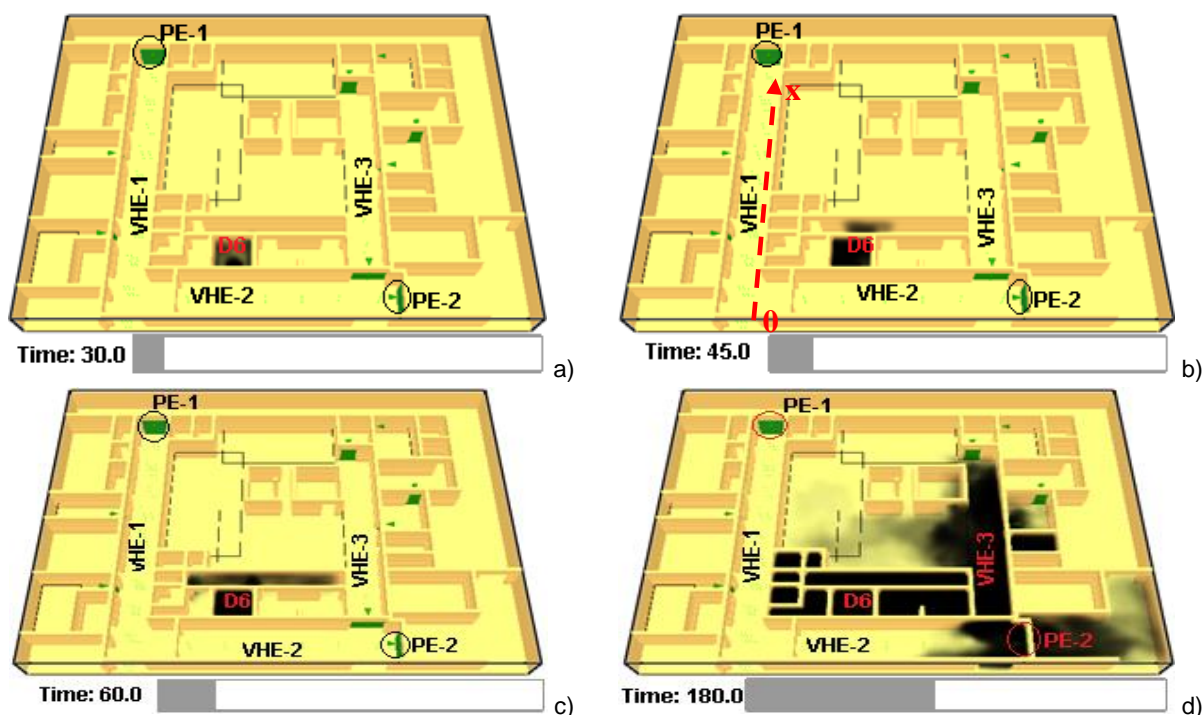


Figura 5.43. Localização das PE e VHE e comportamento do fumo para os instantes: a) 30 s; b) 45 s; c) 60 s e d) 180 s, para a sala de arrumações – CCF SU.

### Cenário\_SU\_FID6\_SCFR

O processo de evacuação do edifício pelos 48 ocupantes simulados está descrito no Quadro 5.14, assim como na Figura 5.44. Entretanto, fazendo uma análise comparativa do presente cenário com o primeiro analisado no primeiro foco, pode-se concluir que devido ao fumo na VHE-3 que se estendeu até a VHE-2 em particular na zona da PE-2, uma parte dos ocupantes da sala aberta-D3 e quartos-D4 e D5 (em número de 10) não conseguiram localizar a PE-2 (a mais próxima) e acabaram por evacuar o CCF pela PE-1. No cenário\_SU\_FID3\_SCFR, cuja evacuação começou com o incêndio na fase precoce, todos os ocupantes das referidas divisões saíram pela PE-2, o que era suposto pois, era a mais próxima dos locais de permanência.

Quadro 5.14. Tempos de evacuação, por PE, dos últimos ocupantes a saírem do edifício, para o cenário\_SU\_FID6\_SCFR.

Portas de evacuação	Ocupantes que saíram	Tempo em que o último ocupante saiu por PE [s]	Observações
PE-1	14	240	linhas a cheio e a tracejado a vermelho, Fig. 5.44
PE-2	30	389	linhas a cheio e a tracejado a verde, Fig. 5.44
Total	44	-	4 ocupantes não evacuaram o edifício.

Pelo facto de a evacuação do CCF ter começado com a VHE-3 quase toda cheia de fumo (Fig. 5.51), 20 ocupantes foram considerados feridos dado que, caminharam através do fumo. Por

outro lado, as intermitências relevantes observaram-se decorridos 240 s, período em que saíram do edifício os 20 ocupantes.

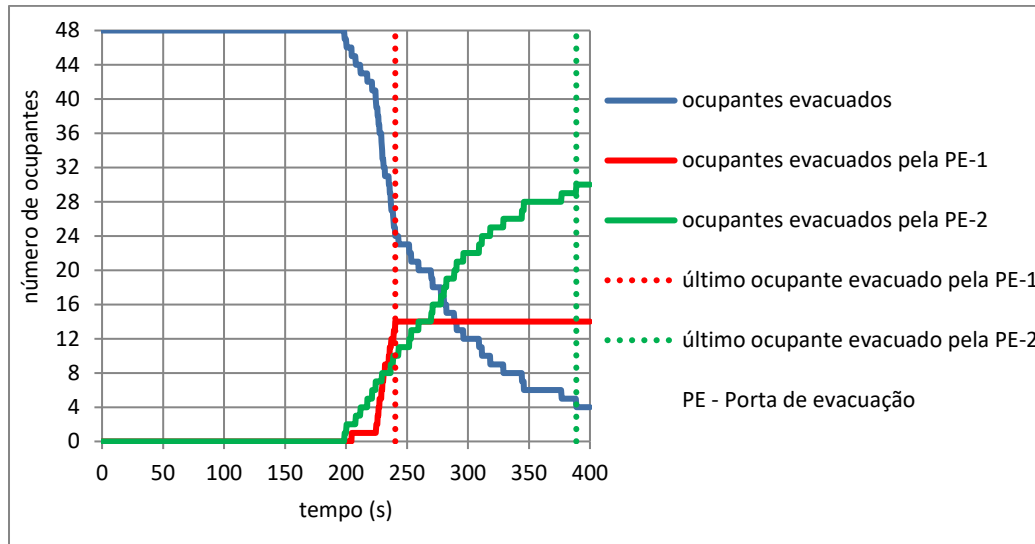


Figura 5.44. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por PE para o cenário\_SU\_FID6\_SCFR.

A Figura 5.45 constitui a tradução da evacuação através de imagens pois, apresenta-se o fim do pré-movimento, os tempos da evacuação dos 2 últimos ocupantes dos que conseguiram sair do edifício, o comportamento do fumo durante a simulação e o posicionamento dos ocupantes nos três tempos indicados nas imagens.

As Figuras 5.46 e 5.47 apresentam a temperatura dos gases acima de 80 °C e a visibilidade de 10 m registadas ao longo da VHE-1, durante os 400 s da simulação. Das figuras observa-se que, quer a temperatura, quer a visibilidade não tiveram influências significativas à evacuação, uma vez que até aos 240 s, altura em que o último ocupante dos que percorreram a VHE-1 e saiu pela PE-1, os dois parâmetros registavam-se a 2,25 m de altura do pavimento.

Ao longo da VHE-2 pode-se observar, a partir da Figura 5.48, que decorridos 300 s de incêndio a temperatura dos gases acima de 80 °C ainda oferecia condições de segurança, mas dos 360 aos 389 s de simulação, a mesma temperatura foi registada a uma altura do pavimento de 1,25 m, isto é, 0,50 m abaixo da altura de referência (1,75 m). A visibilidade (Fig. 5.49) não foi também muito favorável a uma evacuação segura do CCF posto que, aos 300 s as distâncias 9 m a 11,25 m registaram-na a uma cota de 0,75 m em relação ao pavimento e ainda faltavam por evacuar o CCF 12 ocupantes. O ponto 9 m constituía o primeiro local da VHE-2 a sofrer dos efeitos do incêndio, pois era a zona de intersecção com a VHE-3, enquanto o ponto 11,25 m correspondia a zona da PE-2. Com as distâncias 9 a 11,25 m cheias de fumo a evacuação pela PE-2 (saída mais próxima para os ocupantes da sala aberta-D3 e

dos quartos-D4 e D5) estava comprometida, porque estava invisível, o que praticamente a tornava inacessível.

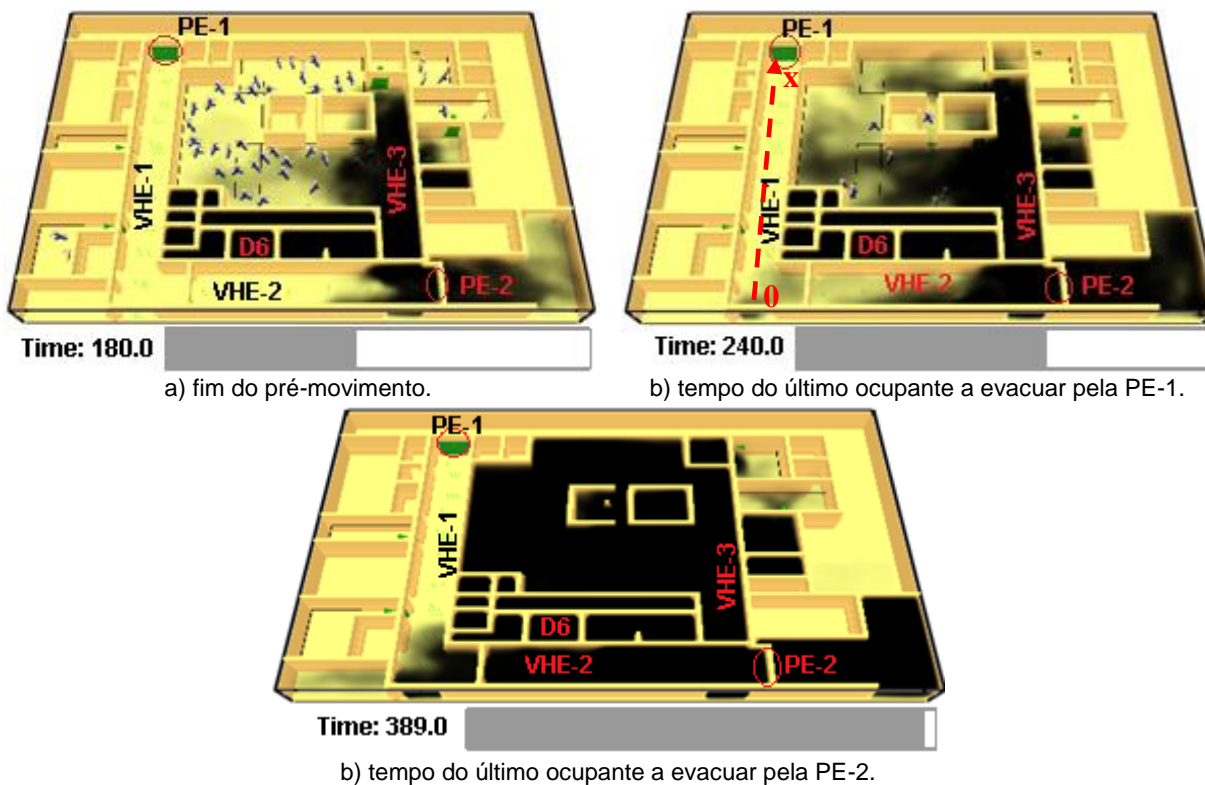


Figura 5.45. Comportamento do fumo para o cenário\_SU\_FID6\_SCFR, nos instantes: a) 240 s e b) 389 s.

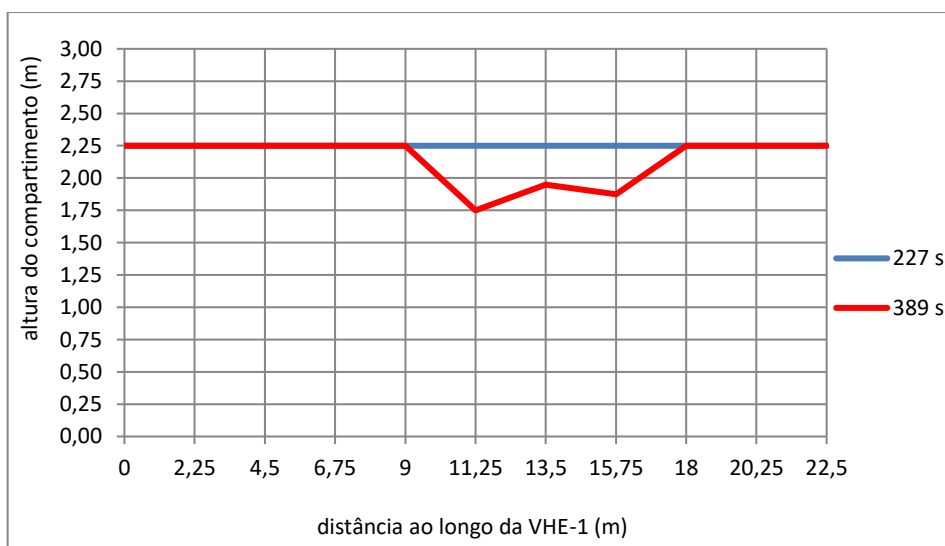


Figura 5.46. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário\_SU\_FID6\_SCFR.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS DAS MODELAÇÕES

NUMÉRICAS COM O FDS+EVAC

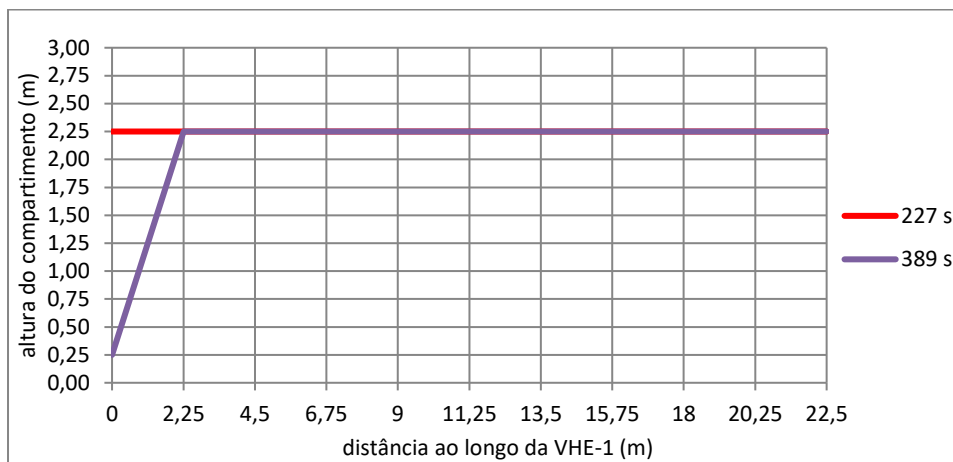


Figura 5.47. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário\_SU\_FID6\_SCFR.

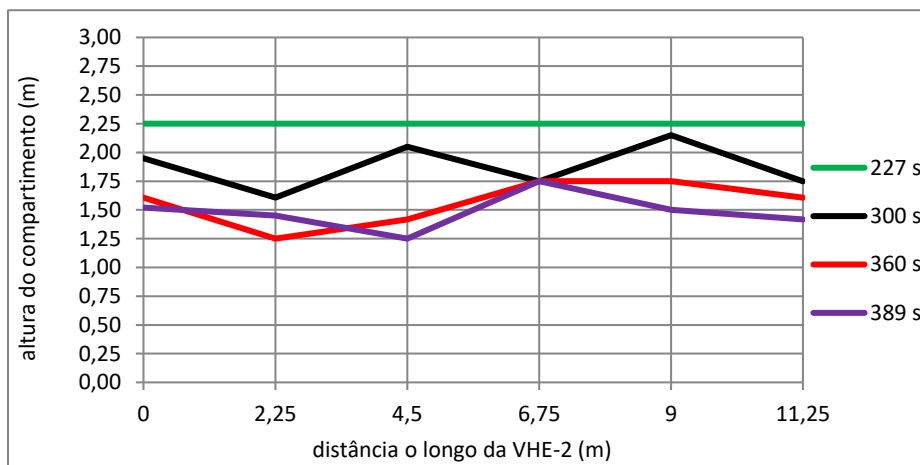


Figura 5.48. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-2 para o cenário\_SU\_FID6\_SCFR.

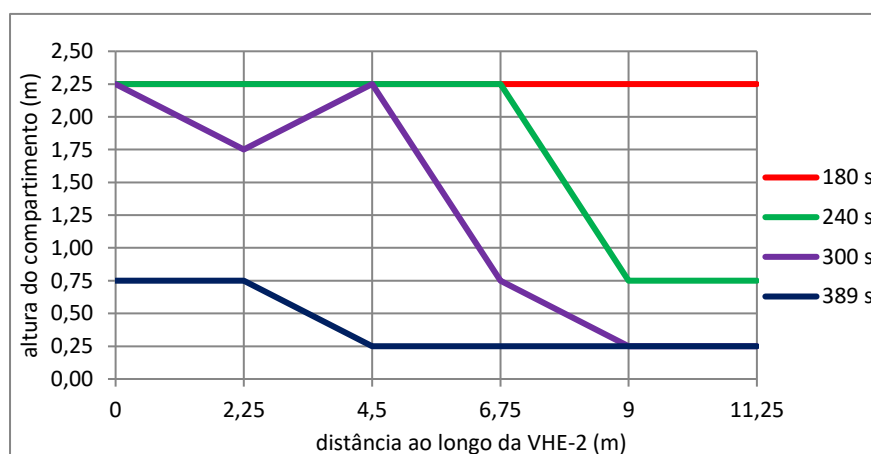


Figura 5.49. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-2 para o cenário\_SU\_FID6\_SCFR.

Para análise da evolução da temperatura e da propagação do fumo para a VHE-3 recorreu-se as Figuras 5.50 e 5.51. De sublinhar que, a VHE-3 era a primeira a ser atingida pelo incêndio e seus efeitos, porque se encontrava próximo da origem do incêndio. Por outro lado, os ocupantes internados na sala aberta-D3 e nos quartos-D4 e D5, imperiosamente, deviam a percorrer para evacuar o CCF. Assim sendo, ao fim de 300 s de simulação, o ponto 0 m localizado junto à porta que dava acesso à VHE-2 registou a temperatura dos gases acima de 80 °C a 1 m do chão, o que significa que a radiação incidia fortemente sobre os ocupantes a evacuar o CCF. A temperatura dos gases acima de 80 °C manteve-se a 1 m de altura até a saída do último ocupante dos que conseguiram abandonar o edifício.

Relativamente à visibilidade (Fig. 5.51), constatou-se que até ao fim do pré-movimento (180 s) se registava a 0,75 m do chão. Isto traduz a ideia de que a evacuação do CCF pelos 44 (92%) ocupantes (que dependiam da VHE-3 para chegar a uma das duas PE) ficou comprometida muito antes do fim do pré-movimento. Com o fim do pré-movimento definido para 180 s, os ocupantes chegaram à VHE-3 com esta já cheia de fumo, motivo pelo qual 4 ocupantes não conseguiram sair do edifício.

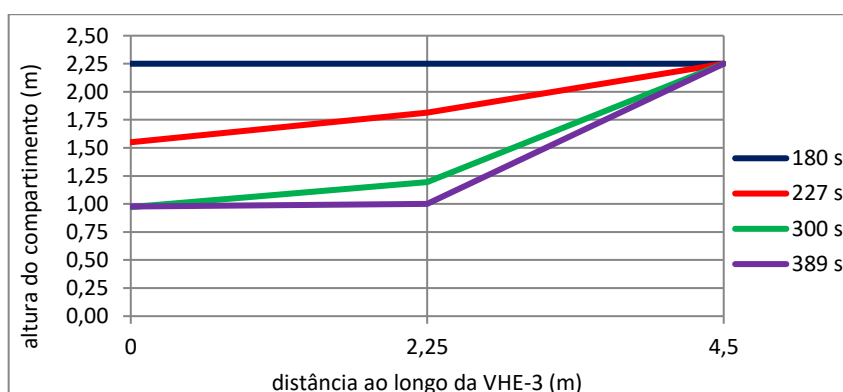


Figura 5.50. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-3 para o cenário\_SU\_FID6\_SCFR.

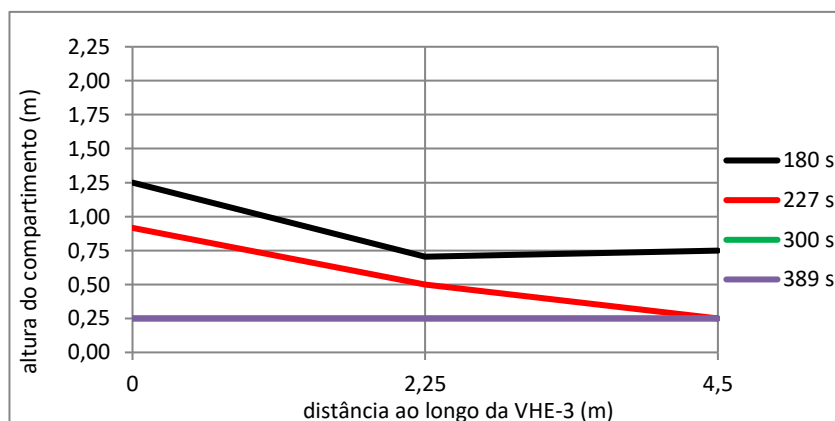


Figura 5.51. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-3 para o cenário\_SU\_FID6\_SCFR.

**Cenário\_SU\_FID6\_SCFR+90%**

No presente cenário, o abandono do edifício pelos 92 ocupantes começou com o fim do tempo de pré-movimento aos 180 s. Durante a evacuação os ocupantes distribuíram-se pelas duas saídas de emergência que estavam disponíveis, de acordo com os resultados do Quadro 5.15 e da Figura 5.52. Dado as intermitências registadas entre os 260 a 382 s da simulação deduziu-se que, os 16 ocupantes que evacuaram o edifício neste intervalo estavam feridos, atendendo por outro lado, que os caminhos de evacuação estavam cheios de fumo, Figura 5.53.

Quadro 5.15. Tempos de evacuação, por PE, dos últimos ocupantes a saírem do edifício, para o cenário\_SU\_FID6\_SCFR+90%.

Portas de evacuação	Ocupantes que saíram	Tempo em que o último ocupante saiu por PE [s]	Observações
PE-1	19	354	linhas a cheio e a tracejado a preto, Fig. 5.52
PE-2	49	382	linhas a cheio e a tracejado a vermelho, Fig. 5.52
Total	68	-	24 ocupantes não evacuaram o edifício.

As análises das influências da temperatura e da visibilidade ao longo das VHE-1 e 2, mostram que ao fim de 354 s da simulação, (momento em que o último ocupante dos que percorreram a VHE-1 saiu pela PE-1), a temperatura e a visibilidade registaram-se do lado da segurança (Figs. 5.54 e 5.55). No entanto, para a VHE-2, aos 354 s, só a temperatura se registou do lado da segurança, (Fig. 5.56). Aquando da evacuação do último ocupante (aos 382 s) dos que conseguiram sair do edifício, a temperatura dos gases acima de 80 °C registava-se a 0,25 m abaixo da altura mínima (1,75 m) adotada no presente estudo, todavia os ocupantes podiam se abaixar apenas 0,25 m para sofrerem pouco dos efeitos da radiação e evacuarem de forma segura.

O fluxo para o cenário\_SU\_FID6\_SCFR+90% foi de  $F = 0,81 [p / s]$ , segundo a expressão 5.1.5.

$$F = \frac{P}{T} \Leftrightarrow F = \frac{26}{220 - 188} \Leftrightarrow F = 0,81 [p/s] \quad (5.1.5)$$

No que toca a visibilidade de 10 m para a VHE-2 (Fig. 5.57) verificou-se que, aos 240 s era nula no ponto 9 m, isto é, local de intersecção com a VHE-3. A esta altura (240 s) tinham evacuado o CCF 44 (48%) ocupantes dos 92 (100%) por evacuar. Com 300 s de incêndio decorridos, a visibilidade já era nula entre as distâncias 4,5 m a 9 m (Fig. 5.57), por conseguinte, percorrer a VHE-2 tornava-se difícil, motivo pelo qual o último ocupante dos que saíram do CCF o fez sem qualquer visibilidade acima do pavimento.

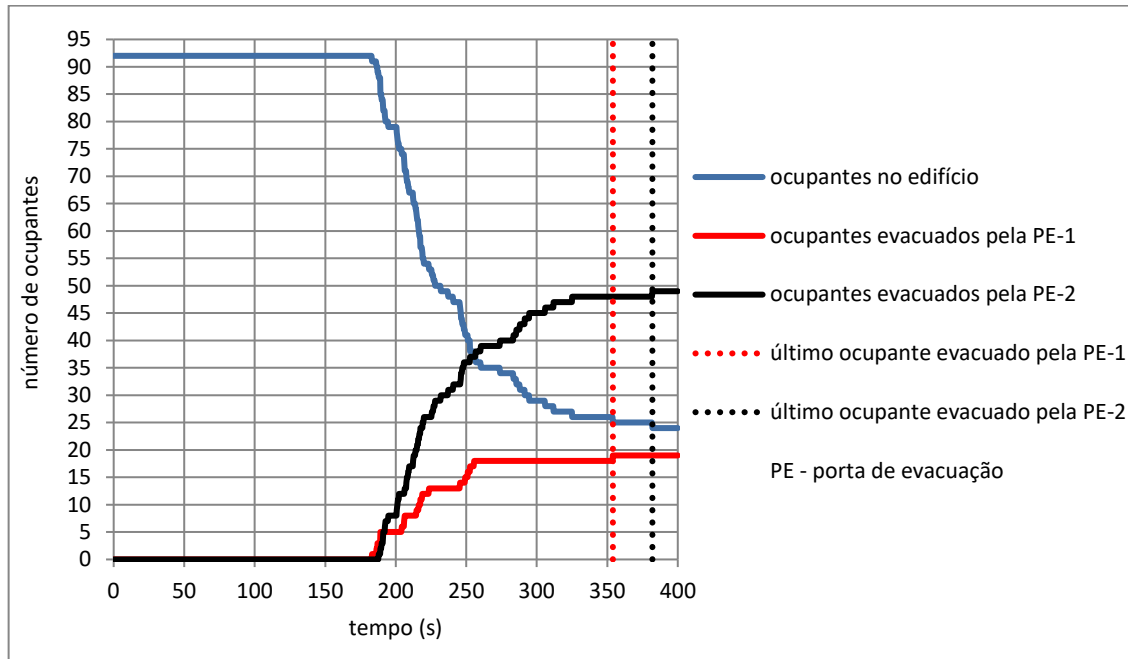


Figura 5.52. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por PE para o cenário\_SU\_FID6\_SCFR+90%.

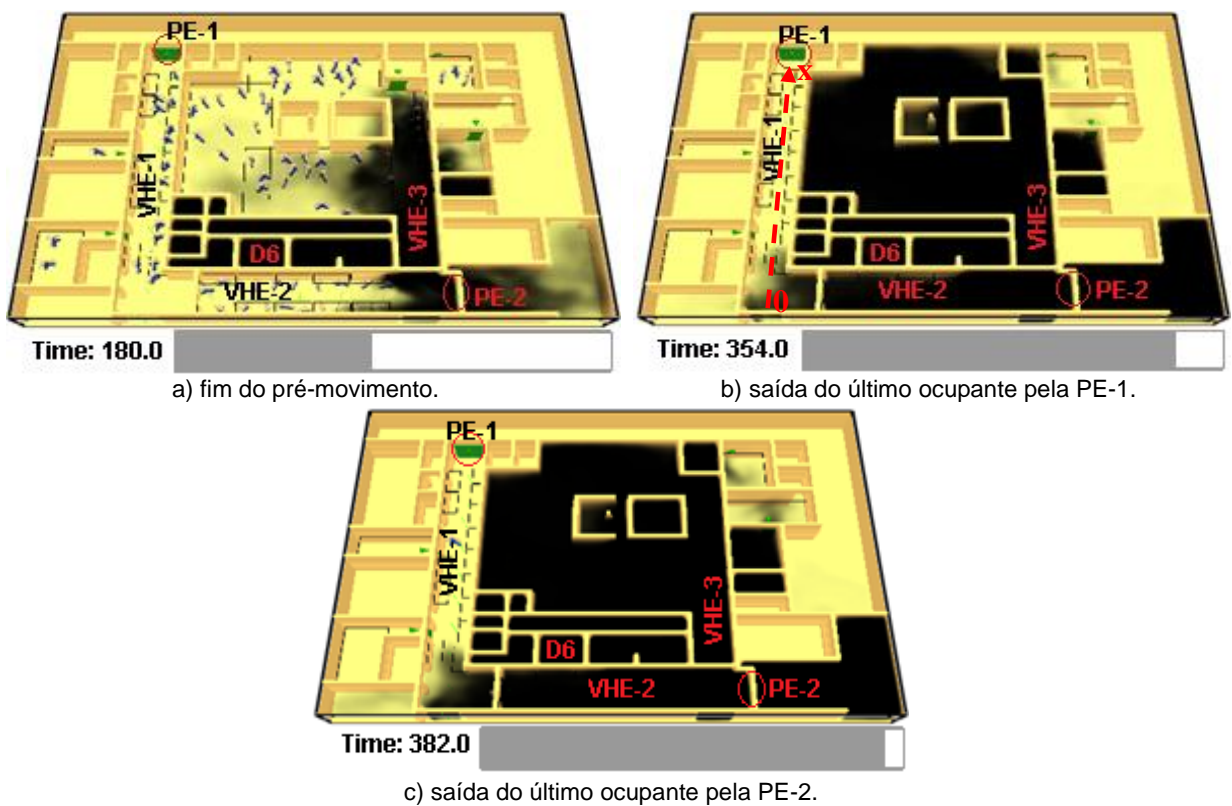


Figura 5.53. Comportamento do fumo, localização dos ocupantes e saída dos últimos, para o cenário\_SU\_FID6\_SCFR+90%: a) 180 s; b) 354 s e c) 382 s.

## 5. ANÁLISE DOS RESULTADOS DAS MODELAÇÕES

### NUMÉRICAS COM O FDS+EVAC

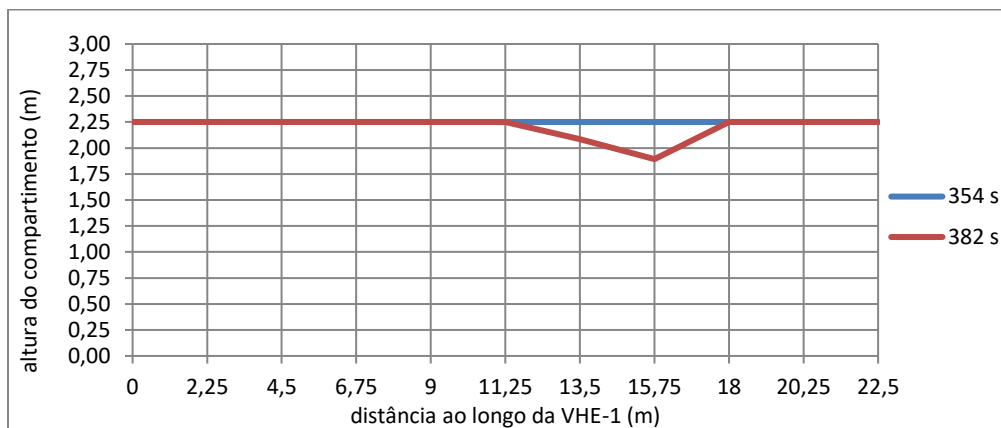


Figura 5.54. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário\_SU\_FID6\_SCFR+90%.

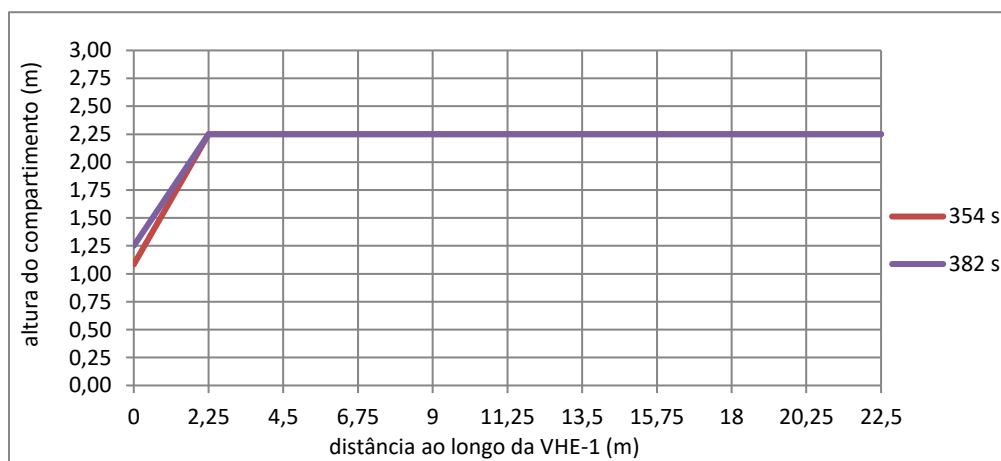


Figura 5.55. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário\_SU\_FID6\_SCFR+90%.

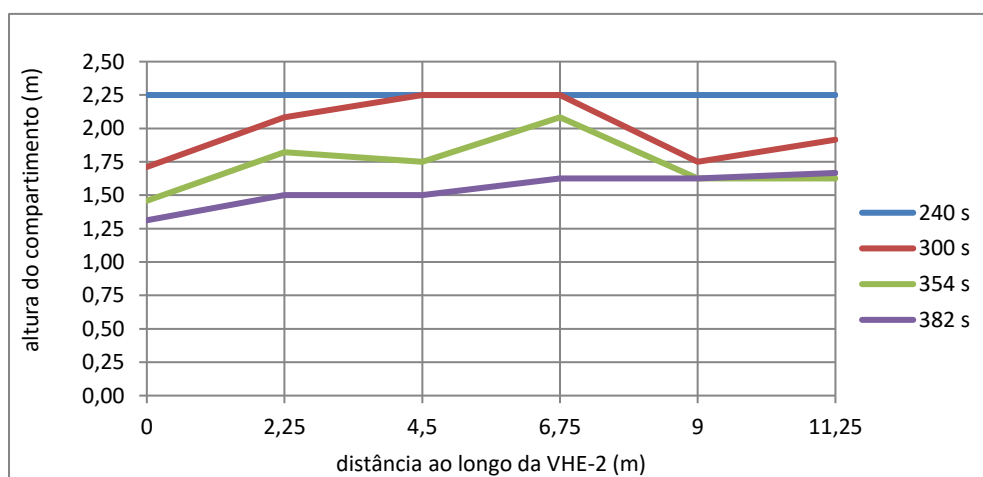


Figura 5.56. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-2 para o cenário\_SU\_FID6\_SCFR+90%.



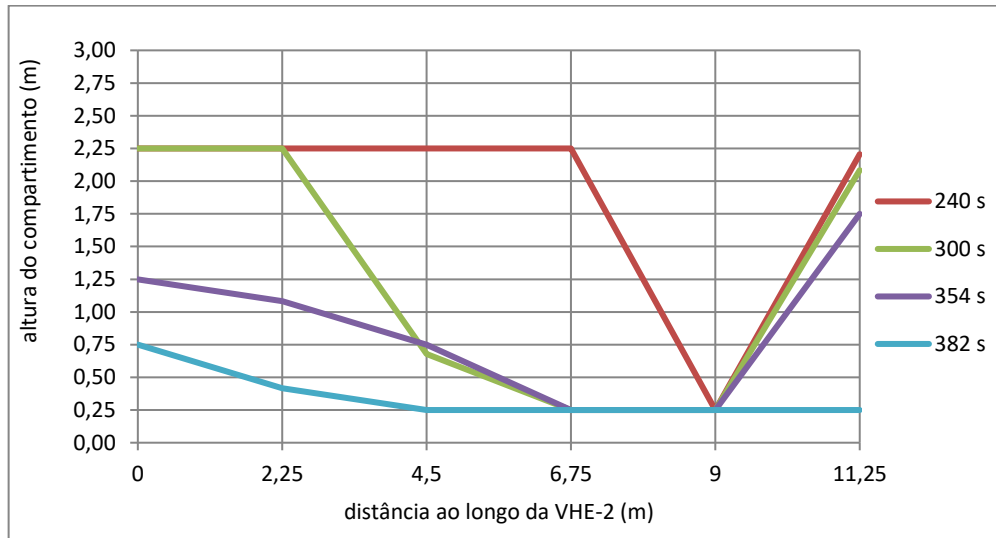


Figura 5.57. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-2 para o cenário\_SU\_FID6\_SCFR+90%.

Finalmente a análise das condições da temperatura e visibilidade enfrentadas pelos ocupantes da sala aberta-D3 e dos quartos-D4 e D5 ao percorrerem a VHE-3 foi através das Figuras 5.58 e 5.59. Ao fim do pré-movimento, aos 180 s, a temperatura dos gases acima de 80 °C e a visibilidade de 10 m registaram-se a 2,25 m do pavimento, todavia aos 240 s a temperatura dos gases acima de 80 °C foi registada a uma cota de 1,50 m do pavimento (Fig. 5.58) e a visibilidade quase nula (Fig. 5.59). A visibilidade quase nula registada aos 240 s (60 s depois do fim do pré-movimento) constituiu obstáculo para os ocupantes da sala aberta-D3 e dos quartos-D4 e D5, uma vez que era quase impossível abandonar o edifício em segurança. Como consequência da falta de visibilidade na VHE-3 houve congestionamento e 24 ocupantes não conseguiram sair do edifício.

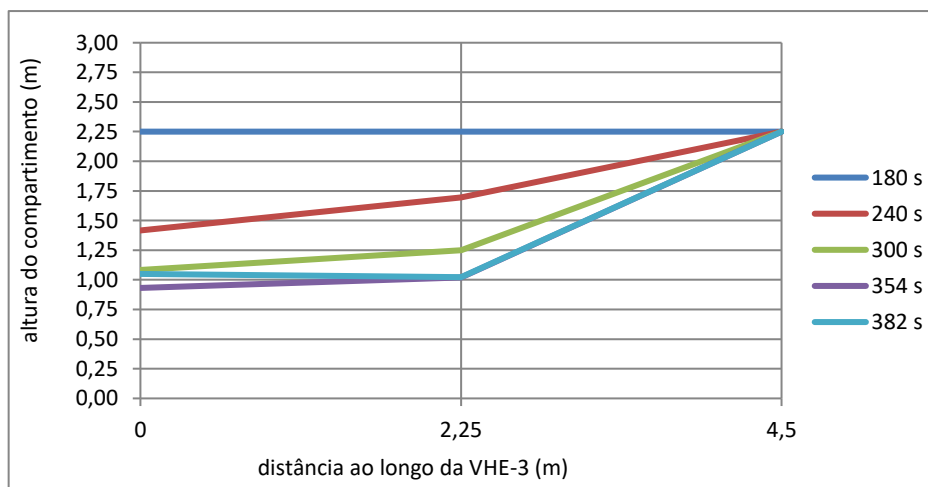


Figura 5.58. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-3 para o cenário\_SU\_FID6\_SCFR+90%.

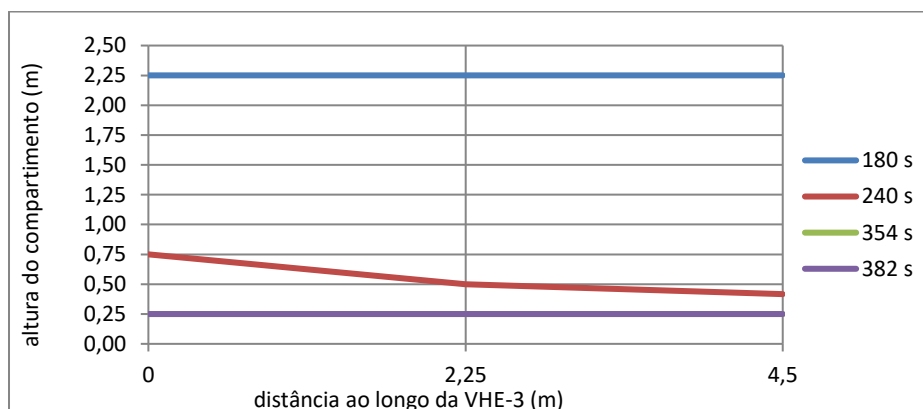


Figura 5.59. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-3 para o cenário\_SU\_FID6\_SCFR+90%.

### 5.3.3. Segundo foco de incêndio – cenários com nova porta de evacuação

Simulados os quatro cenários do subcapítulo anterior (cujo 2 são apresentados no Apêndice B) verificou-se que, em cada cenário quase 30% do CCF SU não evacuou devido ao congestionamento observado na VHE-3, (Benzane, et al. 2018). Deste modo, procuraram-se soluções com vista a criar condições para a evacuação de todo o CCF ou 90% do mesmo. Dentre várias soluções testadas, a que se mostrou prática e eficaz foi a introdução de uma nova porta de evacuação (NPE), distinta da VHE-3 e que dava acesso direto à VHE-5, (Fig. 4.21). A nova porta de evacuação, para além de ser distinta à VHE-3, achou-se ser uma solução prática e menos onerosa.

Os 4 cenários a seguir têm o mesmo número de ocupantes dos cenários analisados nos dois subcapítulos anteriores, as mesmas condições de segurança contra o incêndio, foco de incêndio na sala de arrumações-D6 e o tempo do fim do pré-movimento fixado em 180 s. O parâmetro diferenciador entre os cenários a seguir, com os já analisados (concretamente os do subcapítulo 5.3.2) consistiu na introdução de uma nova porta de evacuação.

#### **Cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR+30%**

O presente cenário teve 400 s de simulação e 63 ocupantes que se distribuíam pelos compartimentos: D1, D2, D3, D4, D5 e pela VHE-1. A evacuação, a contagem dos ocupantes pelas saídas de emergência, bem como os tempos em que os últimos ocupantes saíram do CCF, constam do Quadro 5.16 e da Figura 5.60.

Pelo fluxo contínuo representado pela linha a laranja (Fig. 5.60) assumiu-se que não houve feridos. A diferença de tempo entre o penúltimo e o último ocupante a sair do CCF foi de 20 s, diferença considerada normal para evacuação em incêndio.

Quadro 5.16. Tempos de evacuação, por PE, dos últimos ocupantes a saírem do edifício, para o cenário\_SU\_FID6\_SCFR+30%.

Portas de evacuação	Ocupantes que saíram	Tempo em que o último ocupante saiu por PE [s]	Observações
PE-1	14	242	linhas a cheio e a tracejado a preto, Fig. 5.60
PE-2	4	251	linhas a cheio e a tracejado a roxo, Fig. 5.60
NPE	45	270	linhas a cheio e a tracejado a verde, Fig. 5.60
Total	63	-	O edifício evacuou em 150 s.

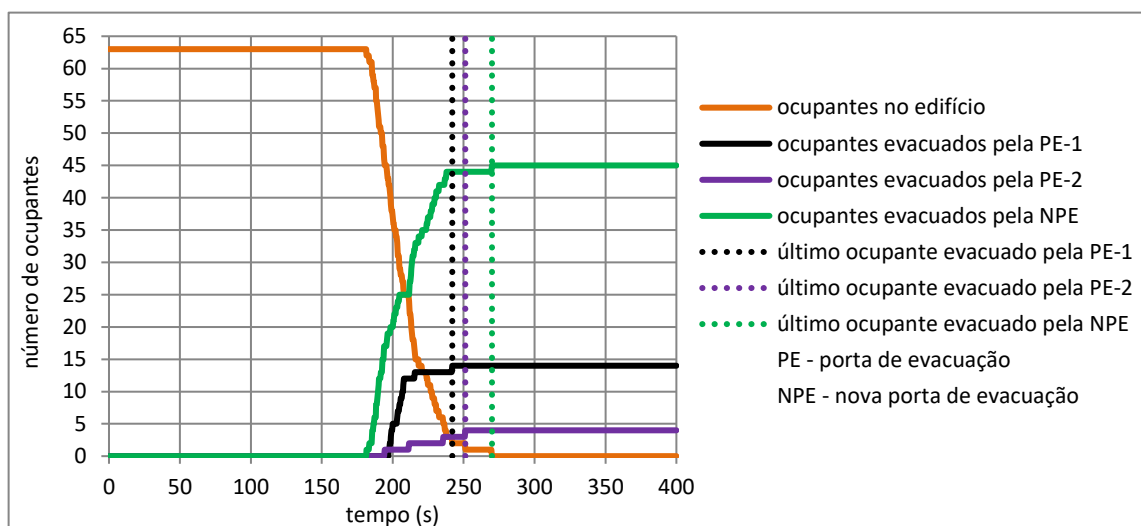


Figura 5.60. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por PE para o cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR+30%.

A evacuação total do CCF, bem como o fluxo contínuo observados em particular na NPE foi devido às condições de segurança proporcionadas pela temperatura e visibilidade, Figuras 5.61; 5.62; 5.63 e 5.64. Excetuando a visibilidade das distâncias 9 m a 11,25 m (Fig. 5.64) que aos 242 s da simulação se registou entre 0 a 0,75 m da altura do pavimento, as Figuras 5.61; 5.62 e 5.63 registaram a temperatura e a respetiva visibilidade do lado da segurança. Aos 251 s evacuou o CCF o último ocupante dos que saíram pela PE-2, com as distâncias 6,75 m a 11,25 m a registarem uma visibilidade a uma cota de 0,75 m do pavimento, muito diminuta para uma evacuação segura em situação de incêndio, motivo pelo qual só 4 ocupantes percorreram a VHE-2 para saírem do edifício.

As análises da temperatura e da visibilidade registadas em 400 s da simulação mostram que, ao fim de 242 s (62 s depois do fim do pré-movimento), a temperatura dos gases acima de 80 °C registava-se a 1,50 m do pavimento, ou seja, 0,25 m abaixo de 1,75 m (altura de referência para o presente trabalho) para a VHE-3, Figura 5.65. Por seu turno, a visibilidade de 10 m (Fig. 5.66) registou-se desfavorável à evacuação desde o pré-movimento dado que, aos 180 s o ponto 0 m (porta de acesso à VHE-2) registou a visibilidade a 1 m de altura do pavimento e aos 242 s a 0,50 m de altura do pavimento, não havendo deste modo segurança para quem quisesse percorrer a VHE-3 e evacuar por uma das duas portas (PE-1 e 2). Por isso, maior

número dos ocupantes, ou seja, 45 (71%) saíram pela NPE, porque até à evacuação do CCF pelo último ocupante aquela registou a temperatura e a visibilidade do lado da segurança.

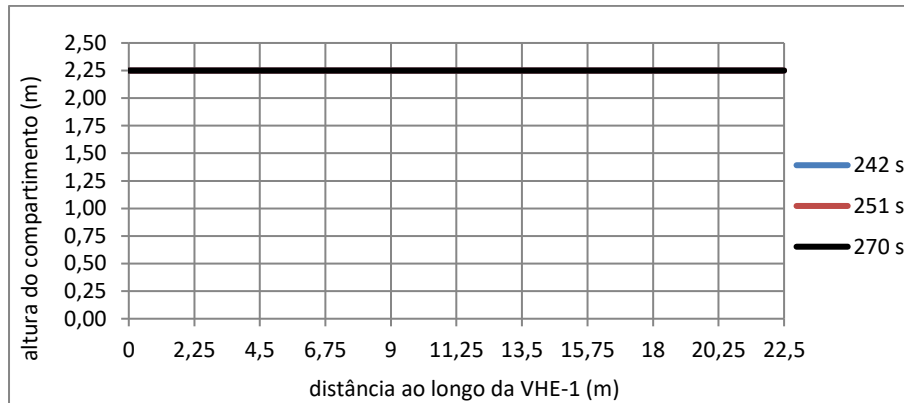


Figura 5.61. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR+30%.

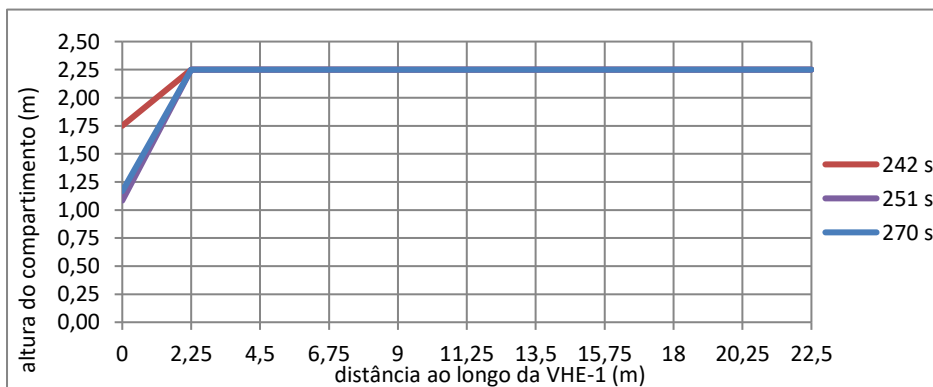


Figura 5.62. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR+30%.

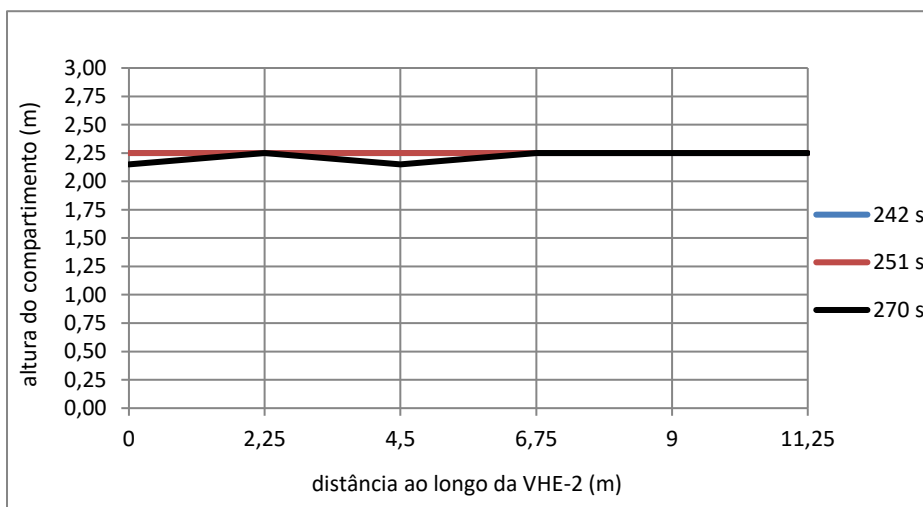


Figura 5.63. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-2 para o cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR+30%.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS DAS MODELAÇÕES NUMÉRICAS COM O FDS+EVAC

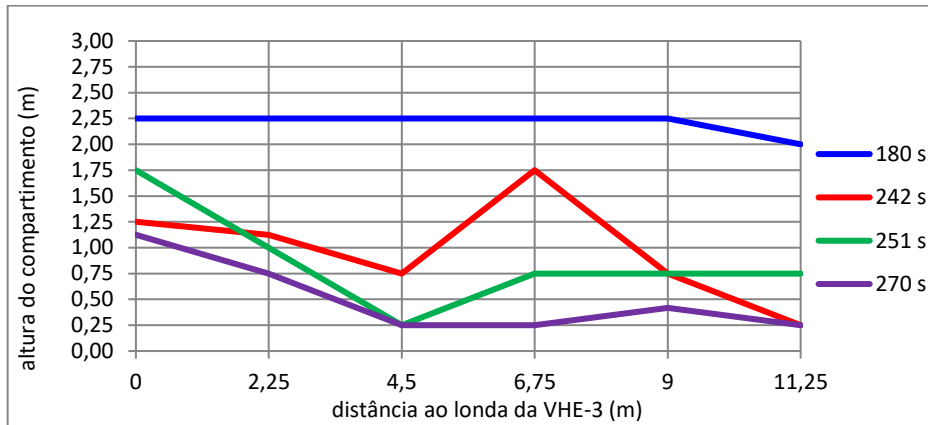


Figura 5.64. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-2 para o cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR+30%.

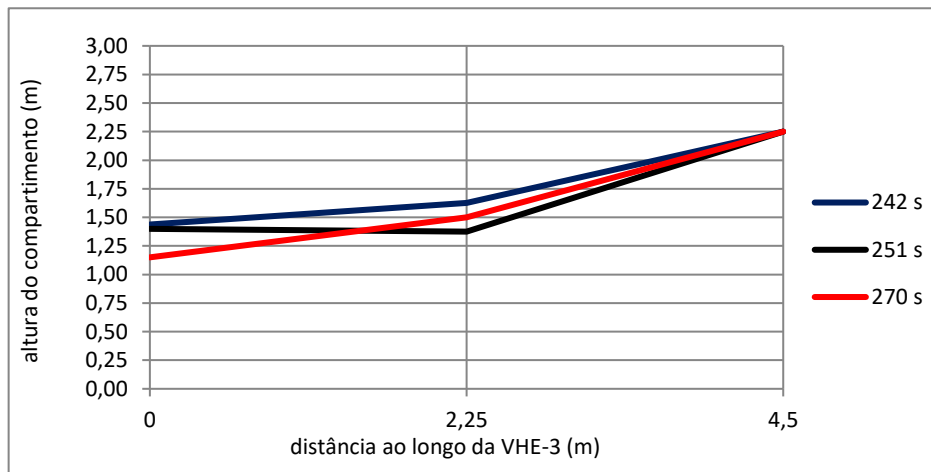


Figura 5.65. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-3 para o cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR+30%.

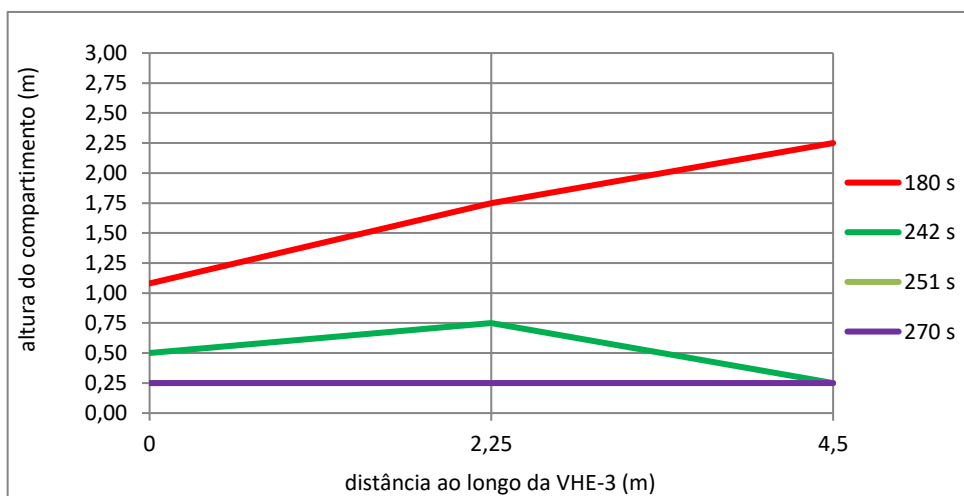


Figura 5.66. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-3 para o cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR+30%.

**Cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR+90%**

O cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR+90% foi o último analisado para o CCF SU, no entanto, contava com 92 ocupantes e registou um tempo de evacuação do edifício estimado em 236 s, segundo consta do Quadro 5.17 e das Figuras 5.67 e 5.68. A Figura 5.68 apresenta ainda o comportamento do fumo, assim como a movimentação dos ocupantes desde o fim do pré-movimento aos 180 s, até a evacuação do CCF aos 356 s.

Quadro 5.17. Tempos de evacuação, por PE, dos últimos ocupantes a saírem do edifício, para o cenário\_SU\_FID6\_SCFR+90%.

Portas de evacuação	Ocupantes que saíram	Tempo em que o último ocupante saiu por PE [s]	Observações
PE-1	19	345	linhas a cheio e a tracejado a verde, Fig. 5.67
PE-2	30	295	linhas a cheio e a tracejado a preto, Fig. 5.67
NPE	43	356	linhas a cheio e a tracejado a vermelho, Fig. 5.67
Total	92	-	O edifício evacuou em 236 s.

Por seu turno, as Figuras 5.69; 5.70; 5.71 e 5.72 apresentam o comportamento dos parâmetros temperatura e visibilidade para as VHE-1 e 2. Das Figuras 5.69 e 5.70 pode-se observar que até a saída do último ocupante, a temperatura e a visibilidade para a VHE-1 se registaram a 2,25 m acima do pavimento, ou seja, do lado da segurança. No que concerne à VHE-2, esta registou a temperatura dos gases acima de 80 °C do lado da segurança, até à evacuação de todo o compartimento, no entanto, a visibilidade de 10 m (Fig. 5.72) mostrou-se desfavorável à segurança, porque 60 s depois do fim do pré-movimento se registava a uma altura média de 0,75 m do pavimento. Interessa também sublinhar que, ao fim de 240 s já tinham evacuado o CCF 80 (87%) ocupantes, dos 92 por evacuar. Por outro lado, dos 30 que saíram pela PE-2, 26 abandonaram o edifício antes dos 240 s, ou seja, evacuaram com a visibilidade do lado da segurança, Figura 5.68.

Das intermitências registadas nas 3 PE assumiu-se que provavelmente 10 ocupantes estariam feridos, Figura 5.67. A grande causa para que existisse prováveis feridos foi, como em todos os cenários com 92 ocupantes, o maior número de ocupantes registados no CCF que com o soar do alarme geral entraram em pânico e uma parte (10 ocupantes) acabaram feridos.

O fluxo para o cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR+90% foi de  $F = 1,28 [p / s]$ , segundo a expressão 5.1.7

$$F = \frac{P}{T} \Leftrightarrow F = \frac{23}{200 - 182} \Leftrightarrow F = 1,28 [p/s] \quad (5.1.7)$$

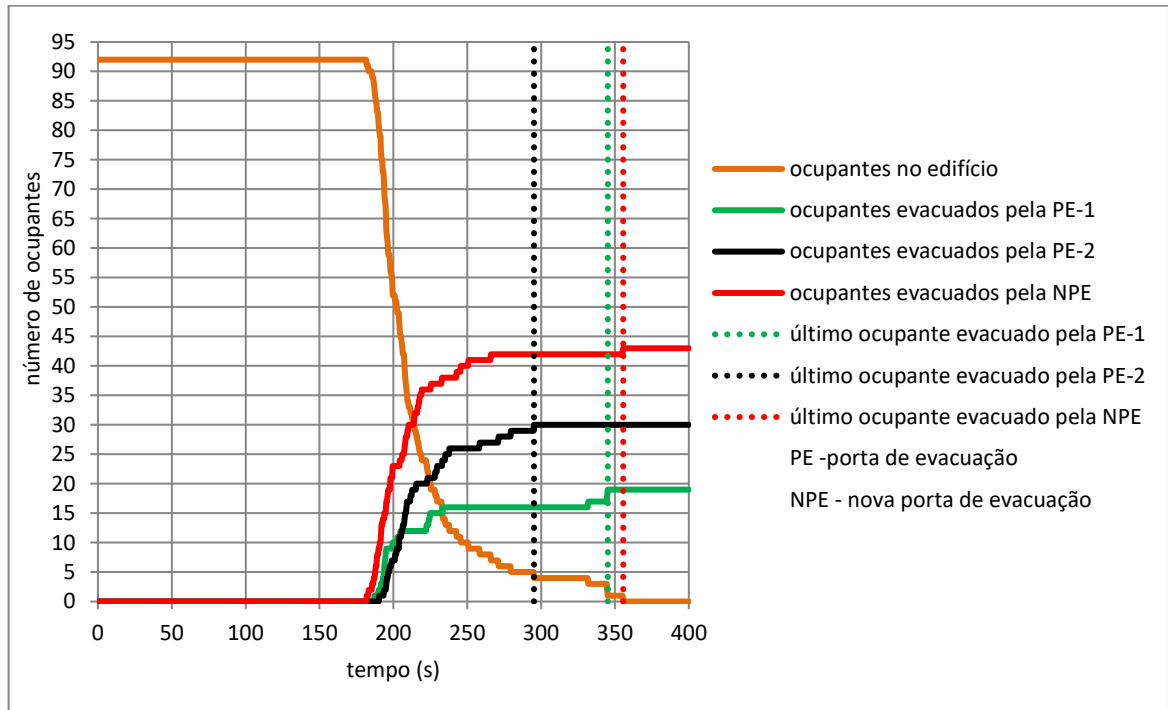


Figura 5.67. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por PE para o cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR+90%.

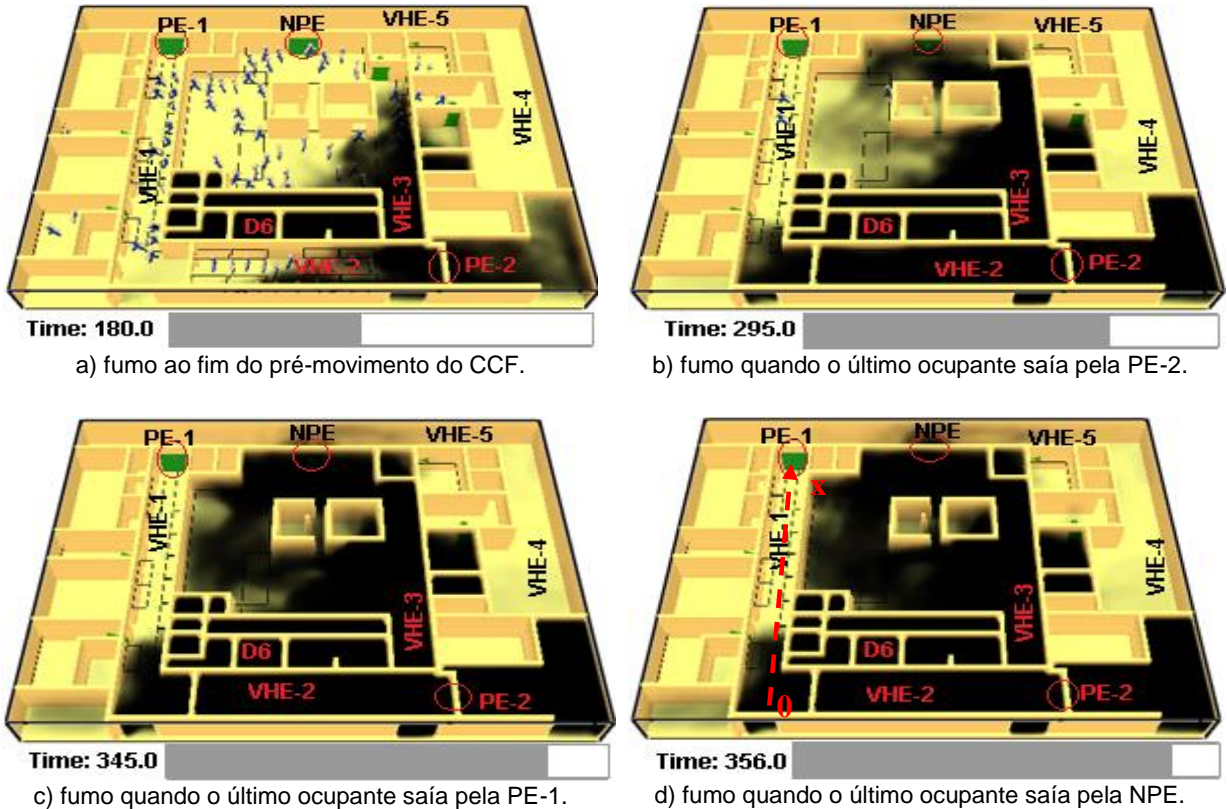


Figura 5.68. Disposição do efetivo, localização das PE e o comportamento do fumo para o cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR+90%: a) 180 s; b) 295 s; c) 345 e d) 356 s.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS DAS MODELAÇÕES  
 NUMÉRICAS COM O FDS+EVAC

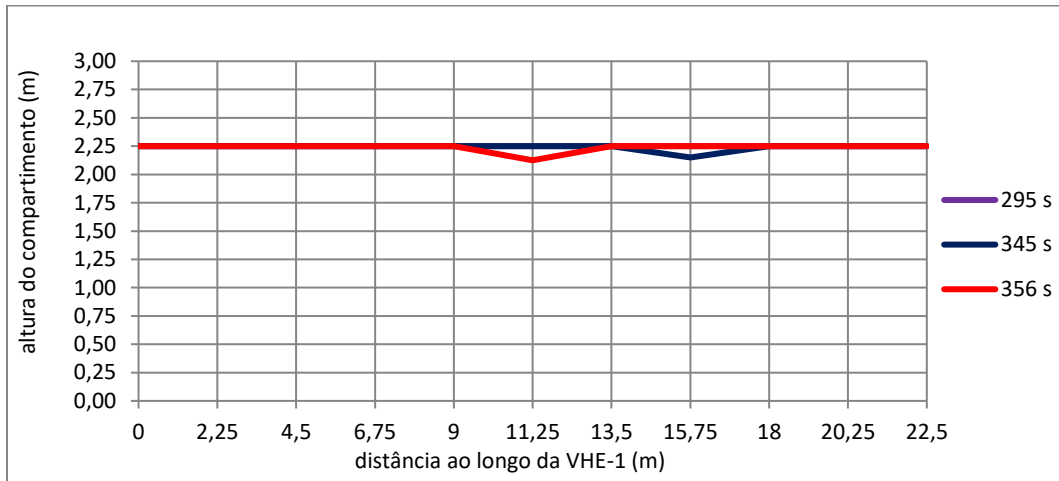


Figura 5.69. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR+90%.

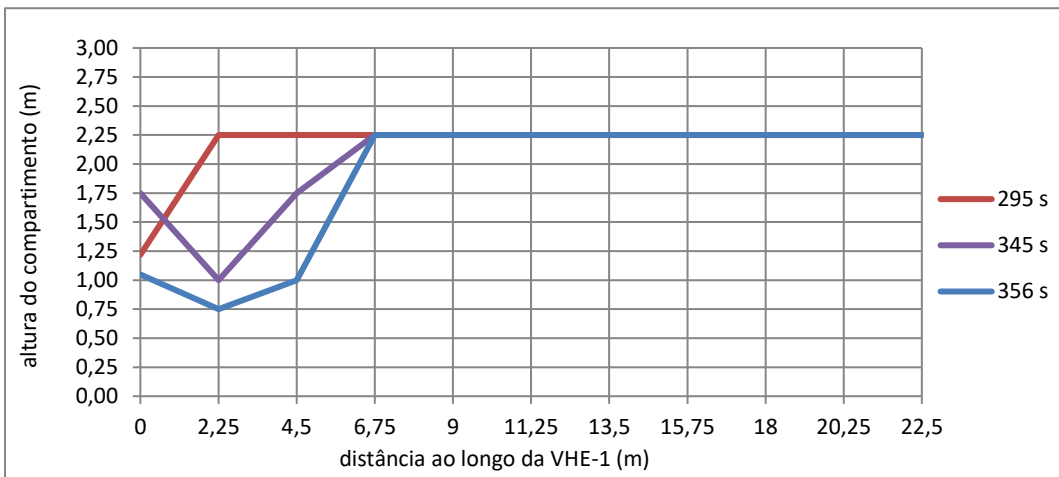


Figura 5.70. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR+90%.

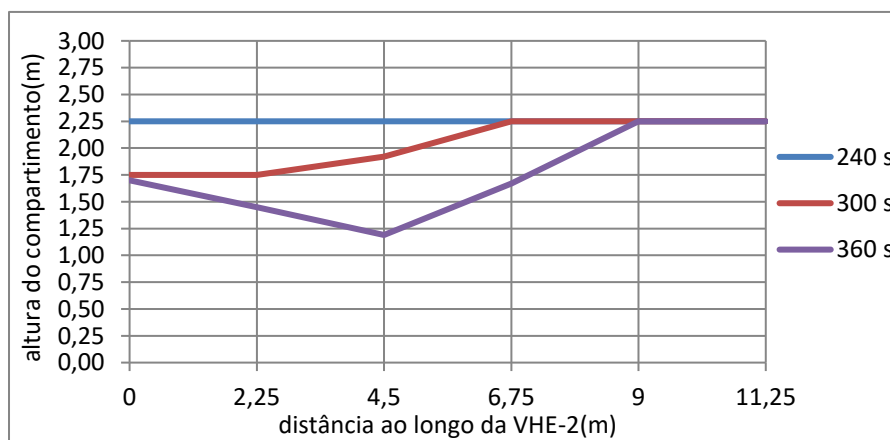


Figura 5.71. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-2 para o cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR+90%.



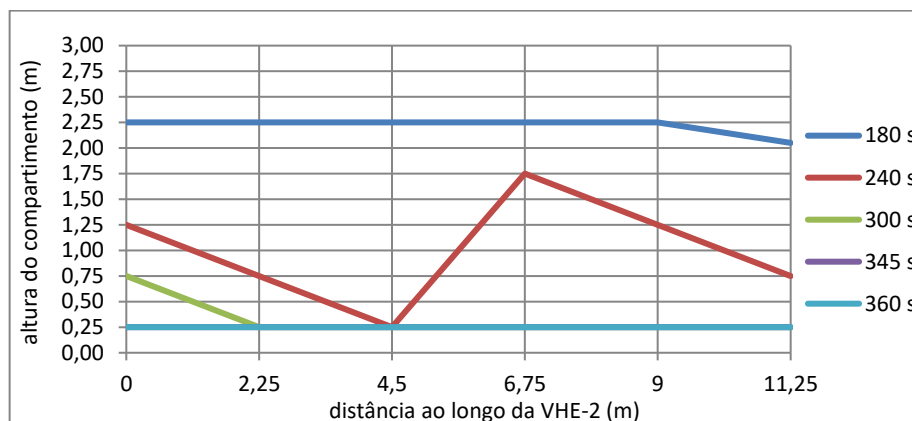


Figura 5.72. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-2 para o cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR+90%.

Uma parte dos ocupantes que evacuaram o CCF pela PE-2 tiveram que percorrer a VHE-3 e em seguida a VHE-2 (nas distâncias 9 a 11,25 m). Ao fim de 180 s da simulação (fim do pré-movimento) a temperatura dos gases acima de 80 °C (Fig. 5.73) registava-se a 2,25 m acima do pavimento e a visibilidade de 10 m (Fig. 5.74) registava-se a uma altura abaixo de 1,75 m do pavimento. Decorridos 240 s de incêndio, a temperatura registou-se a 1,75 m do pavimento (altura mínima adotada para o presente trabalho), por sua vez a visibilidade registou-se quase nula, por conseguinte não ofereceu condições para evacuação segura a partir da VHE-3. Logo, ficou expectável que maior parte dos ocupantes da sala aberta-D3 e dos quartos-D4 e D5 recorressem a NPE para sair do edifício.

Mais uma vez, os dados acima mostram que a NPE era mais rápida e segura para a evacuação da sala aberta-D3 e dos quartos-D4 e D5, por isso 43 (47%) ocupantes saíram por ela. Assim, pode-se concluir que, a NPE ajudou em grande medida na evacuação da maior parte do CCF (para este caso concreto em 47%), por outro lado, diminuiu o congestionamento na VHE-3, bem como melhorou o tempo de evacuação do CCF SU.

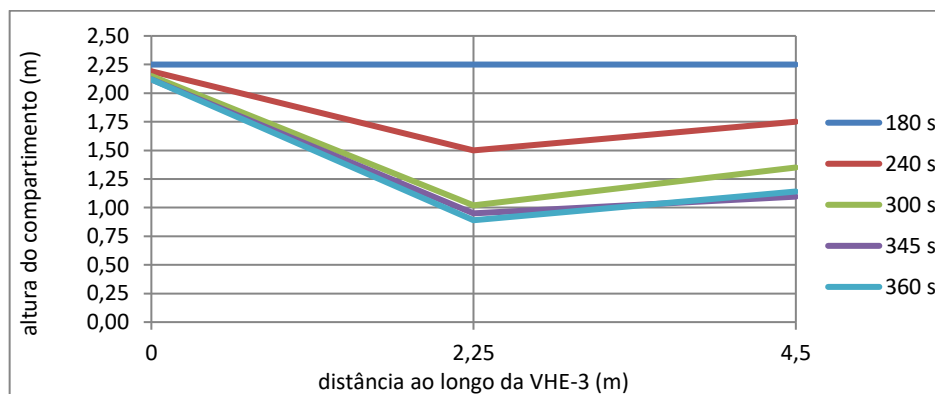


Figura 5.73. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-3 para o cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR+90%.

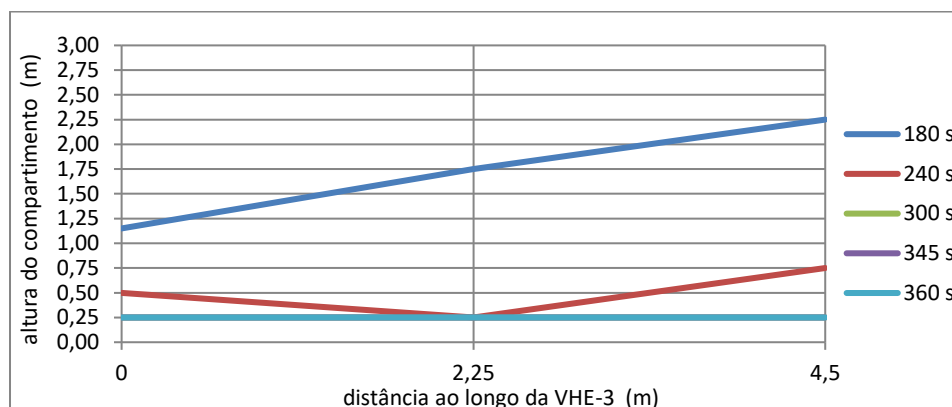


Figura 5.74. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-3 para o cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR+90%.

### 5.3.4. Síntese dos cenários do CCF Serviços de Urgências

O Quadro 5.18 apresenta o resumo dos 12 cenários estudados no CCF SU, os quais apresentaram 2 focos de incêndio (foco de incêndio na sala aberta-D3 e foco de incêndio na sala de arrumações-D6). O pré-movimento foi até 30 s para o incêndio que teve início na sala aberta-D3 (FID3) e 180 s para o incêndio com início na sala de arrumações-D6 (FID6).

Quadro 5.18. Comparação dos resultados dos cenários do CCF Serviço de Urgências.

Cenários	Nº de ocupantes	Nº de ocupantes saídos do CCF	Nº de feridos	Tempo do último ocupante dos que conseguiram sair do CCF [s]	Tempo de evacuação do CCF [s]
cenário_SU_FID3_SCFR	48	48	-	-	106
cenário_SU_FID3_SCFR+30%	63	63	4	-	285
cenário_SU_FID3_SCFR+60%	77	77	4	-	214
cenário_SU_FID3_SCFR+90%	92	92	11	-	250
<b>cenário_SU_FID6_SCFR</b>	<b>48</b>	<b>44</b>	<b>20</b>	<b>389</b>	-
cenário_SU_FID6_SCFR+30%	63	40	11	392	-
cenário_SU_FID6_SCFR+60%	77	55	21	354	-
cenário_SU_FID6_SCFR+90%	92	68	16	382	-
cenário_SU_NPE_FID6_SCFR	48	48	2	-	180
<b>cenário_SU_NPE_FID6_SCFR+30%</b>	<b>63</b>	<b>63</b>	-	-	<b>150</b>
cenário_SU_NPE_FID6_SCFR+60%	77	77	3	-	176
cenário_SU_NPE_FID6_SCFR+90%	92	92	10	-	236

Dos 12 cenários analisados, o cenário\_SU\_FID6\_SCFR (a vermelho) foi considerado o pior visto que, conseguiram sair do edifício 44 (92%) do total de 48 ocupantes, dos quais 20 ocupantes foram considerados feridos. Interessa frisar que, o cenário\_SU\_FID6\_SCFR+60% (a azul) registou 21 feridos dos 55 que abandonaram o CCF. Em termos estatísticos no que refere a feridos o cenário\_SU\_FID6\_SCFR+60% podia ter sido considerado o pior, todavia tinha mais ocupantes em relação ao cenário\_SU\_FID6\_SCFR. Por outro lado, teve 55

ocupantes que conseguiram sair do CCF, isto é, 11 ocupantes mais que o cenário\_SU\_FID6\_SCFR, então, só supera o cenário\_SU\_FID6\_SCFR em 1 ferido. Logo, o cenário\_SU\_FID6\_SCFR foi o pior.

O cenário\_SU\_FID6\_SCFR destacou-se como pior influenciado pelo tempo do fim de pré-movimento tardio, isto é, aos 180 s, 44 (92%) ocupantes dependiam exclusivamente da VHE-3 para alcançar uma das duas PE (o que criou congestionamento na respetiva via) e por último a falta de visibilidade na VHE-3 dado que, estava perto da origem do incêndio. A falta de visibilidade na VHE-3 foi um outro parâmetro preponderante para que muitos ocupantes se ferissem.

Por sua vez, o cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR+30% (a verde) foi considerado o melhor de todos os analisados, pois não teve feridos e evacuou em 150 s. O cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR+30% quando comparado ao cenário\_SU\_FID3\_SCFR (a roxo) pode-se dizer que este último foi o melhor, porque o tempo de evacuação foi de 106 s. Mas quando os dois cenários são analisados segundo o tempo de pré-movimento fica claro que, o cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR+30% foi o melhor. O cenário\_SU\_FID3\_SCFR teve o pré-movimento definido para terminar aos 30 s, enquanto para o cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR+30% foi definido para terminar aos 180 s, ou seja, a diferença dos tempos de pré-movimento foi de 150 s, a favor do cenário\_SU\_FID3\_SCFR, mas a diferença dos tempos de evacuação foi de 46 s, três vezes menor que 150 s. Por outro lado, o cenário\_SU\_FID3\_SCFR tinha 48 ocupantes em detrimento dos 63 para o cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR+30%. Deste modo concluiu-se que, o cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR+30% foi o melhor.

O parâmetro preponderante que pesou para que o cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR+30% evacuasse todo o CCF, em pouco tempo, foi a nova porta. Todos os ocupantes da sala aberta-D3, assim como dos quartos-D4 e D5 saíram pela NPE, porque a VHE-3 que conduzia às PE-1 e 2 estava cheia de fumo, muito antes do fim do tempo do pré-movimento aos 180 s.

No geral, os cenários com NPE foram os melhores, isto porque registaram os melhores tempos de evacuação, bem como poucos feridos, mesmo quando comparados aos cenários cujo pré-movimento terminou aos 30 s. A NPE foi um parâmetro importante para a evacuação do CCF SU.

#### **5.4. Compartimento Corta-Fogo Serviços de Internamentos ou Enfermarias**

No CCF SI analisaram-se os dois tipos de ocupantes e assumiu-se as condições físicas de cada tipo para atribuir as velocidades de deslocamento, ou seja, ONS foram considerados não acamados e OLS considerados acamados, segundo os Quadros 5.19 e 5.20, respetivamente.

Neste CCF fez-se ainda a comparação entre estratégias de evacuação horizontal da vertical com recurso a elevadores.

Quadro 5.19. Velocidades de deslocamento adotadas para ONS.

Nome da divisão	Nomenclatura	Ocupantes	Velocidades adotadas (m/s)
Sala de reuniões/pausa	D1	6	1,02
Refeição/sala de estar	D2	6	1,02
Desinfecção de camas	D3	0	-
Quarto de isolamento	D4	4	0,60
Quarto de isolamento	D5	4	0,60
Quarto de enfermaria	D6	17	0,60
Quarto de enfermaria	D7	17	0,60
Quarto de enfermaria	D8	17	0,60
Quarto de enfermaria	D9	17	0,60
Sala de tratamentos	D10	3	0,79
Gabinete do enfermeiro chefe	D11	2	0,79
Preparação de medicamentos	D12	2	0,79
Gabinete	D13	2	0,79
Sala de tratamentos	D14	3	0,79

Quadro 5.20. Velocidades de deslocamento adotadas para OLS.

Nome da divisão	Nomenclatura	Ocupantes	Velocidades adotadas (m/s)
Sala de reuniões/pausa	D1	6	1,02
Refeição/sala de estar	D2	6	1,02
Desinfecção de camas	D3	0	-
Quarto de isolamento	D4	4	0,22
Quarto de isolamento	D5	4	0,22
Quarto de enfermaria	D6	17	0,22
Quarto de enfermaria	D7	17	0,22
Quarto de enfermaria	D8	17	0,22
Quarto de enfermaria	D9	17	0,22
Sala de tratamentos	D10	3	0,79
Gabinete do enfermeiro chefe	D11	2	0,79
Preparação de medicamentos	D12	2	0,79
Gabinete	D13	2	0,79
Sala de tratamentos	D14	3	0,79

#### 5.4.1. Primeiro foco de incêndio – sala de preparação de medicamentos

O primeiro foco de incêndio foi na divisão preparação de medicamentos-D12, com um efetivo de 2 ocupantes (Fig. 5.75), motivo pelo qual o tempo do fim do pré-movimento reduziu consideravelmente e fixado em 30 s (Fig. 5.75a). O gabinete do enfermeiro chefe-D11 (Fig. 5.75b) teve o fim do pré-movimento aos 60 s, as enfermarias-D7 e D8 (Fig. 5.75c) passados 90 s, as enfermarias-D6 e D9 e as salas de tratamentos-D10 e D14 aos 120 s, Figura 5.75d. O pré-movimento nas restantes divisões foi até aos 180 s, Figura 5.75e. Para as divisões cujo

fim do pré-movimento foi antes dos 180 s, teve-se em consideração a proximidade das mesmas ao foco do incêndio, bem como o alerta devido a penetração do fumo.

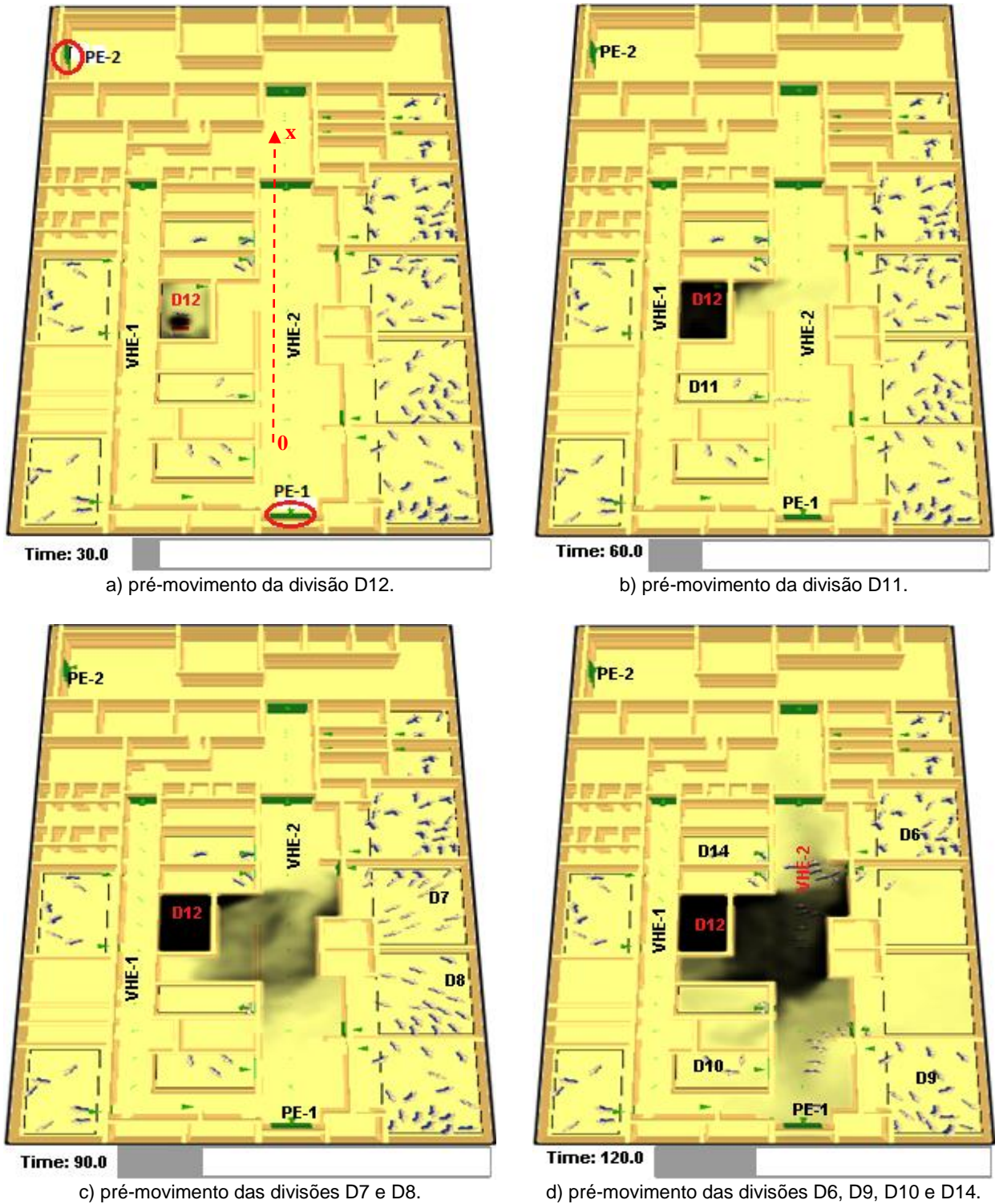


Figura 5.75. Localização das PE e VHE, disposição dos ocupantes e comportamento do fumo durante o fim dos pré-

movimentos: a) 30 s; b) 60 s; c) 90 s; d) 120 s e d) 180 s - CCF SI (cont.).



Figura 5.75. Localização das PE e VHE, disposição dos ocupantes e comportamento do fumo durante o fim dos pré-movimentos: a) 30 s; b) 60 s; c) 90 s; d) 120 s e d) 180 s - CCF SI.

### Cenário\_SI\_ONS\_FID12\_SCFR

A evacuação do CCF SI para o cenário\_SI\_ONS\_FID12\_SCFR começou logo que terminou o tempo do pré-movimento, aos 30 s, através de duas saídas de emergência (PE-1 e 2) nas quais se fez a contagem dos ocupantes que por elas saíram (Quadro 5.21 e Fig. 5.76). Presumiu-se que os dois últimos ocupantes a abandonarem o CCF pela PE-1 estavam feridos, porque a temperatura dos gases aquando da saída era excessiva (superior a 80 °C) e as suas velocidades foram as mais lentas, o que criou intermitência. No geral, quer a temperatura, quer a visibilidade não influenciaram negativamente a evacuação do CCF em estudo.

Quadro 5.21. Tempos de evacuação, por PE, dos últimos ocupantes a saírem do edifício, para o cenário\_SI\_ONS\_FID12\_SCFR.

Portas de evacuação	Ocupantes que saíram	Tempo em que o último ocupante saiu por PE [s]	Observações
PE-1	54	314	linhas a cheio e a tracejado a preto, Fig. 5.76.
PE-2	46	348	linhas a cheio e a tracejado a vermelho, Fig. 5.76.
Total	100	-	O edifício evacuou em 318 s.

O fluxo máximo para o cenário\_SI\_ONS\_FID12\_SCFR foi de  $F = 0,64 [p / s]$  registado na PE-1, segundo a expressão 5.1.8.

$$F = \frac{P}{T} \Leftrightarrow F = \frac{32}{182 - 132} \Leftrightarrow F = 0,64 [p/s] \quad (5.1.8)$$

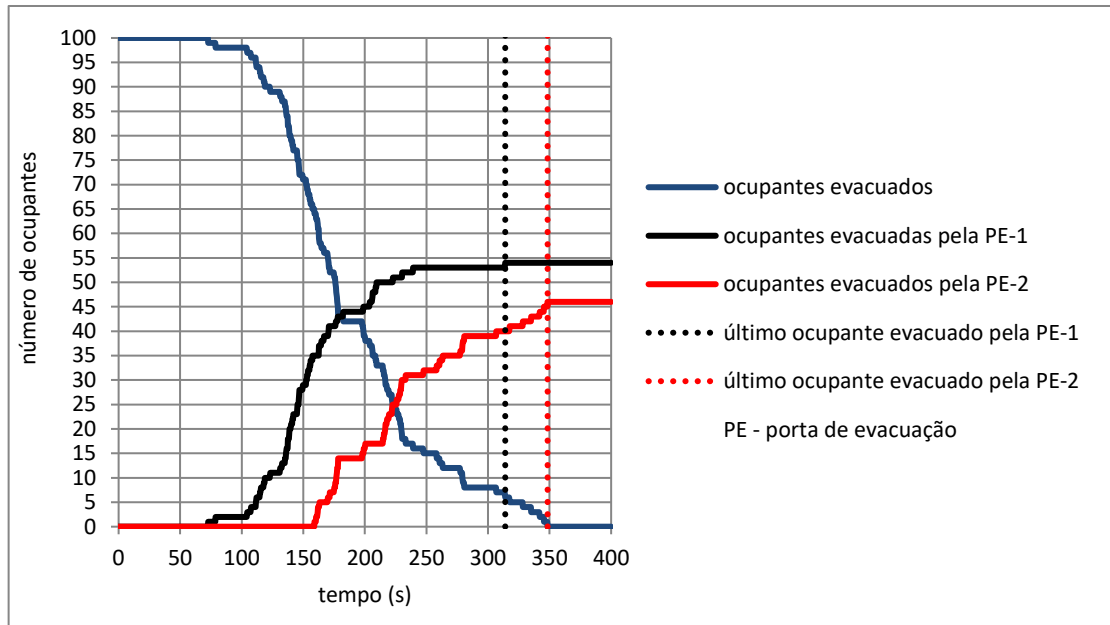


Figura 5.76. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por cada PE para o cenário\_SI\_ONS\_FID12\_SCFR.

A temperatura dos gases acima de  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  e a visibilidade de 10 m registaram-se do lado da segurança para a VHE-1, Figuras 5.77 e 5.78. Em certas zonas (distâncias 6,75 a 18 m para o tempo de 348 s) ao longo da via de evacuação, a temperatura foi registada ligeiramente abaixo de 1,75 m de altura do pavimento, mas sem afetar a evacuação.

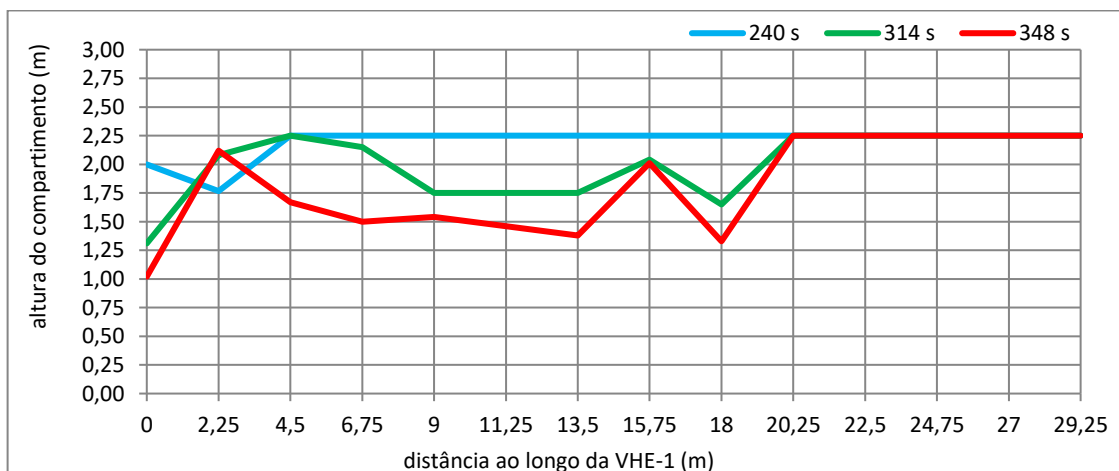


Figura 5.77. Pontos à temperatura de  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  ao longo da VHE-1 para o cenário\_SI\_ONS\_FID12\_SCFR.

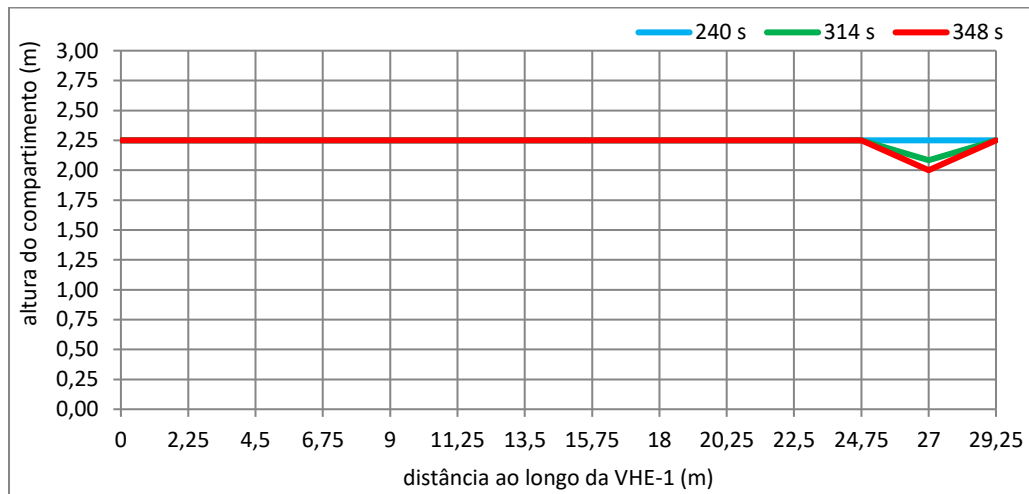


Figura 5.78. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário\_SI\_ONS\_FID12\_SCFR.

Quanto à VHE-2 pode-se dizer que, a temperatura (Fig. 5.79) e visibilidade (Fig. 5.80) registadas tiveram um desempenho negativo, quando comparadas com a temperatura e visibilidade registadas na VHE-1. O desempenho negativo deveu-se ao facto de o foco do incêndio localizar-se perto da VHE-2, tornando-a vulnerável para a evacuação do respetivo CCF.

Ao fim de 240 s de simulação, a temperatura dos gases acima de 80 °C registou oscilações ao longo da VHE-2, em alguns pontos acima de 1,75 m de altura e em outros abaixo daquela altura. A esta altura da simulação já tinham evacuado o CCF 84 (84%) ocupantes dos 100 por evacuar (Fig. 5.76), ou seja, 84% abandonou o edifício com a temperatura do lado da segurança. Entre os 314 a 348 s a temperatura dos gases acima de 80 °C registou-se entre 1 a 1,25 m da altura do pavimento, na maior parte da VHE-2. Isto significa dizer que, se o modelo FDS considerasse a temperatura para efeitos de evacuação dos edifícios, os 6 ocupantes que abandonaram o CCF naquele período não o teriam feito ou o teriam feito, mas com queimaduras. Os efeitos da radiação e da temperatura incidiram, assim, sobre estes ocupantes ao longo da via.

No que toca à visibilidade, esta teve uma evolução diferente a observada pela temperatura, porque entre a distância 0 m a 13,5 m aquela registou-se a 2,25 m de altura do pavimento e da distância 13,5 a distância 36 m (PE-1) registou-se a 1,25 m de altura do pavimento, Figura 5.80. Isto é, uma parte dos ocupantes que evacuaram o CCF pela PE-2 tiveram que se orientar pelos ocupantes que seguiam na sua frente. Interessa também salientar que, o comportamento da visibilidade nas distâncias 0 a 13,5 m ajudou os ocupantes a localizarem a saída de emergência (PE-1), porque esta esteve visível e sem fumo por toda a simulação. Embora a temperatura dos gases acima de 80 °C tenha-se registado a 0,75 m do chão, a VHE-2 foi transitável em toda a simulação porque a visibilidade crítica (1,25 m da altura do chão),



registou-se a 13,5 m da PE. Os ocupantes para além de se guiarem pelos que iam em frente, bastasse que se abaixassem 0,50 m estariam em condições de visualizarem o caminho.

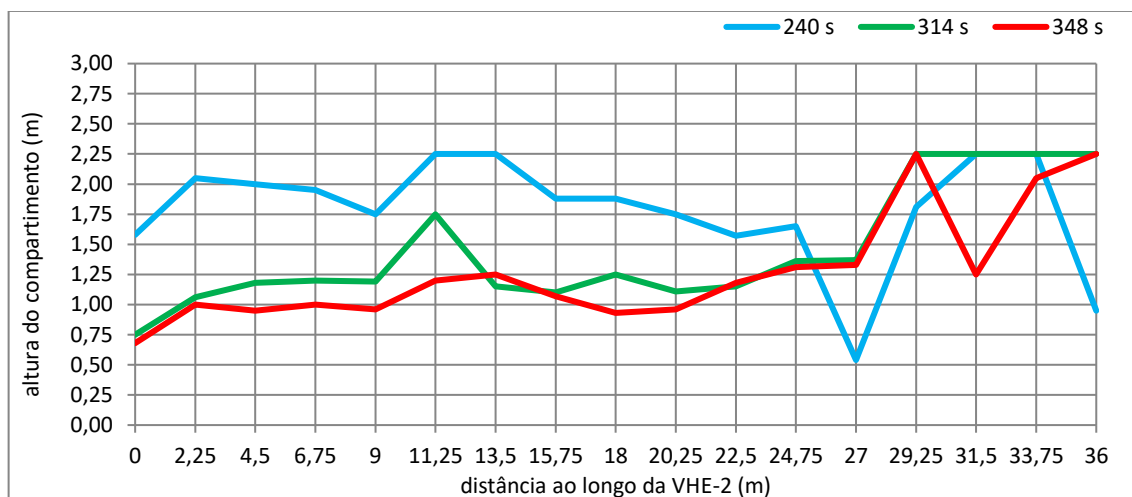


Figura 5.79. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-2 para o cenário\_SI\_ONS\_FID12\_SCFR.

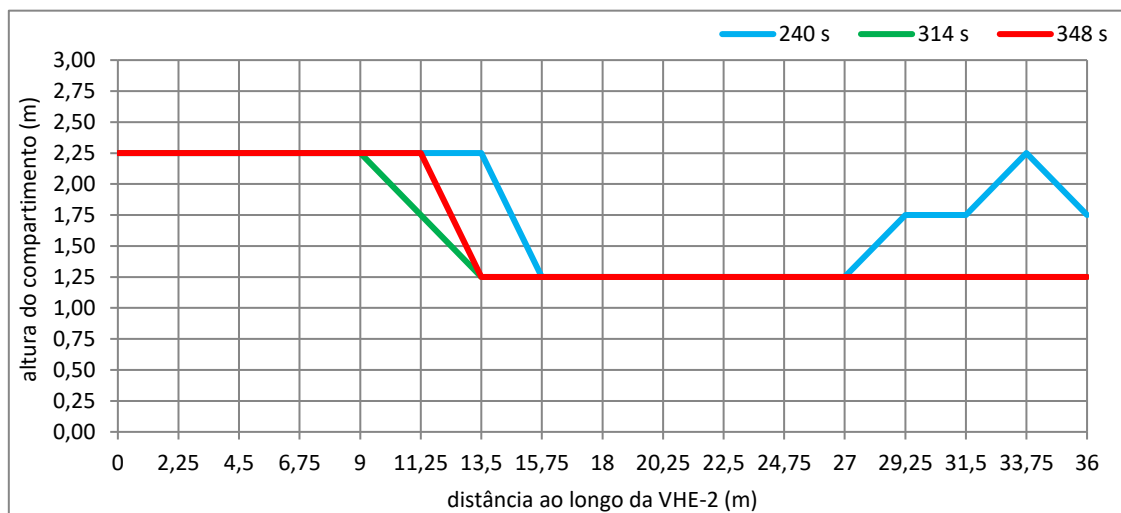


Figura 5.80. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-2 para o cenário\_SI\_ONS\_FID12\_SCFR.

Atendendo que a deteção e reação ao incêndio foram precoces, aos 30 s, mais da metade do CCF SI, evacuou com a temperatura e a visibilidade a registarem-se do lado da segurança (com condições favoráveis à evacuação como definido nos capítulos anteriores).

#### Cenário\_SI\_ONS\_FID12\_SCFR\_Elev

Com o intuito de avaliar as estratégias entre a evacuação horizontal e vertical com recurso a elevadores, o presente cenário descreve os resultados obtidos na evacuação do CCF SI. Estudos de evacuação de edifícios com recurso a elevadores feitos pela Building Traffic

Simulator (BTS) e citados por Siikonen, e Hakonen (2002) concluíram que o sistema moderno de chamamento de elevadores tinha influência para o número de ocupantes transportados entre o período normal e período de pico. O estudo da BTS aferiu que em tempo normal os elevadores transportavam 22,5% a 27% dos ocupantes de um edifício e 15% em tempo de pico. A razão é que os elevadores tinham menos chamadas em tempo normal e podiam reverter seus sentidos mais facilmente. Isso reduz o tempo de subir e descer do elevador, o que aumenta a capacidade de transporte de pessoas.

No entanto, a partir do Quadro 5.22 e da Figura 5.81 apresentam-se os principais resultados da simulação de evacuação com recurso a elevadores, nomeadamente: a contagem dos ocupantes transportados por cada um dos 3 elevadores (elevador-1, 2 e 3), assim como o tempo em que os últimos ocupantes dos que conseguiram entrar nos elevadores saíram dos mesmos. Dos 100 ocupantes, todos *normal size*, que em 450 s de simulação deviam evacuar o CCF com recurso a elevadores, 65 (65%) evacuaram o CCF e 35 (35%) não o evacuaram. Cada elevador tinha uma área útil de aproximadamente 7,5 m<sup>2</sup>.

Quadro 5.22. Número de ocupantes por movimento do elevador e tempos de evacuação dos últimos ocupantes transportados no terceiro movimento.

Elevadores	Nº de ocupantes transportados nos 3 movimentos			Tempo em que o último ocupante saiu do elevador (s)	Observações
	1º	2º	3º		
Elevador-1	6	8	2	392	linhas a cheio e a tracejado a preto, Fig. 5.81
Elevador-2	10	6	6	398	linhas a cheio e a tracejado a vermelho, Fig. 5.81
Elevador-3	9	11	6	401	linhas a cheio e a tracejado a roxo, Fig. 5.81
Total	25	25	14	-	35 ocupantes não evacuaram o edifício.

A Figura 5.82 traduz a evolução temporal da temperatura ao longo da VHE-1 (uma das duas vias de evacuação existentes), da qual se pode observar que entre as distâncias 0 m a 18 m a temperatura dos gases acima de 80 °C registou-se a 1,25 m de altura do chão, isto é, abaixo da altura mínima (1,75 m) adotada para o presente trabalho. A partir da distância 18 m em diante a temperatura registou-se do lado da segurança o que, de certo modo manteve a zona dos elevadores com temperaturas também do lado da segurança. Esteve também do lado da segurança a visibilidade para o mesmo caminho de evacuação (VHE-1), Figura 5.83.

No que diz respeito à VHE-2, a temperatura dos gases acima de 80 °C entre as distâncias 0 m a 29,25 m registou-se a 1 m de altura do pavimento, todavia na zona da porta que levava aos elevadores (distância 36 m) registou-se acima de 1,75 m da altura do pavimento, Figura 5.84. Em consequência a zona da caixa dos elevadores tinha a temperatura do lado da segurança, onde todos os ocupantes já se encontravam ao fim de 335,5 s.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS DAS MODELAÇÕES NUMÉRICAS COM O FDS+EVAC

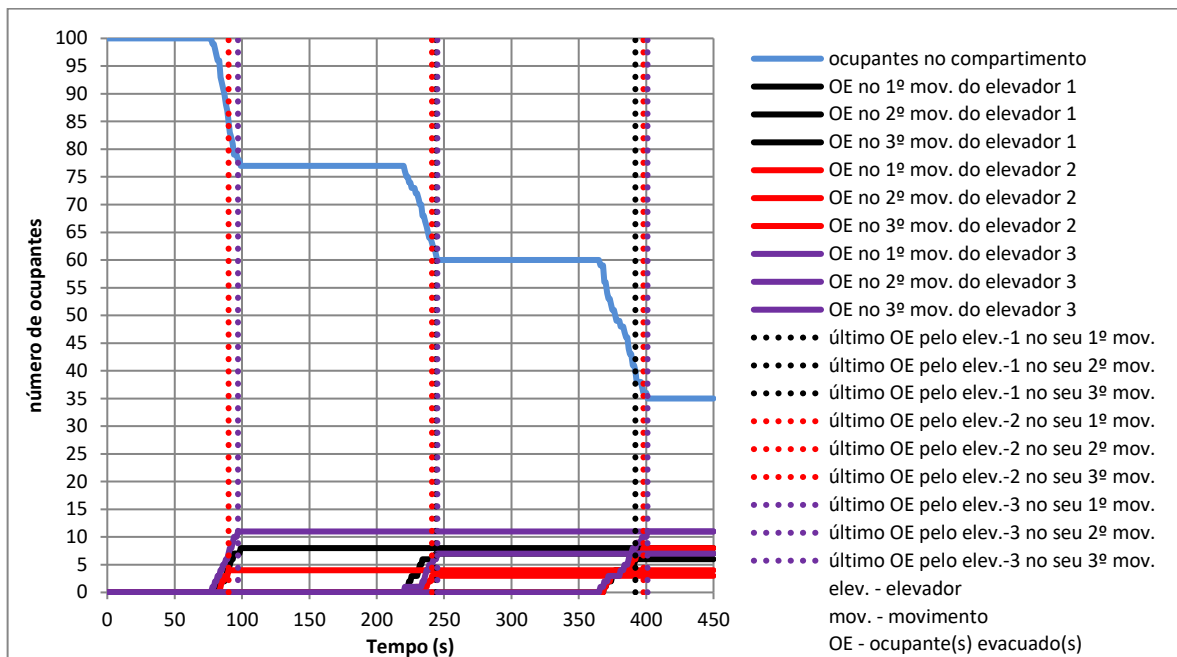


Figura 5.81. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por elevador, para o cenário\_SI\_ONS\_FID12\_SCFR\_Elev.

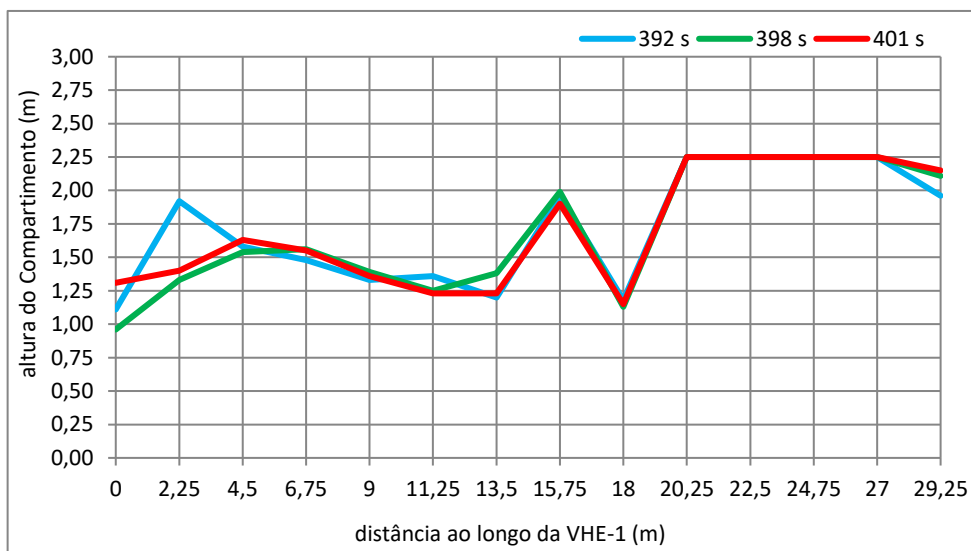


Figura 5.82. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1, para o cenário\_SI\_ONS\_FID12\_SCFR\_Elev.

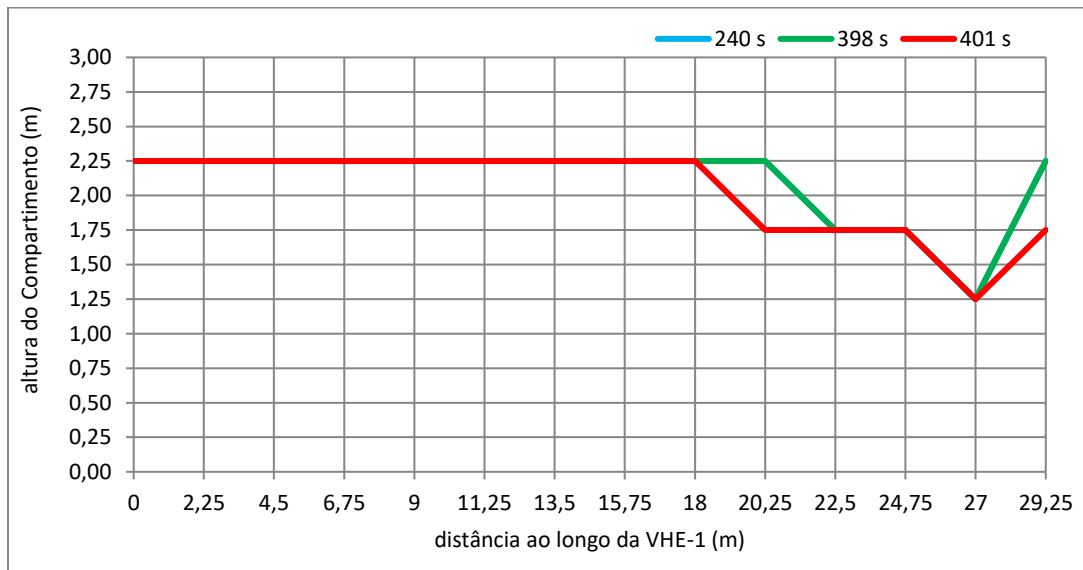


Figura 5.83. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1, para o cenário\_SI\_ONS\_FID12\_SCFR\_Elev.

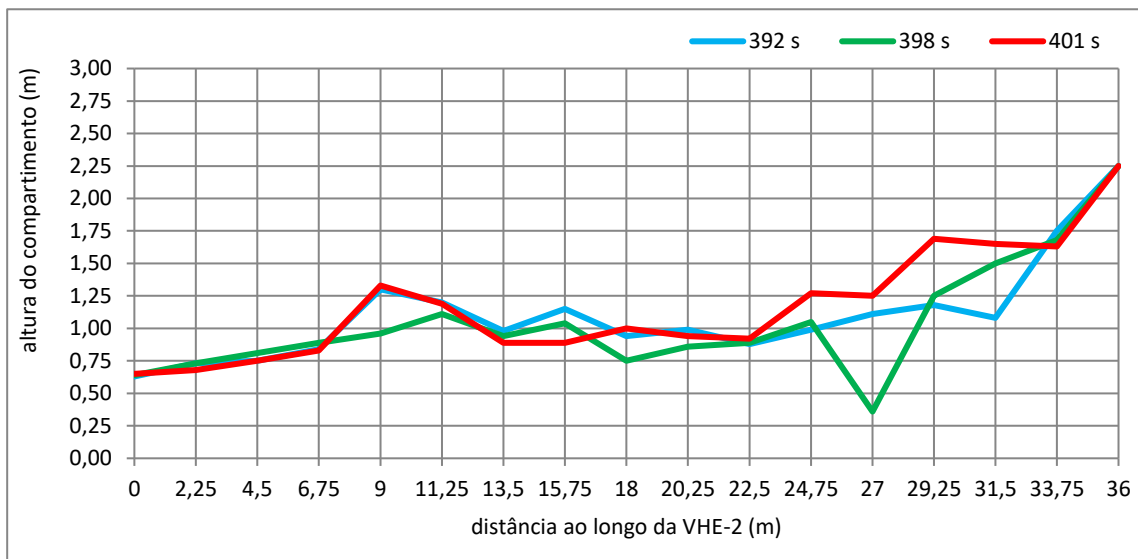


Figura 5.84. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-2, para o cenário\_SI\_ONS\_FID12\_SCFR\_Elev.

Por sua vez, a visibilidade registou-se do lado da segurança entre as distâncias 0 m a 9 m, todavia da distância 11,25 m a distância 36 m registou-se a 1,25 m de altura do pavimento, ou seja, 0,50 m abaixo da altura mínima (1,75 m) adotada para este estudo, Figura 5.85. Este comportamento da visibilidade foi o mesmo registado no cenário anterior (cenário\_SI\_ONS\_FID12\_SCFR), relacionado à evacuação horizontal.

A temperatura e a visibilidade registaram-se desfavorável à evacuação na maior parte da VHE-2, porém mantiveram-se favoráveis à evacuação do CCF na zona da caixa dos elevadores. Os 35 ocupantes que não evacuaram o CCF, não foi devido a ação da temperatura,

nem da visibilidade, mas devido ao número insuficiente de elevadores para o mesmo tempo de simulação aquando da evacuação horizontal (Benzane, et al. 2019). Da Figura 5.86 observa-se que aos 335,5 s todos os ocupantes encontravam-se na zona da caixa dos elevadores, mas atendendo que os elevadores são limitados nas suas capacidades de carga e espaço, 35 ocupantes não conseguiram evacuar o CCF. Da Figura 5.81 pode-se observar que em 400 s da simulação os 3 elevadores transportaram 65 ocupantes, o que em média significa que cada elevador transportou 22 ocupantes. No entanto, se o tempo da simulação tivesse sido de 500 s os três elevadores seriam suficientes para transportar os 100 ocupantes.

O argumento do aumento do tempo da simulação prende-se no facto de que, em média cada elevador demorou 100 s para voltar a abrir, Figura 5.81. Assim, seriam necessários mais 100 s para os elevadores transportarem os ocupantes pela quarta vez. Outra solução para evacuação dos 100 ocupantes em 400 s passaria por aumentar mais um elevador, isto é, de 3 existentes passavam a 4 e a média de ocupantes por transportar seria de 25 por elevador.

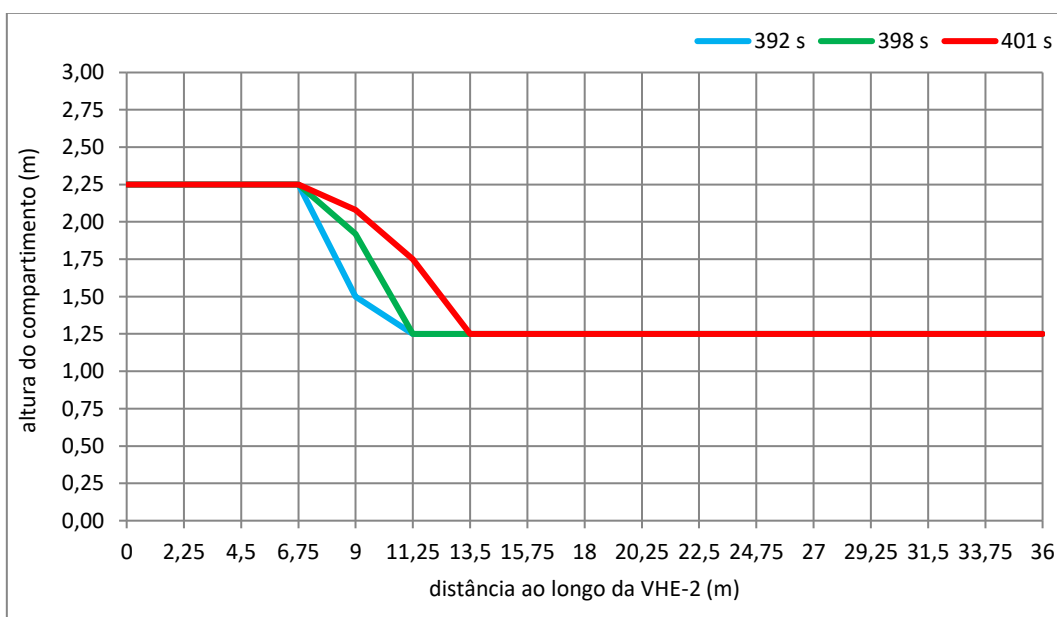


Figura 5.85. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-2, para o cenário\_SI\_ONS\_FID12\_SCFR\_Elev.



Time: 335.5

Figura 5.86. Ocupantes na caixa de elevadores no instante 335.5 s, para o cenário\_SI\_ONS\_FID12\_SCFR\_Elev.

#### 5.4.2. Segundo foco de incêndio – sala de desinfecção de camas

Nos cenários do segundo foco do incêndio os ocupantes do edifício tomaram conhecimento da existência do incêndio com o soar do alarme geral pois, o incêndio teve origem numa divisão sem ocupantes, designada por sala para desinfecção de camas-D3, Figura 5.87. Como definido em todos os anteriores cenários que tiveram a origem do incêndio em divisão sem ocupantes, para este também o tempo do fim do pré-movimento foi de 180 s.

Atendendo que nos dois focos de incêndio analisados o edifício dispunha das mesmas saídas de emergência (círculos a vermelho), mesmo efetivo bem como a sua distribuição pelas divisões, mesmo SCF, entretanto, apresenta-se para efeitos comparativos o comportamento do fumo para os instantes 30, 90, 120 e 180 s, Figura 5.87.

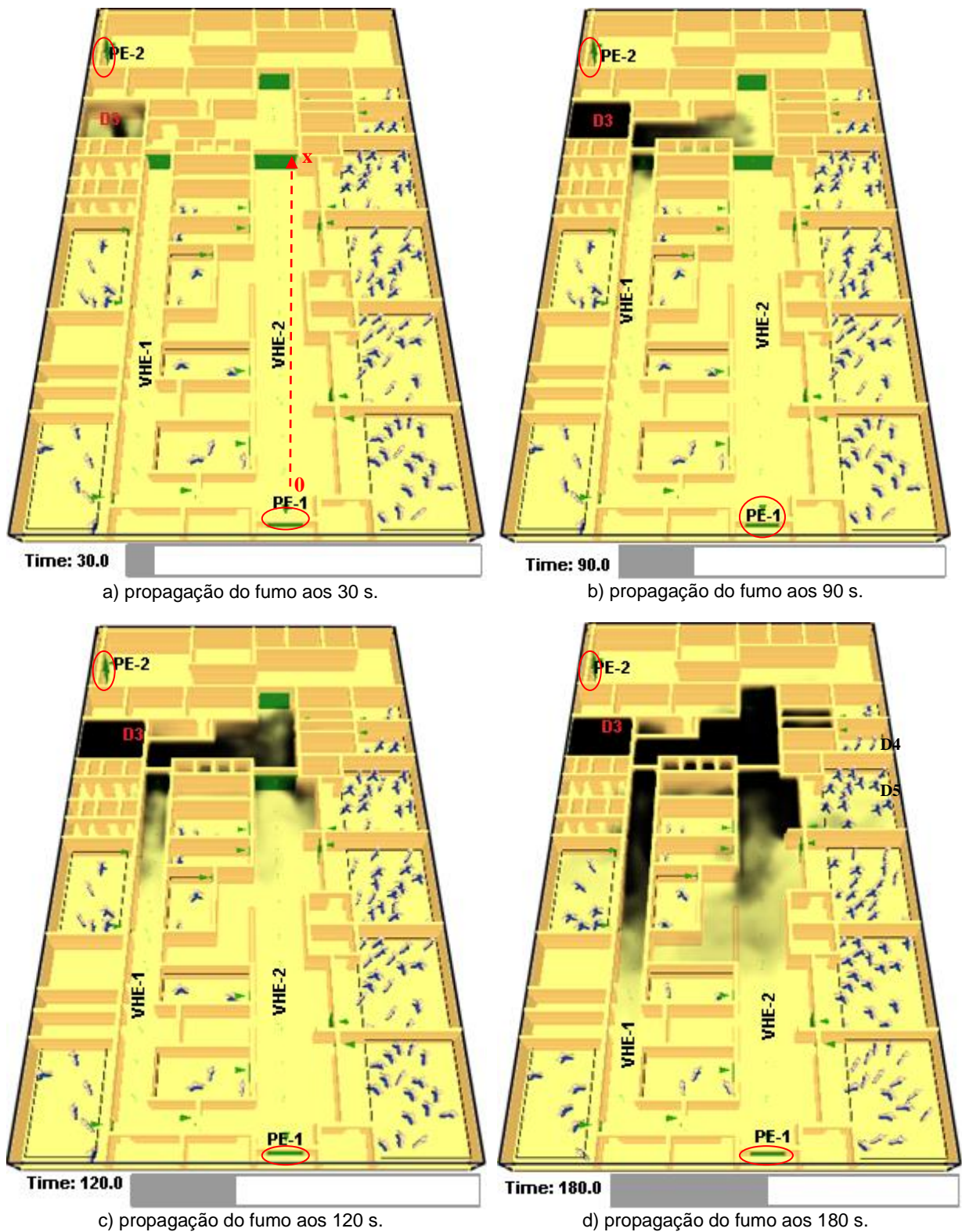


Figura 5.87. Localização das PE e VHE e comportamento do fumo para os instantes: a) 30 s; b) 90 s; c) 120 s e d) 180 s, para a sala desinfeção de camas – CCF SI.

### Cenário\_SI\_OLS\_FID3\_SCFR

A linha a azul traduz a evacuação total do CCF, onde todos os 100 ocupantes sendo 78 (78%) acamados e 28 (28%) não acamados se serviram da PE-1 para alcançar uma zona segura no exterior do CCF (linha a cheio a vermelho). O tempo de evacuação foi estimado em 332 s, visto que ao fim de 120 s se emitiu o sinal de evacuação e o último ocupante abandonou o edifício findos 452 s da simulação, (linha a tracejado a vermelho), Figura 5.88.

À semelhança do cenário\_SI\_ONS\_FID3\_SCFR (ver Apêndice B), para o presente foco de incêndio, a evacuação do CCF registou-se apenas numa única porta, de duas existentes. Da avaliação do comportamento da temperatura na VHE-1 observou-se que, a mesma teve quase o mesmo comportamento, embora com ligeiras oscilações, com destaque as registadas aos 452 s. Contudo, decorridos 300 s da simulação, as distâncias 0 m a 13,5 m registaram-na entre 1 m a 1,65 m de altura do pavimento e as restantes distâncias registaram-na do lado da segurança. Com 300 s da simulação já tinham evacuado o CCF 91 ocupantes dos 100 que existiam, Figura 5.89.

Quanto à visibilidade, Figura 5.90, observa-se que, entre os 300 aos 360 s de simulação, as distâncias 0 m a 18 m registaram-na a 1,25 m do pavimento e entre 1,75 a 2,25 m de altura do pavimento da distância 19 m em diante. Ao fim de 452 s saiu do CCF o último ocupante, com a visibilidade a registar-se a uma cota de 1,25 m de altura do pavimento quase em toda a VHE-1.

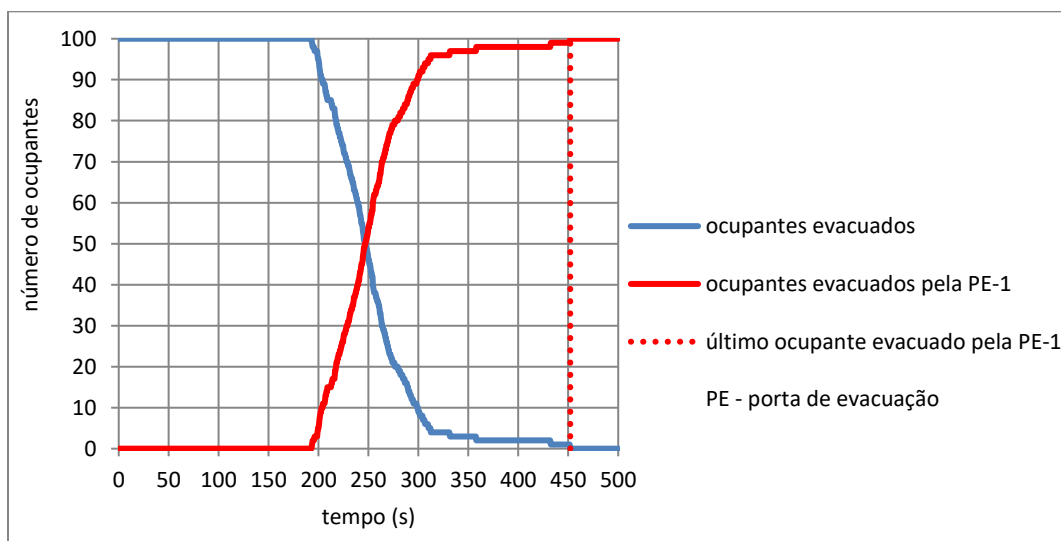


Figura 5.88. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por PE para o cenário\_SI\_OLS\_FID3\_SCFR.



No presente cenário admitiu-se que 5 ocupantes ficaram provavelmente feridos, motivo pelo qual o gráfico da evacuação mostra intermitências. Acredita-se que os prováveis feridos eram ocupantes dos compartimentos D4 e D5, porque começaram o pré-movimento com o fumo a penetrar nos respetivos compartimentos, Figura 5.87d e percorreram grande parte da via com a visibilidade de 10 m a registar-se a uma cota de 1,25 m do pavimento.

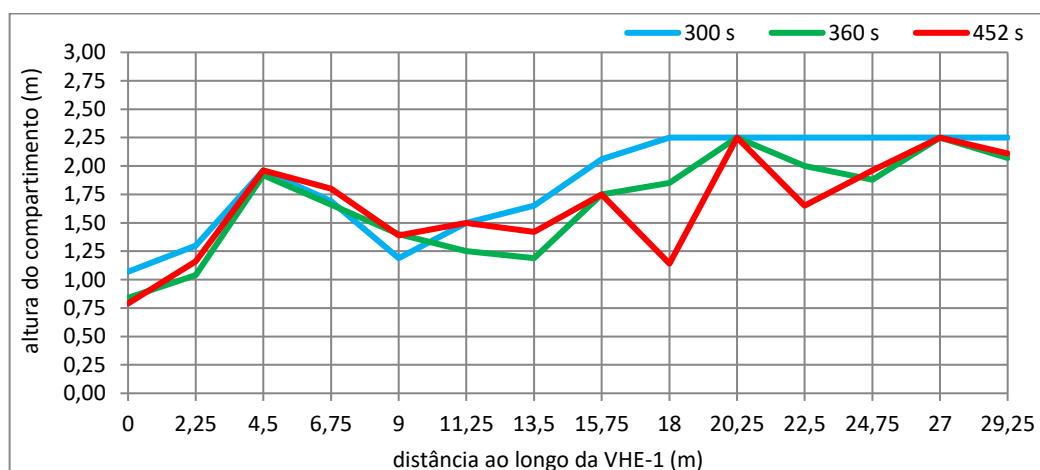


Figura 5.89. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário\_SI\_OLS\_FID3\_SCFR.

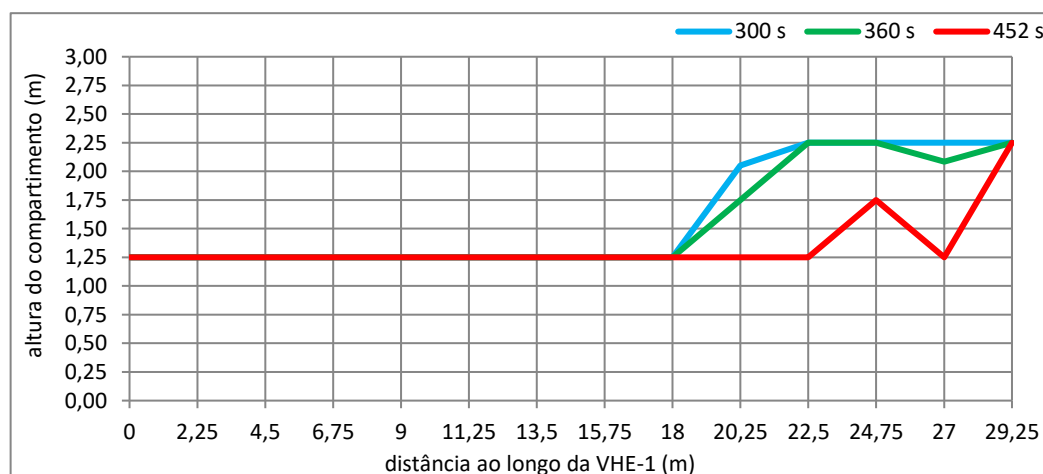


Figura 5.90. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário\_SI\_OLS\_FID3\_SCFR.

A temperatura dos gases acima de 80 °C para VHE-2 consta da Figura 5.91, da qual se pode observar que, dos 300 aos 452 s da simulação, as distâncias 0 m a 24,75 m registaram-na entre 0,75 m a 1,50 m de altura do pavimento e entre os 300 a 360 s as distâncias 27 m a 38,25 m registaram-na do lado da segurança. Entretanto, quando o último ocupante saiu do edifício, aos 452 s da simulação, a temperatura registava-se a 1,75 m de altura do pavimento.

Relativamente à visibilidade, para a VHE-2 constatou-se que, dos 300 aos 452 s da simulação aquela se registou a 1,25 m de altura do pavimento, entre as distâncias 0 m a 24,75 m e nas restantes distâncias se registou do lado da segurança, ou seja, a visibilidade teve quase o mesmo comportamento em todos os cenários, Figura 5.92.

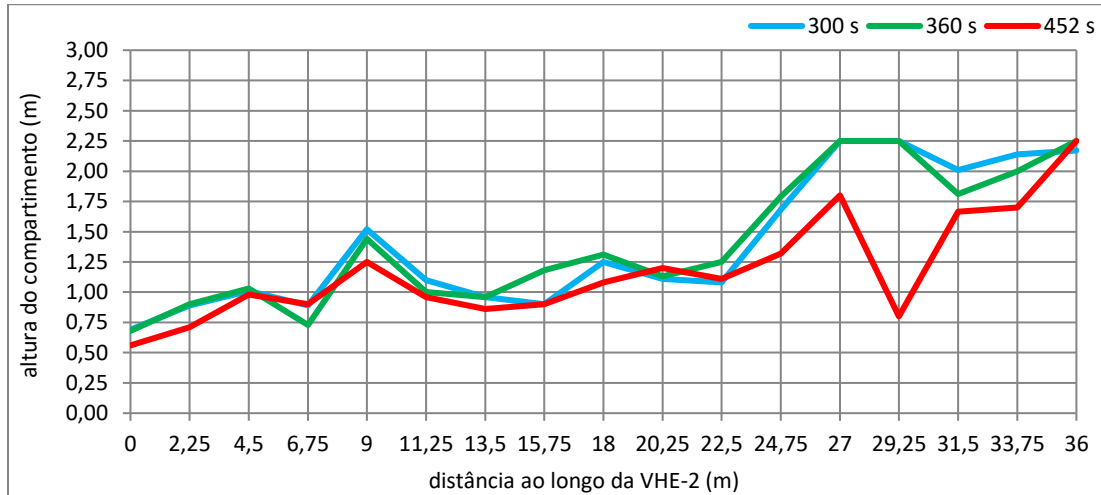


Figura 5.91. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-2 para o cenário\_SI\_OLS\_FID3\_SCFR.

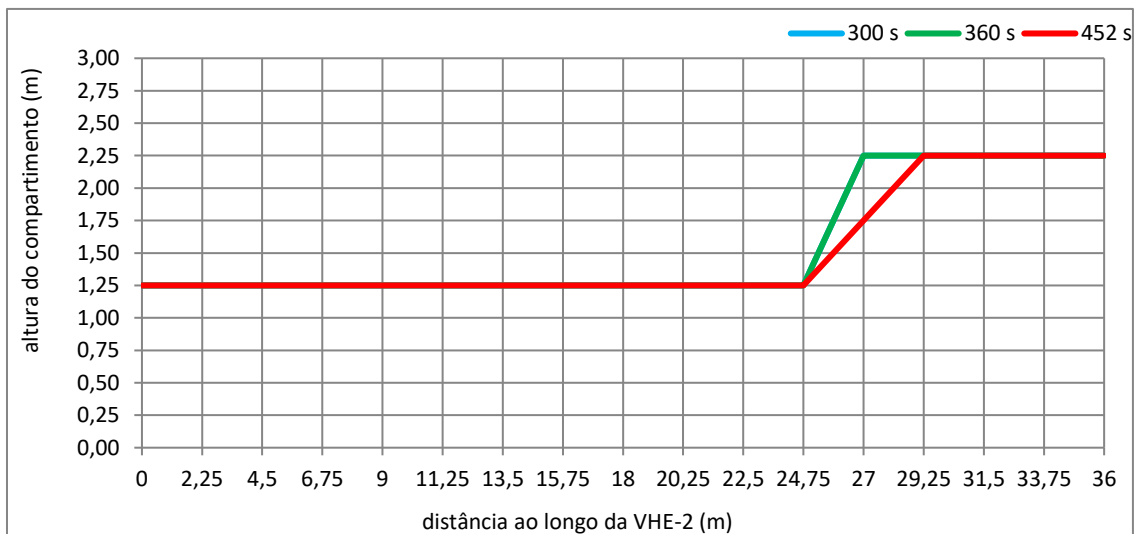


Figura 5.92. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-2 para o cenário\_SI\_OLS\_FID3\_SCFR.

Da análise da Figura 5.91 observa-se que, na maior parte da VHE-2 a temperatura dos gases acima de 80 °C e a respetiva visibilidade de 10 m registaram-se abaixo da altura mínima (1,75 m) adotada para o presente trabalho, (Figs. 5.90 e 5.92). Embora a visibilidade se tenha registado a 1,25 m o CCF evacuou na totalidade, porque os ocupantes se agacharam 0,50 m ou caminharam guiados pelos que estavam na sua frente, assim não perdiam o caminho de evacuação que conduzia à porta de saída do edifício.

### 5.4.3. Síntese dos cenários do CCF Serviços de Internamentos

No CCF SI foram analisados 5 cenários (Quadro 5.23) divididos em dois focos de incêndio, nomeadamente: sala preparação de medicamentos-D12 e sala desinfecção de camas-D3. Os ocupantes foram *large e normal size* e os pré-movimentos terminaram aos 30 s para o foco de incêndio na sala D12 (FID12) e 180 s para o foco de incêndio na sala D3 (FID3). A análise do presente quadro seguiu o raciocínio das sínteses dos cenários anteriormente apresentados.

Quadro 5.23. Comparação dos resultados entre os cenários do CCF SI.

Cenários	Nº de ocupantes	Nº de ocupantes saídos do CCF	Nº de feridos	Tempo do último ocupante dos que conseguiram sair do CCF [s]	Tempo de evacuação do CCF [s]
cenário_SI_ONS_FID12_SCFR		100	2	-	318
<b>Cenário_SI_ONS_FID12_SCFR_Elev</b>		<b>65</b>	<b>-</b>	<b>401</b>	<b>-</b>
cenário_SI_OLS_FID12_SCFR	100	100	6	-	317
<b>cenário_SI_ONS_FID3_SCFR</b>		<b>100</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>262</b>
cenário_SI_OLS_FID3_SCFR		100	5		332

Dos 5 cenários analisados, o cenário\_SI\_ONS\_FID12\_SCFR\_Elev (a vermelho) foi considerado o pior, porque evacuaram o CCF 65 ocupantes do total de 100. No entanto, 35 ocupantes não saíram do CCF, comparativamente ao mesmo tempo de simulação entre os diferentes cenários. Dos 65 ocupantes que saíram do CCF, nenhum foi considerado ferido, porque nos três movimentos dos elevadores as condições de visibilidade e temperatura foram favoráveis para a evacuação.

O cenário\_SI\_ONS\_FID12\_SCFR\_Elev consistia na evacuação do CCF com recurso a elevadores. Os elevadores foram o fator que fez com que o CCF não evacuasse na totalidade, visto que o tempo que levavam para executarem os movimentos de subir e descer e o tempo para os ocupantes entrarem, assim como saírem dos mesmos foram cruciais para que os 3 elevadores disponíveis não evacuassem todo o CCF SI. Por outro lado, as limitações em termos de carga e espaço também pesaram para que dentro do período previsto para a simulação não evacuasse todo o CCF.

Entretanto, o cenário\_SI\_ONS\_FID3\_SCFR (a verde) foi considerado o melhor de todos os analisados, pois evacuou em 262 s, superando até os cenários que tiveram o fim do pré-movimento aos 30 s. Assumiu-se que o cenário não registou possíveis feridos, embora a temperatura crítica, bem como a visibilidade tivessem sido registadas entre 1 e 1,25 m da altura do chão, respetivamente. Os valores em referência registaram-se em alguns pontos do caminho da evacuação, assim não constituíram obstáculo a evacuação do edifício. Os

ocupantes podiam evacuar o CCF com segurança, desde que se abaixassem 0,50 m e/ou se guiassem pelos ocupantes na sua frente.

### **5.5. Compartimento Corta-Fogo Laboratórios**

Diferentemente dos 3 anteriores CCF cuja maioria dos ocupantes eram pacientes em categorias de acamados e/ou não acamados, para o CCF Lab grande parte dos seus ocupantes eram funcionários dos mesmos laboratórios. Por outro lado, não houve também diferenciação do tempo do fim do pré-movimento, embora se tenha analisado dois cenários com origem de incêndio em compartimentos diferentes. Não houve necessidade de origem de incêndio num compartimento sem efetivo, porque mesmo passados 180 s de simulação (tempo definido para o fim do pré-movimento nos cenários dos anteriores CCF), o incêndio quase não colocava em perigo os 3 caminhos de evacuação, nem uma divisão ocupada. Os 2 cenários tiveram os pré-movimentos definidos para terminarem decorridos 30 s da simulação e os ocupantes, atendendo que mais de 78% eram exclusivamente funcionários do hospital (laboratórios) foram lhes atribuídas velocidades que variavam entre 0,82 a 1,77 m/s, correspondentes as de pessoas normais (Quadro 2.6). Os 10 ocupantes da sala de espera mesmo que fossem pacientes não influenciariam na velocidade dos demais ocupantes, ademais eles estavam a 5,36 m da saída de emergência (PE-2), o que criava condições para saírem do edifício pouco tempo depois de tomaram conhecimento da existência do incêndio.

O tempo de simulação dos cenários do laboratório foi de 200 s em detrimento dos 400 e/ou 500 s dos anteriores cenários. A diferença na duração das simulações deveu-se ao tipo de incêndio que, para os Laboratórios, era uma curva de incêndio de taxa de crescimento ultrarrápida, Figura 4.5.

#### **5.5.1. Primeiro foco de incêndio – laboratório de microbiologia**

##### **Cenário\_Lab\_FID4\_SCFR**

O laboratório de microbiologia local de origem do primeiro dos dois incêndios estudados tinha há altura do início do incêndio 16 ocupantes, logo o pré-movimento foi definido para findar passados 30 s, Figura 5.93a. As salas de manipulação e microbactéria que ladeavam o laboratório de microbiologia tiveram o pré-movimento definido para terminar aos 45 s (Fig. 5.93b), 60 s para o laboratório de anatomia e sala de microscopia (Fig. 5.93c) e 75 s para as salas de espera e da triagem, Figura 5.93d. A Figura 5.93 para além de ilustrar a posição dos ocupantes nos diversos pré-movimentos, mostra ainda a propagação do fumo nos mesmos tempos, as 2 saídas de emergência (círculos a vermelho) e os 3 caminhos de evacuação.

A Figura 5.94 traduz a evacuação dos 45 ocupantes simulados para o cenário\_Lab\_FID4\_SCFR, dos quais 12 saíram até decorridos 127 s, pela PE-1 (linhas a cheio

e a tracejado a preto) e 33 saíram pela PE-2 em 136 s da simulação (linhas a cheio e a tracejado a vermelho). Não se considerou ter havido feridos pois, o CCF evacuou com a temperatura e a visibilidade a registarem-se do lado da segurança, mesmo com um incêndio com taxa de libertação de calor de 10 MW.

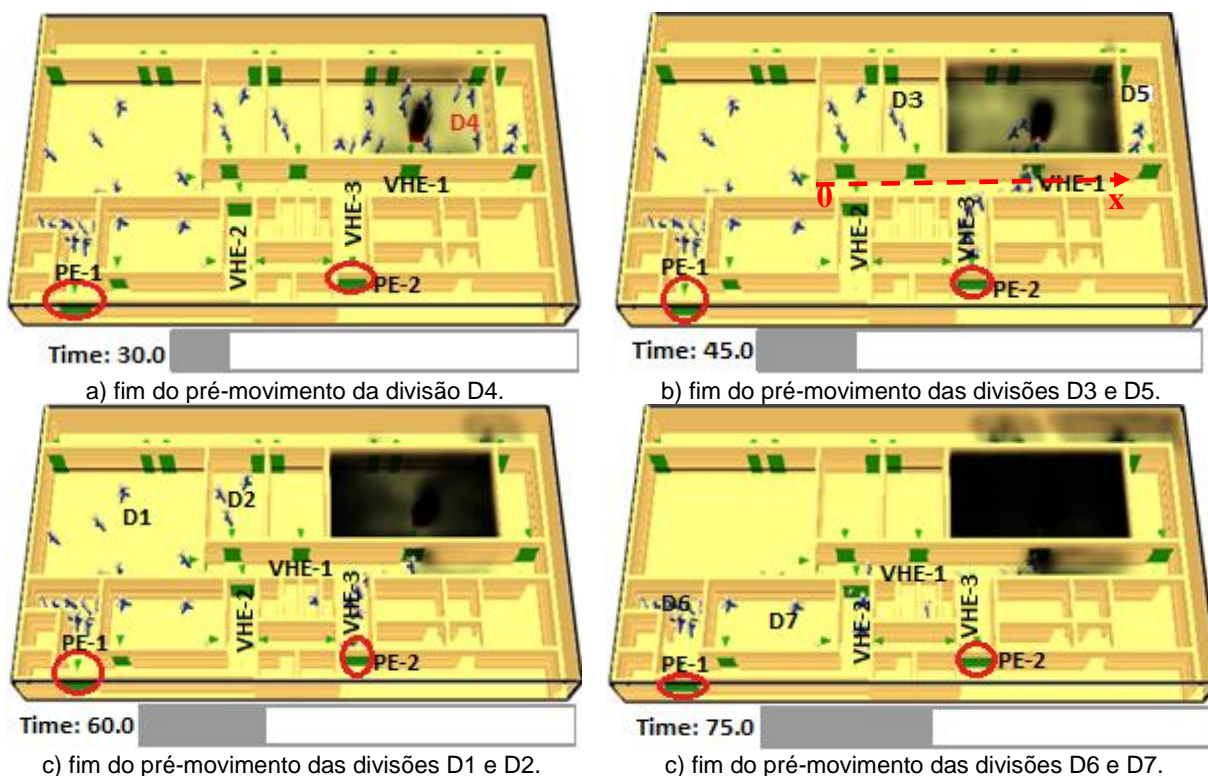


Figura 5.93. Localização das PE e VHE, disposição dos ocupantes e comportamento do fumo ao fim dos pré-movimentos: a) 30s, b) 45s, c) 60s e 75s, para o CCF Lab.

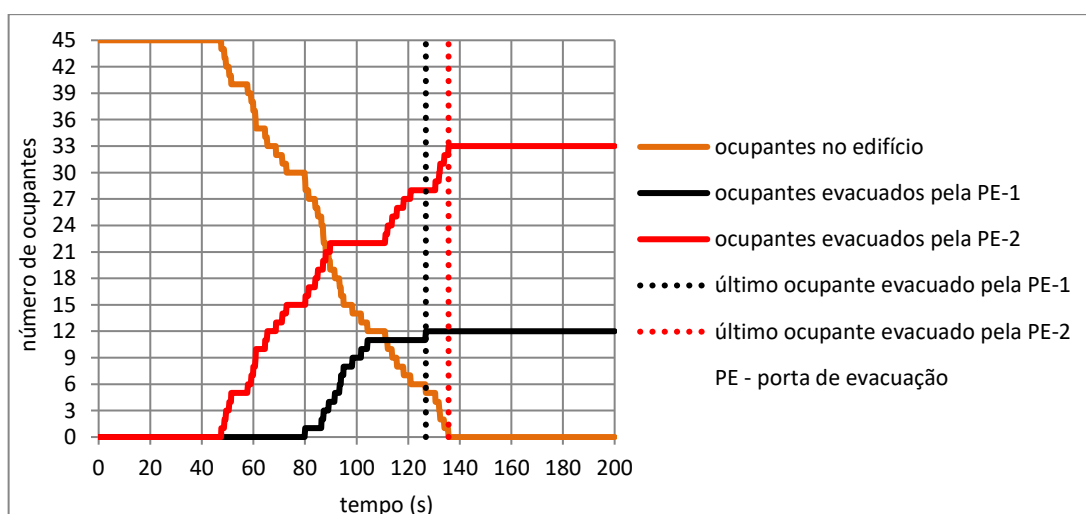


Figura 5.94. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por PE para o cenário\_ Lab\_FID4\_SCFR.

A temperatura dos gases acima de 80 °C e a visibilidade de 10 m foram registadas em 3 caminhos de evacuação (VHE-1, 2 e 3) seguindo o critério usado para os anteriores CCF, Figura 5.93. Da análise da evacuação aferiu-se que, ao fim de 136 s tinham saído todos os 45 ocupantes que estavam no CCF, Figura 5.94. Por seu turno, as Figuras 5.95; 5.96; 5.97; 5.98; 5.99 e 5.100 demonstram que até aos 200 s da simulação os parâmetros temperatura e visibilidade se registaram do lado da segurança. Ou seja, o CCF Lab evacuou em segurança.

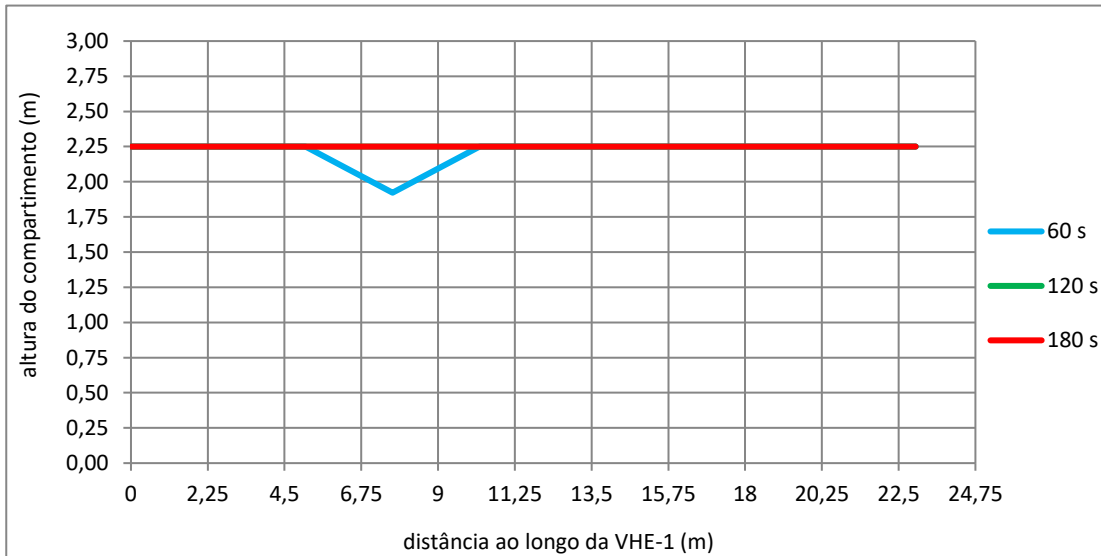


Figura 5.95. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário\_Lab\_FID4\_SCFR.

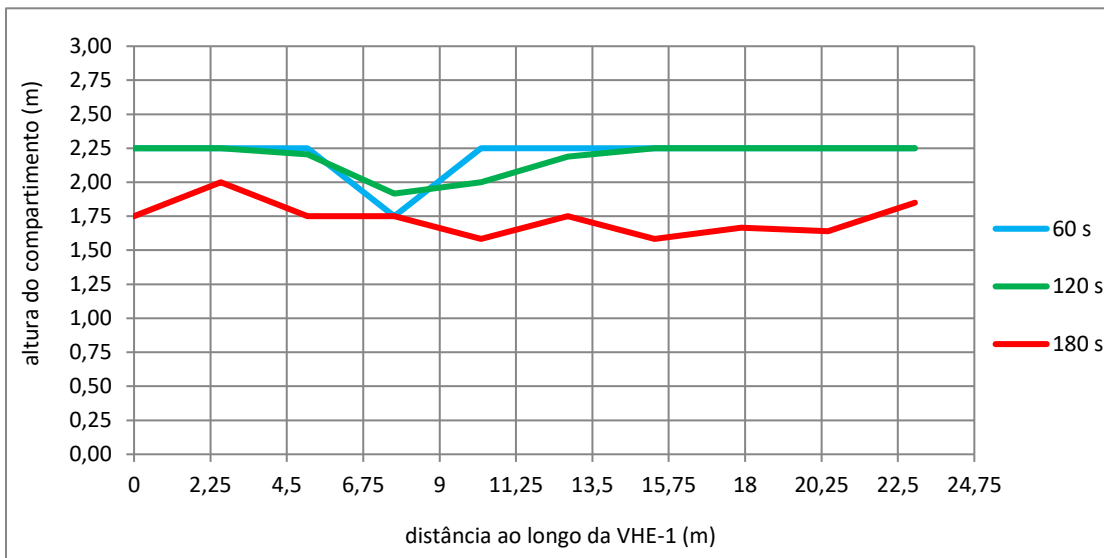


Figura 5.96. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário\_Lab\_FID4\_SCFR.

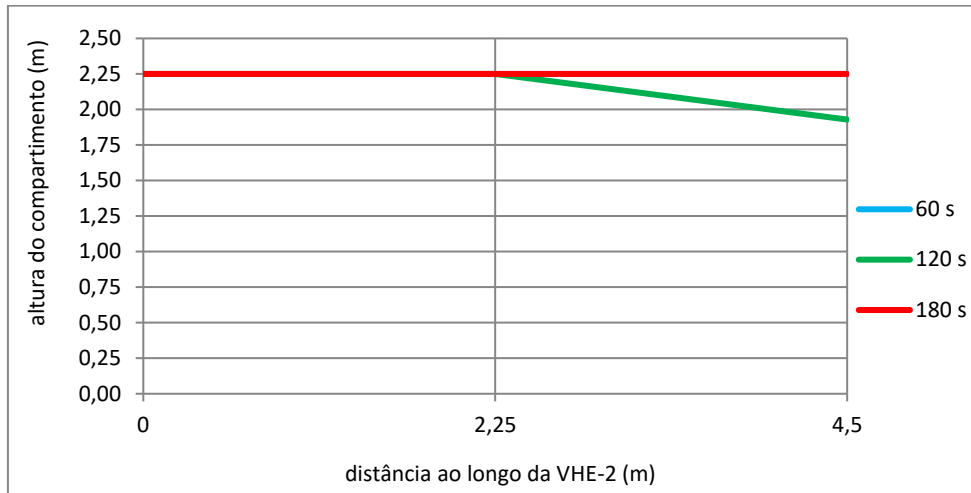


Figura 5.97. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-2 para o cenário\_Lab\_FID4\_SCFR.

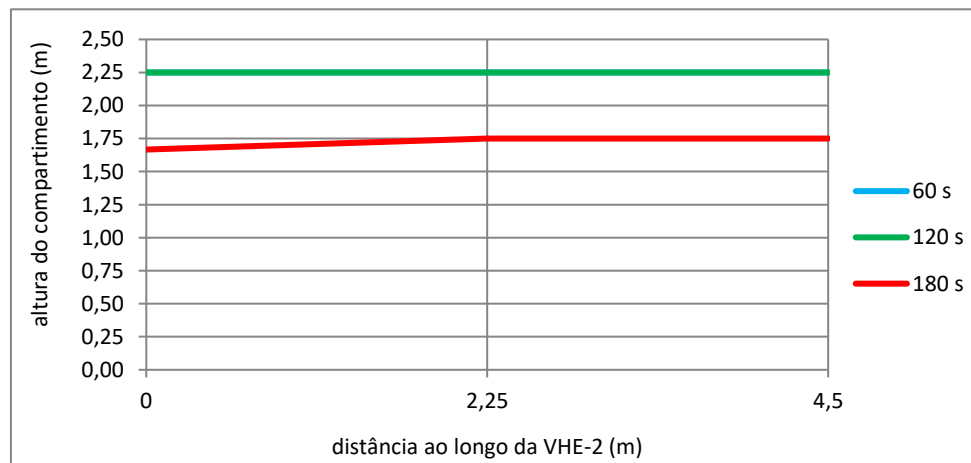


Figura 5.98. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-2 para o cenário\_Lab\_FID4\_SCFR.

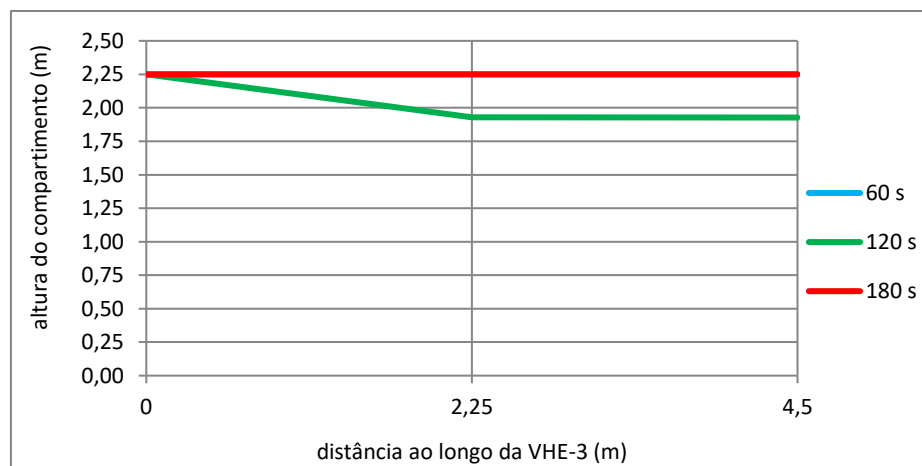


Figura 5.99. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-3 para o cenário\_Lab\_FID4\_SCFR.

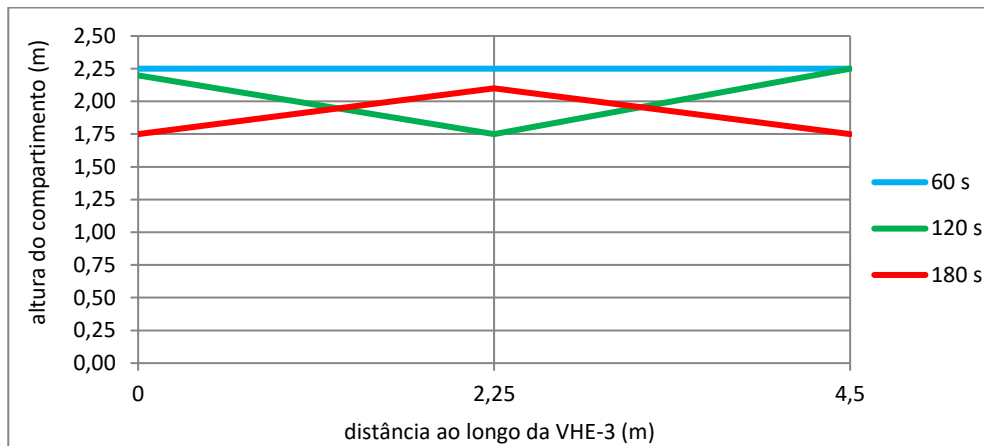


Figura 5.100. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-3 para o cenário\_Lab\_FID4\_SCFR.

### 5.5.2. Segundo foco de incêndio – sala de triagem

#### Cenário\_Lab\_FID7\_SCFR

O segundo foco de incêndio localizava-se na sala de triagem com 3 ocupantes, todos funcionários do hospital. Com a origem do incêndio nesta sala colocava-se em perigo a VHE-2, conseqüentemente a PE-1. Aos 30 s para além de terminar o pré-movimento emitiu-se também o alarme geral, o que permitiu com que o CCF evacuasse em 130 s pois, o último ocupante saiu pela PE-2 decorridos 160 s (linha a tracejado a roxo). Da mesma forma que aconteceu no anterior cenário, no presente cenário saíram 12 ocupantes pela PE-1, dos quais o último evacuou o CCF findos 110 s da simulação (linhas a cheio e a tracejado a vermelho) e 33 ocupantes abandonaram o CCF pela PE-2 (linha a cheio a roxo), Figura 5.101.

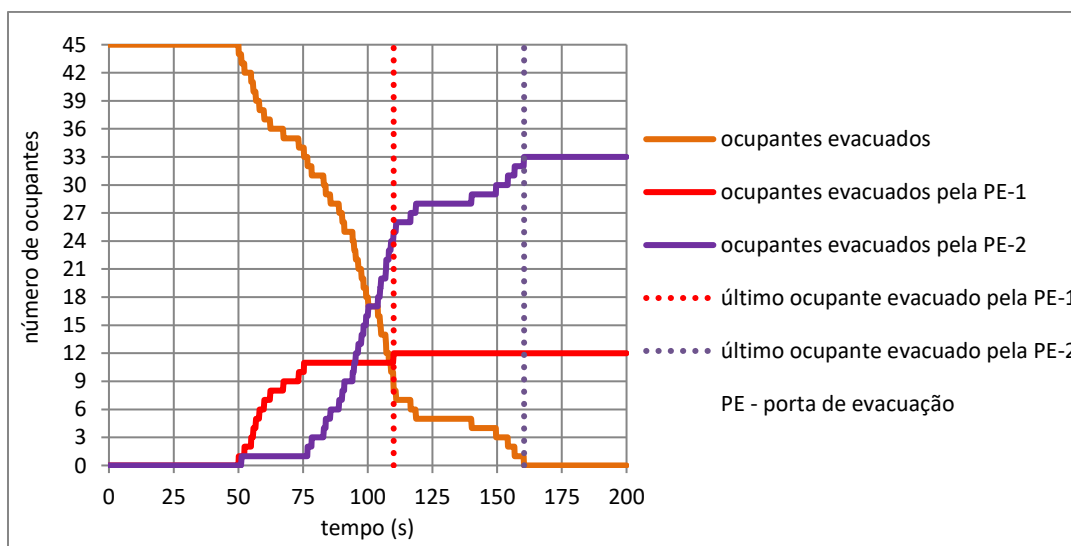


Figura 5.101. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por PE para o cenário\_Lab\_FID4\_SCFR.



A evacuação do CCF pelos 45 ocupantes foi segura, porque a temperatura e a visibilidade registaram-se do lado da segurança, Figuras 5.102; 5.103; 5.104; 5.105; 5.106 e 5.107. Com o incêndio na sala da triagem, a VHE-2 era o primeiro caminho de evacuação a ser atingido, motivo pelo qual decorridos 120 s da simulação a visibilidade registou-se em alguma parte daquela via, abaixo da altura mínima (1,75 m) adotada para a presente tese, Figura 5.105. Todavia, o último ocupante dos que percorreram a VHE-2 saiu do CCF decorridos 110 s da simulação, com a visibilidade do lado da segurança. Por outro lado, dos 12 ocupantes que abandonaram o CCF pela PE-2, o 11º ocupante transpôs a PE-2 ao fim dos 75 s, para o 12º sair aos 120 s, o que torna válida a ideia de que todos os que percorreram a VHE-2 o fizeram com a visibilidade a registar-se do lado da segurança.

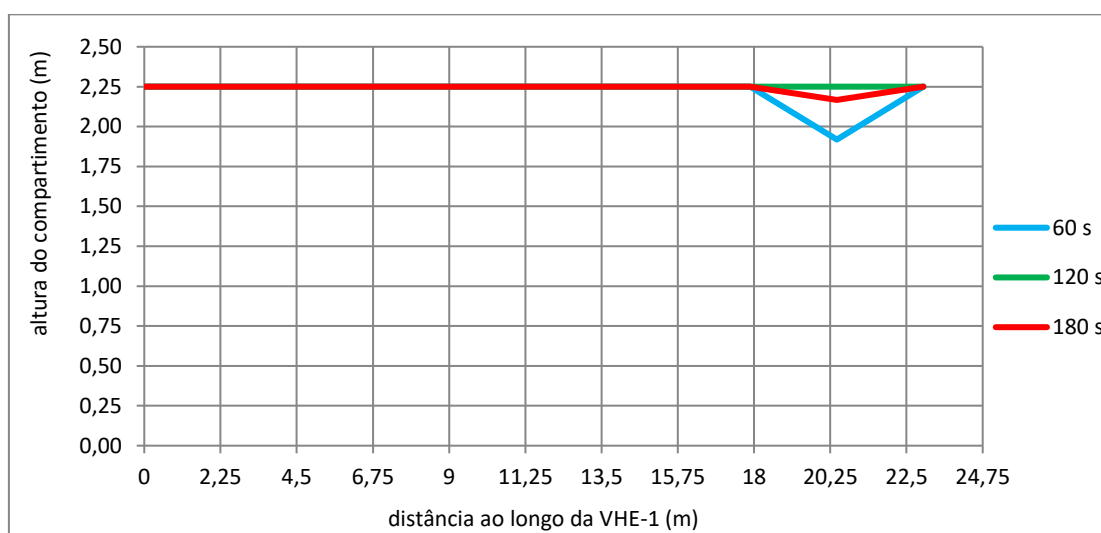


Figura 5.102. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário\_Lab\_FID4\_SCFR.

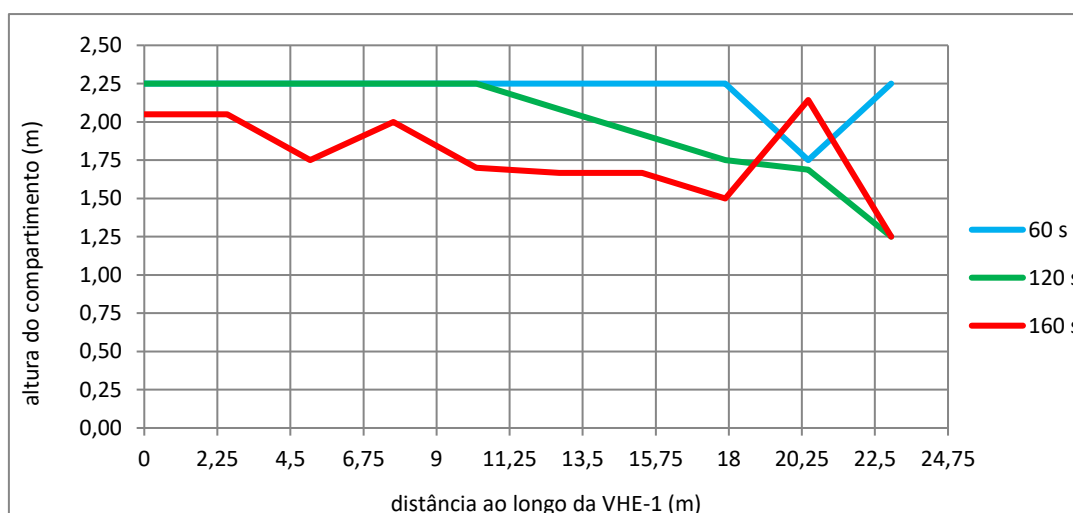


Figura 5.103. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário\_Lab\_FID4\_SCFR.

## 5. ANÁLISE DOS RESULTADOS DAS MODELAÇÕES

### NUMÉRICAS COM O FDS+EVAC

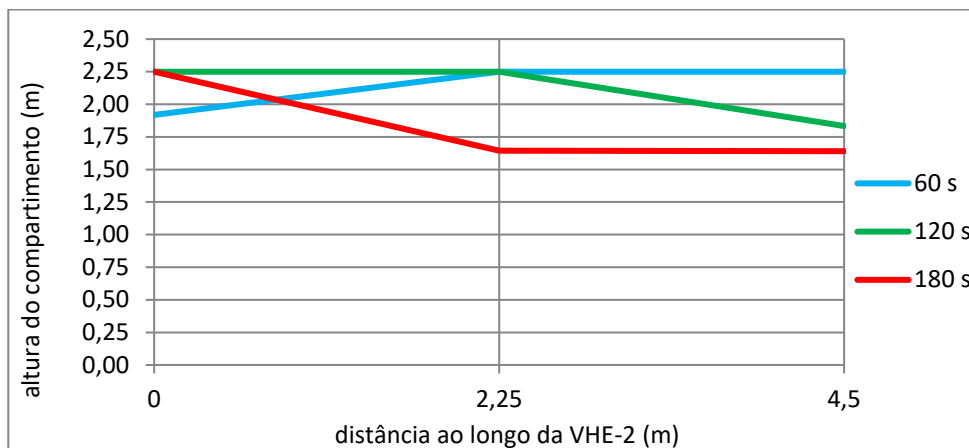


Figura 5.104. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-2 para o cenário\_Lab\_FID4\_SCFR.

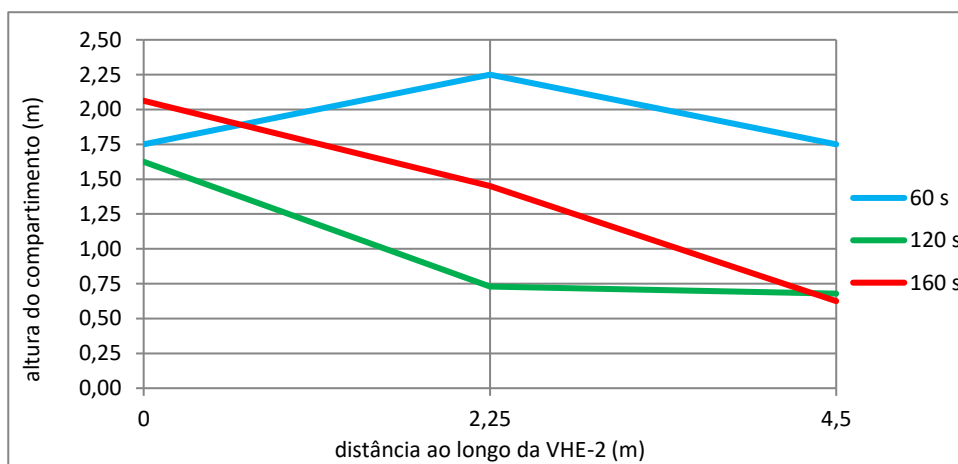


Figura 5.105. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-2 para o cenário\_Lab\_FID4\_SCFR.

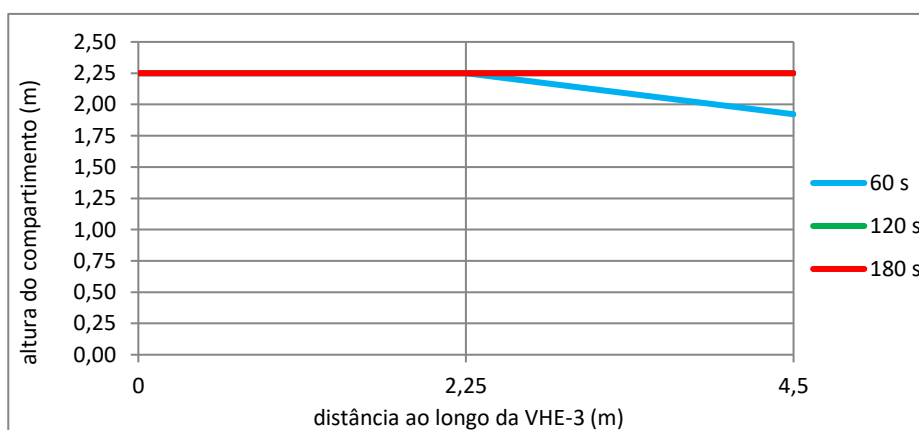


Figura 5.106. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-3 para o cenário\_Lab\_FID4\_SCFR.

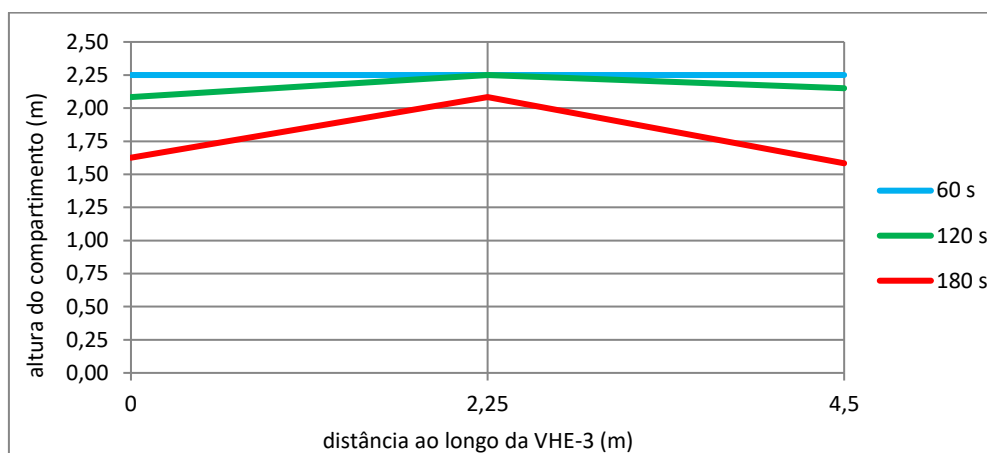


Figura 5.107. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-3 para o cenário\_Lab\_FID4\_SCFR.

## 5.6. Análise dos Resultados dos Métodos Simplificados e das Simulações Numéricas

O presente subcapítulo para além de apresentar os resultados da evacuação através da aplicação dos métodos simplificados, apresenta também para efeitos de comparação os resultados da evacuação do CCF SU obtidos a partir das simulações numéricas sem incêndio.

Para o cálculo da evacuação com métodos simplificados recorreu-se aos métodos de cálculo da evacuação de edifícios propostos por Predtechenskii-Milinskii (1978), apresentados no ponto 3.3.2. Os cálculos tomaram em consideração os parâmetros como: velocidade, densidade e fluxo em função das larguras das PE, distâncias a percorrer e áreas das VHE. Os resultados dos subcapítulos a seguir foram exclusivamente calculados para o efetivo previsto no projeto (48 ocupantes), visto que, as larguras das PE, bem como as distâncias a percorrer no CCF foram as mesmas para os vários efetivos estudados.

Para efeitos de comparação e análise dos resultados estudou-se apenas o CCF Serviço de Urgências. Este CCF foi motivo de análise pelo facto de ter um único tipo de ocupantes (ocupantes *normal size* - ONS), por outro lado, por ter um efetivo variável. As simulações numéricas resumiram-se em quatro cenários, dos quais dois foram constituídos pelo efetivo previsto no regulamento (48 ocupantes), mas com velocidades entre 0,1 a 1,02 m/s e uma velocidade constante de 0,57 m/s (Quadro 2.6) e os outros dois constituídos pelo efetivo previsto acrescido em 90% (92 ocupantes), também com as mesmas velocidades (0,1 a 1,02 m/s e 0,57 m/s). Os cenários tiveram as seguintes designações: serviços de urgência (SU), intervalo de velocidades (IV), velocidade média (VM) e o número de ocupantes (48 ou 92), ou seja, cenário\_SU\_IV48/VM48 ou cenário\_SU\_IV92/VM92.

Nos cenários estudados não foram estabelecidos tempos de pré-movimento, ou seja, o pré-movimento foi definido zero segundos, visto que, os métodos simplificados apenas foram utilizados para prever o tempo de movimento dos ocupantes.

Assim, as análises a seguir foram com base no efetivo previsto no regulamento (48 ocupantes) que também constituiu o mínimo estudado, bem como com o efetivo previsto acrescido em 90% (92 ocupantes), efetivo máximo estudado para o CCF SU.

### 5.6.1. Resultados da Evacuação com Métodos Simplificados

#### Efetivo previsto (48 ocupantes)

##### Densidade em vias horizontais

A densidade máxima nas vias horizontais é a relação entre o número de ocupantes por unidade de área do corredor a percorrer, segundo a expressão 5.2.

$$Densidade = \frac{Pessoas\ a\ evacuar}{Área\ do\ corredor} [p/m^2]$$
$$D = \frac{P}{A} [p/m^2] \quad (5.2)$$

$$D_1 = \frac{4}{23 \times 2,23} \Leftrightarrow D_1 = 0,078\ p/m^2$$

$$D_2 = \frac{44}{4,37 \times 2,35} \Leftrightarrow D_2 = 4,28\ p/m^2$$

Para a  $D_1$  o resultado obtido ( $0,078\ p/m^2$ ) foi muito inferior ao máximo ( $3\ p/m^2$ ) admissível para uma evacuação confortável, segundo Predtechenskii-Milinskii, para densidade em vias horizontais. Assim sendo, sempre que a densidade fosse inferior a  $3\ p/m^2$  nos cálculos de fluxos assumiu-se por segurança este valor. Para a  $D_2$  usou-se o valor  $4,28\ p/m^2$  visto que foi maior que o máximo recomendado para uma evacuação eficiente, (Predtechenskii-Milinskii, 1978).

##### Densidade Adimensional em Vias Horizontais

O método considera  $0,125\ m^2$  como valor médio para a área em projeção horizontal de um ocupante. Assim, a expressão e os cálculos foram:

$$D_a = \frac{P}{A} \times P_h \quad (5.2.1)$$

$$D_a = 4,28 \times 0,125 \Leftrightarrow D_a = 0,535 \text{ m}^2/\text{m}^2$$

Velocidade dos ocupantes nos percursos horizontais

A velocidade pelo método de Predtechenskii-Milinskii (Fig. 5.108) está relacionada com a densidade adimensional e é obtida pela aplicação da expressão 5.3.

$$V_h = \frac{112(D_a)^4 - 380(D_a)^3 + 434(D_a)^2 - 217D_a + 57}{60} \quad (5.3)$$

$$V_h = \frac{112 \times 0,535^4 - 380 \times 0,535^3 + 434 \times 0,535^2 - 217 \times 0,535 + 57}{60} \Leftrightarrow V_h = 0,26 \text{ m/s}$$

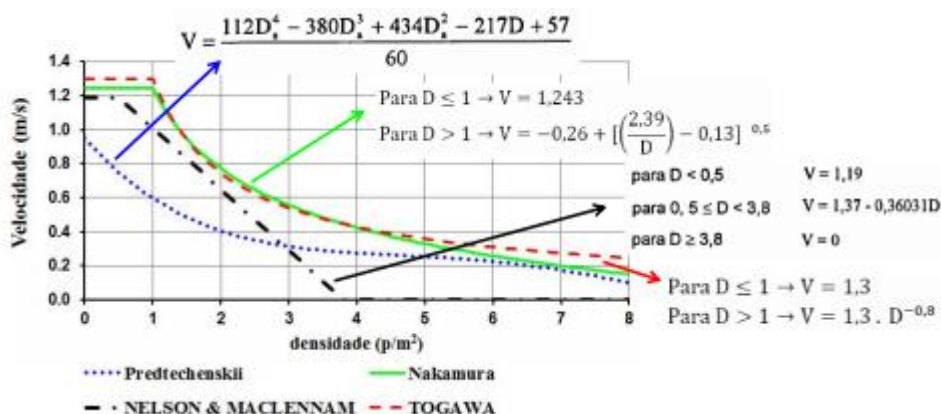


Figura 5.108. Velocidade nos percursos horizontais (adaptado de Predtechenskii-Milinskii, 1978).

Velocidade dos ocupantes nas saídas

O método propõe a expressão 5.3.1, abaixo, para obtenção da velocidade dos ocupantes nas saídas do edifício em função da densidade adimensional e da velocidade nas VHE. Assim:

$$V_v = [1,17 + 0,13xsen(6,03D_a - 0,12)]xV_h \quad (5.3.1)$$

$$V_v = [1,17 + 0,13xsen(6,03 \times 0,535 - 0,12)] \times 0,26 \Leftrightarrow V_v = 0,31 \text{ m/s}$$

Fluxo de saída

O fluxo de saída (F) resulta do produto da velocidade pela densidade e pela largura da saída. Sendo as larguras das saídas ou PE-1 e 2 (Fig. 5.109) respetivamente 2,07 m e 2,05 m obtém-se o fluxo de saída de pessoas por segundo. No entanto, o presente trabalho designou saídas por PE, daí que  $L_{saída}$  foi o valor da largura da PE em causa. Assim:

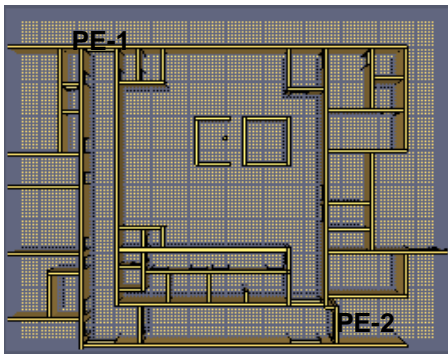


Figura 5.109. Portas de evacuação (PE-1 e 2).

$$F_i = V_{v\tilde{a}o} \times D \times L_{saída} \text{ (pessoas/segundo)}$$

$$F_1 = 0,31 \times 3 \times 2,07 \Leftrightarrow F_1 = 1,92 \text{ p/s} \quad (5.4)$$

$$F_2 = 0,31 \times 4,28 \times 2,05 \Leftrightarrow F_2 = 2,72 \text{ p/s}$$

### Tempo de evacuação

Segundo Tubbus & Meacham (2007), o tempo de evacuação de um compartimento para métodos simplificados, pode ser calculado somando o tempo que o ocupante mais próximo da saída leva até a referida saída mais próxima, com o tempo que todos os ocupantes levam a sair pela referida saída ou pelo tempo que o ocupante mais distante da saída leva a sair do compartimento. Assim, obtidos os fluxos e considerando os resultados com as simulações do FDS para a proporção de ocupantes que saem pelas PE-1 e 2 (4 e 44 ocupantes respetivamente), obteve-se a partir da expressão 5.5 o tempo de evacuação do CCF, para ocupantes que se moviam pelos seus próprios meios. Para a presente expressão assumiu-se a distância percorrida pelo primeiro ocupante a alcançar a saída, com velocidade de 1 m/s, ou seja, assumindo uma evacuação sem qualquer obstáculo ou perturbação. O primeiro ocupante a chegar à PE-1 percorreu 11 m e para a PE-2 percorreu 9 m (Fig. 5.110).

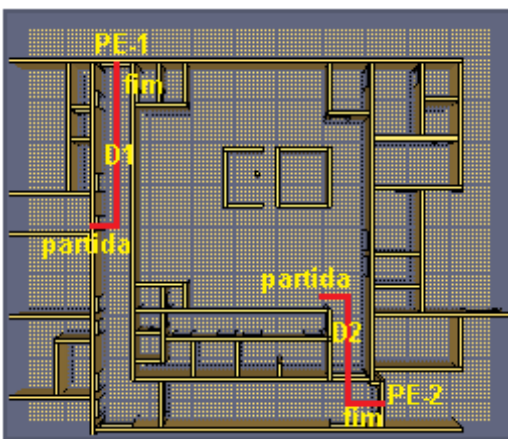


Figura 5.110. Distância a ser percorrida pelo grupo mais afastado.

$$Tempo = \frac{D}{V} + \frac{P}{F} \quad (5.5)$$

$$T_1 = \frac{11}{1} + \frac{4}{2,92} \Leftrightarrow T_1 = 12,37 \text{ s}$$

$$T_2 = \frac{9}{1} + \frac{44}{2,72} \Leftrightarrow T_2 = 25,18 \text{ s}$$

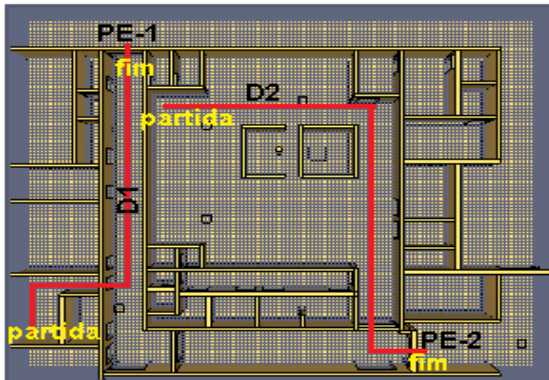
Onde:  
 D - distância percorrida pelo primeiro ocupante a alcançar a saída (m);  
 V - velocidade (m/s);  
 P - ocupantes que participaram na evacuação;  
 F - fluxo (p/s).

### Tempo de Evacuação do Ocupante mais Afastado da Saída

Considerou-se que em condições mais favoráveis, sem qualquer obstáculo e perturbações, a velocidade de deslocamento média de um ocupante seria de 1 m/s. O ocupante mais afastado

para a PE-1 distava 25,54 m e para a PE-2 distava 33,25 m (Fig. 5.111). Então a expressão e os cálculos foram:

$$Tempo = \frac{Distância\ a\ percorrer\ pelo\ último\ ocupante\ até\ alcançar\ a\ saída}{Velocidade} [s] \quad (5.6)$$



$$T_i = \frac{D_i}{V} [s]$$

$$T_1 = \frac{25,54}{1} \Leftrightarrow T_1 = 25,54\ s$$

$$T_2 = \frac{33,25}{1} \Leftrightarrow T_2 = 33,25\ s$$

Figura 5.111. Distância máxima percorrida.

Deste modo, o tempo de evacuação do CCF seria de 33,25 s (maior dos tempos das equações 5.5 e 5.6) considerando que existiam duas portas de evacuação (PE-1 e 2), 48 ocupantes sem limitações na velocidade e que durante a evacuação não existia qualquer interferência do incêndio, uma vez que neste período os ocupantes que optarem pela PE-1 já teriam transposto a respetiva porta.

#### Tempo para ocupantes que se moviam de andarilho

Segundo Proulx (2002) e Shi, et al. (2009), Quadro 2.6, a velocidade média para ocupantes em andarilho é  $v = 0,57\ m/s$ . Neste sentido, o tempo determinado anteriormente seria corrigido para:

$$T_i = \frac{D_i}{V} [s] \quad (5.6.1)$$

$$T_1 = \frac{25,54}{0,57} \Leftrightarrow T_1 = 44,81\ s$$

$$T_2 = \frac{33,25}{0,57} \Leftrightarrow T_2 = 58,33\ s$$

O tempo de evacuação do compartimento considerando que, por um lado, os ocupantes tinham duas portas de evacuação (PE-1 e 2) e por outro lado, moviam-se de andarilho ou tinham velocidades médias equivalentes a um movimento em andarilho, seria de 58,33 s. Para os métodos simplificados adotou-se a velocidade de 1 m/s para representar ocupantes sem

restrições de mobilidade e a velocidade média em andarilho (0,57 m/s) para representar ocupantes com dificuldades na mobilidade, por esse motivo o tempo de 58,33 s foi considerado o correspondente à evacuação do CCF.

O tempo de evacuação do CCF não varia mesmo variando o número de ocupantes, isto porque o mesmo é determinado a partir do suposto ocupante mais afastado da PE por si usada para sair, por outro lado, a evacuação ocorre sem obstáculos. O compartimento mantém-se o mesmo, a distância a percorrer mantém-se, em consequência o tempo para alcançar a PE também vai se manter.

Interessa sublinhar que os métodos simplificados não consideram para a determinação dos fluxos a velocidade de ocupantes com limitações na mobilidade.

### **5.6.2. Resultados da Evacuação com o Método Numérico FDS+Evac**

As simulações numéricas tomaram em consideração uma distribuição uniforme para a velocidade dos ocupantes, entre 0,1 a 1,02 m/s, bem como uma velocidade média de 0,57 m/s para todos os ocupantes, ou seja, todos os ocupantes tinham limitações na mobilidade (velocidade de um ocupante com andarilho, Quadro 2.6). As velocidades em causa serviram para calcular e comparar com os métodos simplificados o fluxo nas portas de evacuação, assim como os tempos de evacuação.

As Figuras 5.112 e 5.113, respetivamente para os cenários SU\_IV48 e SU\_VM48, apresentam a contagem das saídas dos ocupantes do respetivo compartimento ao longo do tempo de simulação, essenciais para os cálculos do fluxo nas portas bem como dos tempos de evacuação, para a simulação com o efetivo previsto (48 ocupantes). Por seu turno, as Figuras 5.114 e 5.115 mostram a contagem das saídas dos ocupantes do respetivo compartimento ao longo do tempo de simulação para os cenários SU\_IV92 e SU\_VM92, essenciais também para os cálculos do fluxo nas portas, assim como dos tempos de evacuação, para a simulação com o efetivo previsto acrescido em 90% (92 ocupantes). Para o cálculo dos fluxos recorreu-se a expressão 5.1, apresentada no subcapítulo anterior.

#### **Cenário\_SU\_IV48**

##### Velocidades entre 0,1 – 1,02 m/s

O tempo de evacuação correspondeu ao tempo em que o último ocupante dos 48 evacuou o CCF SU visto que, não se definiu o tempo do pré-movimento. Da Figura 5.112 pode-se observar que, o tempo de evacuação foi de 128,49 s e o fluxo máximo foi  $F = 1,2 [p / s]$ , segundo os cálculos usando a expressão 5.1.



$$F = \frac{P}{\Delta T} \Leftrightarrow F = \frac{21}{53,40 - 34,92} \Leftrightarrow F = 1,2 [p / s]$$

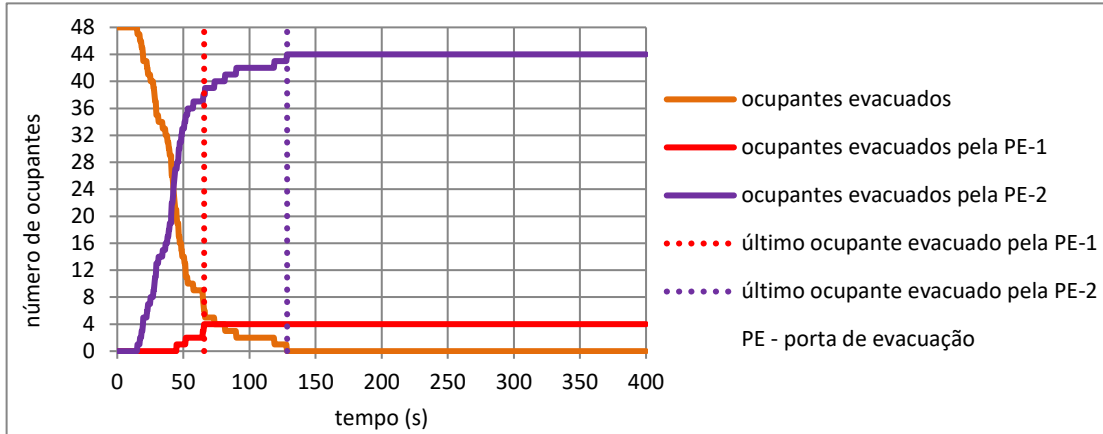


Figura 5.112. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por PE para o cenário\_SU\_IV48.

Velocidade de 0,57 m/s.

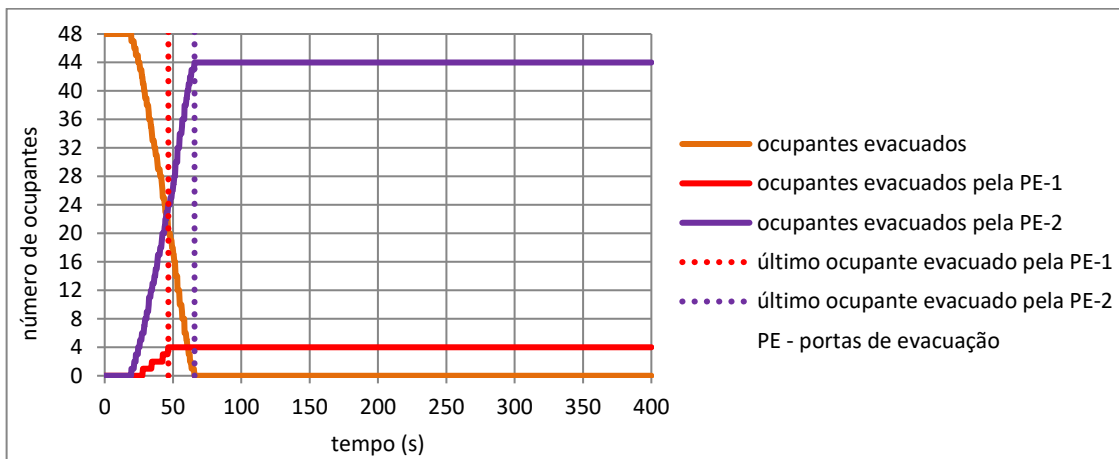


Figura 5.113. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por PE para o cenário\_SU\_VM48.

Com a velocidade média em andarilho de 0,57 m/s, e igual para todos os ocupantes, o tempo necessário para evacuar o CCF foi apenas de 65,73 s, de acordo com a Figura 5.113. Neste caso o fluxo máximo observado foi de  $F = 0,95 [p / s]$ , segundo a expressão 5.1.

$$F = \frac{P}{\Delta T} \Leftrightarrow F = \frac{44}{65,73 - 19,40} \Leftrightarrow F = 0,95 [p / s]$$

### Cenário\_SU\_IV92

Velocidades entre 0,1 – 1,02 m/s.

Da Figura 5.114 pode-se observar que, o tempo de evacuação foi de 157,24 s, para um fluxo máximo de 0,87 (p/s), calculado segundo a expressão 5.1.

$$F = \frac{P}{\Delta T} \Leftrightarrow F = \frac{36}{51,35 - 10,04} \Leftrightarrow F = 0,87 [p / s]$$

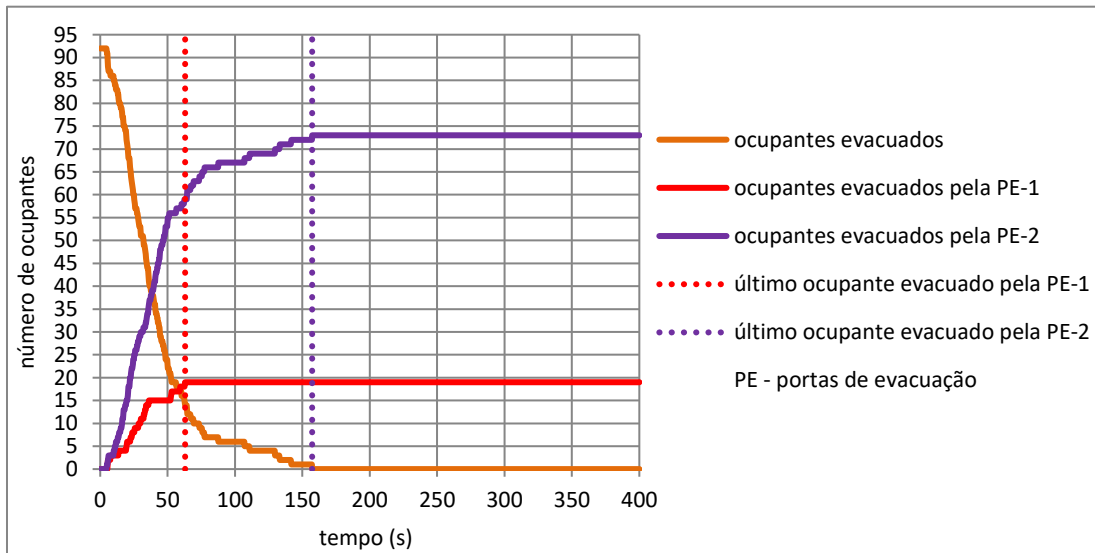


Figura 5.114. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por PE para o cenário\_SU\_IV92.

Velocidade de 0,57 m/s.

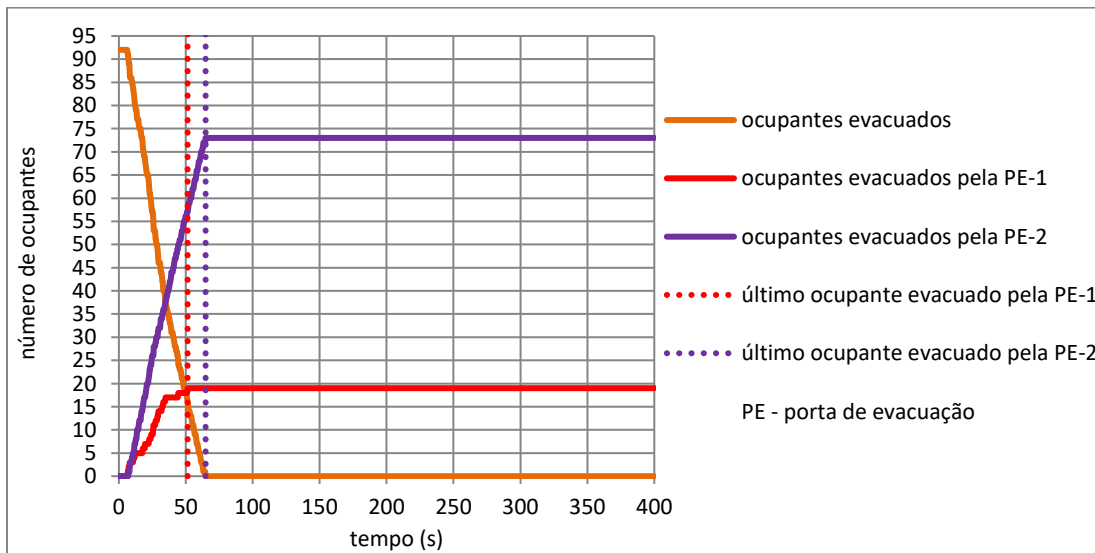


Figura 5.115. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por PE para o cenário\_SU\_VM92.

Da Figura 5.115 pode-se observar que para uma velocidade de 0,57 m/s o tempo de evacuação foi de 64,81 s, para um fluxo máximo de 1,27 [p/s], calculado com base na expressão 5.1.

$$F = \frac{P}{\Delta T} \Leftrightarrow F = \frac{73}{64,81 - 7,30} \Leftrightarrow F = 1,27 [p / s]$$

### Fluxo máximo admissível

#### Cenário\_SU\_FMA

O fluxo máximo admissível (Fig. 5.116) foi calculado para verificar a capacidade máxima de fluxo nas PE. Assim, segundo a expressão 5.1, o fluxo máximo admissível (FMA) para um efetivo de 400 ocupantes a evacuar o CCF SU em 400 s é de  $F = 0,94 [p / s]$ .

$$F = \frac{P}{\Delta T} \Leftrightarrow F = \frac{35}{42,45 - 5,71} \Leftrightarrow F = 0,94 [p / s]$$

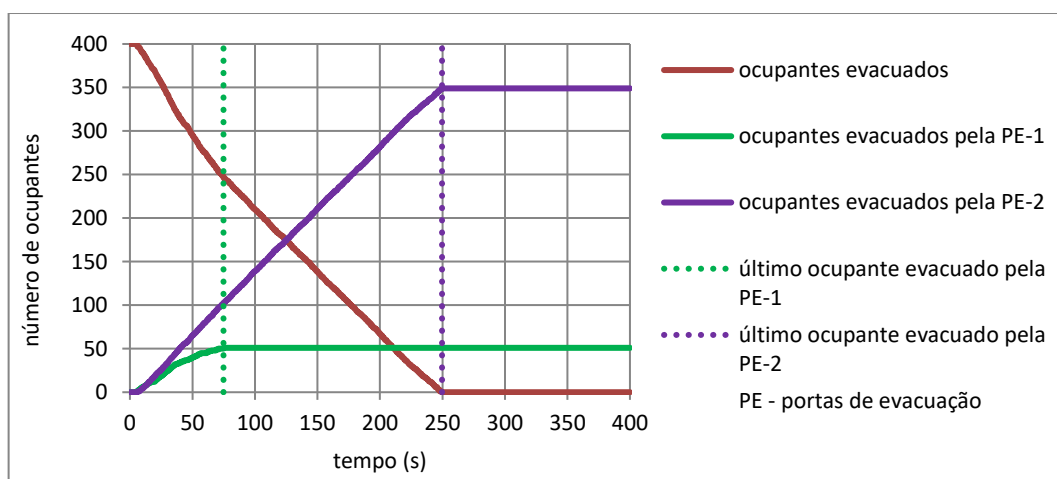


Figura 5.116. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por PE para o cenário\_SU\_FMA.

Os fluxos obtidos a partir dos métodos simplificados foram maiores, quando comparados aos fluxos dos métodos numéricos (Quadro 5.24). Os fluxos dos métodos simplificados foram o produto da velocidade dos ocupantes nas PE, densidade dos ocupantes e da largura das PE, correspondendo ao fluxo máximo admissível para um dado vão nas condições ideais para a evacuação. Enquanto, os fluxos obtidos pelos métodos numéricos correspondem aos máximos observados tendo em conta a localização e a velocidade dos ocupantes.

Relativamente aos tempos de evacuação do CCF com ocupantes sem limitações (velocidade 1 m/s para ocupantes isolados e 0,31 ou 0,17 m/s para ocupantes com uma densidade de aproximadamente 3%), assim como para os que se moviam de andarilho (0,57 m/s), observou-se que o tempo de evacuação foi de 58,33 s para os métodos simplificados. Este tempo registou-se quer para os 48 ocupantes, quer para os 92. Os tempos de evacuação foram os mesmos, porque foram determinados a partir dos ocupantes mais afastados da PE. Independentemente dos ocupantes terem sido em números diferentes, os mais distantes foram

os determinantes para o tempo de evacuação, significando que a impedância oferecida por este número de ocupantes aquando se deslocam sem limitações é desprezável.

Quadro 5.24. Comparação dos resultados da evacuação entre métodos simplificados e numéricos para o CCF SU.

Métodos	Nº de ocupantes	Velocidades com IV/VM [m/s]	Fluxos com IV/VM [p/s]	Tempo de evacuação com IV/VM [s]
Simplificados	48	0,57	2,72	<b>58,33</b>
<b>Numéricos</b>				
Cenários_SU_IV48	48	0,1 – 1,02	1,2	128,49
Cenários_SU_VM48		0,57	0,95	<b>65,73</b>
Cenários_SU_IV92	92	0,1 – 1,02	0,87	157,24
Cenários_SU_VM92		0,57	1,27	64,81
Cenário_SU_FMA	400	0,57	0,94	250

No que concerne aos métodos numéricos os fluxos e os tempos de evacuação com a velocidade média em andarilho (0,57 m/s) são melhores quando comparados aos fluxos e tempos de evacuação com o intervalo de velocidades de 0,1 – 1,02 m/s (Quadro 5.24). A diferença deveu-se ao facto de nas simulações com a velocidade entre 0,1 – 1,02 m/s os ocupantes terem usado diferentes velocidades dentro do intervalo definido, motivo pelo qual os gráficos apresentam intermitência, o que se traduz nos ocupantes com velocidades mais lentas. Por sua vez, as simulações com velocidade de 0,57 m/s, o programa assumiu como velocidade constante para todos os ocupantes, motivo pelo qual as evacuações não têm intermitência e ocorreram em tempos mais curtos quando comparadas às evacuações com intervalo de velocidade. Os tempos de evacuação para a velocidade de 0,57 m/s foram quase os mesmos para as simulações numéricas (65,73 e 64,81 s para simulações com 48 e 92 ocupantes respetivamente).

A partir dos resultados obtidos pode-se afirmar que os métodos simplificados podem ser usados para calcular a evacuação de edifícios hospitalares, para situações sem incêndio, desde que a impedância dos ocupantes seja desprezável. Isto porque, as diferenças de tempos de evacuação no CCF SU, assumindo uma velocidade de 0,57 m/s foram muito próximos (58,33 s para os métodos simplificados e 65,73 s para os métodos numéricos). Os métodos numéricos registaram um aumento do tempo em 7,4 s, em relação aos métodos simplificados.

## 5.7. Considerações Finais

Da análise do risco do incêndio a partir das simulações numéricas com o programa FDS+Evac, para os 4 CCF, concluiu-se que para um possível incêndio com início numa divisão com ocupantes, cujo pré-movimento termina entre os 30 ou 45 s do incêndio, o sistema de segurança contra o incêndio atualmente existente é eficaz. Todos os CCF evacuaram com a temperatura dos gases acima de 80 °C e a visibilidade de 10 m a registarem-se do lado da segurança.

Entretanto, para um possível incêndio com início numa sala sem ocupantes, cujo conhecimento do mesmo é a partir do alarme geral e o pré-movimento a terminar aos 180 s, o sistema de segurança contra o incêndio existente foi ineficiente. Os CCF BO e SU não conseguiram evacuar na totalidade, devido quer as condições arquitetônicas dos CCF, quer a incapacidade do sistema de controlo de fumo. Assim, para o BO concluiu-se que para uma evacuação eficiente, rápida e segura, quer com ONS ou com OLS, as saídas de emergência e das divisões com efetivo deviam ter no mínimo 2 m de largura para facilitar as manobras e atravessamentos com acamados. Por outro lado, o SCF existente devia ser reforçado pelo menos na principal via de evacuação, para melhorar as condições de temperatura e visibilidade, de forma a viabilizar o deslocamento dos ocupantes.

Para o CCF SU o grande problema detetado durante a evacuação esteve relacionado com aspetos arquitetónicos, ou seja, mais de 80% dos ocupantes dependiam de um único caminho de evacuação para chegar a uma das duas PE, o que criou congestionamento na referida via de evacuação. Por outro lado, os ocupantes chegavam à referida via de evacuação (VHE-3), com esta totalmente cheia de fumo atendendo que, a mesma constituía o primeiro caminho de evacuação (dos 3 analisados) a ser, severamente, atingido pelo incêndio e seus efeitos. Não obstante, a introdução de uma nova porta de emergência distinta da VHE-3, mas que conduzia diretamente à VHE-5 foi determinante para que 80% do efetivo a usasse para abandonar o CCF de forma rápida e segura.

No que concerne ao CCF SI o objetivo principal foi de estudar as evacuações horizontal e vertical (com elevadores). Dos resultados das simulações com o FDS+Evac depreendeu-se que, em todos os cenários que estudaram as evacuações horizontais, quer o pré-movimento tenha terminado aos 30 s, quer tenha terminado aos 180 s o CCF evacuou. Para os cenários cujo pré-movimento terminou aos 180 s os dois tipos de ocupantes estudados (ONS e OLS) saíram pela PE-1, porque no momento do pré-movimento o caminho de evacuação que conduzia à PE-2 já estava cheio de fumo. A distribuição eficiente das PE e dos caminhos de evacuação, protegidos, que conduziam às PE ajudou na rápida mobilidade e evacuação dos ocupantes.

Relativamente à evacuação com recurso a elevadores observou-se que, para o tempo de simulação previsto deviriam existir no mínimo quatro elevadores, porque com três elevadores só 65% dos ocupantes evacuaram o CCF, na razão de 22% de ocupantes por elevador. Com um quarto elevador e supondo uma proporção de 25% dos ocupantes por elevador teria sido possível em 400 s evacuar todo o CCF. Por outro lado, um aumento do tempo de simulação para 500 s seria suficiente para o CCF evacuar através dos três elevadores disponíveis para o efeito, porque em média cada elevador demorou 100 s para voltar a abrir. Assim, seriam necessários mais 100 s para os elevadores transportarem os ocupantes pela quarta vez. Mesmo

assim, o tempo de evacuação do CCF com recurso à elevadores seria superior ao tempo de evacuação na horizontal.

O CCF Lab teve também dois focos de incêndio, contudo, o pré-movimento terminou aos 30 s para ambos. Os ocupantes eram quase todos funcionários dos laboratórios, consequentemente mesmo com um incêndio de taxa de libertação de calor de 10 MW, todos eles conseguiram abandonar o edifício. Isto é, para situações em que a evacuação do edifício é levada a cabo por pessoas normais o sistema de segurança existente responde com eficiência. Ademais os funcionários dos laboratórios não precisavam de ajuda, nem de orientação para abandonarem o edifício.

Os parâmetros variados tiveram impactos para o tempo de evacuação dos CCF, na seguinte proporção:

- ✓ a adição de um sistema de desenfumagem, nas vias de evacuação interiores ao CCF em estudo, com um caudal 50% do existente foi suficiente para satisfazer uma evacuação segura;
- ✓ o aumento do efetivo em 30% ou mais dobrou o tempo de evacuação dos CCF;
- ✓ o aumento do tempo do fim do pré-movimento até aos 180 s fez também aumentou no dobro o tempo de evacuação do CCF.

Por último referir que, o estudo da evacuação a partir de métodos simplificados, para cenários cujo parâmetro a variar foi o número de ocupantes, este não teve influência no tempo da evacuação do edifício. Isto, porque o tempo de evacuação foi calculado a partir da distância mais longa percorrida pelo ocupante considerado mais afastado da PE. Assim, mesmo com a variação do número de ocupantes, a distância a percorrer manteve-se a mesma para os dois cenários. Entretanto, quanto aos resultados obtidos pode-se afirmar que, para uma análise de evacuação de hospitais sem incêndio os métodos simplificados podem ser usados para o efeito, visto que, a diferença dos tempos de evacuação entre os métodos numéricos e simplificados foi de 12,7%.

## 6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DOS MÉTODOS DE ANÁLISE DO RISCO

### 6.1. Generalidades

Através dos métodos de Gretener, Frame e Hierárquico analisou-se o risco de incêndio nos CCF: i) Bloco Operatório (BO), ii) Serviços de Urgências (SU), iii) Serviços de Internamentos/Enfermarias (SI) e iv) Laboratórios, distribuídos entre os pisos 0 e 1 (retângulos a vermelho no Anexo), no novo edifício do hospital Sousa Martins na Guarda. Para o efeito verificou-se com base nos métodos de avaliação do risco, se as medidas de segurança contra o incêndio dos CCF em estudo, conseguiam em situação de incêndio, oferecer condições de evacuação aos CCF de forma segura e rápida.

### 6.2. Análise dos Resultados Através dos Métodos de Análise do Risco

As medidas de segurança contra incêndios, em hospitais, têm um papel importante na proteção e combate contra os incêndios. Sem dúvida em hospitais a preservação da vida dos pacientes, equipas médicas, equipas de salvamento e demais pessoas, é fator mais importante a ter em conta, quer em projeto, quer na implementação das medidas de segurança no edifício.

Os subcapítulos a seguir apresentam os resultados dos cálculos práticos do risco de incêndio a partir dos métodos de Gretener, Frame e Hierárquico. Os cálculos detalhados para a análise do risco de incêndio pelos métodos de Gretener e Frame constam do Apêndice C.

Para análise do risco adotou-se uma carga de incêndio mobiliária de  $280 \text{ MJ/m}^2$ , correspondente aos hospitais (EN 1991-1-2: 2002), atendendo que os CCF em estudo são parte integrante do hospital. A carga de incêndio foi a mesma para os métodos de Gretener e Frame.

#### 6.2.1. Aplicação do método de Gretener para os CCF em estudo

De acordo com o subcapítulo 3.2.1, a análise do risco pelo método de Gretener observou os parâmetros constantes dos Quadros 6.1; 6.2, 6.3 e 6.4 para os CCF: Bloco Operatório, Serviços de Urgência, Serviços de Internamento e Laboratórios, respetivamente.

A coluna de observações equivale a justificação de cada valor atribuído a cada coeficiente. Os valores dos coeficientes já existem tabelados no método de Gretener.

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DOS MÉTODOS  
DE ANÁLISE DO RISCO

Quadro 6.1. Análise do risco de incêndio no CCF BO, segundo o método de Gretenner.

<b>Coefficientes</b>		<b>Resultados</b>	<b>Observações</b>
q	=	1,10	O valor da densidade da carga de incêndio mobiliário foi de 280 MJ/m <sup>2</sup> ;
c	=	1,40	O material das divisões definiu-se como inflamável, facilmente combustível;
r	=	1,10	O perigo de fumo definiu-se como médio;
k	=	1,10	Os materiais têm um grau de corrosão normal;
i	=	1,00	A estrutura do edifício é de betão e tijolo;
e	=	1,00	O CCF BO localiza-se no 1º andar, logo E <sup>+</sup> <4m;
g	=	0,70	l/b = 2:1; A=1200 m <sup>2</sup> ;
P	=	$q \times c \times r \times k \times i \times e \times g \Leftrightarrow P = 1,304$	Perigo Potencial;
n <sub>1</sub>	=	1,00	Os extintores estão dispostos de forma que os ocupantes não percorram mais que 15 m (nº 1, artigo 163º, da Portaria 1532/2008, de 29 de dezembro);
n <sub>2</sub>	=	1,00	O CCF possui bocas-de-incêndio de tipo carretel em número suficiente para área a proteger;
n <sub>3</sub>	=	1,00	Reservatório elevado de água para incêndio sem reserva, com bomba de nível freático, independente da rede elétrica;
n <sub>4</sub>	=	1,00	O hidrante dista menos de 70 m da entrada do edifício;
n <sub>5</sub>	=	0,80	O hospital possui um pessoal de segurança que responde entre outras matérias pela segurança ao incêndio, mas não constitui uma brigada do incêndio do hospital. Assim, não se assumiu ter pessoal instruído disponível e treinado porque não possuem a formação de bombeiros;
N	=	$n_1 \times n_2 \times n_3 \times n_4 \times n_5 \Leftrightarrow N = 0,80$	Medidas Normais;
s <sub>1</sub>	=	1,45	Os detetores do incêndio estão em número suficiente e de acordo com o regulamento;
s <sub>2</sub>	=	1,05	Existe um posto de segurança ocupado permanentemente por pelo menos duas pessoas durante todo o dia;
s <sub>3</sub>	=	1,00	O hospital não dispõe de equipa de bombeiros privativo;
s <sub>4</sub>	=	1,00	Os bombeiros locais (Bombeiros Voluntários da Guarda), distam 5 min do hospital;
s <sub>5</sub>	=	1,35	Existe uma instalação automática de extinção a gás (proteção de local);
s <sub>6</sub>	=	1,20	O CCF dispõe de sistema de desenfumagem ativa;
S	=	$s_1 \times s_2 \times s_3 \times s_4 \times s_5 \times s_6 \Leftrightarrow S = 2,466$	Medidas Especiais;
f <sub>1</sub>	=	1,30	A estrutura tem uma capacidade de resistência ao fogo estimada em 90 min;
f <sub>2</sub>	=	1,15	Resistência ao fogo da fachada – F60;
f <sub>3</sub>	=	1,20	As vias verticais de evacuação (VVE) interiores bem como os pavimentos têm uma capacidade mínima de resistência ao fogo F60;
f <sub>4</sub>	=	1,20	As portas de acesso ao CCF BO apresentam uma resistência ao fogo mínima de F60;
F	=	$f_1 \times f_2 \times f_3 \times f_4 \Leftrightarrow F = 2,153$	Medidas de Construção;
B	=	$P / (N \times S \times F) \Leftrightarrow B = 0,307$	
A	=	1,00	A ocorrência de um incêndio é de probabilidade normal;
R	=	$B \times A \Leftrightarrow R = 0,307$	Risco de Incêndio Efetivo;
P <sub>H,e</sub>	=	0,60	Exposição ao perigo de 20% atendendo que o incêndio ocorre no período noturno;
R <sub>u</sub>	=	$1,3 \times P_{H,e} \Leftrightarrow R_u = 0,78$	
γ	=	$R_u / R \Leftrightarrow \gamma = 2,54$	<b>O edifício está seguro contra o incêndio.</b>



6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DOS MÉTODOS DE ANÁLISE DO RISCO

Quadro 6.2. Análise do risco de incêndio no CCF SU, segundo o método de Gretener.

<b>Coefficientes</b>		<b>Resultados</b>	<b>Observações</b>
q	=	1,10	O valor da densidade da carga de incêndio mobiliário foi de 280 MJ/m <sup>2</sup> ;
c	=	1,40	O material das divisões definiu-se como inflamável facilmente combustível;
r	=	1,10	O perigo de fumo definiu-se como médio;
k	=	1,10	Os materiais têm um grau de corrosão normal;
i	=	1,00	A estrutura do edifício é de betão e tijolo;
e	=	1,00	O CCF SU localiza-se no piso 0, logo E <sup>+</sup> <4m;
g	=	0,60	l/b = 1:1; A=806 m <sup>2</sup>
P	=	$q \times c \times r \times k \times i \times e \times g \Leftrightarrow P = 1,118$	Perigo Potencial;
n <sub>1</sub>	=	1,00	Os extintores estão dispostos de forma que os ocupantes não percorram mais que 15 m (nº 1, artigo 163º, da Portaria 1532/2008, de 29 de dezembro);
n <sub>2</sub>	=	1,00	O CCF possui bocas-de-incêndio de tipo carretel em número suficiente para área a proteger;
n <sub>3</sub>	=	1,00	Reservatório elevado de água para incêndio sem reserva, com bomba de nível freático, independente da rede elétrica;
n <sub>4</sub>	=	1,00	O hidrante dista menos de 70 m da entrada do edifício;
n <sub>5</sub>	=	0,80	O pessoal de segurança do hospital não possui formação de bombeiros;
N	=	$n_1 \times n_2 \times n_3 \times n_4 \times n_5 \Leftrightarrow N = 0,80$	Medidas Normais;
s <sub>1</sub>	=	1,45	Os detetores de incêndio estão em número suficiente e de acordo com o regulamento;
s <sub>2</sub>	=	1,05	Existe um posto de segurança ocupado permanentemente, por pelo menos duas pessoas durante todo o dia;
s <sub>3</sub>	=	1,00	O hospital não dispõe de equipa de bombeiros privativa;
s <sub>4</sub>	=	1,00	Os bombeiros locais (Bombeiros Voluntários da Guarda), distam 5 min do hospital;
s <sub>5</sub>	=	1,35	Existe uma instalação automática de extinção a gás (proteção de local);
s <sub>6</sub>	=	1,20	O CCF dispõe de sistema de desenfumagem ativa;
S	=	$s_1 \times s_2 \times s_3 \times s_4 \times s_5 \times s_6 \Leftrightarrow S = 2,466$	Medidas Especiais;
f <sub>1</sub>	=	1,30	A estrutura tem uma capacidade de resistência ao fogo de F 90;
f <sub>2</sub>	=	1,15	Resistência ao fogo da fachada – F60;
f <sub>3</sub>	=	1,20	As vias verticais de evacuação (VVE) interiores bem como os pavimentos têm uma capacidade mínima de resistência ao fogo F60;
f <sub>4</sub>	=	1,20	As portas de acesso ao CCF SU apresentam uma resistência ao fogo mínima de F60;
F	=	$f_1 \times f_2 \times f_3 \times f_4 \Leftrightarrow F = 2,153$	Medidas de Construção;
B	=	$P / (N \times S \times F) \Leftrightarrow B = 0,263$	
A	=	1,00	A ocorrência de um incêndio é de probabilidade normal;
R	=	$B \times A \Leftrightarrow R = 0,263$	Risco de Incêndio Efetivo;
P <sub>H,e</sub>	=	0,60	Exposição ao perigo de 20% atendendo que o incêndio ocorre no período noturno;
R <sub>u</sub>	=	$1,3 \times P_{H,e} \Leftrightarrow R_u = 0,78$	
γ	=	$R_u / R \Leftrightarrow \gamma = 2,963$	O edifício está seguro contra o incêndio.

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DOS MÉTODOS  
DE ANÁLISE DO RISCO

Quadro 6.3. Análise do risco de incêndio no CCF SI, segundo o método de Gretener.

Coeficientes		Resultados	Observações
q	=	1,10	O valor da densidade da carga de incêndio mobiliário foi de 280 MJ/m <sup>2</sup> ;
c	=	1,40	O material das divisões definiu-se como inflamável, facilmente combustível;
r	=	1,10	O perigo de fumo definiu-se como médio;
k	=	1,10	Os materiais têm um grau de corrosão médio;
i	=	1,00	A estrutura do edifício é de betão e tijolo;
e	=	2,00	Embora o CCF SI esteja localizado no piso 1 o que equivale $e = 1$ , contudo, o fator “e” foi majorado para o máximo a atribuir ao fator, i.e., 2, atendendo que maior parte dos ocupantes são pacientes acamados, o que dificultaria grandemente a evacuação do CCF.
g	=	0,60	$l/b = 2:1$ ; $A=1058 \text{ m}^2$
P	=	$q \times c \times r \times k \times i \times e \times g \Leftrightarrow P = 2,236$ Perigo Potencial;	
n <sub>1</sub>	=	1,00	Os extintores estão dispostos de forma que os ocupantes não percorram mais que 15 m (nº 1, artigo 163º, da Portaria 1532/2008, de 29 de dezembro);
n <sub>2</sub>	=	1,00	O CCF possui boca-de-incêndio de tipo carretel em número suficiente para área a proteger;
n <sub>3</sub>	=	1,00	Reservatório elevado de água para incêndio sem reserva, com bomba de nível freático, independente da rede elétrica;
n <sub>4</sub>	=	1,00	O hidrante dista a menos de 70 m à entrada do edifício;
n <sub>5</sub>	=	0,80	O pessoal de segurança do hospital não possui a formação de bombeiros;
N	=	$n_1 \times n_2 \times n_3 \times n_4 \times n_5 \Leftrightarrow N = 0,80$ Medidas Normais;	
s <sub>1</sub>	=	1,45	Os detetores de fumo estão em número suficiente e de acordo com o regulamento;
s <sub>2</sub>	=	1,05	Existe um posto de segurança ocupado permanentemente, por pelo menos duas pessoas durante todo o dia;
s <sub>3</sub>	=	1,00	O hospital não dispõe de equipa de bombeiros privativa;
s <sub>4</sub>	=	1,00	Os bombeiros locais (Bombeiros Voluntários da Guarda), distam 5 min do hospital;
s <sub>5</sub>	=	1,35	Existe uma instalação automática de extinção a gás;
s <sub>6</sub>	=	1,20	O CCF dispõe de sistema de desenfumagem ativa;
S	=	$s_1 \times s_2 \times s_3 \times s_4 \times s_5 \times s_6 \Leftrightarrow S = 2,466$ Medidas Especiais;	
f <sub>1</sub>	=	1,30	A estrutura tem uma capacidade de resistência ao fogo estimada em 90 min;
f <sub>2</sub>	=	1,15	Resistência ao fogo da fachada – F60;
f <sub>3</sub>	=	1,20	As vias verticais de evacuação (VVE) interiores bem como os pavimentos têm uma capacidade mínima de resistência ao fogo F60;
f <sub>4</sub>	=	1,20	As portas de acesso ao CCF SI apresentam uma resistência ao fogo mínima de F60;
F	=	$f_1 \times f_2 \times f_3 \times f_4 \Leftrightarrow F = 2,153$ Medidas de Construção;	
B	=	$P/(N \times S \times F) \Leftrightarrow B = 0,526$	
A	=	1,45	O grau de ativação do incêndio é elevado, porque maior parte do material de uso médico é inflamável, o que é acrescido pelo nível de dificuldades a enfrentar para evacuar o piso, atendendo que é maioritariamente ocupado por acamados;
R	=	$B \times A \Leftrightarrow R = 0,763$ Risco de Incêndio Efetivo;	
P <sub>H,E</sub>	=	0,60	Exposição ao perigo das pessoas teve em consideração o número de pessoas (100) e a sua mobilidade (76 acamados);
R <sub>u</sub>	=	$1,3 \times P_{H,E} \Leftrightarrow R_u = 1,3 \times 0,60 \Leftrightarrow R_u = 0,78$	
$\gamma$	=	$R_u/R \Leftrightarrow \gamma = 1,022$ O edifício está seguro contra o incêndio.	

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DOS MÉTODOS DE ANÁLISE DO RISCO

Quadro 6.4. Análise do risco de incêndio no CCF Lab, segundo o método de Gretener.

Coeficientes		Resultados	Observações
q	=	1,10	O valor da densidade da carga de incêndio mobiliário foi de 500 MJ/m <sup>2</sup> ;
c	=	1,60	O material das divisões é altamente inflamável;
r	=	1,10	O perigo de fumo definiu-se como médio;
k	=	1,00	Os materiais têm um grau de corrosão normal;
i	=	1,00	A estrutura do edifício é de betão e tijolo;
e	=	1,00	O CCF SI localiza-se no 1º andar, logo E+ < 4m;
g	=	0,50	l/b = 2:1; A=510 m <sup>2</sup>
P	=	<b>qxcxrxkxixexg</b> ⇔ <b>P = 0,968</b> Perigo Potencial;	
n <sub>1</sub>	=	1,00	Os extintores estão dispostos de forma que os ocupantes não percorram mais que 15 m (nº 1, artigo 163º, da Portaria 1532/2008, de 29 de dezembro);
n <sub>2</sub>	=	1,00	O CCF possui boca-de-incêndio de tipo carretel em número suficiente para área a proteger;
n <sub>3</sub>	=	1,00	Reservatório elevado de água para incêndio sem reserva, com bomba de nível freático, independente da rede elétrica;
n <sub>4</sub>	=	1,00	O hidrante dista a menos de 70 m à entrada do edifício;
n <sub>5</sub>	=	0,80	O pessoal de segurança do hospital não possui a formação de bombeiros;
N	=	<b>n<sub>1</sub>xn<sub>2</sub>xn<sub>3</sub>xn<sub>4</sub>xn<sub>5</sub></b> ⇔ <b>N = 0,80</b> Medidas Normais;	
s <sub>1</sub>	=	1,45	Os detetores de fumo estão em número suficiente e de acordo com o regulamento;
s <sub>2</sub>	=	1,10	Existe um posto de segurança ocupado permanentemente, por pelo menos duas pessoas durante todo o dia;
s <sub>3</sub>	=	1,00	O hospital não dispõe de equipa de bombeiros privativa;
s <sub>4</sub>	=	1,00	Os bombeiros locais (Bombeiros Voluntários da Guarda), distam 5 min do hospital;
s <sub>5</sub>	=	1,35	Existe uma instalação automática de extinção a gás;
s <sub>6</sub>	=	1,20	O CCF dispõe de sistema de desenfumagem ativa;
S	=	<b>s<sub>1</sub>xS<sub>2</sub>xS<sub>3</sub>xS<sub>4</sub>xS<sub>5</sub>xS<sub>6</sub></b> ⇔ <b>S = 2,584</b> Medidas Especiais;	
f <sub>1</sub>	=	1,30	A estrutura tem uma capacidade de resistência ao fogo estimada em 90 min;
f <sub>2</sub>	=	1,15	Resistência ao fogo da fachada – F60;
f <sub>3</sub>	=	1,20	As vias verticais de evacuação (VVE) interiores bem como os pavimentos têm uma capacidade mínima de resistência ao fogo F60;
f <sub>4</sub>	=	1,20	As portas de acesso ao CCF SI apresentam uma resistência ao fogo mínima de F60;
F	=	<b>f<sub>1</sub>x f<sub>2</sub>x f<sub>3</sub>x f<sub>4</sub></b> ⇔ <b>F = 2,153</b> Medidas de Construção;	
B	=	<b>P/(N x S x F)</b> ⇔ <b>B = 0,218</b>	
A	=	1,45	A ocorrência de um incêndio é de probabilidade normal;
R	=	<b>B x A</b> ⇔ <b>R = 0,315</b> Risco de Incêndio Efetivo;	
P <sub>H,e</sub>	=	1,00	Exposição ao perigo das pessoas teve em consideração o número de pessoas e a sua mobilidade;
R <sub>u</sub>	=	<b>1,3 x P<sub>H,e</sub></b> ⇔ <b>R<sub>u</sub> = 1,3x1,00</b> ⇔ <b>R<sub>u</sub> = 1,30</b>	
γ	=	<b>R<sub>u</sub>/R</b> ⇔ <b>γ = 4,122</b> O edifício está seguro contra o incêndio.	

Nos 4 CCF analisados o parâmetro diferenciador foi o perigo potencial, porque o seu cálculo integrou o fator área ocupada por cada CCF. Os CCF BO, SU e Lab mostraram-se muito

seguros contra o incêndio, quando comparados ao CCF SI. No CCF BO assumiu-se 4 acamados, o que se traduziu em um possível incêndio com as 4 salas em serviço de cirurgia. Mas mesmo assim, o número de acamados não criou problemas na evacuação (Fig. 5.11 e Quadro 5.2), porque cada acamado era acompanhado por 5 pessoas (enfermeiros, anestesistas, médicos, entre outros). Por sua vez, o CCF SU era ocupado por pacientes que em incêndio evacuavam o CCF com os seus próprios meios ou com pequena ajuda se necessário e o CCF Lab tinha 78% de ocupantes funcionários dos laboratórios sem restrições físicas que pudessem afetar o deslocamento.

No CCF SI para além do fator área que tem um valor diferente, tomou-se ainda em consideração o facto de maior parte dos ocupantes serem acamados, visto que tem 4 enfermarias e 2 quartos de internamentos de pacientes. Outros fatores que influenciaram a segurança do SI foram o andar (e), o grau de ativação (A) e o fator exposição ao perigo ( $P_{H,E}$ ). Os fatores em causa foram determinados considerando a grande dificuldade para evacuar um CCF com 76% de seus ocupantes, acamados. A existência de acamados teve um peso gravoso para a evacuação do hospital, o que associado a hora do início do incêndio e das dificuldades acrescidas pelo número reduzido do pessoal de socorro em relação ao elevado número de acamados por abandonar o edifício, tornaria a evacuação complicada e demorada.

Por último destacar que, os 4 CCF embora tenham finalidades diferentes, entretanto, foram implantados no mesmo edifício. A construção deles foi no mesmo período, o material de construção foi quase o mesmo, motivo pelo qual todos se mostraram seguros contra o incêndio. Os critérios de segurança adotados tiveram em conta o valor dos bens a proteger e as condições físicas dos ocupantes (que em incêndio, uma grande parte não seria capaz de abandonar o edifício com os seus próprios meios).

### **6.2.2. Aplicação do método de FRAME para os CCF em estudo**

O cálculo da capacidade de resposta ao incêndio do novo edifício do Hospital Sousa Martins na Guarda, objeto de estudo da tese, foi feito por compartimento corta-fogo (CCF), onde se analisou o risco potencial P, através da carga de incêndio e fatores de propagação, da geometria horizontal, altura do edifício, controlo do fumo, acessibilidade e do tempo necessário para evacuar os compartimentos corta-fogo. O tempo de evacuação foi calculado em função do número das pessoas dentro do CCF em análise, da mobilidade das mesmas e das dimensões do compartimento e dos caminhos de evacuação. De acordo com o subcapítulo 3.2.2, a análise do risco do incêndio pelo método de FRAME obteve assim os resultados dos Quadro 6.4, 6.5, 6.6 e 6.7 para os CCF BO, SU, SI e Lab, respetivamente.

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DOS MÉTODOS DE ANÁLISE DO RISCO

Quadro 6.5. Análise do risco de incêndio no CCF BO, segundo o método de FRAME.

Coeficientes		Resultados	Observações
q	=	1,08	O valor da densidade da carga de incêndio mobiliário foi de 280 MJ/m <sup>2</sup> ;
i	=	0,95	A construção é de materiais incombustíveis, betão e tijolo;
g	=	0,90	Atot = bxl ⇔ Atot = 25m x 48m ⇔ Atot = 1200 m <sup>2</sup>
e	=	1,22	O CCF BO localiza-se no 1º andar;
v	=	1,08	O compartimento possui o sistema de desenfumagem em todas as VHE laterais;
z	=	1,05	O edifício é acessível aos veículos dos bombeiros nas quatro fachadas;
P	=	$q \times i \times g \times e \times v \times z \Leftrightarrow P = 1,29$ Risco Potencial;	
a	=	0	As instalações elétricas estão em conformidade com os regulamentos e são inspecionados periodicamente. Por outro lado, não há risco de explosão;
t	=	0,17	O tempo de evacuação dos ocupantes é largamente maior, porque os pacientes dependem de terceiros para evacuar;
c	=	0	O recheio do compartimento é substituível;
r	=	0	O fator ambiente não contribui para a rápida propagação do incêndio. Em caso de rutura nas instalações de oxigénio existem válvulas redundantes de fecho;
d	=	0,30	Em incêndio a atividade vai ser, temporariamente, interrompida para a reparação dos danos;
A	=	$1,6 \cdot a \cdot t \cdot c \Leftrightarrow A = 1,43$ Risco Aceitável;	
w <sub>1</sub>	=	0	Reserva de água com abastecimento automático para uso geral;
w <sub>2</sub>	=	0	Volume em m <sup>3</sup> , é igual a 0,25 m <sup>3</sup> ;
w <sub>3</sub>	=	0	Rede de distribuição adequada;
w <sub>4</sub>	=	3	Pressão estática inferior à altura +35 m;
w <sub>5</sub>	=	0	Hidrante de 70 mm por cada 50 m de perímetro;
W	=	$0,95^w \Leftrightarrow W = 0,86$ Nível de proteção;	
n <sub>1</sub>	=	0	Existe um sistema de alarme e um posto de segurança para alerta em incêndio;
n <sub>2</sub>	=	0	Os extintores quer os hidrantes internos estão em número suficiente;
n <sub>3</sub>	=	0	Os bombeiros voluntários da Guarda distam 5 min do hospital;
n <sub>4</sub>	=	2	A equipa de segurança do hospital está treinada para o uso dos meios de 1ª intervenção;
N	=	$0,95^n \Leftrightarrow N = 0,90$ Fator de Proteção Normal;	
s <sub>1</sub>	=	8	O edifício está coberto de detetores de fumo e de gás em lugares específicos;
s <sub>2</sub>	=	0	Fonte de água com pressão e fluxo constante;
s <sub>3</sub>	=	0	O compartimento não dispõe de proteção automática de combate ao incêndio;
s <sub>4</sub>	=	0	O hospital não dispõe de corporação de bombeiros;
S	=	$1,05^s \Leftrightarrow S = 1,48$ Fator de Proteção Especial;	
fs	=	90	Os elementos estruturais são de resistência ao fogo F90;
ff	=	60	Os elementos da fachada têm uma resistência ao fogo de F60;
fd	=	60	O teto tem uma resistência ao fogo de F90;
fw	=	60	As paredes interiores têm uma resistência ao fogo de F60;
F	=	$F = [1 + (f/100) - (f^2/5)] / (10^6) \times (1 - 0,025 \times (S-1)) \Leftrightarrow F = 1,74$	

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DOS MÉTODOS  
DE ANÁLISE DO RISCO

Quadro 6.5. Análise do risco de incêndio no CCF BO, segundo o método de FRAME (cont.).

Coeficientes	Resultados	Observações
D	= $W \times N \times S \times F \Leftrightarrow D = 1,99$	
<b>R</b>	= <b><math>P/(A \times D) \Leftrightarrow R = 0,45</math> Risco dos bens patrimoniais; (verifica)</b>	
P <sub>1</sub>	= $q \times i \times e \times v \times z \Leftrightarrow P_1 = 1,70$	
A <sub>1</sub>	= $1,6 - a - t - r \Leftrightarrow A_1 = 1,43$	
u <sub>1</sub>	= 8	Deteção automática por detetores de fumo;
u <sub>2</sub>	= 4	Sinalização completa das vias de evacuação;
u <sub>3</sub>	= 4	Áreas de compartimentação de incêndio $\leq 1000 \text{ m}^2$ separadas por EI 60;
u <sub>4</sub>	= 3	As aberturas para controlo de fumo são acionadas por sistema automático de deteção;
u <sub>5</sub>	= 4	A brigada de incêndio existente é dos bombeiros voluntários da Guarda;
U	= $1,05^u \Leftrightarrow U = 3,07$ Fator de fuga;	
D <sub>1</sub>	= $N \times U \Leftrightarrow D_1 = 2,76$	
<b>R<sub>1</sub></b>	= <b><math>P_1/(A_1 \times D_1) \Leftrightarrow R_1 = 0,43</math> Risco para os ocupantes; (verifica)</b>	
P <sub>2</sub>	= $i \times g \times e \times v \times z \Leftrightarrow P_2 = 1,20$	
A <sub>2</sub>	= $1,6 - a - c - d \Leftrightarrow A_2 = 1,30$	
y <sub>1</sub>	= 4	As áreas de compartimentação de incêndio são separadas por EI 60;
y <sub>2</sub>	= 3	Em incêndio no CCF BO os doentes podem ser distribuídos por vários compartimentos de atendimento hospitalar;
Y	= $1,05^y \Leftrightarrow Y = 1,41$	
D <sub>2</sub>	= $W \times N \times S \times Y \Leftrightarrow D_2 = 1,61$	
<b>R<sub>2</sub></b>	= <b><math>P_2/(A_2 \times D_2) \Leftrightarrow R_2 = 0,58</math> Risco para as atividades; (o edifício está seguro contra o incêndio).</b>	

Quadro 6.6. Análise do risco de incêndio no CCF SU, segundo o método de FRAME.

Coeficientes	Resultados	Observações
q	= 1,08	O valor da densidade da carga de incêndio mobiliário foi de 280 MJ/m <sup>2</sup> ;
i	= 0,95	A construção é de materiais incombustíveis, betão e tijolo;
g	= 0,82	$A_{tot} = b \times l \Leftrightarrow A_{tot} = 26\text{m} \times 31\text{m} \Leftrightarrow A_{tot} = 806 \text{ m}^2$
e	= 1,00	O CCF SU localiza-se no piso de referência;
v	= 1,08	O compartimento possui o sistema de desenfumagem;
z	= 1,05	O edifício é acessível aos veículos dos bombeiros nas quatro direções;
P	= $q \times i \times g \times e \times v \times z \Leftrightarrow P = 0,96$ Risco Potencial;	
a	= 0	As instalações elétricas estão em conformidade com os regulamentos e são inspecionados periodicamente. Por outro lado, não há risco de explosão;
t	= 0,20	Pessoas com condições especiais de mobilidade e percepção do sinal de alarme;
c	= 0	O recheio do compartimento é substituível;
r	= 0	O fator ambiente não contribui para a rápida propagação do incêndio. Em caso de rutura nas instalações de oxigénio existem válvulas redundantes de fecho;
d	= 0,30	Em incêndio a atividade vai ser interrompida temporariamente para a reparação dos danos;
A	= $1,6 - a - t - c \Leftrightarrow A = 1,40$ Risco Aceitável;	
w <sub>1</sub>	= 0	Reserva de água com abastecimento automático para uso geral;
w <sub>2</sub>	= 0	Volume em m <sup>3</sup> , é igual a 0,25 m <sup>3</sup> ;

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DOS MÉTODOS DE ANÁLISE DO RISCO

Quadro 6.6. Análise do risco de incêndio no CCF SU, segundo o método de FRAME (cont.).

<b>Coefficientes</b>	<b>Resultados</b>	<b>Observações</b>
w <sub>3</sub>	= 0	Rede de distribuição adequada;
w <sub>4</sub>	= 3	Pressão estática inferior à altura +35 m;
w <sub>5</sub>	= 0	Hidrante de 70 mm por cada 50 m de perímetro;
W	= $0,95^w \Leftrightarrow W = 0,86$	Nível de proteção;
n <sub>1</sub>	= 0	Existe um sistema de alarme e um posto de segurança para alerta em incêndio;
n <sub>2</sub>	= 0	Os extintores quer os hidrantes internos estão em número suficiente;
n <sub>3</sub>	= 0	Os bombeiros voluntários da Guarda distam 5 min do hospital;
n <sub>4</sub>	= 2	A equipa de segurança do hospital está treinada para o uso dos meios de 1ª intervenção;
N	= $0,95^n \Leftrightarrow N = 0,90$	Fator de Proteção Normal;
s <sub>1</sub>	= 8	O edifício está coberto de detetores de fumo e de gás em lugares específicos;
s <sub>2</sub>	= 0	Fonte de água com pressão e fluxo constante;
s <sub>3</sub>	= 0	O compartimento não dispõe de proteção automática de combate ao incêndio;
s <sub>4</sub>	= 0	O hospital não dispõe de corporação de bombeiros;
S	= $1,05^s \Leftrightarrow S = 1,48$	Fator de Proteção Especial;
f <sub>s</sub>	= 90	Os elementos estruturais são de resistência ao fogo F90;
f <sub>f</sub>	= 60	Os elementos da fachada têm uma resistência ao fogo de F60;
f <sub>d</sub>	= 60	O teto tem uma resistência ao fogo de F90;
f <sub>w</sub>	= 60	As paredes interiores têm uma resistência ao fogo de F60;
F	= $F = [1+(f/100)-(f^{2,5}/(10^6))]x(1-0,025x(S-1)) \Leftrightarrow F = 1,74$	
D	= $WxNxSxF \Leftrightarrow D = 1,99$	
<b>R</b>	= <b><math>P/(A \times D) \Leftrightarrow R = 0,34</math></b>	<b>Risco dos bens patrimoniais; (verifica)</b>
P <sub>1</sub>	= $qxixexvxz \Leftrightarrow P_1 = 1,70$	
A <sub>1</sub>	= $1,6-a-t-r \Leftrightarrow A_1 = 1,43$	
u <sub>1</sub>	= 8	Deteção automática por detetores de fumo;
u <sub>2</sub>	= 4	Sinalização completa das vias de evacuação;
u <sub>3</sub>	= 4	Áreas de compartimentação de incêndio $\leq 1000$ m <sup>2</sup> separadas por EI 60;
u <sub>4</sub>	= 3	As aberturas para controlo de fumo são acionadas por sistema automático de deteção;
u <sub>5</sub>	= 4	A brigada de incêndio existente é dos bombeiros voluntários da Guarda;
U	= $1,05^u \Leftrightarrow U = 3,07$	Fator de fuga;
D <sub>1</sub>	= $NxU \Leftrightarrow D_1 = 2,76$	
<b>R<sub>1</sub></b>	= <b><math>P_1/(A_1 \times D_1) \Leftrightarrow R_1 = 0,43</math></b>	<b>Risco para os ocupantes; (verifica)</b>
P <sub>2</sub>	= $ixgxexvxz \Leftrightarrow P_2 = 1,20$	
A <sub>2</sub>	= $1,6-a-c-d \Leftrightarrow A_2 = 1,30$	
y <sub>1</sub>	= 4	As áreas de compartimentação de incêndio são separadas por EI 60;
y <sub>2</sub>	= 3	Em incêndio no CCF SU os doentes podem ser distribuídos por vários compartimentos de atendimento hospitalar;
Y	= $1,05^y \Leftrightarrow Y = 1,41$	
D <sub>2</sub>	= $WxNxSxY \Leftrightarrow D_2 = 1,61$	
<b>R<sub>2</sub></b>	= <b><math>P_2/(A_2 \times D_2) \Leftrightarrow R_2 = 0,58</math></b>	<b>Risco para as atividades; (o edifício está seguro contra o incêndio).</b>

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DOS MÉTODOS  
DE ANÁLISE DO RISCO

Quadro 6.7. Análise do risco de incêndio no CCF SI, segundo o método de FRAME.

Coeficientes		Resultados	Observações
q	=	1,08	O valor da densidade da carga de incêndio mobiliário foi de 280 MJ/m <sup>2</sup> ;
i	=	0,95	A construção é de materiais incombustíveis, betão e tijolo;
g	=	0,84	Atot = bxl ⇔ Atot = 46m x 23m ⇔ Atot = 1058 m <sup>2</sup>
e	=	1,00	O CCF SI localiza-se no 1º andar;
v	=	1,08	O compartimento possui o sistema de desenfumagem;
z	=	1,05	O edifício é acessível aos veículos dos bombeiros nas quatro fachadas;
P	=	$q \times i \times g \times e \times v \times z \Rightarrow P = 0,98$	Risco Potencial;
a	=	0	As instalações elétricas estão em conformidade com os regulamentos e são inspecionados periodicamente. Por outro lado, não há risco de explosão;
t	=	0,25	Pessoas com condições especiais de mobilidade e percepção do sinal de alarme;
c	=	0	O recheio do compartimento é substituível;
r	=	0	O fator ambiente não contribui para a rápida propagação do incêndio. Em caso de rutura nas instalações de oxigénio existem válvulas redundantes de fecho;
d	=	0,30	Em incêndio a atividade vai ser interrompida temporariamente para a reparação dos danos;
A	=	$1,6 - a - t - c \Rightarrow A = 1,35$	Risco Aceitável;
w <sub>1</sub>	=	0	Reserva de água com abastecimento automático para uso geral;
w <sub>2</sub>	=	0	Volume igual a 0,25 m <sup>3</sup> ;
w <sub>3</sub>	=	0	rede de distribuição adequada;
w <sub>4</sub>	=	3	pressão estática inferior à altura +35 m;
w <sub>5</sub>	=	0	hidrante de 70 mm por cada 50 m de perímetro;
W	=	$0,95^w \Rightarrow W = 0,86$	Nível de proteção;
n <sub>1</sub>	=	0	Existe um sistema de alarme e um posto de segurança para alerta em incêndio;
n <sub>2</sub>	=	0	Os extintores quer os hidrantes internos estão em número suficiente;
n <sub>3</sub>	=	0	Os bombeiros voluntários da Guarda distam 5 min do hospital;
n <sub>4</sub>	=	2	A equipa de segurança do hospital está treinada para o uso dos meios de 1ª intervenção;
N	=	$0,95^n \Rightarrow N = 0,90$	Fator de Proteção Normal;
s <sub>1</sub>	=	8	O edifício está coberto de detetores de fumo e de gás em lugares específicos;
s <sub>2</sub>	=	0	Fonte de água com pressão e fluxo constante;
s <sub>3</sub>	=	0	O compartimento não dispõe de proteção automática de combate ao incêndio;
s <sub>4</sub>	=	0	O hospital não dispõe de corporação de bombeiros;
S	=	$1,05^s \Rightarrow S = 1,47$	Fator de Proteção Especial;
fs	=	90	Os elementos estruturais são de resistência ao fogo F90;
ff	=	60	Os elementos da fachada têm uma resistência ao fogo de F60;
fd	=	60	O teto tem uma resistência ao fogo de F90;
fw	=	60	As paredes interiores têm uma resistência ao fogo de F60;
F	=	$F = [1 + (f/100) - (f^2/5)] / (10^6) \times (1 - 0,025 \times (S - 1)) \Rightarrow F = 1,74$	
D	=	$W \times N \times S \times F \Rightarrow D = 1,99$	
R	=	$P / (A \times D) \Rightarrow R = 0,36$	<b>Risco dos bens patrimoniais; (verifica)</b>
P <sub>1</sub>	=	$q \times i \times e \times v \times z \Rightarrow P_1 = 1,70$	
A <sub>1</sub>	=	$1,6 - a - t - r \Rightarrow A_1 = 1,43$	



Quadro 6.7. Análise do risco de incêndio no CCF SI, segundo o método de FRAME (cont.).

Coeficientes		Resultados	Observações
$u_1$	=	8	Deteção automática por detetores de fumo;
$u_2$	=	4	Sinalização completa das vias de evacuação;
$u_3$	=	4	Áreas de compartimentação de incêndio $\leq 1000 \text{ m}^2$ separadas por EI 60;
$u_4$	=	3	As aberturas para controlo de fumo são acionadas por sistema automático de deteção;
$u_5$	=	4	A brigada de incêndio existente é dos bombeiros voluntários da Guarda,
$U$	=	$1,05^u \Leftrightarrow U = 3,07$	Fator de fuga;
$D_1$	=	$N \times U \Leftrightarrow D_1 = 2,76$	
$R_1$	=	$P_1 / (A_1 \times D_1) \Leftrightarrow R_1 = 0,43$	<b>Risco para os ocupantes; (verifica)</b>
$P_2$	=	$i \times g \times e \times v \times z \Leftrightarrow P_2 = 1,20$	
$A_2$	=	$1,6 - a - c - d \Leftrightarrow A_2 = 1,30$	
$y_1$	=	4	As áreas de compartimentação de incêndio são separadas por EI 60;
$y_2$	=	3	Em incêndio no CCF SI os doentes podem ser distribuídos por vários compartimentos de atendimento hospitalar;
$Y$	=	$1,05^y \Leftrightarrow Y = 1,41$	
$D_2$	=	$W \times N \times S \times Y \Leftrightarrow D_2 = 1,6$	
$R_2$	=	$P_2 / (A_2 \times D_2) \Leftrightarrow R_2 = 0,57$	<b>Risco para as atividades; (o edifício está seguro contra o incêndio).</b>

Quadro 6.8. Análise do risco de incêndio no CCF Lab, segundo o método de FRAME.

Coeficientes		Resultados	Observações
$q$	=	1,25	O valor da densidade da carga de incêndio mobiliário foi de $500 \text{ MJ/m}^2$ ;
$i$	=	1,05	A construção é de materiais incombustíveis, betão e tijolo;
$g$	=	0,57	$A_{tot} = b \times l \Leftrightarrow A_{tot} = 34 \text{ m} \times 15 \text{ m} \Leftrightarrow A_{tot} = 510 \text{ m}^2$
$e$	=	1,00	O CCF Lab localiza-se no 1º andar;
$v$	=	1,11	O compartimento possui o SCF;
$z$	=	1,05	O edifício é acessível aos veículos dos bombeiros nas quatro fachadas;
$P$	=	$q \times i \times g \times e \times v \times z \Leftrightarrow P = 0,87$	Risco Potencial;
$a$	=	0	As instalações elétricas estão em conformidade com os regulamentos e são inspecionados periodicamente. Por outro lado, não há risco de explosão;
$t$	=	0,60	Pessoas com condições especiais de mobilidade e perceção do sinal de alarme;
$c$	=	0	O recheio do compartimento é substituível;
$r$	=	0	O fator ambiente não contribui para a rápida propagação do incêndio. Em caso de rutura nas instalações de oxigénio existem válvulas redundantes de fecho;
$d$	=	0,21	Em incêndio a atividade vai ser interrompida temporariamente para a reparação dos danos;
$A$	=	$1,6 - a - t - c \Leftrightarrow A = 1,00$	Risco Aceitável;
$w_1$	=	10	Reserva de água com abastecimento automático para uso geral;
$w_2$	=	4	Volume igual a $0,25 \text{ m}^3$ ;
$w_3$	=	0	rede de distribuição adequada;
$w_4$	=	3	pressão estática inferior à altura +35 m;
$w_5$	=	0	hidrante de 70 mm por cada 50 m de perímetro;

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DOS MÉTODOS  
DE ANÁLISE DO RISCO

Quadro 6.8. Análise do risco de incêndio no CCF Lab, segundo o método de FRAME (cont.).

<b>Coefficientes</b>	<b>Resultados</b>	<b>Observações</b>
W	= $0,95^w \Leftrightarrow W = 0,36$	Nível de proteção;
n <sub>1</sub>	= 0	Existe um sistema de alarme e um posto de segurança para alerta em incêndio;
n <sub>2</sub>	= 0	Os extintores quer os hidrantes internos estão em número suficiente;
n <sub>3</sub>	= 0	Os bombeiros voluntários da Guarda distam 5 min do hospital;
n <sub>4</sub>	= 2	A equipa de segurança do hospital está treinada para o uso dos meios de 1ª intervenção;
N	= $0,95^n \Leftrightarrow N = 0,90$	Fator de Proteção Normal;
s <sub>1</sub>	= 8	O edifício está coberto de detetores de fumo e de gás em lugares específicos;
s <sub>2</sub>	= 0	Fonte de água com pressão e fluxo constante;
s <sub>3</sub>	= 11	O compartimento dispõe de sistema de extinção automática com CO <sub>2</sub> , espuma entre outros;
s <sub>4</sub>	= 0	O hospital não dispõe de corporação de bombeiros;
S	= $1,05^s \Leftrightarrow S = 1,47$	Fator de Proteção Especial;
f <sub>s</sub>	= 90	Os elementos estruturais são de resistência ao fogo F90;
f <sub>f</sub>	= 60	Os elementos da fachada têm uma resistência ao fogo de F60;
f <sub>d</sub>	= 60	O teto tem uma resistência ao fogo de F90;
f <sub>w</sub>	= 60	As paredes interiores têm uma resistência ao fogo de F60;
F	= $F = [1+(f/100)-(f^2,5)/(10^6)]x(1-0,025x(S-1)) \Leftrightarrow F = 1,64$	
D	= $WxNxSxF \Leftrightarrow D = 1,34$	
<b>R</b>	= <b><math>P/(A \times D) \Leftrightarrow R = 0,65</math></b>	<b>Risco dos bens patrimoniais; (verifica)</b>
P <sub>1</sub>	= $qxixexvxz \Leftrightarrow P_1 = 1,70$	
A <sub>1</sub>	= $1,6-a-t-r \Leftrightarrow A_1 = 1,20$	
u <sub>1</sub>	= 8	Deteção automática por detetores de fumo;
u <sub>2</sub>	= 4	Sinalização completa das vias de evacuação;
u <sub>3</sub>	= 4	Áreas de compartimentação de incêndio $\leq 1000$ m <sup>2</sup> separadas por EI 60;
u <sub>4</sub>	= 3	As aberturas para controlo de fumo são acionadas por sistema automático de deteção;
u <sub>5</sub>	= 4	A brigada de incêndio existente é dos bombeiros voluntários da Guarda,
U	= $1,05^u \Leftrightarrow U = 3,07$	Fator de fuga;
D <sub>1</sub>	= $NxU \Leftrightarrow D_1 = 2,79$	
R <sub>1</sub>	= $P_1/(A_1xD_1) \Leftrightarrow R_1 = 0,51$	<b>Risco para os ocupantes; (verifica)</b>
P <sub>2</sub>	= $ixgxexvxz \Leftrightarrow P_2 = 0,70$	
A <sub>2</sub>	= $1,6-a-c-d \Leftrightarrow A_2 = 1,39$	
y <sub>1</sub>	= 4	As áreas de compartimentação de incêndio são separadas por EI 60;
y <sub>2</sub>	= 3	Em incêndio no CCF SI os doentes podem ser distribuídos por vários compartimentos de atendimento hospitalar;
Y	= $1,05^y \Leftrightarrow Y = 1,41$	
D <sub>2</sub>	= $WxNxSxY \Leftrightarrow D_2 = 1,15$	
<b>R<sub>2</sub></b>	= <b><math>P_2/(A_2xD_2) \Leftrightarrow R_2 = 0,44</math></b>	<b>Risco para as atividades; (o edifício está seguro contra o incêndio).</b>

O método de Frame diferencia-se do Gretener, na medida em que aquele já previu a inclusão do risco de ocupantes em situação do incêndio. Por outro lado, o fator de evacuação (t) para além de prever o risco em instituições médicas, prevê ainda outros dois parâmetros (condições

especiais de mobilidade e de percepção e pessoas imobilizadas) que podem ser associados a ocupantes acamados em hospital. Assim, considerou-se que o método já incorpora os acamados. Mas a avaliação final mostra que, o fator de evacuação (t) quase não afeta a segurança do edifício quanto ao incêndio, porque não existe uma diferença substancial entre os resultados dos 4 CCF estudados. O grande fator diferenciador continua a ser o parâmetro perigo potencial, devido ao fator área de implantação.

### 6.2.3. Aplicação do método hierárquico na análise do risco de incêndio para os quatro compartimentos em estudo

A análise hierárquica do risco de incêndio está orientada para a implementação de medidas de prevenção e proteção contra incêndios em edifícios e recintos existentes. Os pesos são atribuídos segundo a sua importância relativa em relação aos componentes do nível inferior. O Quadro 6.9 apresenta os pesos dos 4 CCF em estudo, no entanto, todos estão inseridos no novo edifício do hospital Sousa Martins, logo, a atribuição de pesos para um tem efeito dominó para os outros, já que as condições de construção seguiram os mesmos critérios.

No Quadro 6.9 são apresentados os pesos relativos (Quadro 3.1) dos objetivos (OB) em relação à política (PO), das estratégias (ET) em relação aos objetivos (OB) e das medidas (M) em relação às estratégias (ET). Os graus (G) de implementação foram analisados à parte, porque os seus pesos variam de 0 a 1.

Quadro 6.9. Pesos relativos e respetivas justificações.

Níveis	Pesos	
OB1-PO	9	A <u>proteção dos ocupantes</u> é de extrema importância, porque muitos deles são pacientes em condições de saúde debilitada, que em incêndio não poderão abandonar o edifício.
OB2-PO	8	A <u>proteção dos bombeiros</u> é muito importante, porque são necessários para o combate ao incêndio, bem como o salvamento dos pacientes/ocupantes.
OB3-PO	9	A <u>proteção da estrutura</u> no que respeita a estabilidade ao incêndio é extremamente importante, porque regra geral os hospitais não deviam ser evacuados.
OB4-PO	9	A <u>proteção do conteúdo</u> tem um peso absoluto, porque evita a transferência de pacientes para outros hospitais (o que de certo modo pode complicar a saúde dos mesmos), ou perda de vidas por falta de medicamentos e/ou outros instrumentos médicos, destruídos pelo incêndio.
OB5-PO	7	A <u>continuidade das atividades</u> é importante, porque evita a transferência dos doentes e superlotação dos hospitais de destino.
OB6-PO	5	Um incêndio em hospital tem pouco <u>impacto ambiental</u> , por isso recebe um peso médio.
ET1-OB1	8	A redução da <u>probabilidade de ignição</u> é muito importante para a <u>proteção dos pacientes</u> , visto que o incêndio é uma ameaça grave para suas vidas.

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DOS MÉTODOS  
DE ANÁLISE DO RISCO

Quadro 6.9. Pesos relativos e respetivas justificações (cont.).

<b>Níveis</b>		<b>Pesos</b>
ET2-OB1	9	A limitação da <u>propagação do incêndio</u> é de extrema importância para a <u>proteção dos pacientes</u> . Assim se evita a evacuação dos mesmos.
ET3-OB1	5	Os <u>caminhos de evacuação</u> são importantes, porque a evacuação em hospitais é recomendada quando as ações de combate e mitigação ao incêndio não surtirem efeitos desejados.
ET4-OB1	8	A facilidade de <u>combate ao incêndio</u> e das operações de salvamento é muito importante, porque a maior parte dos ocupantes de hospitais são pacientes, muitos em condições de saúde debilitada, e em incêndio precisam de ajuda para evacuar.
ET5-OB1	3	A limitação dos <u>efeitos dos produtos do incêndio</u> tem pouca importância, porque os compartimentos são tipo células, com capacidade de isolamento ao incêndio e seus efeitos.
ET1-OB2	6	A redução da <u>probabilidade de ignição</u> para a <u>proteção dos bombeiros</u> é importante.
ET2-OB2	7	A limitação da <u>propagação do incêndio</u> é importante para a <u>proteção dos bombeiros</u> , para permitir o controlo e domínio do incêndio.
ET3-OB2	1	Os <u>caminhos de evacuação</u> não são importantes para a <u>proteção dos bombeiros</u> , porque estes possuem material próprio para a proteção.
ET4-OB2	9	A facilidade de <u>combate ao incêndio</u> é de extrema importância para a <u>proteção dos bombeiros</u> , porque permite um domínio rápido do incêndio.
ET5-OB2	3	A limitação dos <u>efeitos dos produtos do incêndio</u> tem pouca importância na <u>proteção dos bombeiros</u> , porque estes estão dotados de material de proteção.
ET1-OB3	6	A redução da <u>probabilidade de ignição</u> é importante porque o incêndio é algo desnecessário em <u>edifícios</u> .
ET2-OB3	9	A limitação da <u>propagação do incêndio</u> é extremamente importante para a <u>proteção do edifício</u> .
ET3-OB3	0	Os <u>caminhos de evacuação</u> não têm qualquer importância na <u>proteção do edifício</u> .
ET4-OB3	9	A facilidade de <u>combate ao incêndio</u> é extremamente importante porque evita a destruição do <u>edifício</u> .
ET5-OB3	7	A limitação dos <u>efeitos dos produtos do incêndio</u> é importante para o <u>edifício</u> .
ET1-OB4	9	A redução da <u>probabilidade de ignição</u> é extremamente importante, porque o <u>equipamento</u> é caro e de grande importância para os pacientes.
ET2-OB4	9	A limitação da <u>propagação do incêndio</u> é de extrema importância para evitar que este atinja outros compartimentos dos pacientes e conseqüentemente danifique mais <u>equipamentos</u> .
ET3-OB4	1	Os <u>caminhos de evacuação</u> não têm importância na <u>proteção do conteúdo</u> .
ET4-OB4	5	A facilidade de <u>combate ao incêndio</u> tem grande importância quando os meios usados não danificam o <u>equipamento</u> , mas atendendo que em incêndio o material mais usado é a água e esta pode danificar o equipamento, o nível recebe um peso médio.
ET5-OB4	8	A limitação dos <u>efeitos dos produtos do incêndio</u> é muito importante, porque senão danificam os <u>equipamentos médicos</u> .

Quadro 6.9. Pesos relativos e respectivas justificações (cont.).

Níveis		Pesos
ET1-OB5	9	A redução da <u>probabilidade de ignição</u> é extremamente importante, porque o incêndio pequeno ou grande tem implicações negativas nas <u>atividades exercidas</u> .
ET2-OB5	9	A limitação da <u>propagação do incêndio</u> é extremamente importante, porque evita a paralisação das <u>atividades</u> o que é grave para a saúde dos pacientes.
ET3-OB5	0	Os <u>caminhos de evacuação</u> não têm alguma importância na continuidade da <u>atividade exercida</u> .
ET4-OB5	7	A facilidade de <u>combate ao incêndio</u> é importante, desde que não afete os equipamentos que garantem o <u>exercício das atividades</u> .
ET5-OB5	9	A limitação dos <u>efeitos dos produtos do incêndio</u> é extremamente importante sob pena de danificarem os equipamentos e obrigarem a paralisação das <u>atividades</u> .
ET1-OB6	5	A redução da <u>probabilidade de ignição</u> para a <u>proteção do ambiente</u> é importante.
ET2-OB6	9	A limitação da <u>propagação do incêndio</u> é extremamente importante para a <u>proteção dos edifícios vizinhos</u> (edifício antigo do hospital e da capela).
ET3-OB6	1	Os <u>caminhos de evacuação</u> não são importantes para a <u>proteção dos edifícios vizinhos</u> (edifício antigo do hospital e a capela).
ET4-OB6	5	A facilidade de <u>combate ao incêndio</u> é importante, mas os produtos provenientes do incêndio podem contaminar o <u>ambiente</u> .
ET5-OB6	9	A limitação dos <u>efeitos dos produtos do incêndio</u> é de extrema importância para a salvaguarda do <u>ambiente</u> .
M1-ET1	8	A <u>reação ao fogo (RF)</u> dos materiais é muito importante na redução da probabilidade do <u>início do incêndio</u> .
M1-ET2	1	A <u>RF</u> dos materiais não tem importância na limitação do <u>desenvolvimento do incêndio</u> .
M1-ET3	3	A <u>RF</u> dos materiais tem pouca importância na <u>evacuação do edifício</u> .
M1-ET4	7	A <u>RF</u> dos materiais é importante no <u>combate ao incêndio</u> e salvamento dos ocupantes. Quanto menos combustíveis forem os materiais menor é o risco de propagação de incêndio criando assim condições para o seu combate e um salvamento seguro dos ocupantes.
M1-ET5	1	A <u>RF</u> dos materiais não é importante na limitação dos <u>produtos resultantes do incêndio</u> .
M2-ET1	0	A <u>resistência ao fogo da estrutura (RFE)</u> não tem alguma importância na redução da probabilidade do <u>início do incêndio</u> .
M2-ET2	9	A <u>RFE</u> é extremamente importante na limitação <u>da propagação do incêndio</u> . Em hospitais a estrutura deve resistir de forma a confinar o incêndio até ao seu combate, de modo a evitar a evacuação de pacientes.
M2-ET3	3	Regra geral, a <u>RFE</u> tem pouca importância para a <u>evacuação do edifício</u> .
M2-ET4	9	A <u>RFE</u> é extremamente importante para ações de <u>combate ao incêndio</u> .
M2-ET5	7	A <u>RFE</u> é importante na limitação dos <u>produtos resultantes do incêndio</u> .
M3-ET1	0	A <u>resistência ao fogo das paredes divisórias (RFPD)</u> interiores não tem importância na redução da probabilidade do <u>início do incêndio</u> .

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DOS MÉTODOS  
DE ANÁLISE DO RISCO

Quadro 6.9. Pesos relativos e respetivas justificações (cont.).

<b>Níveis</b>		<b>Pesos</b>
M3-ET2	9	A <u>RFPD</u> interiores tem extrema importância na limitação da <u>propagação do incêndio</u> .
M3-ET3	0	A <u>RFPD</u> interiores não tem importância na facilitação da <u>evacuação do edifício</u> .
M3-ET4	9	A <u>RFPD</u> interiores é extremamente importante, porque confinam o incêndio facilitando deste modo o seu <u>combate</u> .
M3-ET5	5	A <u>RFPD</u> interiores é importante na limitação dos efeitos dos <u>produtos resultantes do incêndio</u> .
M4-ET1	0	O <u>tamanho dos compartimentos (TC)</u> de incêndio não tem qualquer importância na redução da probabilidade do <u>início do incêndio</u> .
M4-ET2	2	O <u>TC</u> de incêndio tem pouca importância na limitação da <u>propagação do incêndio</u> .
M4-ET3	5	O <u>TC</u> de incêndio tem importância na facilitação da <u>evacuação do edifício</u> .
M4-ET4	9	O <u>tamanho dos compartimentos</u> de incêndio é extremamente importante na facilitação do <u>combate ao incêndio</u> e salvamento.
M4-ET5	5	O <u>TC</u> de incêndio é importante na limitação dos <u>produtos resultantes do incêndio</u> .
M5-ET1	0	As características e localização das <u>aberturas</u> nas fachadas não têm importância na redução da probabilidade do <u>início do incêndio</u> .
M5-ET2	5	As características e localização das <u>aberturas</u> nas fachadas têm importância na limitação da <u>propagação do incêndio</u> para edifícios vizinhos.
M5-ET3	1	As características e localização das <u>aberturas</u> nas fachadas não têm importância na facilitação e <u>evacuação do edifício</u> .
M5-ET4	9	As características e localização das <u>aberturas</u> nas fachadas são extremamente importantes para o <u>combate ao incêndio</u> e salvamento dos ocupantes.
M5-ET5	3	As características e localização das <u>aberturas</u> nas fachadas têm pouca importância na limitação dos efeitos dos <u>produtos resultantes do incêndio</u> .
M6-ET1	0	A <u>distância entre edifícios (DEE)</u> não tem importância na redução da probabilidade do <u>início do incêndio</u> .
M6-ET2	0	A <u>distância entre edifícios</u> não tem importância na limitação da <u>propagação do incêndio</u> .
M6-ET3	0	A <u>DEE</u> não tem importância na facilitação e <u>evacuação do edifício</u> .
M6-ET4	0	A <u>DEE</u> não tem importância para o <u>combate ao incêndio</u> e salvamento.
M6-ET5	5	A <u>DEE</u> tem importância na limitação dos produtos resultantes do incêndio, todavia o edifício antigo do hospital encontra-se afastado do novo edifício daí que pouco vai sofrer dos <u>produtos provenientes do incêndio</u> .
M7-ET1	0	A <u>geometria das vias de evacuação (GVE)</u> não tem importância na redução da probabilidade do <u>início do incêndio</u> .
M7-ET2	0	A <u>GVE</u> não tem importância na limitação da <u>propagação do incêndio</u> .
M7-ET3	9	A <u>GVE</u> é extremamente importante, pois, deve proporcionar o acesso rápido e seguro às saídas de piso através de encaminhamentos claramente traçados, preferencialmente retilíneos, com um número mínimo de mudanças de direção e tão curtos quanto possível.
M7-ET4	5	A <u>GVE</u> é importante no <u>combate ao incêndio</u> e salvamento dos ocupantes.

Quadro 6.9. Pesos relativos e respectivas justificações (cont.).

Níveis		Pesos
M7-ET5	0	A <u>GVE</u> não tem qualquer importância na limitação dos <u>produtos resultantes do incêndio</u> .
M8-ET1	0	A <u>acessibilidade dos bombeiros (AB)</u> não tem qualquer importância na redução da probabilidade do <u>início do incêndio</u> .
M8-ET2	9	A <u>AB</u> tem extrema importância na limitação do <u>desenvolvimento do incêndio</u> .
M8-ET3	0	A <u>AB</u> não tem qualquer importância na <u>facilitação da evacuação do edifício</u> .
M8-ET4	7	A <u>AB</u> é importante na facilidade de <u>combate</u> e salvamento.
M8-ET5	5	A <u>AB</u> é importante na limitação dos efeitos dos <u>produtos do incêndio</u> .
M9-ET1	0	Os meios de <u>deteção do incêndio (DI)</u> não têm importância na redução da probabilidade do <u>início do incêndio</u> .
M9-ET2	1	Os meios de <u>DI</u> não têm importância na limitação do <u>desenvolvimento do incêndio</u> .
M9-ET3	9	Os meios de <u>DI</u> têm extrema importância na <u>facilitação da evacuação do edifício</u> , porque permitem preparação para eventual evacuação. A preparação deve começar logo que se dar o sinal da existência do incêndio e se comprovar a existência do mesmo.
M9-ET4	0	Os meios de <u>DI</u> não têm algum contributo na <u>facilitação ao combate ao incêndio</u> e salvamento.
M9-ET5	0	Os meios de <u>DI</u> não têm qualquer importância na limitação dos efeitos dos <u>produtos resultantes do incêndio</u> .
M10-ET1	0	Os meios de <u>extinção do incêndio (EI)</u> não têm qualquer importância na redução da probabilidade do <u>início do incêndio</u> .
M10-ET2	8	Os meios de <u>EI</u> são muito importantes na limitação da <u>propagação do incêndio</u> .
M10-ET3	1	Os meios de <u>EI</u> não têm importância na <u>facilitação da evacuação do edifício</u> .
M10-ET4	5	Os meios de <u>EI</u> têm importância na <u>facilitação do combate ao incêndio</u> e salvamento.
M10-ET5	7	Os meios de <u>EI</u> são importantes na limitação dos efeitos dos <u>produtos resultantes do incêndio</u> .
M11-ET1	0	O <u>controlo de fumos (CF)</u> não tem qualquer importância na redução da probabilidade do <u>início do incêndio</u> .
M11-ET2	1	O <u>CF</u> não tem importância na limitação da <u>propagação do incêndio</u> .
M11-ET3	8	O <u>CF</u> é muito importante para facilitar a <u>evacuação do edifício</u> .
M11-ET4	9	O <u>CF</u> é extremamente importante na <u>facilitação do combate ao incêndio</u> e salvamento.
M11-ET5	0	O <u>CF</u> tem nenhuma importância na limitação dos efeitos dos <u>produtos resultantes do incêndio</u> .
M12-ET1	0	A sinalização de <u>alarme</u> de emergência não tem qualquer importância na redução da probabilidade do <u>início do incêndio</u> .
M12-ET2	0	A sinalização do <u>alarme</u> não tem nenhuma importância na limitação da <u>propagação do incêndio</u> .
M12-ET3	9	A sinalização de <u>alarme</u> de emergência é de extrema importância na <u>facilitação da evacuação do edifício</u> .

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DOS MÉTODOS  
DE ANÁLISE DO RISCO

Quadro 6.9. Pesos relativos e respectivas justificações (cont.).

Níveis		Pesos
M12-ET4	1	A sinalização de <u>alarme</u> de emergência não tem importância no <u>combate ao incêndio</u> e salvamento.
M12-ET5	0	A sinalização de <u>alarme</u> de incêndio não tem qualquer importância na limitação dos efeitos dos <u>produtos resultantes do incêndio</u> .
M13-ET1	0	As <u>equipas de primeira intervenção (EPI)</u> ou bombeiros da empresa não têm qualquer importância na redução da probabilidade do <u>início do incêndio</u> .
M13-ET2	9	As <u>EPI</u> ou bombeiros da empresa são de extrema importância na limitação do desenvolvimento do incêndio.
M13-ET3	4	As <u>EPI</u> ou bombeiros da empresa têm pouca importância na facilitação da <u>evacuação do edifício</u> .
M13-ET4	9	As <u>EPI</u> ou bombeiros da empresa têm extrema importância para as operações de <u>combate ao incêndio</u> e salvamento dos ocupantes.
M13-ET5	0	As <u>EPI</u> ou bombeiros da empresa não têm qualquer importância na limitação dos efeitos dos <u>produtos resultantes do incêndio</u> .
M14-ET1	0	A localização e tipo de <u>corporação de bombeiros (CB)</u> não têm qualquer importância na redução da probabilidade do <u>início do incêndio</u> .
M14-ET2	8	A localização e tipo de <u>CB</u> são muito importantes na limitação da <u>propagação do incêndio</u> . A corporação dos bombeiros voluntários da Guarda localiza-se a 3,5 km (5 min), do hospital, todavia não recebeu a classificação máxima por não ser uma corporação de bombeiros profissionais (sapadores), mas sim bombeiros voluntários.
M14-ET3	0	A localização e o tipo de <u>CB</u> não têm qualquer importância na facilitação da <u>evacuação do edifício</u> .
M14-ET4	7	A localização e o tipo da <u>CB</u> são importantes no <u>combate ao incêndio</u> e salvamento.
M14-ET5	3	A localização e o tipo de <u>CB</u> são pouco importantes na limitação dos efeitos dos <u>produtos resultantes do incêndio</u> .
M15-ET1	0	A <u>manutenção</u> dos sistemas de incêndio não tem qualquer importância na redução da probabilidade do <u>início do incêndio</u> .
M15-ET2	1	A <u>manutenção</u> dos sistemas de incêndio não tem importância na limitação do desenvolvimento do incêndio.
M15-ET3	2	A <u>manutenção</u> dos sistemas de incêndio tem pouca importância na <u>evacuação do edifício</u> .
M15-ET4	5	A <u>manutenção</u> dos sistemas de incêndio é importante no <u>combate ao incêndio</u> e salvamento.
M15-ET5	1	A <u>manutenção</u> dos sistemas de incêndio não é importante na limitação dos efeitos <u>provenientes do incêndio</u> .
M16-ET1	9	A <u>educação</u> sobre segurança contra incêndio é extremamente importante na redução da probabilidade do <u>início do incêndio</u> .
M16-ET2	6	A <u>educação</u> sobre segurança contra incêndio é importante na limitação do desenvolvimento ao incêndio.



Quadro 6.9. Pesos relativos e respectivas justificações (cont.).

Níveis		Pesos
M16-ET3	6	A <u>educação</u> sobre segurança contra incêndio é importante na <u>evacuação do edifício</u> .
M16-ET4	3	A <u>educação</u> sobre segurança contra incêndio tem pouca importância no <u>combate</u> e salvamento.
M16-ET5	0	A <u>educação</u> sobre segurança contra incêndio não tem qualquer importância na <u>limitação dos efeitos dos produtos do incêndio</u> .
M17-ET1	0	O <u>planeamento</u> de emergência e os simulacros não tem qualquer importância na <u>redução da probabilidade do início do incêndio</u> .
M17-ET2	7	O <u>planeamento</u> de emergência e os simulacros são importantes na <u>limitação da propagação do incêndio</u> .
M17-ET3	9	O <u>planeamento</u> de emergência e os simulacros são de extrema importância para a <u>evacuação do edifício</u> .
M17-ET4	8	O <u>planeamento</u> de emergência e os simulacros são muito importantes para as operações de <u>combate</u> e salvamento.
M17-ET5	0	O <u>planeamento</u> de emergência e os simulacros não tem qualquer relevância para a <u>limitação dos efeitos dos produtos resultantes do incêndio</u> .
M18-ET1	9	A <u>manutenção e vigilância</u> dos pontos críticos têm extrema importância na <u>redução da probabilidade do início do incêndio</u> .
M18-ET2	8	A <u>manutenção e vigilância</u> dos pontos críticos têm muita importância na <u>limitação da propagação do incêndio</u> .
M18-ET3	0	A <u>manutenção e vigilância</u> dos pontos críticos não têm qualquer importância para a <u>evacuação do edifício</u> .
M18-ET4	0	A <u>manutenção e vigilância</u> dos pontos críticos não tem qualquer importância no <u>combate ao incêndio</u> e salvamento.
M18-ET5	0	A <u>manutenção e vigilância</u> dos pontos críticos não tem qualquer importância na <u>limitação dos efeitos dos produtos provenientes do incêndio</u> .
M19-ET1	9	A <u>fiscalização</u> das condições de segurança é de extrema importância na <u>redução da probabilidade do início do incêndio</u> .
M19-ET2	7	A <u>fiscalização</u> das condições de segurança é importante na <u>limitação da propagação do incêndio</u> .
M19-ET3	5	A <u>fiscalização</u> das condições de segurança é importante na <u>evacuação do edifício</u> .
M19-ET4	0	A <u>fiscalização</u> das condições de segurança não tem qualquer importância no <u>combate ao incêndio</u> e salvamento.
M19-ET5	0	A <u>fiscalização</u> das condições de segurança não tem qualquer importância na <u>limitação dos efeitos dos produtos resultantes do incêndio</u> .

### 6.2.3.1 Grau de implementação das medidas

O último nível do método hierárquico é o de grau (G) de implementação das medidas de segurança contra incêndio, já que para cada classe existem soluções concretas com maior ou menor grau de complexidade. O grau varia de 0 a 1, sendo 0 quando a medida não se aplica ou não existe a possibilidade de implementação e 1 quando é completamente aplicável.

Os graus são multiplicados pelo peso da medida (nível 4), por seu turno expressa a sua importância nas estratégias (nível 3), assim estabelecendo-se uma linha para a concretização dos objetivos (nível 2) e por último para a política de segurança contra o incêndio (nível 1), atingindo-se assim a eficácia.

Por último a análise de cada medida é feita em consideração a três alternativas possíveis: alternativa 0 corresponde a situação existente à data do estudo, alternativa 1 a que proporcionará um nível mínimo de segurança e a última, alternativa 2, a que contempla o conjunto de todas as medidas possíveis de serem implementadas no edifício, de acordo as suas condições.

#### 6.2.3.2. Implementação das medidas na alternativa 0

O índice de eficácia de estratégias em relação à política de  $ET(PO)_{alt0}$  é calculado segundo a expressão:

$$ET(PO)_{alti} = \frac{\sum M_{alti}}{n} \quad (6.1)$$

Onde:

- $\Sigma$  – somatório;
- $M$  – medidas avaliadas;
- $n$  – número das medidas avaliadas;
- $alt$  – alternativa;
- $i$  – alternativas possíveis.

$M1_{alt0}$  – reação ao fogo dos materiais de construção. Os materiais empregues são na generalidade incombustíveis (bloco e betão), entretanto, não contribuem para o incêndio. Esta medida tem como grau de implementação  $G1_{alt0} = 0,75$ .

$M2_{alt0}$  – resistência ao fogo da estrutura. Os elementos estruturais (pilares, vigas e lajes) do novo edifício do hospital Sousa Martins foram constituídos de betão armado e isolados. Os 4 CCF em estudo têm uma capacidade de resistência ao fogo de 90 min, pelo que o grau está completamente implementado,  $G2_{alt0} = 1$ . Por outro lado, o tempo de resistência ao fogo previsto responde as exigências do Quadro IX, da Portaria nº 1532/2008, de 29 de dezembro.

$M3_{alt0}$  – resistência ao fogo das paredes interiores. As paredes interiores foram também construídas de forma a resistirem ao incêndio, uma vez que têm a capacidade de estanquidade às chamas e gases quentes, bem como isolamento térmico. Este grau está completamente satisfeito,  $G3_{alt0} = 1$ .

M4<sub>alt0</sub> – dimensão dos compartimentos. Os CCF em estudo estão em forma de células, o que permite confinar o incêndio no compartimento de origem, criando deste modo condições para um combate rápido e assim evitar a evacuação do edifício,  $G4_{alt0} = 1$ .

M5<sub>alt0</sub> – características e localização das aberturas nas fachadas. As aberturas nas fachadas foram dimensionadas de forma a não propagarem o incêndio entre elas,  $G5_{alt0} = 1$ .

M6<sub>alt0</sub> – distância de edifícios vizinhos. Não existem edifícios vizinhos suscetíveis de estarem em incêndio, por causa de um incêndio com origem no novo edifício do hospital. Este grau está completamente implementado,  $G6_{alt0} = 1$ .

M7<sub>alt0</sub> – geometria dos caminhos de evacuação. Os caminhos de evacuação foram dimensionados segundo a Portaria 1532/2008, de 29 de dezembro, contudo saídas com 1UP criam dificuldades para a evacuação de acamados. Este grau embora satisfaça a Portaria, todavia algumas saídas não oferecem uma evacuação rápida e segura de compartimentos com ocupantes acamados, pelo que  $G7_{alt0} = 0,75$ .

M8<sub>alt0</sub> – acessos dos bombeiros. O novo edifício do hospital Sousa Martins é acessível, para combate ao incêndio, pelos quatro cantos. Logo,  $G8_{alt0} = 1$ .

M9<sub>alt0</sub> – meios de deteção do incêndio. O grau de implementação desta medida está completamente satisfeito. O edifício está completamente preenchido de detetores, os quais estão distribuídos segundo as condições ambientais dos espaços. Contudo, por questões de fiabilidade o grau não vai ter o valor máximo, pelo que  $G9_{alt0} = 0,75$ .

M10<sub>alt0</sub> – meios de extinção de incêndio. Este grau está completamente satisfeito pois, o edifício possui carretéis e extintores de incêndio em todos os pisos e em número suficiente. Mas por questões de fiabilidade da rede, o grau ficou  $G10_{alt0} = 0,85$ .

M11<sub>alt0</sub> – sistema de controlo de fumo. O grau de implementação desta medida está também satisfeito. Os compartimentos em análise estão providos de meios mecânicos de controlo do fumo, mas devido a alguma ineficácia verificada nas simulações dos cenários  $G9_{alt0} = 0,75$ .

M12<sub>alt0</sub> – alarme e sinalização de emergência. As sirenes de alarme, assim como a iluminação de emergência estão distribuídos ao longo de todo o edifício. Mas atendendo que o alarme é emitido passado algum tempo depois do início do incêndio, o grau ficou  $G12_{alt0} = 0,75$ .

M13<sub>alt0</sub> – brigada de bombeiros da empresa. O grau desta medida é satisfeito tendo em conta o número e nível de pessoas com formação em incêndio, pertencentes ao hospital. O hospital tem um pessoal com formação em segurança aos incêndios, mas não com formação

profissional de combate ao incêndio igual a de bombeiros, nem equipamento específico. Este grau deve ser corrigido, por isso  $G_{13_{alt0}} = 0,3$ .

M14<sub>alt0</sub> – localização e tipo de corporação de bombeiros. Os bombeiros voluntários da Guarda distam 5 min do hospital. Os bombeiros têm meios materiais e humanos suficientes para o combate de incêndios, daí que o grau de implementação desta medida é  $G_{14_{alt0}} = 1$ . O tempo de 5 min que dista a corporação de bombeiros ao hospital permite com que, a intervenção contra o incêndio seja ainda na fase de desenvolvimento, atendendo o tipo de carga de incêndio em hospitais.

M15<sub>alt0</sub> – manutenção dos sistemas de segurança de incêndio. A manutenção dos sistemas de segurança é feita, todavia sem muita frequência o que pode tornar certos sistemas sem operar em pleno, pelo que o grau foi  $G_{15_{alt0}} = 0,5$ .

M16<sub>alt0</sub> – formação em segurança ao incêndio. O grupo de segurança do hospital é o único que tem formação de segurança em incêndio. Este grau precisa de melhoramento, pelo que  $G_{16_{alt0}} = 0,2$ .

M18<sub>alt0</sub> – manutenção e vigilância. Existe uma manutenção dos equipamentos de segurança ao incêndio, bem como vigilância a partir de rondas por turnos feitos por elementos ligados à segurança. Mas como a manutenção não é frequente  $G_{18_{alt0}} = 0,5$ .

M19<sub>alt0</sub> – fiscalização periódica do edifício. Esta medida circunscreve-se na manutenção das instalações técnicas do hospital, bem como dos sistemas de segurança de incêndio. Então pelas razões invocadas em M15<sub>alt0</sub> e M18<sub>alt0</sub>, o grau de implementação desta medida foi  $G_{19_{alt0}} = 0,5$ .

O grau de implementação das atuais medidas foi calculado segundo a expressão 6.1 e conduziu a um índice de eficácia de estratégias em relação à política de  $ET(PO)_{alt0} = 0,76$ . O grau de medidas atuais está implementado em 76%, isto é, as medidas garantem condições mínimas de segurança contra o incêndio.

O cenário atual de segurança ao incêndio no novo edifício do hospital Sousa Martins na Guarda, correspondente à alternativa 0. Assim, urge a necessidade de analisar as alternativas 1 e 2. As duas alternativas foram analisadas depois dos resultados com o FDS+Evac.

### **6.3. Proposta de Alteração dos Métodos de Gretnier e Frame para Aplicação em Hospitais**

No presente subcapítulo propôs-se a adaptação de algumas expressões dos métodos de Gretnier e do Frame para a sua aplicação na análise do risco de incêndio em hospitais.

Embora o título não faz menção, o presente subcapítulo analisou ainda a proposta de melhoramento das medidas de segurança contra o incêndio (SCI) através do método Hierárquico (alternativa 1). A proposta consistiu em sugerir melhorias à alternativa 0, de modo a oferecer um grau de implementação de medidas satisfatório.

As adaptações sugeridas às expressões dos métodos de Gretener e Frame, bem como a proposta de melhoramento das medidas de SCI a partir do método hierárquico, visam uma análise de segurança ao incêndio em hospitais baseada no desempenho.

### 6.3.1. Proposta da alteração do método de Gretener

Como se fez referência em capítulos anteriores, o método de Gretener foi criado para análise do incêndio em indústria, no entanto, sendo um método muito prático e fácil de usar por qualquer técnico de segurança ao incêndio, a presente tese propõe o seu uso em hospitais, mas mediante agravação de alguns fatores/parâmetros como: andar a evacuar (e), perigo de ativação (A) e exposição ao perigo das pessoas ( $P_{HE}$ ). A agravação dos parâmetros em causa é para responder o facto de maior parte dos ocupantes dos hospitais serem pacientes e em alguns casos acamados, o que dificulta de certa forma a evacuação do hospital.

O fator andar a evacuar (e), para além de ser atribuído valor atendendo apenas a localização do andar, deve-se também ter em consideração o tipo de utentes/ocupantes, neste caso doentes em hospital. Assim, o seu valor deve ser majorado para justificar as dificuldades encaradas na evacuação de acamados em situação de incêndio. Outra possibilidade que justifica a necessidade de afetar o fator andar, quando se trata de calcular o risco de incêndio em hospitais, é nos casos em que o incêndio ocorre no período noturno, normalmente com o número de enfermeiros consideravelmente diminuto. Neste caso as dificuldades de evacuar enfermarias de acamados mesmo que estejam em compartimentos de pisos de entrada agravam-se ainda mais, motivo pelo qual se propõe que o fator andar deve no mínimo ser  $e = 2$ .

A probabilidade de ocorrência de um incêndio quer seja de pequena ou grande dimensão é algo intimamente ligado aos edifícios. Para os hospitais a análise do risco do incêndio deve ser muito séria, tomando em consideração o tipo de pacientes/ocupantes acamados e não acamados e dos medicamentos usados que, muita das vezes são propensos a propagação do incêndio. Assim, o perigo de ativação (A) deve no mínimo ser considerado elevado, devido a inflamabilidade de alguns medicamentos de uso hospitalar e também da impossibilidade de uma parte de utentes abandonarem o edifício com os seus próprios meios. Por exemplo, o álcool etílico é inflamável e pode facilmente propagar o incêndio para as camas dos doentes e deste modo dificultar a evacuação do edifício. Deste modo propõe-se que no mínimo o perigo de ativação seja  $A = 1,45$ .

A exposição ao perigo das pessoas ( $P_{HE}$ ) é outro fator que deve ser tomado em consideração na análise do risco do incêndio em hospitais. Grande número de utentes dos hospitais são doentes, dos quais uma parte são acamados. Os acamados devido a impossibilidade de se moverem estão grandemente expostos ao perigo de qualquer emergência, em particular em incêndio. Por outro lado, a deslocação de pacientes em particular acamados, em situação do incêndio, deve respeitar um conjunto de formalismos, o que a torna mediata colocando deste modo em perigo quer os acamados, quer a equipa de socorro. Uma parte de acamados devem ser evacuados ligados aos aparelhos de suporte à vida e em camas ou macas, o que agrava o risco de exposição, quer pelo tempo gasto a preparar o paciente para abandonar o edifício, quer pelos cuidados a ter em movimento. Assim, o fator de exposição deve no mínimo ser  $P_{HE} = 0,45$  e no máximo  $P_{HE} = 0,6$ .

### 6.3.2. Proposta da alteração do método de Frame

Para efeitos de cálculo do risco do incêndio em hospitais, a partir do método de Frame, propôs-se o acréscimo do fator pré-movimento (PM) na expressão (3.8.1). O tempo de evacuação foi um dos fatores preponderantes para a evacuação total ou incompleta dos 4 CCF estudados. Atendendo que as distâncias a percorrer dos locais de permanência em edifícios até ser atingida a saída mais próxima, para o exterior ou para uma via de evacuação protegida, cumprem com a Portaria nº 1532/2008, de 29 de dezembro, o tempo de pré-movimento teve também uma influência substancial na evacuação do edifício.

A título de exemplo foi calculado o fator de evacuação ( $t$ ) para o CCF SU, isto é, o mesmo CCF usado para cálculo do tempo de evacuação com métodos simplificados e numéricos. No exemplo a seguir considerou-se o efetivo previsto (48 ocupantes e o tempo de pré-movimento de 30 s).

Esta expressão deve ser afetada por uma variável (PM) que vai ser escalonado de 0 a 180, para corresponder os diversos tempos de pré-movimentos. Os tempos de pré-movimento (PM) são 30s; 60s; 90s; 120s; 150s e 180s os que correspondem a valores de PM/3 entre 10 e 60, de modo a que tenha um peso equivalente à distância a percorrer pelos ocupantes.

Para efeitos de comparação a expressão 3.8.1a corresponde ao cálculo do fator de evacuação ( $t$ ) na sua forma original e as expressões 3.8.1b e 3.8.1c correspondem ao fator de evacuação afetado pelo tempo de pré-movimento.

Fator de evacuação ( $t$ ) não afetado pelo tempo de pré-movimento.

$$t = \frac{p_{xxx} \left[ (b + l) + \left( \frac{X}{x} \right) + 1,25xH^+ + 2xH^- \right] x(b + l)}{800xkx[1,4xxx(b + l) - 0,44xX]} \quad 3.8.1a$$

$$t = \frac{1 \times 3 \times \left[ 33,25 + \left( \frac{44}{3} \right) + 1,25 \times 0 + 2 \times 0 \right] \times (33,25)}{800 \times 1 \times [1,4 \times 3 \times (33,25) - 0,44 \times 44]}$$

$$t = \frac{3 \times [33,25 + 14,7] \times (33,25)}{800 \times [1,4 \times 3 \times (33,25) - 0,44 \times 44]}$$

$$t = \frac{4783}{96232}$$

$$t = 0,04$$

Fator de evacuação (t) afetado pelo tempo de pré-movimento terminado aos 30 s.

$$t = \frac{p \times x \times x \left[ (b + l) + \left( \frac{X}{x} \right) + 1,25 \times H^+ + 2 \times H^- + PM/3 \right] \times (b + l)}{800 \times k \times [1,4 \times x \times (b + l) - 0,44 \times X]} \quad (3.8.1b)$$

$$t = \frac{1 \times 3 \times \left[ 33,25 + \left( \frac{44}{3} \right) + 1,25 \times 0 + 2 \times 0 + \frac{30}{3} \right] \times (33,25)}{800 \times 1 \times [1,4 \times 3 \times (33,25) - 0,44 \times 44]}$$

$$t = \frac{3 \times [33,25 + (14,7) + 10] \times (33,25)}{800 \times [1,4 \times 3 \times (33,25) - 0,44 \times 44]}$$

$$t = \frac{5781}{96232}$$

$$t = 0,06$$

Fator de evacuação (t) afetado pelo tempo de pré-movimento terminado aos 180 s.

$$t = \frac{p \times x \times x \left[ (b + l) + \left( \frac{X}{x} \right) + 1,25 \times H^+ + 2 \times H^- + PM/3 \right] \times (b + l)}{800 \times k \times [1,4 \times x \times (b + l) - 0,44 \times X]} \quad (3.8.1c)$$

$$t = \frac{1 \times 3 \times \left[ 33,25 + \left( \frac{44}{3} \right) + 1,25 \times 0 + 2 \times 0 + \frac{180}{3} \right] \times (33,25)}{800 \times 1 \times [1,4 \times 3 \times (33,25) - 0,44 \times 44]}$$

$$t = \frac{3 \times [33,25 + (14,7) + 60] \times (33,25)}{800 \times [1,4 \times 3 \times (33,25) - 0,44 \times 44]}$$

$$t = \frac{10768}{96232}$$

$$t = 0,11$$

O fator de ativação está relacionado com os riscos para os bens patrimoniais. Deste modo, dos cálculos a partir dos valores ( $t = 0,04$ ;  $t = 0,06$  e  $t = 0,11$ ) o risco potencial  $P$  para os três casos quase não variou, obtendo-se  $P = 0,309$ ;  $P = 0,313$  e  $P = 0,323$  respetivamente. Os valores do risco potencial foram quase os mesmos, logo a proposta de adaptação da expressão 3.8.1 para o estudo dos efeitos do pré-movimento na evacuação do edifício mostrou-se pouco aplicável.

### 6.3.3. Proposta de melhoramento das medidas de segurança contra o incêndio através do método Hierárquico

O cenário atual de segurança ao incêndio no novo edifício do hospital Sousa Martins na Guarda, corresponde à alternativa 0 analisada no ponto 6.2.3.2. Atendendo que, o cenário atual (alternativa 0) do edifício oferece as condições mínimas de segurança contra o incêndio, de seguida analisa-se a alternativa 1 e dispensa-se a análise da alternativa 2. A análise da alternativa 1 foi conjugada aos resultados da evacuação, temperatura e visibilidade conseguidos com base nas simulações com FDS+Evac. A alternativa 1 visou corrigir o conjunto de medidas possíveis de implementar, de modo a oferecer um grau de implementação de medidas muito mais satisfatório no que, foram propostas para melhoria as seguintes medidas:

$M7_{alt0}$  – geometria dos caminhos de evacuação. A presente medida não ficou satisfeita na alternativa 0, devido aos tamanhos das larguras das PE, bem como das portas dos locais de permanência que condicionaram a saída de OLS, segundo os resultados com FDS+Evac. Para o CCF BO sugere-se o aumento das larguras das saídas para o mínimo de 3UP, enquanto no CCF SU sugere-se a introdução de uma PE (com o mínimo de 3 UP também) distinta à VHE-3. Com estas medidas cumpridas o grau seria  $G7_{alt0} = 1$ .

$M9_{alt0}$  – meios de deteção do incêndio. Os três CCF estudados não dispõem de meios automáticos para a extinção do incêndio, todavia a instalação destes meios deve ter em consideração o material a proteger. Isto é, o agente extintor deve se adequar ao material a proteger. Satisfeita esta medida seria  $G9_{alt0} = 1$ .



M11<sub>alt0</sub> – sistema de controlo de fumo. Os resultados do FDS+Evac para o CCF BO mostraram que, a falta de um sistema de desenfumagem no principal caminho de evacuação (VHE-1) foi um dos parâmetros que contribuiu para que uma parte do CCF não evacuasse. Para uma melhoria das condições de evacuação para o CCF precisava-se de um sistema de controlo de fumo na VHE-1. Satisfeita esta medida o grau seria  $G9_{alt0} = 1$ .

M12<sub>alt0</sub> – alarme e sinalização de emergência. A memória descritiva não indica a temporização do alarme, motivo pelo qual as simulações com FDS+Evac assumiram situações em que o incêndio não era detetado pelos ocupantes. Assumiu-se também que o pré-movimento terminava aos 180 s, porque o alarme soava sensivelmente decorridos 120 s do incêndio, por outro lado a evacuação era assistida. Com um alarme a soar entre os 30 a 60 s do incêndio esta medida seria  $G12_{alt0} = 1$ . Quanto cedo o alarme soar, muito cedo evacuará o edifício, assim como iniciará o combate ao incêndio.

Com o melhoramento das medidas acima (alternativa 1) em conjugação com as medidas avaliadas satisfatórias para a alternativa 0, garantiu-se a prossecução da política de segurança contra o incêndio para os 4 CCF estudados, com um índice de eficácia de estratégias em relação à política de  $ET(PO)_{alt0} = 0,81$ , isto é, 81%. A alternativa 1 teve um incremento de 5% de índice de eficácia em relação à alternativa 0 que, teve um índice de eficácia de estratégias em relação à política de  $ET(PO)_{alt0} = 0,76$ , ou seja, 76%. Assim, o primeiro nível hierárquico que consiste na Política de redução do risco de incêndio, ficou satisfeito com um índice de eficácia de 81%. Os cálculos para a alternativa 1 foram segundo a expressão 6.1.

#### 6.4. Considerações Finais

Dos resultados da análise do risco do incêndio a partir dos métodos de Gretener, Frame e Hierárquico concluiu-se que os CCF estudados estão seguros contra o incêndio. Os índices de Gretener alcançaram uma valoração média de 2,66, um valor superior ao mínimo recomendado (1) para que um edifício seja considerado seguro. Em termos de uma análise individual interessa fazer menção do CCF SI que embora seguro teve o valor mais baixo, isto é, 1,022 o que traduz as dificuldades a encontrar para evacuar uma enfermaria com mais de 50% de acamados.

Relativamente a análise do risco do incêndio segundo o método de Frame os índices de segurança contra o incêndio foram na média de 0,54, isto é, todos os CCF estão seguros contra o incêndio. A existência de acamados não ganhou muita relevância quando comparado aos valores de Gretener.

Da avaliação do risco do incêndio a partir do método hierárquico, o índice de eficácia de estratégias em relação à política, para as condições atuais dos 4 compartimentos corta-fogo estudados foi de 76%. Ou seja, a Política de redução do risco de incêndio, ficou satisfeita.

Das propostas de adaptação dos métodos de Gretener, assim como de Frame para análise do risco em edifícios hospitalares pode se aferir que o método de Gretener se mostrou adaptável pois, a agravação de fatores como: andar a evacuar (e), perigo de ativação (A) e exposição ao perigo das pessoas ( $P_{HE}$ ), devido a existência de acamados, teve efeitos notórios no resultado final da segurança do edifício. Quando se tomou em consideração a existência de acamados, a segurança do edifício contra o incêndio diminuiu substancialmente, o que levou a considerar este método adaptável.

## 7. CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

### 7.1. Conclusões

Esta tese desenvolveu-se com o intuito de fazer uma análise da evacuação de hospitais, baseada no desempenho, através da aplicação do software FDS+Evac. A tese descreve vários cenários que simularam o desempenho das condições de evacuação de hospitais em caso de incêndio.

Do estado de arte concluiu-se que, existem vários modelos de simulação computacional ao incêndio, mas poucos estudos na área dos riscos e impactos do incêndio na evacuação dos hospitais. Muitos dos trabalhos e modelos de evacuação, simularam o incêndio e a evacuação de edifícios públicos onde, quase 90% dos ocupantes não têm limitações na mobilidade ou nas capacidades de percepção e reação a um alarme de incêndio. Isto é, maior parte dos ocupantes desses edifícios em incêndio evacuam o edifício com os seus próprios meios, o que difere da evacuação assistida necessária em caso de incêndio em hospitais. Este facto é também evidente na legislação internacional de segurança contra o incêndio em edifícios que, se baseia no princípio da evacuação não assistida, isto é, prevista para edifícios com ocupantes que em caso de incêndio movem-se com os seus próprios meios.

A evacuação de hospitais é uma tarefa complicada e de difícil decisão, pois envolve a movimentação de pacientes com condições físicas debilitadas. Os ocupantes/pacientes de hospitais só devem ser evacuados em situações de perigo representado pelo incêndio, fumo, inundações, exposição a matérias perigosas ou danos estruturais da instalação. Mas mesmo assim, há que evacuar em primeiro lugar os ocupantes expostos ao incêndio ou pelo grau de enfermidade: pacientes ambulatorios e por último os não-ambulatorios.

Por outro lado, os regulamentos de segurança contra incêndio em hospitais são unânimes em reconhecer que, a evacuação só pode ter lugar caso todas as medidas de mitigação e/ou combate ao incêndio não tenham resultado. As legislações são também convergentes quanto a prioridade na evacuação, tipo de evacuação, isolamento dos blocos operatórios e de unidades de cuidados intensivos, bem como a sua localização em pisos próximos ao de saída, para uma evacuação rápida e segura do edifício.

As pessoas com necessidades especiais devem evacuar os edifícios em tempos diferentes com a de saída de ocupantes normais, todavia respeitando as especificidades de cada ocupante com necessidades especiais. Os ocupantes normais são os primeiros a evacuarem o edifício e por último ocupantes com necessidades especiais. A evacuação de edifícios com ocupantes com necessidades especiais pode proceder recorrendo ao abrigo no local, ou seja, mover os ocupantes para uma zona de refúgio de modo a esperarem até que seja seguro sair do edifício.

Das simulações numéricas com FDS+Evac concluiu-se que, para um possível incêndio em hospitais e que o mesmo tenha origem num compartimento cujos ocupantes têm a capacidade de se moverem com os seus próprios meios ou com pequena ajuda, com o SCF a funcionar de forma eficiente, há grande probabilidade de evacuar todo o edifício, já que a deteção e reação ao incêndio serão precoces, ou seja, com o pré-movimento a terminar entre 30 a 45 s.

Para situações em que um possível incêndio tem origem num compartimento sem ocupantes, cujo conhecimento da existência do mesmo é através do alarme geral, com o pré-movimento a terminar aos 180 s e com o SCF localizado apenas em caminhos de evacuação laterais, isto é, exteriores ao CCF em incêndio, o SCF mostrou-se ineficiente para diminuir a temperatura e extrair os fumos, a uma altura mínima de 1,75 m do pavimento, nos caminhos de evacuação interiores ao CCF, visto que eram os primeiros a serem atingidos pelo incêndio. Os resultados dos cenários mostraram que a inexistência de um SCF em vias de evacuação principais (interiores a um CCF) com acesso direto às saídas de emergência, em conjugação com o fim do pré-movimento tardio (180 s) faz com que muitos ocupantes alcancem as vias de evacuação principais (interiores) cheias de fumo e com temperatura muito elevada. A temperatura dos gases acima de 80 °C, assim como a visibilidade para uma distância de 10 m registaram-se, em média, na maior parte dos cenários estudados entre 0,75 m a 1,25 m de altura do pavimento, muito abaixo da altura mínima (1,75 m) adotada para o estudo. Em alternativa, a existência de um SCF nos caminhos de evacuação interior e exterior de um CCF contribuiu para que mais de 90% de ocupantes quer acamados, quer não acamados evacuassem o edifício, dado que as condições de temperatura e visibilidade registadas eram favoráveis à evacuação.

Caminhos de evacuação interiores têm sido quase os primeiros a registarem temperaturas muito altas e falta de visibilidade, porque muitos deles estão próximo da origem do incêndio. Assim, evacuar o edifício por estes caminhos torna-se complicado e os ocupantes acabam por morrer devido a altas temperaturas, falta de visibilidade e inalação de gases tóxicos, o que reforça a ideia de dotar os caminhos de evacuação, quer interior ou exterior a um CCF, de um SCF, neste tipo de edifícios.

Foi também possível concluir que a evacuação com recurso a camas tem influência na evacuação dos hospitais dado que, os resultados das simulações mostraram que mesmo com o pré-movimento definido para terminar aos 45 s, os CCF com acamados não evacuavam na totalidade. Grande parte dos ocupantes que não conseguiram sair dos CCF tiveram problemas em transpor saídas de emergência e/ou dos compartimentos de permanência (salas de internamentos), devido às larguras maiores das camas que dificultavam em grande medida a sua passagem pela maior parte das larguras das saídas. Este facto levou também a concluir que, para evacuar acamados e atender os movimentos bidirecionais das equipas de socorro

seria necessário saídas de salas de internamento, assim como de emergência com larguras mínimas de 2 m.

Divisões de internamento com capacidades para mais de 20 camas devem, no mínimo, serem dotadas de duas saídas de emergência distintas, com larguras mínimas de 2 m cada. Uma das saídas de emergência deve, preferencialmente, conduzir a uma via de evacuação protegida e as que conduzirem para caminhos de evacuação interiores, estes caminhos devem no mínimo ter uma largura de 3UP para facilitar o fluxo e/ou o movimento dos acamados. De referir que, estudos de outros autores apenas defendem saídas distintas segundo as dimensões da divisão e/ou para salas de internamentos e não pelo número de camas.

De uma forma geral pode-se concluir que, uma evacuação hospitalar cuja deteção e reação ao incêndio são precoces precisa-se, no mínimo, de saídas de emergência com o mínimo de 2 m de largura, de modo a facilitar as manobras de acamados. Todavia, para as evacuações que têm lugar depois do alarme geral do incêndio, isto é, com o pré-movimento a findar aos 180 s de incêndio, os edifícios hospitalares não só precisam de saídas com o mínimo de 2 m de larguras, como também de um SCF em vias horizontais interna e externa aos CCF.

Os resultados das simulações com FDS+Evac tiveram os mesmos resultados obtidos pelos outros autores no que concerne ao comportamento dos ocupantes no momento de evacuarem o edifício. Os ocupantes tendem a evacuar o edifício através de vias de evacuação e saídas de emergência afastadas do foco do incêndio, o que pressupõe que os hospitais devem convenientemente distribuir as saídas de emergência e os caminhos de evacuação.

Da evacuação com recurso a elevadores observou-se que, estrategicamente os elevadores não são eficientes para evacuar muitos ocupantes em situação de incêndio, pior quando esses ocupantes forem acamados. O mesmo número de ocupantes leva menos tempo para abandonar o edifício através de VHE, do que usar elevadores. Um edifício hospitalar com uma eficiente distribuição das saídas de emergência e com um SCF também eficiente apresenta melhores resultados de fluxo nas saídas e de evacuação do edifício, quando comparado a outro que evacua através de elevadores. Outro fator que faz com que a evacuação horizontal seja considerada a mais recomendada é o facto de, os ocupantes não serem obrigados a esperar sem evacuar o edifício, como acontece com os elevadores. As intermitências observadas em evacuações horizontais não são devidas ao fechamento das portas (como acontece com os elevadores quando estão em movimento), mas sim, devido à velocidade dos ocupantes. As intermitências dos elevadores são devidas entre outros fatores: pela velocidade dos ocupantes, pelo fechamento de portas durante os movimentos, pelas capacidades de carga e espaço, bem como do tempo gasto para os movimentos de subir/descer, com as devidas demoras para saída e entrada de ocupantes.

Outra desvantagem da evacuação do edifício com recurso a elevadores foi a convergência de todos os ocupantes à entrada dos elevadores, como se de uma só saída se tratasse. O mesmo raciocínio serve para evacuar edifícios a partir de escadas. Isto é, a existência de uma só escada para o edifício teria a mesma desvantagem que se observou com os elevadores, além do risco de bloqueio ser maior devido a possíveis quedas nas escadas pela dificuldade de mobilidade acrescida.

Quanto ao modelo FDS+Evac este pode ser adaptado com êxito para simular a evacuação de hospitais, através da calibração de parâmetros como: velocidades dos diversos ocupantes ou grupos de ocupantes; divisão das pessoas a simular pela idade e sexo; atribuição das condições físicas a partir da diferenciação das velocidades de cada ocupante; simular os movimentos das equipas de socorro e os tempos de preparação dos pacientes em cada sala, através dos intervalos dos vários tempos dos pré-movimentos; simular os movimentos dos elevadores através da definição de intervalos repetitivos entre a abertura e fechamento de portas de evacuação. Contudo, o modelo precisa ainda de incorporar a temperatura como um dos fatores que intervém na evacuação de edifícios.

Relativamente aos métodos de análise do risco do incêndio de Frame e Gretener depreendeu-se que, o método de Frame já previu a inclusão do risco de ocupantes em situação do incêndio. Frame integra o fator tempo de evacuação ( $t$ ) que para além de prever o risco em instituições médicas, prevê ainda outros dois parâmetros (condições especiais de mobilidade e percepção das pessoas e pessoas imobilizadas) que podem ser associados a ocupantes acamados em hospital. Todavia estes fatores mostraram-se não influenciarem tanto na segurança do edifício, o que o torna não adaptável aos hospitais. Por seu turno, o método de Gretener mostrou-se adaptável a análise do risco de incêndio em hospitais, desde que se agravem os valores dos seguintes parâmetros: andar a evacuar ( $e$ ), perigo de ativação ( $A$ ) e exposição ao perigo das pessoas ( $P_{HE}$ ). Sugere-se a agravação dos três parâmetros pelo facto de existirem ocupantes acamados que em situação de incêndio tornam a evacuação do edifício muito complicada e demorada. A agravação dos fatores indicados (em particular para enfermarias) fez variar substancialmente a segurança do edifício.

Finalmente, a aplicação do método hierárquico para a análise do risco de incêndio em edifícios depende, essencialmente, da experiência e dos conhecimentos técnicos do especialista a aplicar o método. Este facto torna o método não prático para o uso por qualquer técnico de segurança ao incêndio.

O estudo da evacuação a partir de métodos simplificados concluiu que a variação do número de ocupantes para o mesmo cenário, não tinha influência no tempo da evacuação do edifício. Mas também ficou evidente que a distância a percorrer pelo ocupante considerado mais afastado da PE foi o parâmetro mais importante. Por outro lado, a distância mais longa

mantém-se a mesma, independentemente de variar o número dos ocupantes do edifício, logo o tempo de evacuação é também o mesmo. Deste modo, no que diz respeito aos resultados obtidos quer pelos métodos simplificados, quer pelos métodos numéricos pode-se afirmar que, para uma análise de evacuação de hospitais sem incêndio, os métodos simplificados podem, por vezes, serem usados para o efeito e para uma primeira estimativa, visto que, a diferença dos tempos de evacuação entre os dois métodos foi de 12,7%.

Da análise dos resultados dos fluxos em portas de evacuação concluiu-se que, a evacuação de edifícios por ocupantes acamados teve menor fluxo quando comparado à evacuação de edifícios com ocupantes não acamados, pois a velocidade de acamados é menor em relação a velocidade de não acamados, por outro lado, os acamados ocupam mais espaço em relação aos não acamados, o que torna o fluxo em portas de evacuação menor.

A partir do presente estudo é de propor os seguintes cuidados a serem garantidos na evacuação de hospitais e/ou na elaboração de projetos deste tipo de edifícios:

- ✓ O tempo total de deteção, alarme e pré-movimento não deve exceder os 90 s embora se reconheça que a evacuação de hospitais é complexa devido ao tipo dos ocupantes. O tempo de 90 s pode ser alcançado a partir de formação permanente do *staff*, treino, inspeção e manutenção dos equipamentos de primeira intervenção, bem como dos sistemas de deteção e alarme de incêndio, prontidão, mobilização e atribuição clara das atividades a cada membro do *staff*, para o cumprimento rápido e oportuno do plano de emergência interno.
- ✓ O tempo total de evacuação para um CCF com áreas até 1200 m<sup>2</sup> não deve exceder os 400 s, quando é adotada evacuação parcial.
- ✓ Um CCF com ocupantes de extrema limitação na mobilidade (p.e. BO e SI) com área superior a 500 m<sup>2</sup> deve ter sistema de controlo de fumo e portas dos locais de permanência e de evacuação com larguras mínimas de 3UP.
- ✓ Os compartimentos de internamento com capacidade de 20 ocupantes devem ter no mínimo duas saídas de emergência distintas, com larguras mínimas de 3UP.
- ✓ Os elevadores destinados ao transporte de pacientes em situação de incêndio não devem se encontrar no mesmo ponto, sob pena de congestionamento, no entanto, devem ser convenientemente distribuídos e devidamente sinalizados.

## 7.2. Desenvolvimentos Futuros

Os resultados do presente trabalho devem ser interpretados como ponto de partida para o desenvolvimento de futuros trabalhos de modelação do risco de incêndios, com base no desempenho, para hospitais.

Uma vez que não foi possível neste trabalho apresentar resultados de um simulacro de incêndio realizado no hospital, seria interessante a realização de um estudo comparativo entre os resultados das simulações numéricas com o de simulacros em hospitais em situação de incêndio. Os simulacros deviam ter lugar em CCF com mesmas funções das analisadas no trabalho ou em outros CCF, todavia com ocupantes equiparados. Após o exercício se avaliasse o comportamento dos ocupantes, através da aplicação de questionários previamente desenvolvidos. Através dos dados obtidos no simulacro, nas simulações numéricas e do tratamento dos questionários, seria possível definir e validar os tempos de evacuação aceitáveis, segundo as características do CCF evacuado.

O presente estudo baseou-se apenas no *software* FDS+Evac para as suas simulações numéricas, pelo que um outro estudo similar que utilizasse, pelo menos, dois *softwares* poderia ser interessante, pois permitiria criar uma maior base de dados de análise e perceber melhor as potencialidades de um ou do outro programa para análise de risco de incêndio em hospitais.

É verdade que este estudo se centrou na modelação do risco e da evacuação de hospitais em incêndio, contudo seria importante que estudos futuros analisassem a evacuação de lares de idosos que, são locais com ocupantes com limitações diversas e em incêndio a evacuação mostra-se ser muito complexa.

Atendendo que o FDS+Evac não considera a temperatura para efeitos da evacuação dos edifícios, seria de todo o interesse estudar a evacuação de hospitais a partir de *softwares* cuja, temperatura interna produzida pelo incêndio tenha influência na evacuação dos edifícios.

Estudar o número e o tamanho mais adequado de zonas de refúgio para edifícios hospitalares, uma vez que a evacuação parcial é a mais vantajosa e desejada. Por outro lado, estudar a evacuação de um a três pisos de um hospital, assim como das implicações de uma evacuação total.

Estudar o número adequado/requerido para uma evacuação com ocupantes dependentes em função do efetivo (essencial a existência de simulacros), assim como, a influência da utilização de diferentes meios para o transporte dos ocupantes com limitações na mobilidade.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 13994, (2000). Elevadores de passageiros - Elevadores para transporte de pessoa portadora de deficiência. Disponível em: <http://www.crea-sc.org.br/portal/arquivosSGC/NBR%2013994.pdf> [consultado em 19-06-2018].

ABNT NBR 9050, (2004). Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Disponível em: [http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/sites/default/files/arquivos/%5Bfield\\_generico\\_imagens-filefield-description%5D\\_24.pdf](http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/sites/default/files/arquivos/%5Bfield_generico_imagens-filefield-description%5D_24.pdf) [consultado em 18-06-2018].

Alonso-Gutierrez, V. & Ronchi, E. (2016). The simulation of assisted evacuation in hospitals. Disponível em: <https://www.thunderheadeng.com/files/com/FEMTC2016/files/d2-05-alonso/alonso-paper.pdf> [consultado em 05-06-2018].

Association of periOperative Registered Nurses. (2007). AORN guidance statement: mass casualty, triage, and evacuation. AORN journal, 85 (4), 792-794. Disponível em: [http://www.aornjournal.org/article/S0001-2092\(07\)60154-9/pdf](http://www.aornjournal.org/article/S0001-2092(07)60154-9/pdf) [consultado em 06-05-2016].

Augustine, J., & Schoettmer, J. T. (2005). Evacuation of a rural community hospital: lessons learned from an unplanned event. Disaster Management & Response, 3 (3), 68-72. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1540248705000295> [consultado em 09-03-2016].

Benzane, et al. (2017). Influência da desenfumagem na evacuação dum bloco operatório dum hospital. 4º CILASCI – Congresso Ibero-Latino-Americano sobre Segurança contra Incêndio Recife, Pernambuco. Segurança contra Incêndio, 531 - 543. ISBN 978-85-5707-674-7.

Benzane, et al. (2018). Influência do efetivo no tempo de evacuação dum bloco de urgências em situação de incêndio. 6ª JORNINC - Jornadas de Segurança aos Incêndios Urbanos e 1ª JORPROCIV - Jornadas de Proteção Civil, Universidade de Coimbra, Coimbra. Portugal, 29 e 30 de novembro de 2018. ISBN: 978-989-96461-9-3

Benzane, et al. (2019). Comparison Between Evacuation Strategies of an Infirmary of a Hospital. IFireSS 2019 - International fire safety symposium, Ottawa, Ontario. Submetido.

Berto, A. F., (1988). Fumaça no incêndio – escadas enclausuradas com antecâmaras e ventilação natural através de duto. Nº 095. Coletânea Pini de Incêndios. São Paulo.

Braga, D. G. C. B., & Landim, H. R. O., (2008). Investigação de Incêndio. In: “A segurança contra incêndio no Brasil”. Coordenação de Alexandre Seito e outros. São Paulo: Projeto Editora, 2008. ISBN: 978-85-61295-00-4.

British Standards (BS), PD 7974-6 (2004). Code of practice on the application of fire safety engineering principles to the design of buildings.

BS 8300: 2009. Design of buildings and their approaches to meet the needs of disabled people – Code of practice.

- BS 9999: 2008 Code of practice for fire safety in the design, management and use of buildings. Disponível em: <https://www.yorkshirefiresolutions.co.uk/wp-content/uploads/2017/06/BS-9999-2008-Code-of-Practise-for-Fire-Safety-in-DesignManagement-use-of-Building.pdf> [consultado em 22-06-2018].
- Bukowski, R. W., & Hurley, M. J. (2003). Fire Hazard Analysis Techniques. NFPA, Fire Protection Handbook, Section, 3, 121-134. Disponível em: <http://fire.nist.gov/bfrlpubs/fire08/PDF/f08005.pdf> [consultado em 31-03-2017].
- Cao, S., Song, W., Liu, X., Mu, N., (2014). Simulation of Pedestrian Evacuation in a Room under Fire Emergency. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/81975156.pdf> [consultado 22-07-2018].
- CFPA – European Guideline nº 19, (2009). Fire safety engineering concerning evacuation from buildings. Disponível em: [http://www.cfpa-e.eu/wp-content/uploads/files/guidelines/CFPA\\_E\\_Guideline\\_No\\_19\\_2009.pdf](http://www.cfpa-e.eu/wp-content/uploads/files/guidelines/CFPA_E_Guideline_No_19_2009.pdf) [consultado em 29-11-2016].
- Chen, W., Guinet, A., & Ruiz, A. (2015). Modelling and simulation of a hospital evacuation before a forecasted flood. *Operations Research for Health Care*, 4, 36-43. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211692314200142> [consultado em 04-04-2016].
- Childers, A. K., Mayorga, M. E., & Taaffe, K. M. (2014). Prioritization strategies for patient evacuations. *Health care management science*, 17 (1), 77-87. Disponível em: <http://link.springer.com/article/10.1007/s10729-013-9236-0> [consultado em 15-03-2016].
- Chow, C. L., & Ki Chow, W. (2009). Fire safety aspects of refuge floors in supertall buildings with computational fluid dynamics. *Journal of Civil Engineering and Management*, 15(3), 225-236. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.3846/1392-3730.2009.15.225-236> [consultado em 27-01-2017].
- Chowdhury, K. (2014). Fires in Indian hospitals: root cause analysis and recommendations for their prevention. *Journal of clinical anesthesia*, 26 (5), 414-424. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0952818014000944> [consultado em 08-03-2016].
- Coelho, A. L. (1997). Modelação matemática da evacuação de edifícios sujeitos à ação de um incêndio. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/12585/3/Texto%20integral%20-%20Volume%20I.pdf> [consultado em 13-02-2017].
- Coelho, A. L. (2010). *Incêndios em Edifícios*. Amadora: Edições Orion.
- Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo. (2010). Instrução Técnica nº 14/2010. Cargas de incêndio nas edificações e áreas de risco. Disponível em: [http://www.corpodebombeiros.sp.gov.br/rev\\_it/IT14.pdf](http://www.corpodebombeiros.sp.gov.br/rev_it/IT14.pdf) [consultado em 19-10-2017].
- Craighead, G. (2009). *High-rise security and fire life safety*. Butterworth-Heinemann. Disponível em: <http://fmlink.com/articles/evacuation-strategies-for-high-rise-office-buildings/> [consultado em 17-04-2016].

Dartmouth College Hanover, New Hampshire, (2005). Special Assistance Needs and Disability Emergency Building Evacuation Plan. Disponível em: <http://www.dartmouth.edu/~news/features/deep/evac-plan.pdf> [consultado em 20-04-2016].

De-Ching, H., Shen-Wen, C., Chien-Hung, L., Po-Ta, H., Yi-Ting, S., & Huei-Ru, S. (2011). A study for the evacuation of hospital on fire during construction. *Procedia Engineering*, 11, 139-146. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705811008277> [consultado em 09-03-2016].

Decreto-Lei n.º 220/2008, de 12 de Novembro. Regime jurídico da segurança contra incêndio em edifícios. *Diário da República*, 1.ª série - N.º 220 - 12 de Novembro de 2008.

Decreto-Lei n.º 224/2015, de 9 de outubro. Regime jurídico da segurança contra incêndio em edifícios. *Diário da República*, 1.ª série - N.º 198 - 9 de outubro de 2015.

Decreto-Lei nº 163/2006 de 8 de agosto. Regime da acessibilidade aos edifícios e estabelecimentos que recebem público, via pública e edifícios habitacionais. *Diário da República*, 1ª série – Nº 152 - 8 de agosto de 2006.

Dias, R. M. M. (2013). Avaliação da evacuação de um hospital de grandes dimensões. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/58828> [consultado em 12-10-2016].

Dicionário Priberam da Língua Portuguesa [em linha], 2008-2013, <http://www.priberam.pt/DLPO/scooter> [consultado em 01-12-2015].

EUROPA PRESS, (2016). Un simulacro de incendios en un hospital de Huelva moviliza a cien personas. Disponível em: <https://www.europapress.es/esandalucia/huelva/noticia-simulacro-incendios-hospital-huelva-moviliza-cien-personas-20160616153624.html> [consultado em 14-08-2018].

EN 1991-1-2, (2002). Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-2: General actions - Actions on structures exposed to fire. Disponível em: <https://law.resource.org/pub/eu/eurocode/en.1991.1.2.2002.pdf> [consultado 11-12-2016].

Facility Guidelines Institute (FGI) (2010). Guidelines for Design and Construction of Health Care Facilities. Disponível em: <https://www.fgiguidelines.org/> [consultado em 10-10-2017].

Fair Housing Act Design Manual, (1998). A Manual to Assist Designers and Builders in Meeting the Accessibility Requirements of the Fair Housing Act. Disponível em: <https://www.huduser.gov/publications/pdf/fairhousing/fairfull.pdf> [consultado em 01-12-2015].

Fire Safety Engineering Group, University of Greenwich (1997). Building EXODUS interface.

Fire Safety risk assessment (2006). Healthcare premises. Disponível em: [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/14892/fsra-healthcare.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/14892/fsra-healthcare.pdf) [consultado em 18-10-2015].

Florida Department of Health. (2011, May). Hospital Evacuation Toolkit. Disponível em: <http://www.floridahealth.gov/programs-and-services/emergency-preparedness-and->

response/healthcare-system-preparedness/discharge-planning/\_documents/%20evac-toolkit.pdf [consultado em 06-12-2015].

Forney, G. P. (2007). Visualization, a tool for understanding fire dynamics. NISTIR7431, NIST, 1-13. Disponível em: [http://ws680.nist.gov/publication/get\\_pdf.cfm?pub\\_id=861441](http://ws680.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=861441) [consultado em 30-01-2017].

Forney, G. P., (2005). Modeling and Visualizing Fire Without Getting Burned. MCSD Seminar June 29, 2005. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/presentation/bf1b/5c1b0deabfda7d2793ef6c7194687974c8d5.pdf> [consultado em 16-07-2018].

Forney, G. P., Madrzykowski, D., McGrattan, K. B., & Sheppard, L. (2003). Understanding fire and smoke flow through modeling and visualization. IEEE Computer Graphics and Applications, 23(4), 6-13. Disponível em: [http://ws680.nist.gov/publication/get\\_pdf.cfm?pub\\_id=861228](http://ws680.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=861228) [consultado em 30-01-2017].

Fowler, C. T. (2003). Human Health Impacts of Forest Fires in the Southern United States: A Literature Review1. Journal of Ecological Anthropology, 7(1), 39. Disponível em: <http://scholarcommons.usf.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1074&context=jea> [consultado em 19-01-2017].

Gaspar, A. T. D. S. (2014). Análise do risco de incêndio de uma unidade industrial de fabricação de produtos petrolíferos refinados: refinaria de Matosinhos (Doctoral dissertation). Disponível em: <https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/14087/1/Ana-Telma-Gaspar.pdf> [consultado em 02-02-2017].

Gouveia, A. M. C. D., & Etrusco, P. (2002). Tempo de escape em edificações: os desafios do modelamento de incêndio no Brasil. REM: Revista Escola de Minas, 55(4), 257-261. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rem/v55n4/v55n4a05.pdf> [consultado em 31-03-2017].

Grosshandler, W. L., Bryner, N., Madrzykowski, D., & Kuntz, K. (2005). Report of the technical investigation of the station nightclub fire. Gaithersburg, MD: National Institute of Standards and Technology. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.694.3722&rep=rep1&type=pdf> [consultado em 30-01-2017].

Gwynne, S., Galea, E. R., Parke, J., & Hickson, J. (2003). The collection and analysis of pre-evacuation times derived from evacuation trials and their application to evacuation modelling. Fire Technology, 39(2), 173-195. Disponível em: <http://link.springer.com/article/10.1023/A:1024212214120> [consultado em 12-01-2017].

Hamacher, H. W., & Tjandra, S. A. (2001). Mathematical modelling of evacuation problems: A state of art. Fraunhofer-Institut für Techno-und Wirtschaftsmathematik, Fraunhofer (ITWM). Disponível em: <https://kluedo.ub.uni-kl.de/frontdoor/deliver/index/docId/1477/file/bericht24.pdf> [consultado em 12-04-2016].

Health Technical Memorandum 05-01, (2013). Managing healthcare fire safety. Disponível em: <http://www.wales.nhs.uk/sites3/Documents/254/HTM%2005%2001%20Wed.pdf> [consultado em 03-04-2017].

Health Technical Memorandum, HTM, 05-02. (2015). Firecode Guidance in support of functional provisions (Fire safety in the design of healthcare premises). Disponível em: [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/473012/HTM\\_05-02\\_2015.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/473012/HTM_05-02_2015.pdf) [consultado em 23-12-2015].

Health Technical Memorandum, HTM,05-03, (2006). Operational provisions. Part E: Escape lifts in healthcare premises. Disponível em: <http://www.nahfo.com/HTM/05-03E.pdf> [consultado em 03-04-2017].

Health Technical Memorandum, HTM, 05-03, (2013). Operational provisions. Part K: Guidance on fire risk assessments in complex healthcare premises. Disponível em: [http://www.bimhealth.co.uk/uploads/pdfs/HTM\\_05-03\\_Part\\_K\\_Final.pdf](http://www.bimhealth.co.uk/uploads/pdfs/HTM_05-03_Part_K_Final.pdf) [consultado em 03-04-2017].

[https://www.youtube.com/results?search\\_query=1PyroSim+FDS+simple+fire+model+%28spread+of+smoke%29](https://www.youtube.com/results?search_query=1PyroSim+FDS+simple+fire+model+%28spread+of+smoke%29) [consultado 22-07-2018].

<https://pages.nist.gov/fds-smv/downloads.html> [consultado 22-07-2017].

<https://www.nist.gov/el/fire> [consultado 12-11-2017].

Hurley, M. J., Gottuk, D. T., Hall Jr, J. R., Harada, K., Kuligowski, E. D., Puchovsky, M., & Wieczorek, C. J. (Eds.). (2015). SFPE handbook of fire protection engineering. Springer.

IES Virtual Environment (2014). Egress: Simulex User Guide. Disponível em: [www.iesve.com/content/downloadasset\\_5633](http://www.iesve.com/content/downloadasset_5633) [consultado em 03-08-2018].

Illinois State Library (1949). Report of the Illinois State Fire Marshal on the St. Anthony's Hospital fire at Effingham, Illinois, April 4, 1949. Disponível em: <http://www.idaillinois.org/cdm/ref/collection/isl/id/20913> [consultado em 07-03-2016].

Ingason, H.; Li, Z. Y.; Lönnemark, A. (2015). Tunnel Fire Dynamics. New York: Springer.

Instrução Técnica nº 16/2015. Plano de emergência contra incêndio. Disponível em: [http://www.saude.sp.gov.br/resources/crh/qualidade-de-vida/saude-e-seguranca/brigada-de-incendio/instrucao\\_tecnica\\_16\\_2015\\_plano\\_de\\_emergencia\\_contra\\_incendio.pdf](http://www.saude.sp.gov.br/resources/crh/qualidade-de-vida/saude-e-seguranca/brigada-de-incendio/instrucao_tecnica_16_2015_plano_de_emergencia_contra_incendio.pdf) [consultado em 06-03-2017].

Iserson, K. V. (2013). Vertical hospital evacuations: a new method. National Emergency Training Center. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/233976414\\_Vertical\\_Hospital\\_Evacuations\\_A\\_New\\_Method](https://www.researchgate.net/publication/233976414_Vertical_Hospital_Evacuations_A_New_Method) [consultado em 11-04-2016].

Jiang, Z. M., Zhang, P. H., Shang, R. X., & Tian, X. L. (2014). Investigation and simulation on human evacuation behaviour in large hospital building in Shenyang. Procedia engineering, 71, 101-106.

Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705814004329> [consultado em 09-03-2016].

Jin, T. (1975). Visibility through fire smoke, Part 5. Allowable smoke density for escape from fire. Report of Fire Research Institute of Japan, No. 42, 12.

Jin, T. (1997). Studies on human behavior and tenability in fire smoke. *Fire Safety Science*, 5, 3-21. Disponível em: [http://www.iafss.org/publications/fss/5/3/view/fss\\_5-3.pdf](http://www.iafss.org/publications/fss/5/3/view/fss_5-3.pdf) [consultado em 19-01-2017].

Johnson, C.W. (2006). Using Computer Simulations to Support A Risk-Based Approach For Hospital Evacuation. Glasgow Accident Analysis Group. Disponível em: <http://www.dcs.gla.ac.uk/~johnson/papers/G-HES.PDF> [consultado em 05-06-2018].

Kholshevnikov, V. V. & Samoshin, D. A. (2010). Parameters of pedestrian flow for modeling purposes. Disponível em: [https://scholar.google.pt/scholar?hl=pt-PT&as\\_sdt=0%2C5&q=Parameters+of+pedestrian+flow+for+modeling+purposes&btnG=](https://scholar.google.pt/scholar?hl=pt-PT&as_sdt=0%2C5&q=Parameters+of+pedestrian+flow+for+modeling+purposes&btnG=) [consultado em 21-06-2018].

Koo, J., Kim, Y. S., & Kim, B. I. (2012). Estimating the impact of residents with disabilities on the evacuation in a high-rise building: A simulation study. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 24, 71-83. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1569190X12000251> [consultado em 19-11-2017].

Korhonen, T. (2018). Fire Dynamics Simulator with Evacuation: FDS+Evac Technical Reference and User's Guide (FDS 6.6.0, Evac 2.5.2, DRAFT). VTT Technical Research Centre of Finland. Disponível em: [http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/fdsevac/documents/FDS+EVAC\\_Guide.pdf](http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/fdsevac/documents/FDS+EVAC_Guide.pdf) [consultado em 18-08-2018].

Korhonen, T., & Hostikka, S. (2009). Fire dynamics simulator with evacuation: FDS+Evac. Technical Reference and User's Guide (FDS 6.1.0, Evac 2.5.0, Draft). VTT Technical Research Centre of Finland. Disponível em: [http://www.f-sim.de/wp-content/uploads/2014/07/FDS+EVAC\\_Guide\\_2014-07.pdf](http://www.f-sim.de/wp-content/uploads/2014/07/FDS+EVAC_Guide_2014-07.pdf) [consultado em 18-04-2017].

Korhonen, T., Hostikka, S., Heliövaara, S., & Ehtamo, H. (2008). FDS+Evac: an agent-based fire evacuation model. In *Pedestrian and Evacuation Dynamics 2008* (pp. 109-120). Springer Berlin Heidelberg. Disponível em: [http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/fdsevac/documents/PED\\_Korhonen\\_VTT\\_Preprint.pdf](http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/fdsevac/documents/PED_Korhonen_VTT_Preprint.pdf) [consultado em 18-04-2017].

Kuligowski, E. D. (2009). The process of human behavior in fires. US Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology. Disponível em: [http://ws680.nist.gov/publication/get\\_pdf.cfm?pub\\_id=902507](http://ws680.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=902507) [consultado em 19-01-2017].

Kuligowski, E. D., & Peacock, R. D., (2005). A review of building evacuation models. Gaithersburg, MD: US Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology. Disponível em: [http://ws680.nist.gov/publication/get\\_pdf.cfm?pub\\_id=906951](http://ws680.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=906951) [consultado em 11-07-2016].

- Leite, H. J. D., & Navarro, M. V. T., (2009). Risco potencial: um conceito de risco operativo para vigilância sanitária. Costa EA. Vigilância Sanitária: temas para debate. Salvador: EDUFBA, 61-82. Disponível em: <http://books.scielo.org/id/6bmrk/pdf/costa-9788523208813-05.pdf> [consultado em 08-11-2016].
- Lougheed, G.D. (2000). Considerations in the Design of Smoke Management Systems for Atriums. Construction Technology Update No. 48. Disponível em: [https://www.nrc-cnrc.gc.ca/ctu-sc/files/doc/ctu-sc/ctu-n48\\_eng.pdf](https://www.nrc-cnrc.gc.ca/ctu-sc/files/doc/ctu-sc/ctu-n48_eng.pdf) [consultado em 16-02-2018].
- Loria, G., Choudhry, N., & Sharma, K. (2012). Fire management in hospitals. Apollo Medicine, 9 (1), 74-76. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0976001612601252> [consultado em 08-03-2016].
- Louisiana State University Health Sciences Center - LSUHSC, (1999). Louisiana State University Health Sciences Center. The University.
- Macalux (s/n). Cadeira de rodas trepadora. Disponível em: <https://www.logismarket.pt/escadafacil/cadeira-de-rodas-trepadora/2751108359-1653958969-p.html> [consultado em 07-11-2017].
- Macedo, M. J. M. (2008). Método de Gretener. Lisboa: Verlag Dashöfer.
- Madrzykowski, D., Forney, G. P., & Walton, W. D. (2002). Simulation of the Dynamics of a Fire in a Two-story Duplex-Iowa, December 22, 1999. Building and Fire Research Laboratory, National Institute of Standards and Technology. Disponível em: [http://ws680.nist.gov/publication/get\\_pdf.cfm?pub\\_id=861122](http://ws680.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=861122) [consultado em 30-01-2017].
- Manchester Metropolitan University - MMU, (2008). Evacuation of Disabled People. Health & Safety Unit. Disponível em: <https://www.mmu.ac.uk/health-and-safety/manual/pdf/evacuation-disabled-people.pdf> [consultado em 06-06-2018].
- Massachusetts Department of Public Health – MDPH, (2014). Hospital Evacuation Toolkit. Disponível em: <http://www.mass.gov/eohhs/docs/dph/emergency-prep/hospital-evacuation-toolkit/planning-guide.pdf> [consultado em 06-03-2017].
- Mazonni, F., Lorenzi, L. S., Klein, D. L., Lorenzi, A., & Silva Filho, L. C. P (2015). Aplicação de Programas Computacionais para Simulação de Incêndio. In: Anais do 57º Congresso Brasileiro do Concreto - CBC2015 – 57CBC. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/283290332\\_Aplicacao\\_de\\_programas\\_computacionais\\_para\\_simulacao\\_de\\_incendio](https://www.researchgate.net/publication/283290332_Aplicacao_de_programas_computacionais_para_simulacao_de_incendio) [consultado em 27-01-2017].
- McGrattan, K. B., Hostikka, S., & Floyd, J. E. (2010). Fire dynamics simulator, user's guide. NIST special publication, 1019. Disponível em: [http://www.thunderheadeng.net/download/nistdocs/FDS\\_User\\_Guide.pdf](http://www.thunderheadeng.net/download/nistdocs/FDS_User_Guide.pdf) [consultado em 02-12-2015].
- McGrattan, K. B., McDermott, R., Weinschenk, C. & Overholt, K., (2013). Fire dynamics simulator, user's guide. NIST special publication, 1019. Disponível em: [http://www.thunderheadeng.com/wp-content/uploads/2013/08/FDS\\_User\\_Guide.pdf](http://www.thunderheadeng.com/wp-content/uploads/2013/08/FDS_User_Guide.pdf) [consultado em 20-10-2015].

Memória Descritiva e Justificativa, (2014). Elaboração do projeto para remodelação e ampliação do Hospital Sousa Martins – Guarda: pavilhão novo. Projeto de Licenciamento – ver. Jan/2014. Segurança contra o incêndio.

Montenegro, M. L. O., (2016). Análise de desempenho das saídas de emergência por meio de simulações computacionais – o caso de projetos de edifícios universitários. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/21567> [consultado em 13-07-2018].

Mu, H. L., Wang, J. H., Mao, Z. L., Sun, J. H., Lo, S. M., Wang, Q. S., (2013). Pre-evacuation Human Reactions in Fires: An Attribution Analysis Considering Psychological Process. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705813002610> [consultado em 20-07-2018]

Murphy, G. R. F. & Foot, C., (2011). ICU fire evacuation preparedness in London: a cross-sectional study. *British Journal of Anaesthesia* 106 (5): 695–8 (2011). Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21414979> [consultado em 22-05-2018].

National Fire Protection Association - NFPA 101. (2009). Code for Safety to Life from Fire in Buildings and Structures.

National Fire Protection Association – NFPA, (1929). The Cleveland Clinic Fire. May 15, 1929. 122 Dead in Nitrocellulose X-Ray Film Fire. Disponível em: <https://www.nfpa.org/-/media/Files/News-and-Research/Resources/Fire-Investigations/cleveland.ashx?la=en> [consultado em 15-03-2017].

National Fire Protection Association - NFPA, (2016). Emergency evacuation planning guide for people with disabilities. National Fire Protection Association. Disponível em: [www.nfpa.org/~/-/media/.../disabilities/evacuationguidepdf.pdf?la=...](http://www.nfpa.org/~/-/media/.../disabilities/evacuationguidepdf.pdf?la=...) [consultado em 15-03-2017].

Nelson, H.E. “BUD” and Mowrer, F.W (2002). Emergency Movement. *The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering* (3rd ed.), DiNENNO, P.J. (ed.) NFPA, Quincy, MA 02269, pp. 3/367-3/380.

Nero, C., Örténwall, P., & Khorram-Manesh, A. (2013). Hospital evacuation: planning, assessment, performance and evaluation. *Journal of Emergency & Disaster Medicine*, 2, 1. Disponível em: <http://epublic.vgregion.se/upload/Regionkanslierna/PKMC/Hospital%20evacuation.pdf> [consultado em 19-03-2016].

Neves, C. (2004). *A Segurança Contra Incêndio em Edifícios – Visão Integrada*. Instituto Superior Técnico.

New York Center for Terrorism Planning and Preparedness – NYCTP, (2006). Hospital Evacuation Protocol. Disponível em: <http://www.nyc.gov/html/doh/downloads/pdf/bhpp/bhpp-hospital-nyctpevac-plan.pdf> [consultado em 25-10-2015].

Noh, D. J., Koo, J., & Kim, B. I. (2016). An efficient partially dedicated strategy for evacuation of a heterogeneous population. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 62, 157-165.

O'Connor, D. J. et al. (ed), (2017). *Guide to Human Behavior in Fire*. SFPE Human Behavior in Fire Task Group; 1st Draft – Public Comment Version, 2nd Edition. Disponível em: <https://c.ymcdn.com/sites/sfpe.site->



ym.com/resource/resmgr/Human\_Behavior\_Guide/SFPE\_HumanBehavior\_Guide\_fir.pdf [consultado em 20-07-2018]

Occupational Safety and Health Administration – OSHA. (2003). Factsheet: Evacuating High-rise Buildings. US Department of Labor, Washington DC. Disponível em: <http://www.osha.gov> [consultado em 05-06-2017].

Oliveira, M. M. P., (2013). Plano de Evacuação de Emergência em uma Oficina de Fabricação de Estruturas Navais. Disponível em: <http://dissertacoes.poli.ufrj.br/dissertacoes/dissertpoli785.pdf> [consultado em 13-07-2018].

Oregon State Fire Marshal, (2013). Fire & Life Safety Practices in Hospital. Disponível em: [https://www.oregon.gov/osp/SFM/docs/Fire\\_Life\\_Safety/FireLifeSafetyPracticesHospitals.pdf](https://www.oregon.gov/osp/SFM/docs/Fire_Life_Safety/FireLifeSafetyPracticesHospitals.pdf) [consultado em 06-03-2017].

Pan American Health Organization - PAHO, (2014). Hospitals Don't Burn! Hospital Fire Prevention and Evacuation Guide. Disponível em: [http://eird.org/pr14/cd/documentos/espanol/CaribeHerramientasydocumentos/Saludyestacionesdesalud/HospitalsDontBurn\\_high.pdf](http://eird.org/pr14/cd/documentos/espanol/CaribeHerramientasydocumentos/Saludyestacionesdesalud/HospitalsDontBurn_high.pdf) [consultado em 21-02-2017].

Papinigis, V., Geda, E., & Lukošius, K. (2010). Design of people evacuation from rooms and buildings. *Journal of civil engineering and management*, 16(1), 131-139. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.3846/jcem.2010.12> [consultado em 12-01-2017].

Pauls, J., (1984). The Movement of People in Buildings and Design Solutions for Means of Egress. *Fire Technology*, Vol. 20, No. 1, February 1984, p. 27. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/BF02390046.pdf> [consultado em 21-06-2018].

Poggetto, P. D., Pinho, M., Matos, V., & Marinho I., (2013). Brasil não tem lei nacional com regras de proteção contra incêndio: No RS, dispositivos de extração e detetor de fumaça não são obrigatórios. Disponível em: <http://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2013/01/brasil-nao-tem-lei-nacional-com-regras-de-protacao-contraincendio.html> [consultado em 03-03-2017].

Portaria nº 1532/2008 de 29 de dezembro: Regime técnico de segurança contra incêndio em edifícios. *Diário da República*, 1.ª série - N.º 250 - 29 de Dezembro de 2008.

Predtechenskii, V.M. e Milinskii, A.I. (1978). "Planning for Foot Traffic in Buildings (translated from the Russian)", Stroizdat Publishers, Moscow (1969). English translation published for the National Bureau of Standards and the National Science Foundation, Amerind Publishing Co., Nova Deli, India.

Proulx, G. (2002). Movement of People: The Evacuation Timing. *The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering* (3rd ed.), DiNENNO, P.J. (ed.) NFPA, Quincy, MA 02269, pp. 3/341 – 3/346.

Proulx, G., & Pineau, J. (1996). Review of evacuation strategies for occupants with disabilities. National Fire Laboratory, Institute for Research in Construction, National Research Council Canada. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.11.2088&rep=rep1&type=pdf> [consultado em 19-04-2016].

Purser, D. A. (2002). Toxicity assessment of combustion products. The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering (3rd ed.), DiNENNO, P.J. (ed.) NFPA, Quincy, MA 02269; pp. 2/83–2/171.

Purser, D.A. & Bensilum, M. (2001). Quantification of behavior for engineering design standards and escape time calculations. *Safety Science* 38 (2001) 157-182. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0925-7535\(00\)00066-7](https://doi.org/10.1016/S0925-7535(00)00066-7) [consultado em 21-03-2018].

Real Decreto 505/2007, de 20 de abril. Condiciones Básicas de Accesibilidad y No Discriminación para el Acceso y Utilización de los Espacios Públicos Urbanizados y Edificaciones. Disponível em: [http://www.signotactil.es/legislaciones\\_pdf/Estatal/REAL%20DECRETO%20505\\_2007.pdf](http://www.signotactil.es/legislaciones_pdf/Estatal/REAL%20DECRETO%20505_2007.pdf) [consultado em 19-06-2018].

Rodrigues, R. S. C., de Camargo Silva, A. E. B., Oliveira, L. M. D. A. C., Brasil, V. V., Moraes, K. L., & Cordeiro, J. A. B. L. (2014). Incêndio em edificações hospitalares: conhecimento dos profissionais de enfermagem sobre prevenção, combate e escape. *Revista Eletrônica de Enfermagem*, 16 (2), 330-7. Disponível em: [https://www.fen.ufg.br/fen\\_revista/v16/n2/pdf/v16n2a08.pdf](https://www.fen.ufg.br/fen_revista/v16/n2/pdf/v16n2a08.pdf) [consultado em 14-03-2016].

RPC Londrina (2018). Prédio do Hospital do Câncer de Londrina é evacuado após incêndio. Disponível em: <https://g1.globo.com/pr/norte-noroeste/noticia/predio-do-hospital-do-cancer-de-londrina-e-evacuado-apos-incendio.ghtml> [consultado em 14-07-2018].

Secretaria de Estado da Saúde do Governo do Estado de São Paulo – SESGESP, (2012). Plano de Abandono de Hospitais. Disponível em: [http://www.saude.sp.gov.br/resources/ses/perfil/gestor/homepage/desastres/preparacao-hospitalar-para-abandono/plano\\_de\\_abandono\\_2012.pdf](http://www.saude.sp.gov.br/resources/ses/perfil/gestor/homepage/desastres/preparacao-hospitalar-para-abandono/plano_de_abandono_2012.pdf) [consultado em 03-03-2017].

Seito, A. I., Gil, A. A., Pannoni, F. D., Ono, R., Silva, S. B. D., Carlo, U. D., & Silva, V. P. (2008). A segurança contra incêndio no Brasil. São Paulo: Projeto Editora, 496. Disponível em: <http://books.scielo.org/id/6bmrk/pdf/costa-9788523208813-05.pdf> [consultado 08-11-2016].

Shi, L., Xie, Q., Cheng, X., Chen, L., Zhou, Y., & Zhang, R. (2009). Developing a database for emergency evacuation model. *Building and Environment*, 44(8), 1724-1729. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036013230800276X> [consultado em 17-01-2017].

Siikonen, M. L. & Hakonen, H., 2002. Efficient Evacuation Methods in Tall Buildings. Disponível em: <https://toolbox.kone.com/media/mpb/pdfs/Evacuation%20Methods.pdf> [consultado em 03-01-2019].

Silva, F. A., (2018). Hospital de Vila Verde. E se um Incêndio Deflagrasse no Bloco Durante uma Cirurgia? Disponível em: <https://semanariov.pt/2018/03/29/hospital-de-vila-verde-e-se-um-incendio-deflagrasse-no-bloco-durante-uma-cirurgia/> [consultado em 14-07-2018].

Silva, J. F., Almeida, J. E., Rossetti, R. J. F. e A. L. Coelho, (2013). A serious game for EVAcuation training. IEEE 2nd International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH), Vilamoura, 2013, pp. 1-6. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6665302&isnumber=6665293> [consultado em 08-02-2019].

- Silva, T. M. O. S. (2012). Segurança contra incêndio em hospitais. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/63297/1/000149312.pdf> [consultado em 12-10-2016].
- Sime, J. D. (1987). Access and Egress for the Handicapped in Public Buildings. Building Design for Handicapped and Aged Persons: An International Inventory, Portsmouth, UK, 27, 1987.
- Singapore Civil Defence Force, (2015). Singapore Fire Safety Engineering Guidelines.
- Slovic, P., & Weber, E. U. (2002). Perception of risk posed by extreme events. Regulation of Toxic Substances and Hazardous Waste (2nd edition) (Applegate, Gabba, Laitos, and Sachs, Editors), Foundation Press, Forthcoming. Disponível em: <http://heatherlench.com/wp-content/uploads/2008/07/slovic.pdf> [consultado 16-10-2016].
- Society of Fire Protection Engineering – SFPE, (2002). Handbook of Fire Protection Engineering. Third Edition.
- Sørensen, J. G., & Dederichs, A. S. (2015). Evacuation characteristics of visually impaired people—a qualitative and quantitative study. Fire and Materials, 39(4), 385-395.
- Souza, W. P., (2007). Reação ao fogo dos materiais: uma avaliação dos métodos de projeto de saídas de emergência em edificações de uso não industrial. Disponível em: [http://200.239.128.16/bitstream/123456789/2826/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O\\_Rea%C3%A7%C3%A3oFogoMateriais.PDF](http://200.239.128.16/bitstream/123456789/2826/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Rea%C3%A7%C3%A3oFogoMateriais.PDF) [consultado 11-12-2016].
- Speitel, L. C. (1995). Toxicity Assessment of Combustion Gases and Development of a Survival Model (No. DOT/FAA/AR-95/5). Federal Aviation Administration Washington DC Office of Aviation Research. Toxicity Assessment of Combustion Gases and Development of a Survival Model. Disponível em: <https://www.fire.tc.faa.gov/pdf/95-5.pdf> [consultado em 07-02-2017].
- Standard Norge, (2012). Fire Safety Engineering - Verification of fire safety design in buildings. INSTA 950.
- Sternberg, E., Lee, G. C. & Huard, D. (2004). Counting crises: US hospital evacuations, 1971-1999. Prehospital and Disaster Medicine, 19, pp 150–157. Disponível em: <http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=8231222&fileId=S1049023X00001667> [consultado em 20-11-2015].
- Sub-Committee on Fire Protection – S-CFP, (2001). Smoke Control and Ventilation: Research project on smoke control systems on passenger ships. 46th session. Disponível em: <http://www.sjofartsverket.se/upload/5637/46-INF6.pdf> [consultado 16-02-2018].
- Taaffe, K. M., Kohl, R. e Kimbler, D. L. (2005). Hospital Evacuation: Issues and Complexities. Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference. Disponível em: <https://translate.google.pt/#en/pt/Proceedings%20of%20the%202005%20Winter%20Simulation%20Conference> [consultado em 08-06-2018].

- Tayfur, E., & Taaffe, K. (2009). A model for allocating resources during hospital evacuations. *Computers & Industrial Engineering*, 57(4), 1313-1323. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360835209001855> [consultado em 07-03-2016].
- Thunderhead Engineering (2014). *Pathfinder: User Manual*. Disponível em: [https://www.thunderheadeng.com/wp-content/uploads/downloads/2014/10/users\\_guide.pdf](https://www.thunderheadeng.com/wp-content/uploads/downloads/2014/10/users_guide.pdf) [consultado em 12-08-2018].
- Thunderhead Engineering, (2016). *PyroSim User Manual*. Disponível em: <http://www.thunderheadeng.net/pyrosim/docs/PyroSimManual.pdf> [consultado 17-11-2016].
- Tubbus, J. e Meacham, B., (2007). *Egress Design Solutions: A Guide to Evacuation and Crowd Management Planning*. John Wiley & Sons. New Jersey.
- Tzeng, H. M., & Yin, C. Y. (2014, July). Environment of Care: Vertical Evacuation Concerns for Acutely Ill Patients and Others With Restricted Mobility. In *Nursing forum* (Vol. 49, No. 3, pp. 209-212). Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/nuf.12081/epdf> [consultado em 14-04-2015].
- Unidade Local de Saúde do Nordeste (2018). Simulacro de incêndio testou o plano de emergência do Hospital de Bragança. Disponível em: <http://www.ulsne.min-saude.pt/noticias/simulacro-de-incendio-testou-o-plano-de-emergencia-do-hospital-de-braganca/> [consultado em 14-07-2018].
- vandeLeur, P. (2005). Building evacuation, rules and reality. *Heron*, 50(4), 237-246. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.520.6714&rep=rep1&type=pdf> [consultado em 12-01-2017].
- Vandevelde, P. (coord.), (2005). *Fire Risk Evaluation to European Cultural Heritage, Decision Supporting Procedure – User Guide*, Department of Flow, Heat and Combustion Mechanics, Ghent University.
- Venezia, A. P. P. G. (2012). *Avaliação de risco de incêndio para edificações hospitalares de grande porte: uma proposta de método qualitativo para análise de projeto* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).
- Vugrin, E. D. et al. (2015 – January). “Modeling Evacuation of a Hospital without Electric Power,” *Prehospital and Disaster Medicine*. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/1fad/6eec11fddd7ca8dd47c454f6f3768982976.pdf> [consultado em 15-12-2015].
- Wallask, S. (2005). *Performing Emergency evacuations. A supplement to Healthcare Security and Emergency Management*. Disponível em: <http://www.aha.org/content/00-10/2007hcpro.pdf> [consultado em 16-04-2016].
- Wei, X., Lv, W., Song, W., & Wang, D. (2011). Evacuation analysis of a hospital based on FDS+Evac software. In *Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering (RSETE)*, 2011 International Conference on (pp. 3147-3150). IEEE. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=5964981> [consultado em 16-04-2017].

Wei-Wen, T., Kuo-Hsiung, P., & Che-Ming, H. (2011). Performance-based Fire Safety Design for Existing Small-scale Hospitals. *Procedia Engineering*, 11, 514-521. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705811008782> [consultado em 09-03-2016].

Yamada, T., & Akizuki, Y. (2016). Visibility and human behavior in fire smoke. In *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering* (pp. 2181-2206). Springer New York.

Yan, T., MingHeng, S., YanFeng, G., & JiaPeng, H. (2009). Full-scale experimental study on smoke flow in natural ventilation road tunnel fires with shafts. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 24(6), 627-633. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0886779809000601> [consultado em 31-03-2017].

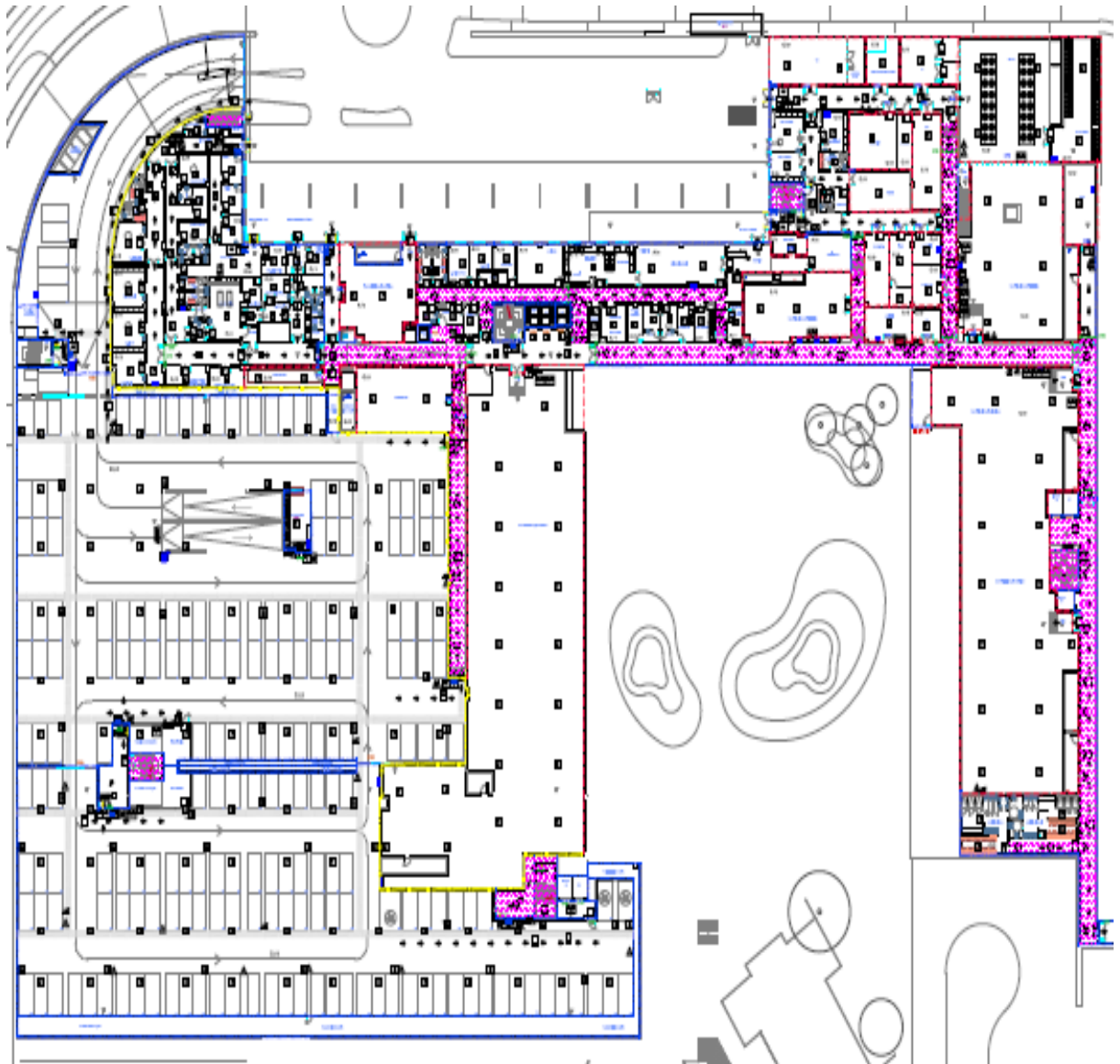


## ANEXO – PLANTA DO HOSPITAL SOUSA MARTINS NA GUARDA



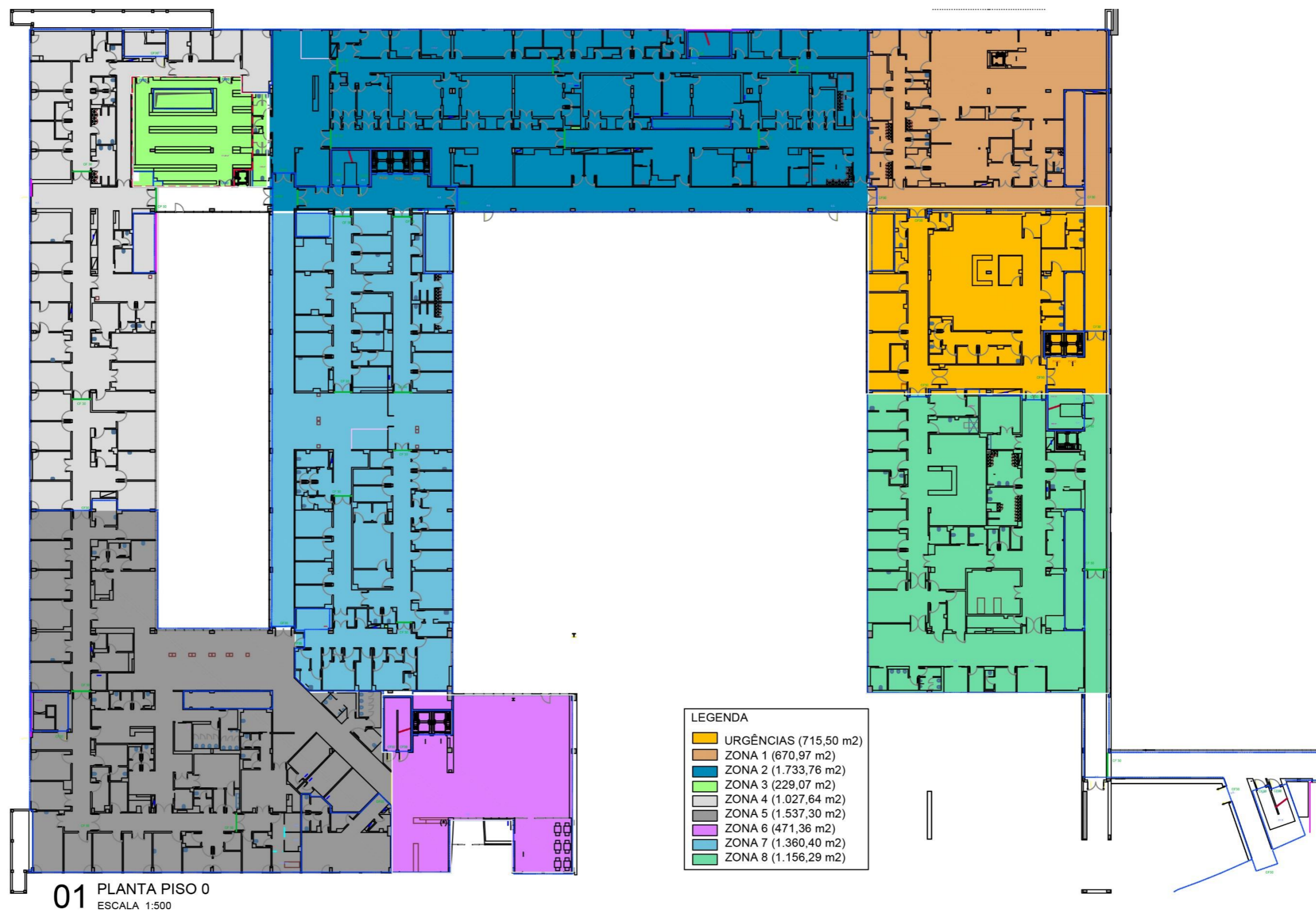
Piso -2

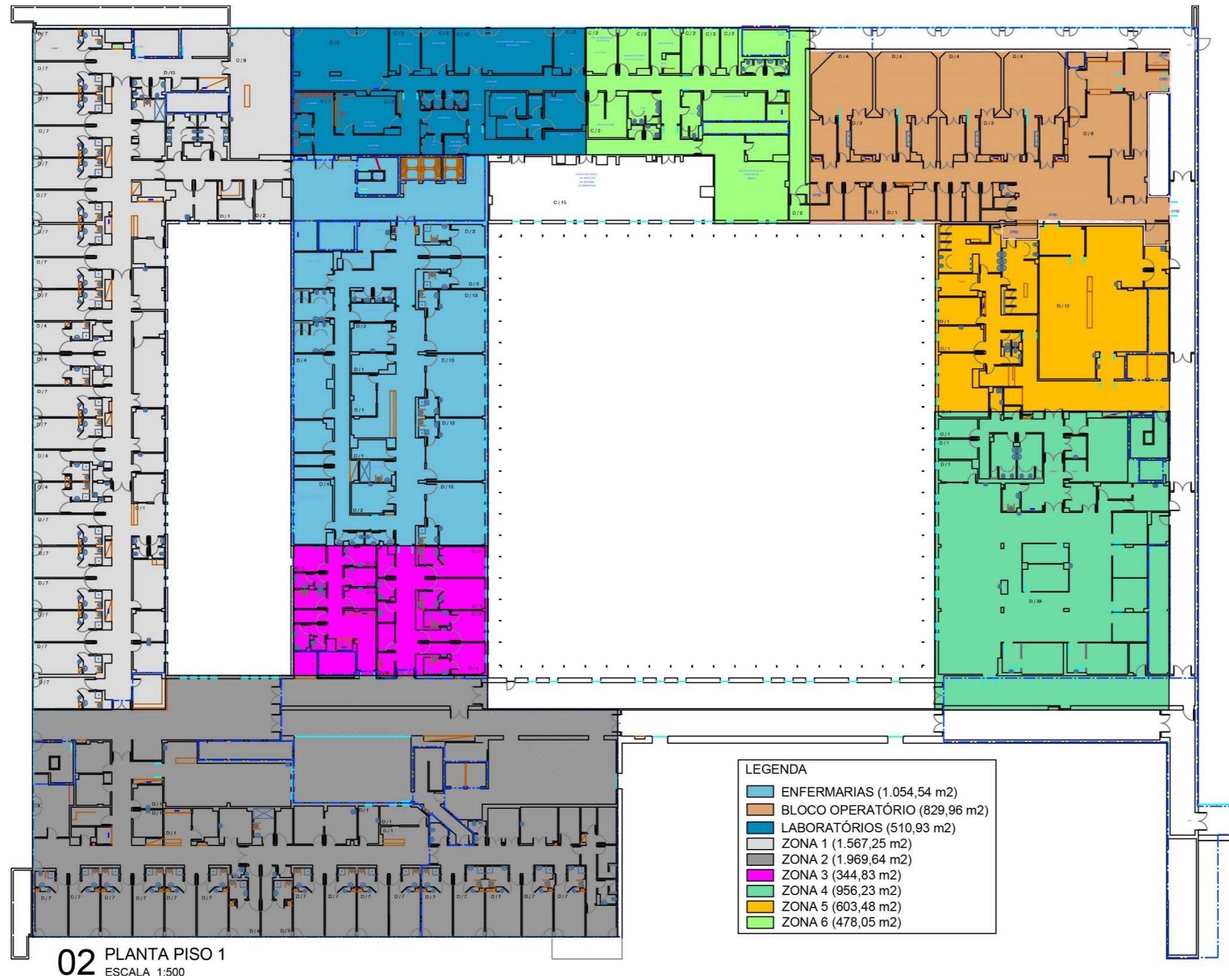
Amarildo Leonel Mailito Guiane Benzane



Piso -1







## APÊNDICE A – SIMULAÇÕES FDS+EVAC

### Compartimento Corta-fogo Bloco Operatório

#### Cenário\_BO\_ONS\_FID3\_SCFR\_R

CCF - Bloco de Operações - incêndio - Cenário\_BO\_ONS\_FID3\_SCFR\_R - .fds

Generated by PyroSim - Version 2014.2.0807

7/ago/2018 20:29:26

&HEAD CHID='CCF\_-\_sala\_de\_Operações\_-\_incê', TITLE='desenfumagem no corredor/'

&TIME T\_END=400.0/

&DUMP RENDER\_FILE='CCF\_-\_sala\_de\_Operações\_-\_incê.ge1', DT\_RESTART=300.0/

&MESH ID='Mesh01', IJK=192,100,12, XB=0.0,48.0,0.0,25.0,0.0,3.0/

&MESH ID='Evac', IJK=192,100,1, XB=0.0,48.0,0.0,25.0,1.0,1.25, EVACUATION=.TRUE.,

EVAC\_HUMANS=.TRUE., EVAC\_Z\_OFFSET=0.9/

&REAC ID='POLYURETHANE\_REAC',

    FYI='SFPE Handbook, GM27',

    FUEL='REAC\_FUEL',

    C=1.0,

    H=1.7,

    O=0.3,

    N=0.08,

    CO\_YIELD=0.042,

    SOOT\_YIELD=0.198/

&DEVC ID='temp. 1 VHE int.', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.5,8.3,0.25/

&DEVC ID='temp. 2 VHE int.', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=4.75,8.3,0.25/

&DEVC ID='temp. 3 VHE int.', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=7.0,8.3,0.25/

&DEVC ID='temp. 4 VHE int.', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.25,8.3,0.25/

&DEVC ID='temp. 5 VHE int.', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=11.5,8.3,0.25/

&DEVC ID='temp. 6 VHE int.', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=13.75,8.3,0.25/

&DEVC ID='temp. 7 VHE int.', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=16.0,8.3,0.25/

&DEVC ID='temp. 8 VHE int.', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=18.25,8.3,0.25/

&DEVC ID='temp. 9 VHE int.', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=20.5,8.3,0.25/

&DEVC ID='temp. 10 VHE int.', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=22.75,8.3,0.25/

&DEVC ID='temp. 11 VHE int.', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=25.0,8.3,0.25/

&DEVC ID='temp. 12 VHE int.', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=27.25,8.3,0.25/

&DEVC ID='temp. 13 VHE int.', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=29.5,8.3,0.25/

&DEVC ID='temp. 14 VHE int.', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=31.75,8.3,0.25/

&DEVC ID='temp. 15 VHE int.', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=34.0,8.3,0.25/

&DEVC ID='temp. 16 VHE int.', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=36.25,8.3,0.25/

&DEVC ID='temp. 1a VHE int.', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.5,8.3,0.75/

&DEVC ID='temp. 2a VHE int.', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=4.75,8.3,0.75/

&DEVC ID='temp. 3a VHE int.', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=7.0,8.3,0.75/

&DEVC ID='temp. 4a VHE int.', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.25,8.3,0.75/

&DEVC ID='temp. 5a VHE int.', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=11.5,8.3,0.75/

&DEVC ID='temp. 6a VHE int.', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=13.75,8.3,0.75/

&DEVC ID='temp. 7a VHE int.', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=16.0,8.3,0.75/

&DEVC ID='temp. 8a VHE int.', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=18.25,8.3,0.75/

&DEVC ID='temp. 9a VHE int.', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=20.5,8.3,0.75/

&DEVC ID='temp. 10a VHE int.', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=22.75,8.3,0.75/

&DEVC ID='temp. 11a VHE int.', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=25.0,8.3,0.75/

&DEVC ID='temp. 15d VHE int.', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=34.0,8.3,2.25/  
 &DEVC ID='temp. 16d VHE int.', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=36.25,8.3,2.25/  
 &DEVC ID='visib. 1 VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=2.5,8.3,0.25/  
 &DEVC ID='visib. 2 VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=4.75,8.3,0.25/  
 &DEVC ID='visib. 3 VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=7.0,8.3,0.25/  
 &DEVC ID='visib. 4 VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=9.25,8.3,0.25/  
 &DEVC ID='visib. 5 VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=11.5,8.3,0.25/  
 &DEVC ID='visib. 6 VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=13.75,8.3,0.25/  
 &DEVC ID='visib. 7 VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=16.0,8.3,0.25/  
 &DEVC ID='visib. 8 VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=18.25,8.3,0.25/  
 &DEVC ID='visib. 9 VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=20.5,8.3,0.25/  
 &DEVC ID='visib. 10 VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=22.75,8.3,0.25/  
 &DEVC ID='visib. 11 VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=25.0,8.3,0.25/  
 &DEVC ID='visib. 12 VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=27.25,8.3,0.25/  
 &DEVC ID='visib. 13 VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=29.5,8.3,0.25/  
 &DEVC ID='visib. 14 VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=31.75,8.3,0.25/  
 &DEVC ID='visib. 15 VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=34.0,8.3,0.25/  
 &DEVC ID='visib. 16 VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=36.25,8.3,0.25/  
 &DEVC ID='visib. 1a VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=2.5,8.3,0.75/  
 &DEVC ID='visib. 2a VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=4.75,8.3,0.75/  
 &DEVC ID='visib. 3a VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=7.0,8.3,0.75/  
 &DEVC ID='visib. 4a VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=9.25,8.3,0.75/  
 &DEVC ID='visib. 5a VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=11.5,8.3,0.75/  
 &DEVC ID='visib. 6a VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=13.75,8.3,0.75/  
 &DEVC ID='visib. 7a VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=16.0,8.3,0.75/  
 &DEVC ID='visib. 8a VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=18.25,8.3,0.75/  
 &DEVC ID='visib. 9a VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=20.5,8.3,0.75/  
 &DEVC ID='visib. 10a VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=22.75,8.3,0.75/  
 &DEVC ID='visib. 11a VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=25.0,8.3,0.75/  
 &DEVC ID='visib. 12a VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=27.25,8.3,0.75/  
 &DEVC ID='visib. 13a VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=29.5,8.3,0.75/  
 &DEVC ID='visib. 14a VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=31.75,8.3,0.75/  
 &DEVC ID='visib. 15a VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=34.0,8.3,0.75/  
 &DEVC ID='visib. 16a VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=36.25,8.3,0.75/  
 &DEVC ID='visib. 1b VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=2.5,8.3,1.25/  
 &DEVC ID='visib. 2b VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=4.75,8.3,1.25/  
 &DEVC ID='visib. 3b VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=7.0,8.3,1.25/  
 &DEVC ID='visib. 4b VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=9.25,8.3,1.25/  
 &DEVC ID='visib. 5b VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=11.5,8.3,1.25/  
 &DEVC ID='visib. 6b VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=13.75,8.3,1.25/  
 &DEVC ID='visib. 7b VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=16.0,8.3,1.25/  
 &DEVC ID='visib. 8b VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=18.25,8.3,1.25/  
 &DEVC ID='visib. 9b VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=20.5,8.3,1.25/  
 &DEVC ID='visib. 10b VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=22.75,8.3,1.25/  
 &DEVC ID='visib. 11b VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=25.0,8.3,1.25/  
 &DEVC ID='visib. 12b VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=27.25,8.3,1.25/  
 &DEVC ID='visib. 13b VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=29.5,8.3,1.25/  
 &DEVC ID='visib. 14b VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=31.75,8.3,1.25/  
 &DEVC ID='visib. 15b VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=34.0,8.3,1.25/  
 &DEVC ID='visib. 16b VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=36.25,8.3,1.25/  
 &DEVC ID='visib. 1c VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=2.5,8.3,1.75/

&DEVC ID='visib. 2c VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=4.75,8.3,1.75/  
 &DEVC ID='visib. 3c VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=7.0,8.3,1.75/  
 &DEVC ID='visib. 4c VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=9.25,8.3,1.75/  
 &DEVC ID='visib. 5c VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=11.5,8.3,1.75/  
 &DEVC ID='visib. 6c VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=13.75,8.3,1.75/  
 &DEVC ID='visib. 7c VHE int.', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=16.0,8.3,1.75/  
 &DEVC ID='FED 16 VHE int.', QUANTITY='FED', XYZ=36.25,8.3,0.25/  
 &DEVC ID='FED 1a VHE int.', QUANTITY='FED', XYZ=2.5,8.3,0.75/  
 &DEVC ID='FED 2a VHE int.', QUANTITY='FED', XYZ=4.75,8.3,0.75/  
 &DEVC ID='FED 3a VHE int.', QUANTITY='FED', XYZ=7.0,8.3,0.75/  
 &DEVC ID='FED 4a VHE int.', QUANTITY='FED', XYZ=9.25,8.3,0.75/  
 &DEVC ID='FED 5a VHE int.', QUANTITY='FED', XYZ=11.5,8.3,0.75/  
 &DEVC ID='FED 6a VHE int.', QUANTITY='FED', XYZ=13.75,8.3,0.75/  
 &DEVC ID='FED 7a VHE int.', QUANTITY='FED', XYZ=16.0,8.3,0.75/  
 &DEVC ID='FED 8a VHE int.', QUANTITY='FED', XYZ=18.25,8.3,0.75/  
 &DEVC ID='FED 9a VHE int.', QUANTITY='FED', XYZ=20.5,8.3,0.75/  
 &DEVC ID='FED 10a VHE int.', QUANTITY='FED', XYZ=22.75,8.3,0.75/  
 &DEVC ID='FED 12c VHE int.', QUANTITY='FED', XYZ=27.25,8.3,1.75/  
 &DEVC ID='FED 13c VHE int.', QUANTITY='FED', XYZ=29.5,8.3,1.75/  
 &DEVC ID='FED 14c VHE int.', QUANTITY='FED', XYZ=31.75,8.3,1.75/  
 &DEVC ID='FED 15c VHE int.', QUANTITY='FED', XYZ=34.0,8.3,1.75/  
 &DEVC ID='FED 16c VHE int.', QUANTITY='FED', XYZ=36.25,8.3,1.75/  
 &DEVC ID='FED 1d VHE int.', QUANTITY='FED', XYZ=2.5,8.3,2.25/  
 &DEVC ID='FED 2d VHE int.', QUANTITY='FED', XYZ=4.75,8.3,2.25/  
 &DEVC ID='FED 3d VHE int.', QUANTITY='FED', XYZ=7.0,8.3,2.25/  
 &DEVC ID='FED 4d VHE int.', QUANTITY='FED', XYZ=9.25,8.3,2.25/  
 &DEVC ID='FED 5d VHE int.', QUANTITY='FED', XYZ=11.5,8.3,2.25/  
 &DEVC ID='FED 6d VHE int.', QUANTITY='FED', XYZ=13.75,8.3,2.25/  
 &DEVC ID='FED 7d VHE int.', QUANTITY='FED', XYZ=16.0,8.3,2.25/  
 &DEVC ID='FED 8d VHE int.', QUANTITY='FED', XYZ=18.25,8.3,2.25/  
 &DEVC ID='FED 9d VHE int.', QUANTITY='FED', XYZ=20.5,8.3,2.25/  
 &DEVC ID='FED 10d VHE int.', QUANTITY='FED', XYZ=22.75,8.3,2.25/  
 &DEVC ID='FED 11d VHE int.', QUANTITY='FED', XYZ=25.0,8.3,2.25/  
 &DEVC ID='FED 12d VHE int.', QUANTITY='FED', XYZ=27.25,8.3,2.25/  
 &DEVC ID='FED 13d VHE int.', QUANTITY='FED', XYZ=29.5,8.3,2.25/  
 &DEVC ID='FED 14d VHE int.', QUANTITY='FED', XYZ=31.75,8.3,2.25/  
 &DEVC ID='FED 15d VHE int.', QUANTITY='FED', XYZ=34.0,8.3,2.25/  
 &DEVC ID='FED 16d VHE int.', QUANTITY='FED', XYZ=36.25,8.3,2.25/  
 &SURF ID='Insuflação 1',  
     RGB=26,204,26,  
     VOLUME\_FLOW=-0.9/  
 &SURF ID='Insuflação 2',  
     RGB=26,204,26,  
     VOLUME\_FLOW=-1.2/  
 &SURF ID='Insuflação 3',  
     RGB=26,204,26,  
     VOLUME\_FLOW=-1.2/  
 &SURF ID='Insuflação 4',  
     RGB=26,204,26,  
     VOLUME\_FLOW=-1.5/  
 &SURF ID='Extração 1',

## APÊNDICE A

---

RGB=26,128,26,  
VOLUME\_FLOW=4.0/  
&SURF ID='Extração 2',  
RGB=26,128,26,  
VOLUME\_FLOW=2.5/  
&SURF ID='Extração 3',  
RGB=26,128,26,  
VOLUME\_FLOW=2.5/  
&SURF ID='Queimador',  
COLOR='RED',  
HRRPUA=5000.0,  
TAU\_Q=-666.0/  
&OBST XB=0.0,48.0,0.0,25.0,0.0,0.25, SURF\_ID='INERT'/ laje  
&OBST XB=1.9,2.15,4.57,22.45,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ pd corred. vt. esq.  
&OBST XB=9.7,9.95,15.2,22.45,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ sala operações 1  
&OBST XB=17.45,17.7,15.2,22.45,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ sala operações 2  
&OBST XB=25.2,25.45,15.2,22.45,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ sala operações 3  
&OBST XB=32.95,33.2,15.2,22.45,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ sala operações 4  
&OBST XB=35.2,35.45,15.2,22.45,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ mat. esteriliz. transf.  
&OBST XB=39.75,40.0,18.2,22.45,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ transf.  
&OBST XB=42.5,42.75,20.75,22.45,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ esp. camas/vestiário  
&OBST XB=44.15,44.4,17.95,22.45,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ esp. camas/vest. 2  
&OBST XB=4.9,5.15,9.72,14.95,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ saída/sujos 1  
&OBST XB=6.4,6.65,9.72,14.95,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ desinf. pessoal 1  
&OBST XB=11.9,12.15,9.72,14.95,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ sala anestesia  
&OBST XB=17.45,17.7,9.72,14.95,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ saída/sujos 2  
&OBST XB=20.65,20.9,9.72,14.95,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ saída/sujos 3  
&OBST XB=22.55,22.8,9.72,14.95,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ desinf. pessoal 3  
&OBST XB=27.96,28.21,9.72,14.95,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ sala anestesia 2  
&OBST XB=29.71,29.96,9.72,14.95,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ desinf. pessoal 4  
&OBST XB=32.71,32.96,9.72,14.95,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ saída/sujos 4  
&OBST XB=40.45,40.7,10.65,17.95,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ espera de tampos  
&OBST XB=42.6,42.85,5.9,17.95,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ desinf. camas  
&OBST XB=1.9,44.4,22.45,22.7,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ pd hz traseiro  
&OBST XB=6.55,6.8,2.5,6.87,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ transf. material  
&OBST XB=2.15,32.96,9.47,9.72,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ parede 2 hz  
&OBST XB=2.15,35.45,14.95,15.2,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ parede hz traseiro 2  
&OBST XB=2.15,27.25,6.87,7.12,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ parede hz corred. int.  
&OBST XB=40.9,41.15,0.0,2.25,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ sacos  
&OBST XB=33.97,34.22,0.0,2.25,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ sala de recobro  
&OBST XB=28.72,28.97,0.0,2.25,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ transf. de entrada  
&OBST XB=25.5,25.75,0.0,2.25,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ sala de evacuação  
&OBST XB=25.75,28.72,0.44,0.69,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ pd hz sala evac.  
&OBST XB=4.55,4.8,4.57,6.87,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ vert.2 corredor  
&OBST XB=0.0,4.8,4.32,4.57,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ pd hz corred.  
&OBST XB=28.72,44.15,2.25,2.5,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ parede hz recobro  
&OBST XB=24.35,24.6,0.5,2.25,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ parede/evac 3  
&OBST XB=1.9,2.15,2.5,4.32,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ parede porta evac 2  
&OBST XB=44.15,44.4,0.0,5.9,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ parede evac 6  
&HOLE XB=3.4,4.6,9.47,9.72,0.25,2.25/ porta 1  
&HOLE XB=5.15,6.15,9.47,9.72,0.25,2.25/ porta 2

&HOLE XB=9.4,11.4,9.47,9.72,0.25,2.25/ porta 3  
 &HOLE XB=12.15,13.15,9.47,9.72,0.25,2.25/ porta 4  
 &HOLE XB=15.45,17.45,9.47,9.72,0.25,2.25/ porta 5  
 &HOLE XB=17.7,19.7,9.47,9.72,0.25,2.25/ porta 6  
 &HOLE XB=20.9,21.9,9.47,9.72,0.25,2.25/ porta 7  
 &HOLE XB=25.96,27.96,9.47,9.72,0.25,2.25/ porta 8  
 &HOLE XB=28.21,29.21,9.47,9.72,0.25,2.25/ porta 9  
 &HOLE XB=29.96,31.96,9.47,9.72,0.25,2.25/ porta 10  
 &HOLE XB=3.4,4.9,14.95,15.2,0.25,2.25/ porta 1.1  
 &HOLE XB=5.15,6.15,14.95,15.2,0.25,2.25/ porta 2.2  
 &HOLE XB=6.65,8.65,14.95,15.2,0.25,2.25/ porta 3.3  
 &HOLE XB=9.9,11.9,14.95,15.2,0.25,2.25/ porta 3.3a  
 &HOLE XB=12.15,13.15,14.95,15.2,0.25,2.25/ porta 4.4  
 &HOLE XB=14.65,16.65,14.95,15.2,0.25,2.25/ porta 5.5  
 &HOLE XB=18.15,20.15,14.95,15.2,0.25,2.25/ porta 6.6  
 &HOLE XB=20.9,21.9,14.95,15.2,0.25,2.25/ porta 7.7  
 &HOLE XB=22.55,24.55,14.95,15.2,0.25,2.25/ porta 8.8  
 &HOLE XB=25.9,27.9,14.95,15.2,0.25,2.25/ porta 8.8a  
 &HOLE XB=28.21,29.21,14.95,15.2,0.25,2.25/ porta 9.9  
 &HOLE XB=29.96,31.96,14.95,15.2,0.25,2.25/ porta 10.10  
 &HOLE XB=1.9,2.15,5.6,6.8,0.25,2.25/ P.E. 1  
 &HOLE XB=-0.025,1.51,4.32,4.57,0.25,2.25/ P.E. 2  
 &HOLE XB=25.5,25.75,1.3,2.2,0.25,2.25/ P.E. 3  
 &HOLE XB=26.0,26.9,0.44,0.69,0.25,2.25/ P.E. 4  
 &HOLE XB=29.5,31.1,2.25,2.5,0.25,2.25/ P.E. 5  
 &HOLE XB=41.25,42.15,2.25,2.5,0.25,2.25/ porta sacos  
 &HOLE XB=44.15,44.4,3.0,4.6,0.25,2.25/ P.E. 6  
 &HOLE XB=1.9,2.15,22.7,25.025,-0.025,3.025/ porta CF 1  
 &HOLE XB=37.55,37.8,22.7,25.025,-0.025,3.025/ porta CF 2  
 &HOLE XB=35.95,37.95,17.95,18.2,0.25,2.25/ porta 16  
 &VENT SURF\_ID='Insuflação 1', XB=1.9,1.9,20.0,21.0,0.5,1.0/ Insuflação 1  
 &VENT SURF\_ID='Insuflação 2', XB=4.0,5.0,22.7,22.7,0.5,1.0/ Insuflação 2  
 &VENT SURF\_ID='Insuflação 3', XB=35.0,36.0,22.7,22.7,0.5,1.0/ Insuflação 3  
 &VENT SURF\_ID='Insuflação 4', XB=42.85,42.85,12.0,13.0,0.5,1.0/ Insuflação 4  
 &VENT SURF\_ID='Extração 1', XB=26.0,27.0,23.0,24.0,3.0,3.0/ Extração 1  
 &VENT SURF\_ID='Extração 2', XB=46.0,47.0,17.0,18.0,3.0,3.0/ Extração 2  
 &VENT SURF\_ID='Extração 3', XB=46.0,47.0,5.0,6.0,3.0,3.0/ Extração 3  
 &VENT SURF\_ID='Queimador', XB=21.25,22.25,20.5,21.5,0.25,0.25/ Queimador  
 &SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=2.25/  
 &SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBZ=2.25/  
 &PERS ID='compartimento do incêndio', FYI='compartimento do incêndio', DEFAULT\_PROPERTIES='Adult',  
 DET\_EVAC\_DIST=0, DET\_MEAN=15.0, PRE\_EVAC\_DIST=0, PRE\_MEAN=30.0, VELOCITY\_DIST=1,  
 VEL\_LOW=0.1, VEL\_HIGH=1.02/  
 &PERS ID='sala de anestesia 2', FYI='sala de anestesia 2', DEFAULT\_PROPERTIES='Adult',  
 DET\_EVAC\_DIST=0, DET\_MEAN=45.0, PRE\_EVAC\_DIST=0, PRE\_MEAN=15.0, VELOCITY\_DIST=1,  
 VEL\_LOW=0.1, VEL\_HIGH=1.02/  
 &PERS ID='restantes salas e gabinetes', FYI='restantes salas e gabinetes', DEFAULT\_PROPERTIES='Adult',  
 DET\_EVAC\_DIST=0, DET\_MEAN=120.0, PRE\_EVAC\_DIST=0, PRE\_MEAN=60.0, VELOCITY\_DIST=1,  
 VEL\_LOW=0.1, VEL\_HIGH=1.02/

## APÊNDICE A

---

&PERS ID='evac. sala operações 4', FYI='evac sala operações 4', DEFAULT\_PROPERTIES='Adult',  
DET\_EVAC\_DIST=0, DET\_MEAN=90.0, PRE\_EVAC\_DIST=0, PRE\_MEAN=30.0, VELOCITY\_DIST=1,  
VEL\_LOW=0.1, VEL\_HIGH=1.02/  
&EXIT ID='P.E. 1', XB=1.9,1.9,5.6,6.8,1.0,1.25, IOR=-1/  
&EXIT ID='P.E. 2', XB=0.0,1.51,4.32,4.32,1.0,1.25, IOR=2/  
&EXIT ID='P.E. 3', XB=25.25,25.25,1.3,2.2,1.0,1.25, IOR=-1/  
&EXIT ID='P.E. 4', XB=26.0,26.9,0.69,0.69,1.0,1.25, IOR=-2/  
&EXIT ID='P.E. 5', XB=29.5,31.1,2.25,2.25,1.0,1.25, IOR=-2/  
&EXIT ID='P.E. 6', XB=44.15,44.15,3.0,4.6,1.0,1.25, IOR=1/  
&EXIT ID='P.E. 7', XB=44.15,44.15,18.5,19.5,1.0,1.25, IOR=1/  
&DOOR ID='porta 1', XB=3.4,4.6,9.72,9.72,1.0,1.25, IOR=-2, VENT\_FFIELD='Evac'/  
&DOOR ID='porta 3', XB=9.4,11.4,9.72,9.72,1.0,1.25, IOR=-2, VENT\_FFIELD='Evac'/  
&DOOR ID='porta 8', XB=25.96,27.96,9.72,9.72,1.0,1.25, IOR=-2, VENT\_FFIELD='Evac'/  
&DOOR ID='porta 10', XB=29.96,31.96,9.72,9.72,1.0,1.25, IOR=-2, VENT\_FFIELD='Evac'/  
&DOOR ID='porta 1.1', XB=3.4,4.9,15.2,15.2,1.0,1.25, IOR=-2, VENT\_FFIELD='Evac'/  
&DOOR ID='porta 3.3A', XB=9.9,11.9,15.2,15.2,1.0,1.25, IOR=-2, VENT\_FFIELD='Evac'/  
&DOOR ID='porta 10.10', XB=29.96,31.96,15.2,15.2,1.0,1.25, IOR=-2, VENT\_FFIELD='Evac'/  
&DOOR ID='porta A', XB=3.5,4.5,6.87,6.87,1.0,1.25, IOR=-2, VENT\_FFIELD='Evac'/  
&DOOR ID='porta B', XB=5.4,6.5,6.87,6.87,1.0,1.25, IOR=-2, VENT\_FFIELD='Evac'/  
&DOOR ID='porta D', XB=10.7,11.7,6.87,6.87,1.0,1.25, IOR=2, VENT\_FFIELD='Evac'/  
&DOOR ID='porta E', XB=12.1,13.06,6.87,6.87,1.0,1.25, IOR=2, VENT\_FFIELD='Evac'/  
&DOOR ID='porta 5', XB=15.45,17.45,9.47,9.47,1.0,1.25, IOR=-2, VENT\_FFIELD='Evac'/  
&DOOR ID='porta 6', XB=17.7,19.7,9.47,9.47,1.0,1.25, IOR=-2, VENT\_FFIELD='Evac'/  
&DOOR ID='porta 7.7', XB=20.9,21.9,15.2,15.2,1.0,1.25, IOR=-2, VENT\_FFIELD='Evac'/  
&DOOR ID='porta 8.8A', XB=25.9,27.9,15.2,15.2,1.0,1.25, IOR=-2, VENT\_FFIELD='Evac'/  
&DOOR ID='porta 9.9', XB=28.21,29.21,15.2,15.2,1.0,1.25, IOR=-2, VENT\_FFIELD='Evac'/  
&DOOR ID='porta 7', XB=20.9,21.9,9.72,9.72,1.0,1.25, IOR=-2, VENT\_FFIELD='Evac'/  
&DOOR ID='porta 9', XB=28.21,29.21,9.72,9.72,1.0,1.25, IOR=-2, VENT\_FFIELD='Evac'/  
&DOOR ID='porta 8.8', XB=22.55,24.55,15.2,15.2,1.0,1.25, IOR=-2, VENT\_FFIELD='Evac'/  
&DOOR ID='porta 6.6', XB=18.15,20.15,15.2,15.2,1.0,1.25, IOR=-2, VENT\_FFIELD='Evac'/  
&EVAC ID='evac. sala oper. 1', FYI='restantes salas e gabinetes', XB=2.3,9.5,15.4,22.2,1.0,1.25,  
NUMBER\_INITIAL\_PERSONS=6, PERS\_ID='restantes salas e gabinetes'/  
&EVAC ID='evac. sala oper. 2', FYI='restantes salas e gabinetes', XB=10.15,17.2,15.4,22.2,1.0,1.25,  
NUMBER\_INITIAL\_PERSONS=6, PERS\_ID='restantes salas e gabinetes'/  
&EVAC ID='evac. sala oper. 3', FYI='compartimento do incêndio', XB=17.9,25.0,15.4,22.2,1.0,1.25,  
NUMBER\_INITIAL\_PERSONS=6, PERS\_ID='compartimento do incêndio'/  
&EVAC ID='evac. sala oper. 4', FYI='evac. da sala operações 4', XB=25.7,32.8,15.4,22.2,1.0,1.25,  
NUMBER\_INITIAL\_PERSONS=6, PERS\_ID='evac. sala operações 4'/  
&EVAC ID='evac. espera tampos', FYI='restantes salas e gabinetes', XB=35.7,40.2,10.9,17.6,1.0,1.25,  
NUMBER\_INITIAL\_PERSONS=8, PERS\_ID='restantes salas e gabinetes'/  
&EVAC ID='evac. sala anestesia 2', FYI='sala de anestesia 2', XB=23.1,27.7,9.9,14.7,1.0,1.25,  
NUMBER\_INITIAL\_PERSONS=4, PERS\_ID='sala de anestesia 2'/  
&EVAC ID='evac. sala anestesia 1', FYI='restantes salas e gabinetes', XB=6.9,11.6,9.9,14.7,1.0,1.25,  
NUMBER\_INITIAL\_PERSONS=4, PERS\_ID='restantes salas e gabinetes'/  
&EVAC ID='evac. transf. material', FYI='restantes salas e gabinetes', XB=0.5,6.4,2.1,4.2,1.0,1.25,  
NUMBER\_INITIAL\_PERSONS=3, PERS\_ID='restantes salas e gabinetes'/  
&EVAC ID='evac. material esterilização', FYI='restantes salas e gabinetes', XB=9.9,11.6,2.6,6.7,1.0,1.25,  
NUMBER\_INITIAL\_PERSONS=2, PERS\_ID='restantes salas e gabinetes'/  
&EVAC ID='evac. gab. respon.', FYI='restantes salas e gabinetes', XB=12.2,14.7,2.6,6.7,1.0,1.25,  
NUMBER\_INITIAL\_PERSONS=2, PERS\_ID='restantes salas e gabinetes'/  
&TAIL /



**Cenário\_BO\_OLS\_FID3\_SCFR\_R**

500 seg\_PM 45.fds

Generated by PyroSim - Version 2014.2.0807

7/ago/2018 20:38:00

&HEAD CHID='500\_seg\_\_PM\_45', TITLE='desenfumagem na VHE 1/'

...

&EVAC ID='evac. gab. respon.', FYI='restantes salas e gabinetes', XB=12.2,14.7,2.6,6.7,1.0,1.25, NUMBER\_INITIAL\_PERSONS=2, PERS\_ID='restantes salas e gabinetes/'

&TAIL /

**Cenário\_BO\_OLS\_FID3\_PM**

CCF - SOP larg.pt 2 m - PM 45 .fds

Generated by PyroSim - Version 2014.2.0807

7/ago/2018 21:17:35

&HEAD CHID='CCF\_-\_SOP\_larg\_pt\_2\_m\_-\_PM\_45\_', TITLE='desenfumagem no corredor/'

&TIME T\_END=500.0/

...

&EVAC ID='evac. gab. respon.', FYI='restantes salas e gabinetes', XB=12.2,14.7,2.6,6.7,1.0,1.25, NUMBER\_INITIAL\_PERSONS=2, PERS\_ID='restantes salas e gabinetes/'

&TAIL /

**Cenário\_BO\_ONS\_FIF\_SCFR\_R**

CCF - SOP sem desenf. VHE int. PM 180 .fds

Generated by PyroSim - Version 2014.2.0807

7/ago/2018 20:41:02

&HEAD CHID='CCF\_-\_SOP\_sem\_desenf\_\_VHE\_int\_', TITLE='desenfumagem no corredor/'

&TIME T\_END=400.0/

...

&EVAC ID='evac. gab. respon.', FYI='restantes salas e gabinetes', XB=12.2,14.7,2.6,6.7,1.0,1.25, NUMBER\_INITIAL\_PERSONS=2, PERS\_ID='restantes salas e gabinetes/'

&TAIL /

**Cenário\_BO\_ONS\_FIF\_PM**

CCF - SOP sem desenf. VHE int. PM 180 .fds

Generated by PyroSim - Version 2014.2.0807

7/ago/2018 20:44:00

&HEAD CHID='CCF\_-\_SOP\_sem\_desenf\_\_VHE\_int\_', TITLE='desenfumagem no corredor/'

&TIME T\_END=400.0/

...

&EVAC ID='evac. gab. respon.', FYI='restantes salas e gabinetes', XB=12.2,14.7,2.6,6.7,1.0,1.25, NUMBER\_INITIAL\_PERSONS=2, PERS\_ID='restantes salas e gabinetes/'

&TAIL /

**Cenário\_BO\_ONS\_FIF\_SCFR\_R\_vhe\_1**

CCF - SOp. - desenf. VH1 - incêndio farmácia.fds

Generated by PyroSim - Version 2014.2.0807

7/ago/2018 20:54:46

&HEAD CHID='CCF\_-\_SOp\_-\_desenf\_\_VH1\_-\_inc', TITLE='desenfumagem no corredor/'

## APÊNDICE A

---

&TIME T\_END=400.0/  
...

&EVAC ID='evac. gab. respon.', FYI='restantes salas e gabinetes', XB=12.2,14.7,2.6,6.7,1.0,1.25,  
NUMBER\_INITIAL\_PERSONS=2, PERS\_ID='restantes salas e gabinetes'/  
&TAIL /

### **Cenário\_BO\_OLS\_FIF\_SCFR\_R**

500 seg. SD-VHE1 pt 2 m - PM 180 .fds

Generated by PyroSim - Version 2014.2.0807

7/ago/2018 21:00:19

&HEAD CHID='500\_seg\_\_SD-VHE1\_pt\_2\_m\_-\_PM\_1', TITLE='desenfumagem no corredor/'

&TIME T\_END=500.0/  
...

&EVAC ID='evac. gab. respon.', FYI='restantes salas e gabinetes', XB=12.2,14.7,2.6,6.7,1.0,1.25,  
NUMBER\_INITIAL\_PERSONS=2, PERS\_ID='restantes salas e gabinetes'/  
&TAIL /

### **Cenário\_BO\_OLS\_FIF\_PM**

CCF - SOP larg.pt 2 m - PM 180.fds

Generated by PyroSim - Version 2014.2.0807

7/ago/2018 21:04:43

&HEAD CHID='CCF\_-\_SOP\_larg\_pt\_2\_m\_-\_PM\_180', TITLE='desenfumagem no corredor/'

&TIME T\_END=500.0/  
...

&EVAC ID='evac. gab. respon.', FYI='restantes salas e gabinetes', XB=12.2,14.7,2.6,6.7,1.0,1.25,  
NUMBER\_INITIAL\_PERSONS=2, PERS\_ID='restantes salas e gabinetes'/  
&TAIL /

### **Cenário\_BO\_OLS\_FIF\_SCFR\_vhe1**

500 seg desenf VHE 1 PM 180.fds

Generated by PyroSim - Version 2014.2.0807

7/ago/2018 21:07:16

&HEAD CHID='500\_seg\_desenf\_VHE\_1\_PM\_180', TITLE='desenfumagem na VHE 1/'

&TIME T\_END=500.0/  
...

&EVAC ID='evac. gab. respon.', FYI='restantes salas e gabinetes', XB=12.2,14.7,2.6,6.7,1.0,1.25,  
NUMBER\_INITIAL\_PERSONS=2, PERS\_ID='restantes salas e gabinetes'/  
&TAIL /

### **Cenário\_BO\_OLS\_FID3\_SCFR\_R\_vhe\_1\_PM**

500 seg. SD-VHE1 pt 2 m - PM 180 .fds

Generated by PyroSim - Version 2014.2.0807

7/ago/2018 21:10:18

&HEAD CHID='500\_seg\_\_SD-VHE1\_pt\_2\_m\_-\_PM\_1', TITLE='desenfumagem no corredor/'

&TIME T\_END=500.0/  
...

&EVAC ID='evac. gab. respon.', FYI='restantes salas e gabinetes', XB=12.2,14.7,2.6,6.7,1.0,1.25,  
NUMBER\_INITIAL\_PERSONS=2, PERS\_ID='restantes salas e gabinetes'/

&TAIL /

## Compartimento Corta-fogo Serviço de Urgências

### Cenário\_SU\_FID3\_SCFR

CCF - Urgências - efet. prev. -PM 30.fds  
 Generated by PyroSim - Version 2014.2.0807  
 19/ago/2018 20:11:41  
 &HEAD CHID='CCF\_-\_Urgências\_-\_efet\_\_prev\_\_/'  
 &TIME T\_END=400.0/

...

&EVAC ID='quarto 2', XB=22.6,27.9,15.5,18.0,1.0,1.25, NUMBER\_INITIAL\_PERSONS=3, PERS\_ID='quartos 1 e 2/'

&TAIL /

### Cenário\_SU\_FID3\_SCFR+30%

CCF - Urgências - 30% -PM 30.fds  
 Generated by PyroSim - Version 2014.2.0807  
 19/ago/2018 20:17:16  
 &HEAD CHID='CCF\_-\_Urgências\_-\_30%\_-PM\_30/'  
 &TIME T\_END=400.0/  
 &DUMP RENDER\_FILE='CCF\_-\_Urgências\_-\_30%\_-PM\_30.ge1', DT\_RESTART=300.0/

...

&EVAC ID='VHE esq. 8', XB=6.85,7.55,17.4,19.3,1.0,1.25, NUMBER\_INITIAL\_PERSONS=1, PERS\_ID='quartos 1 e 2/'

&TAIL /

### Cenário\_SU\_FID3\_SCFR+60%

CCF - Urgências - 60% -PM 30.fds  
 Generated by PyroSim - Version 2014.2.0807  
 19/ago/2018 20:27:43  
 &HEAD CHID='CCF\_-\_Urgências\_-\_60%\_-PM\_30/'  
 &TIME T\_END=400.0/  
 &DUMP RENDER\_FILE='CCF\_-\_Urgências\_-\_60%\_-PM\_30.ge1', DT\_RESTART=300.0/

...

&EVAC ID='VHE ret. 5', XB=17.5,19.4,2.7,3.4,1.0,1.25, NUMBER\_INITIAL\_PERSONS=2, PERS\_ID='quartos 1 e 2/'

&TAIL /

### Cenário\_SU\_FID3\_SCFR+90%

Amarildo Leonel Mailito Guiane Benzane

## APÊNDICE A

---

CCF - Urgências - 90% -PM 30.fds  
Generated by PyroSim - Version 2014.2.0807  
19/ago/2018 20:31:00  
&HEAD CHID='CCF\_-\_Urgências\_-\_90%\_-PM\_30/'  
&TIME T\_END=400.0/  
&DUMP RENDER\_FILE='CCF\_-\_Urgências\_-\_90%\_-PM\_30.ge1', DT\_RESTART=300.0/

...

&EVAC ID='VHE ret. 5.1', XB=17.5,19.4,0.5,1.2,1.0,1.2, NUMBER\_INITIAL\_PERSONS=2, PERS\_ID='quartos 1 e 2/'

&TAIL /

### **Cenário\_SU\_FID6\_SCFR**

CCF - Urgências - efet. prev. -PM 180.fds  
Generated by PyroSim - Version 2014.2.0807  
19/ago/2018 20:44:39  
&HEAD CHID='CCF\_-\_Urgências\_-\_efet\_\_prev\_\_/'  
&TIME T\_END=400.0/  
&DUMP RENDER\_FILE='CCF\_-\_Urgências\_-\_efet\_\_prev\_\_.ge1', DT\_RESTART=300.0/

...

&EVAC ID='quarto 2', XB=22.6,27.9,15.5,18.0,1.0,1.25, NUMBER\_INITIAL\_PERSONS=3, PERS\_ID='quartos 1 e 2/'

&TAIL /

### **Cenário\_SU\_FID6\_SCFR+30%**

CCF - Urgências - 30% -PM 180 .fds  
Generated by PyroSim - Version 2014.2.0807  
19/ago/2018 20:45:52  
&HEAD CHID='CCF\_-\_Urgências\_-\_30%\_-PM\_180\_/'  
&TIME T\_END=400.0/  
&DUMP RENDER\_FILE='CCF\_-\_Urgências\_-\_30%\_-PM\_180\_.ge1', DT\_RESTART=300.0/

...

&EVAC ID='VHE esq. 8', XB=6.85,7.55,17.4,19.3,1.0,1.25, NUMBER\_INITIAL\_PERSONS=1, PERS\_ID='quartos 1 e 2/'

&TAIL /

### **Cenário\_SU\_FID6\_SCFR+60%**

CCF - Urgências - 60% -PM 180 .fds  
Generated by PyroSim - Version 2014.2.0807  
19/ago/2018 20:47:10  
&HEAD CHID='CCF\_-\_Urgências\_-\_60%\_-PM\_180\_/'

&TIME T\_END=400.0/  
 &DUMP RENDER\_FILE='CCF\_-\_Urgências\_-\_60%\_-PM\_180\_ge1', DT\_RESTART=300.0/

...

&EVAC ID='VHE ret. 5', XB=17.5,19.4,2.7,3.4,1.0,1.25, NUMBER\_INITIAL\_PERSONS=2, PERS\_ID='quartos 1 e 2'/

&TAIL /

**Cenário\_SU\_FID6\_SCFR+90%**

CCF - Urgências - 90% -PM 180 .fds  
 Generated by PyroSim - Version 2014.2.0807  
 19/ago/2018 20:48:25  
 &HEAD CHID='CCF\_-\_Urgências\_-\_90%\_-PM\_180\_/'  
 &TIME T\_END=400.0/  
 &DUMP RENDER\_FILE='CCF\_-\_Urgências\_-\_90%\_-PM\_180\_ge1', DT\_RESTART=300.0/

...

&EVAC ID='VHE ret. 5.1', XB=17.5,19.4,0.5,1.2,1.0,1.2, NUMBER\_INITIAL\_PERSONS=2, PERS\_ID='quartos 1 e 2'/

&TAIL /

**Cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR**

CCF - Urgências - efet. prev. -PM 30.fds  
 Generated by PyroSim - Version 2014.2.0807  
 19/ago/2018 20:53:40  
 &HEAD CHID='CCF\_-\_Urgências\_-\_efet\_\_prev\_\_/'  
 &TIME T\_END=400.0/  
 &DUMP RENDER\_FILE='CCF\_-\_Urgências\_-\_efet\_\_prev\_\_ge1', DT\_RESTART=300.0/

...

&EVAC ID='quarto 2', XB=22.6,27.9,15.5,18.0,1.0,1.25, NUMBER\_INITIAL\_PERSONS=3, PERS\_ID='quartos 1 e 2'/

&TAIL /

**Cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR+30%**

CCF - Urgências - 30% -PM 180 .fds  
 Generated by PyroSim - Version 2014.2.0807  
 19/ago/2018 20:55:15  
 &HEAD CHID='CCF\_-\_Urgências\_-\_30%\_-PM\_180\_/'  
 &TIME T\_END=400.0/  
 &DUMP RENDER\_FILE='CCF\_-\_Urgências\_-\_30%\_-PM\_180\_ge1', DT\_RESTART=300.0/

...

## APÊNDICE A

---

&EVAC ID='VHE esq. 8', XB=6.85,7.55,17.4,19.3,1.0,1.25, NUMBER\_INITIAL\_PERSONS=1, PERS\_ID='quartos 1 e 2/'

&TAIL /

### **Cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR+60%**

CCF - Urgências - 60% -PM 180 .fds

Generated by PyroSim - Version 2014.2.0807

19/ago/2018 20:56:22

&HEAD CHID='CCF\_-\_Urgências\_-\_60%\_-PM\_180\_/'

&TIME T\_END=400.0/

&DUMP RENDER\_FILE='CCF\_-\_Urgências\_-\_60%\_-PM\_180\_.ge1', DT\_RESTART=300.0/

...

&EVAC ID='VHE ret. 5', XB=17.5,19.4,2.7,3.4,1.0,1.25, NUMBER\_INITIAL\_PERSONS=2, PERS\_ID='quartos 1 e 2/'

&TAIL /

### **Cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR+90%**

CCF - Urgências - 90% -PM 180 .fds

Generated by PyroSim - Version 2014.2.0807

19/ago/2018 20:57:37

&HEAD CHID='CCF\_-\_Urgências\_-\_90%\_-PM\_180\_/'

&TIME T\_END=400.0/

&DUMP RENDER\_FILE='CCF\_-\_Urgências\_-\_90%\_-PM\_180\_.ge1', DT\_RESTART=300.0/

...

&EVAC ID='VHE ret. 5.1', XB=17.5,19.4,0.5,1.2,1.0,1.2, NUMBER\_INITIAL\_PERSONS=2, PERS\_ID='quartos 1 e 2/'

&TAIL /

## **Compartimento corta-fogo Serviço de Internamentos**

### **Cenário\_SI\_ONS\_FID12\_SCFR**

enfermaria PM 30.fds

Generated by PyroSim - Version 2014.2.0807

19/ago/2018 21:07:08

&HEAD CHID='enfermaria\_PM\_30/'

&TIME T\_END=400.0/

&DUMP RENDER\_FILE='enfermaria\_PM\_30.ge1', DT\_RESTART=300.0/

...

&EVAC ID='sala reu./pausa', FYI='sala de reuniões/pausa', XB=0.5,4.0,15.0,22.0,1.0,1.25, NUMBER\_INITIAL\_PERSONS=6, PERS\_ID='Restantes Salas', KNOWN\_DOOR\_NAMES='P.E.1','P.E.2', KNOWN\_DOOR\_PROBS=1.0,1.0/

&TAIL /

**Cenário\_SI\_OLS\_FID12\_SCFR**

Evac. P.E.1;2.fds  
 Generated by PyroSim - Version 2014.2.0807  
 19/ago/2018 21:11:24  
 &HEAD CHID='Evac\_\_P\_E\_1;2/'  
 &TIME T\_END=500.0/  
 &DUMP RENDER\_FILE='Evac\_\_P\_E\_1;2.ge1', DT\_RESTART=300.0/  
 &MESH ID='Salas de enfermarias', IJK=92,184,12, XB=0.0,23.0,0.0,46.0,0.0,3.0/  
 &MESH ID='evac', IJK=92,184,1, XB=0.0,23.0,0.0,46.0,1.0,1.25, EVACUATION=.TRUE.,  
 EVAC\_HUMANS=.TRUE., EVAC\_Z\_OFFSET=0.9/

...

&EVAC ID='sala reu./pausa', FYI='sala de reuniões/pausa', XB=0.5,4.0,15.0,22.0,1.0,1.25,  
 NUMBER\_INITIAL\_PERSONS=6, PERS\_ID='Restantes Salas', KNOWN\_DOOR\_NAMES='P.E.1','P.E.2',  
 KNOWN\_DOOR\_PROBS=1.0,1.0/

&TAIL /

**Cenário\_SI\_ONS\_FID3\_SCFR**

large size PM 180.fds  
 Generated by PyroSim - Version 2014.2.0807  
 19/ago/2018 21:15:43  
 &HEAD CHID='large\_size\_PM\_180/'  
 &TIME T\_END=400.0/  
 &DUMP RENDER\_FILE='large\_size\_PM\_180.ge1', DT\_RESTART=300.0/

...

&EVAC ID='sala reu./pausa', FYI='sala de reuniões/pausa', XB=0.5,4.0,15.0,22.0,1.0,1.25,  
 NUMBER\_INITIAL\_PERSONS=6, PERS\_ID='Restantes Salas', KNOWN\_DOOR\_NAMES='P.E.1','P.E.2',  
 KNOWN\_DOOR\_PROBS=1.0,1.0/

&TAIL /

**Cenário\_SI\_OLS\_FID3\_SCFR**

Evac. P.E.1;2.fds  
 Generated by PyroSim - Version 2014.2.0807  
 19/ago/2018 21:17:34  
 &HEAD CHID='Evac\_\_P\_E\_1;2/'  
 &TIME T\_END=400.0/  
 &DUMP RENDER\_FILE='Evac\_\_P\_E\_1;2.ge1', DT\_RESTART=300.0/

...

&EVAC ID='sala reu./pausa', FYI='sala de reuniões/pausa', XB=0.5,4.0,15.0,22.0,1.0,1.25,  
 NUMBER\_INITIAL\_PERSONS=6, PERS\_ID='Restantes Salas', KNOWN\_DOOR\_NAMES='P.E.1','P.E.2',  
 KNOWN\_DOOR\_PROBS=1.0,1.0/

&TAIL /

## Compartimento Corta-fogo Laboratórios

### Cenário\_Lab\_FID4\_SCFR

CCF Lab.fds

Generated by PyroSim - Version 2014.2.0807

29/dez/2018 22:29:36

&HEAD CHID='CCF\_Lab/'

&TIME T\_END=200.0/

&DUMP RENDER\_FILE='CCF\_Lab.ge1', DT\_RESTART=300.0, SMOKE3D\_QUANTITY='MASS FRACTION',  
SMOKE3D\_SPEC\_ID='SOOT/'

...

&EVAC ID='Sala de triagem', XB=5.0,12.5,1.75,5.25,1.0,1.25, NUMBER\_INITIAL\_PERSONS=3, PERS\_ID='sala  
esp.', KNOWN\_DOOR\_NAMES='pt evac 1','pt evac 2', KNOWN\_DOOR\_PROBS=1.0,1.0/

&TAIL /

### Cenário\_Lab\_FID7\_SCFR

CCF Lab.fds

Generated by PyroSim - Version 2014.2.0807

29/dez/2018 22:32:54

&HEAD CHID='CCF\_Lab/'

&TIME T\_END=200.0/

&DUMP RENDER\_FILE='CCF\_Lab.ge1', DT\_RESTART=300.0, SMOKE3D\_QUANTITY='MASS FRACTION',  
SMOKE3D\_SPEC\_ID='SOOT/'

...

&EVAC ID='Sala de triagem', XB=5.0,12.5,1.75,5.25,1.0,1.25, NUMBER\_INITIAL\_PERSONS=3, PERS\_ID='sala  
triag.', KNOWN\_DOOR\_NAMES='pt evac 1','pt evac 2', KNOWN\_DOOR\_PROBS=1.0,1.0/

&TAIL /



## APÊNDICE B – ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS CENÁRIOS DE INCÊNDIO

### B.1. Compartimento Corta-Fogo Bloco Operatório

#### B.1.1. Segundo foco do incêndio - Farmácia

##### Cenário\_BO\_ONS\_FIF\_PM

O cenário\_BO\_ONS\_FIF\_PM estudou o impacto do aumento das larguras das portas, Figura 4.21, para uma simulação de 400 s cujo pré-movimento foi até aos 180 s. O SCF assim como o número de 47 ocupantes (não acamados) manteve-se. O processo de evacuação do edifício está apresentada no Quadro B.1 e também na Figura B.1.

Quadro B.1. Tempos de evacuação, por PE, dos últimos ocupantes a saírem do edifício, para o cenário\_BO\_ONS\_FIF\_PM.

Portas de evacuação	Ocupantes que saíram	Tempo em que o último ocupante saiu por PE [s]	Observações
PE-1	22	351	linhas a cheio e a tracejado a preto, Fig. B.1
PE-2	3	196	linhas a cheio e a tracejado a roxo, Fig. B.1
Total	25	-	22 ocupantes não evacuaram o edifício.

A temperatura dos gases acima de 80 °C não diferiu tanto, da registada no cenário\_BO\_ONS\_FIF\_SCFR (analisado no texto principal) já que, decorridos 180 s da simulação registou-se a uma altura de 1,5 m do chão (Fig. B.2), isto é, abaixo da altura mínima (1,75 m) adotada para evacuação em situação crítica de incêndio. A temperatura foi progressivamente registada a alturas muito abaixo da mínima 1,75 m pois, ao fim de 240 s de incêndio (quase metade do tempo da simulação) registava-se a uma altura de 0,50 m do pavimento. A essa altura só tinham evacuado o CCF 12 (25,5%), ou seja,  $\frac{1}{4}$  dos 47 (100%) ocupantes, (Fig. B.1). Aos 351 s saiu o último ocupante dos que conseguiram abandonar o CCF, com as condições de segurança nulas dado que, a temperatura dos gases acima de 80 °C se registava ao nível do pavimento (Fig. B.2).

Assim, pode-se admitir que, a evacuação começou com a temperatura dos gases acima de 80 °C a se registar abaixo de 1,75 m de altura do chão (Fig. B.2), ou seja, a VHE-1 não oferecia condições para evacuar de forma segura. Antes do início da fuga, o CCF BO em particular a VHE-1 já estava sob altas temperaturas, o que de certo modo dificultou a evacuação do CCF, mesmo com portas de evacuação de 2 m de larguras.

Quanto à visibilidade de 10 m, Figura B.3, teve também um comportamento similar ao do cenário\_BO\_ONS\_FIF\_SCFR (analisado no texto principal) posto que, aos 180 s da simulação os extremos da VHE-1 registavam uma visibilidade nula. Em contrapartida, a parte

intermédia da VHE-1 registou uma visibilidade a uma cota de 1,70 m do pavimento, proporcionando deste modo condições de segurança para sair pelas PE-3 e 4.

Da Figura B.3 pode-se ainda observar que, decorridos 196 s (16 s depois do fim do pré-movimento) a visibilidade era nula entre as distâncias 24,75 m a 33,75 m, ou seja, as PE-5 e 6 eram quase inacessíveis, enquanto aos 240 s da simulação em diante ficou nula para toda a VHE-1.

Da análise das Figuras B.2 e B.3 apurou-se que, a evacuação do CCF foi dificultada pelo fumo que encheu a VHE-1, muito antes dos ocupantes deixarem os locais de permanência. As PE tornaram-se inacessíveis, porque a visibilidade era nula e os ocupantes não conseguiram sair do CCF, o que levou a admitir que 16 dos ocupantes que saíram decorridos 240 s podiam estar feridos.

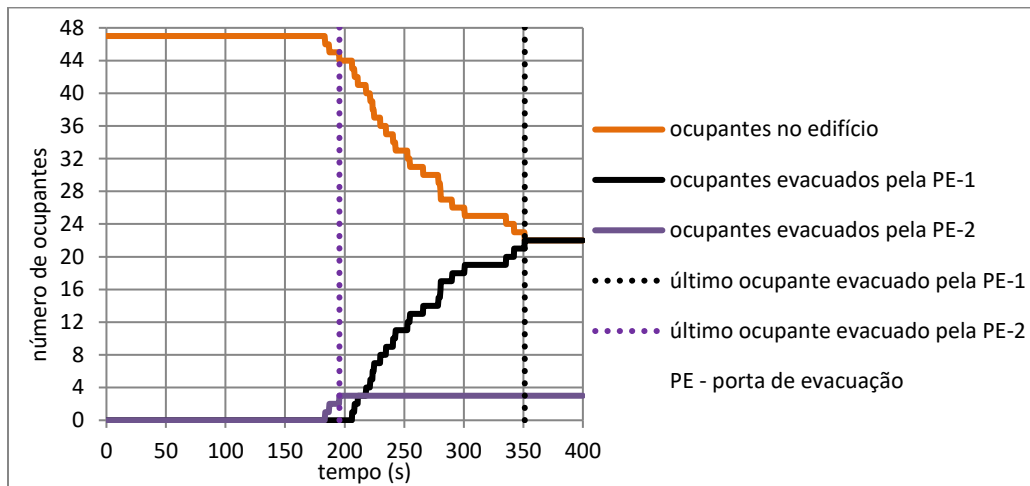


Figura B.1. Número de ocupantes que evacuaram o CCF por PE para o cenário\_BO\_ONS\_FIF\_PM.

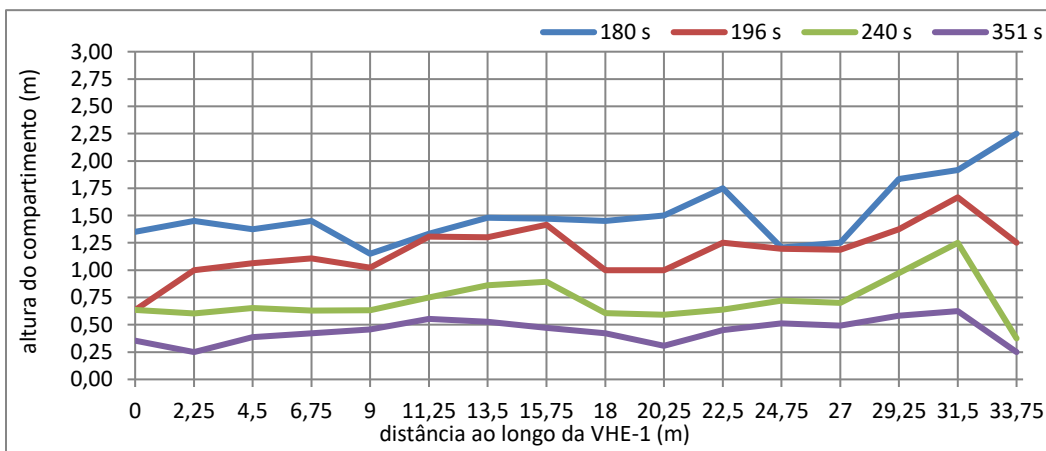


Figura B.2. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário\_BO\_ONS\_FIF\_PM.

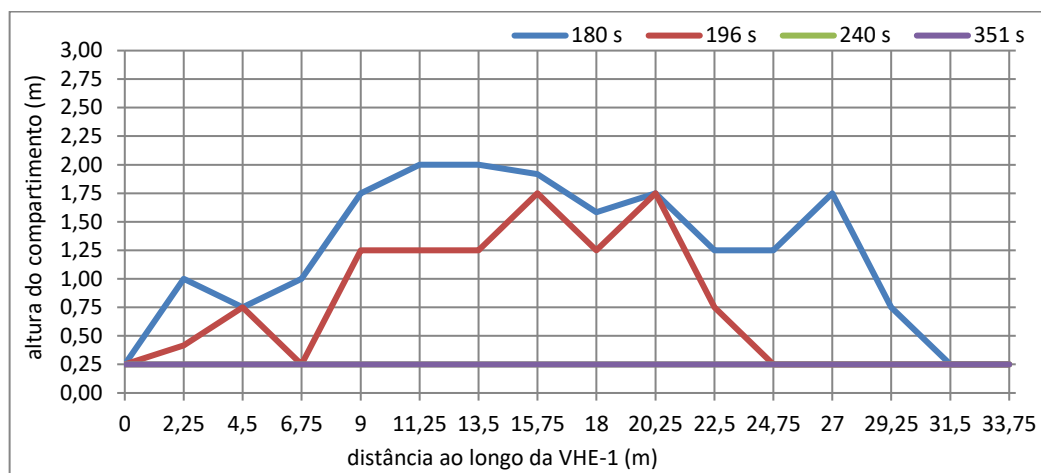


Figura B.3. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário\_BO\_ONS\_FIF\_PM.

### Cenário\_BO\_OLS\_FIF\_PM

Para o estudo do presente cenário manteve-se o SCF previsto no projeto, porém aumentou-se, até 2 m, as larguras das PE e as das portas dos compartimentos com efetivo, (Fig. 4.21). Isto é, a largura das PE constituiu o parâmetro diferenciador do presente cenário em relação a outros cenários do segundo foco de incêndio, com OLS. O presente cenário com o anterior diferem em dois parâmetros: volumetria dos ocupantes e o tempo da simulação, ou seja, ocupantes acamados simulados em 500 s para o presente cenário e ocupantes não acamados simulados em 400 s para o anterior cenário. O Quadro B.2 e a Figura B.4 ilustram a evacuação do edifício durante a simulação do cenário\_BO\_OLS\_FIF\_PM, em análise.

A temperatura e a visibilidade registadas ao longo da VHE-1, até à saída dos últimos ocupantes dos que conseguiram abandonar o CCF, para o cenário\_BO\_OLS\_FIF\_PM constam das Figuras B.5 e B.6, das quais se pode verificar que ao fim do pré-movimento, aos 180 s, quer a temperatura, quer a visibilidade não se registavam do lado da segurança, ou seja, já não havia condições de segurança para percorrer a VHE-1 e evacuar o CCF com segurança. Aos 192 s evacuou o CCF o último ocupante dos que saíram pela PE-2, no entanto, a temperatura dos gases acima de 80 °C registava-se a 0,60 m do pavimento, (Fig. B.5), ou seja, muito abaixo de 1,75 m, altura mínima adotada para evacuação do CCF em situação crítica de incêndio. Por sua vez, a visibilidade registou-se nula dos 180 s até ao fim da simulação (Fig. B.6).

Interessa sublinhar que dos 34 ocupantes que evacuaram o CCF, 23 atravessaram ou percorreram a VHE-1, todavia os restantes 11 não precisaram de percorrer nem atravessarem a VHE-1, já que, os 3 ocupantes que saíram pela PE-2 e os 8 que saíram pela PE-7 (no total 11) estavam em compartimentos que os conduziam direto às PE-2 e 7, em consequência as VHE-2 e 4, respetivamente, sem precisarem de percorrer a VHE-1.

Quadro B.2. Tempos de evacuação, por PE, dos últimos ocupantes a saírem do edifício, para o cenário\_BO\_OLS\_FIF\_PM.

Portas de evacuação	Ocupantes que saíram	Tempo em que o último ocupante saiu por PE [s]	Observações
PE-1	23	400	linhas a cheio e a tracejado a preto, Fig. B.4
PE-2	3	192	linhas a cheio e a tracejado a vermelho, Fig. B.4
PE-7	8	279	linhas a cheio e a tracejado a verde, Fig. B.4
Total	34	-	13 ocupantes não evacuaram o edifício.

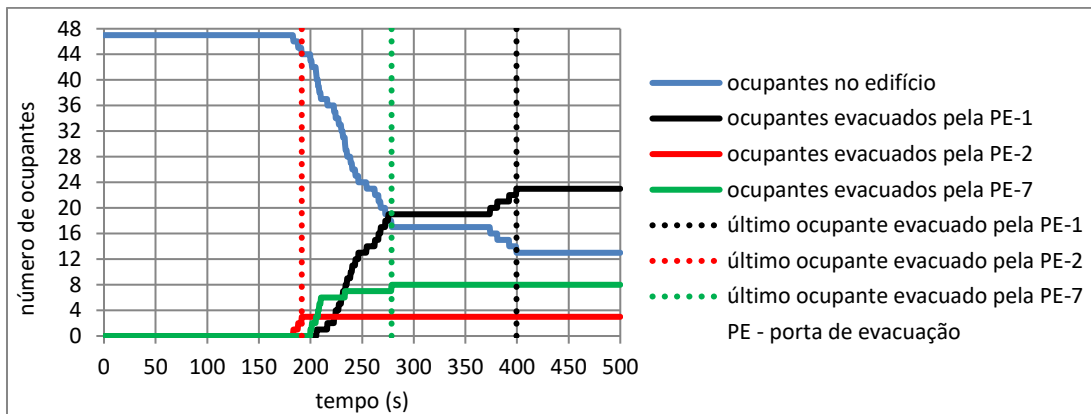


Figura B.4. Número de ocupantes que evacuaram o CCF por PE para o cenário\_BO\_OLS\_FIF\_PM.

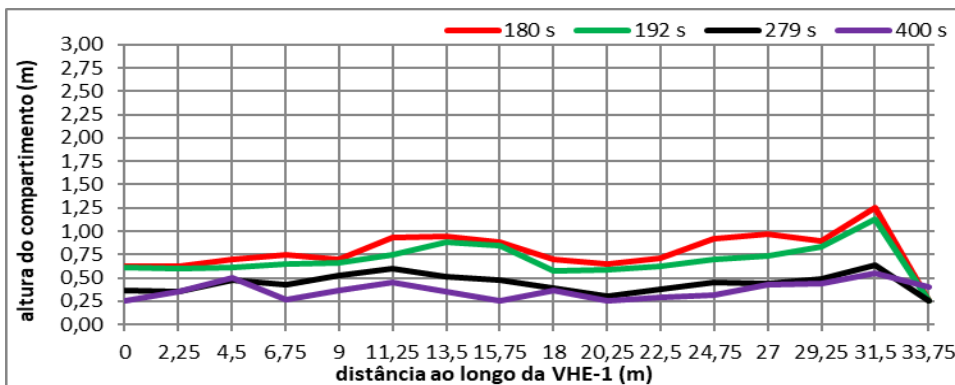


Figura B.5. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário\_BO\_OLS\_FIF\_PM.

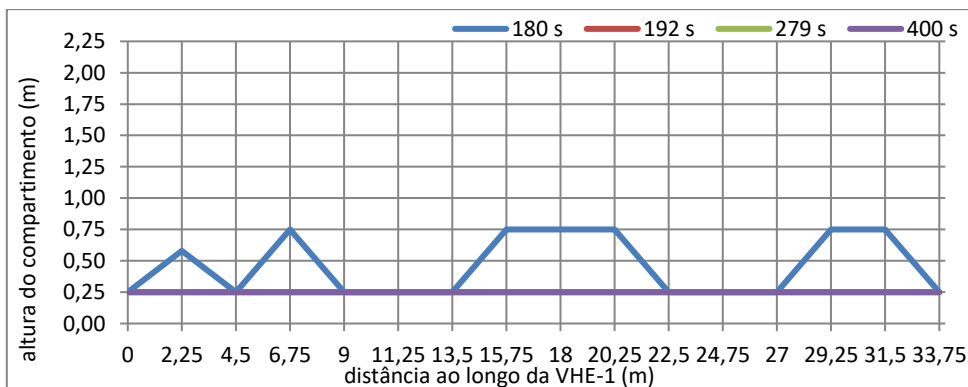


Figura B.6. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário\_BO\_OLS\_FIF\_PM.

Os cenários\_BO\_OLS\_FIF\_SCFR (apresentado no texto principal) e cenário\_BO\_OLS\_FIF\_PM caracterizaram-se por possuírem o mesmo SCF, por isso os parâmetros temperatura e visibilidade apresentaram quase os mesmos valores, todavia diferem-se no número de ocupantes que evacuaram em cada cenário. Para o cenário\_BO\_OLS\_FIF\_SCFR 34% dos ocupantes evacuaram o CCF, enquanto para o cenário\_BO\_OLS\_FIF\_PM foram 72%, ou seja, evacuaram o CCF mais 38% em relação ao cenário\_BO\_OLS\_FIF\_SCFR. A diferença no número de ocupantes evacuados entre o cenário\_BO\_OLS\_FIF\_PM e o cenário\_BO\_OLS\_FIF\_SCFR, deveu-se ao aumento das larguras das PE e das dos locais de permanência, o que facilitou as manobras dos acamados durante a transposição das mesmas. Mas mesmo assim, observou-se intermitência quando decorridos 279 s o que levou a admitir que os 5 últimos ocupantes saíram feridos.

#### **Cenário\_BO\_OLS\_FIF\_SCFR\_vhe1**

O presente cenário para além do SCF do projeto (Fig. 4.17 e Quadro 4.11) conta ainda com um SCF na principal via de evacuação - VHE-1 (Fig. 4.18 e Quadro 4.12) e 29 (61%) ocupantes acamados. O SCF na VHE-1 constitui o parâmetro diferenciador, do presente cenário com os outros cenários com ocupantes acamados (OLS) também com a origem do incêndio na farmácia.

Relativamente à evacuação, consta do Quadro B.3 e Figura B.7, na qual se pode ainda observar que os 11 ocupantes que saíram decorridos 250 s apresentaram um fluxo intermitente, o que foi considerado como velocidade dos ocupantes feridos.

Quadro B.3. Tempos de evacuação, por PE, dos últimos ocupantes a saírem do edifício, para o cenário\_BO\_OLS\_FIF\_SCFR\_vhe1.

<b>Portas de evacuação</b>	<b>Ocupantes que saíram</b>	<b>Tempo em que o último ocupante saiu por PE [s]</b>	<b>Observações</b>
PE-1	21	487	linhas a cheio e a tracejado a preto, Fig. B.7
PE-2	3	200	linhas a cheio e a tracejado a roxo, Fig. B.7
PE-5	5	225	linhas a cheio e a tracejado a vermelho, Fig. B.7
Total	29	-	18 ocupantes não evacuaram o edifício.

Da análise da evolução da temperatura dos gases acima de 80 °C observou-se que, aos 180 s se registava a 1,25 m de altura do pavimento, isto é, 0,50 m abaixo de 1,75 m, altura mínima assumida para o presente trabalho, Figura B.8. Não obstante a descida de 0,50 m, a temperatura do presente cenário mostrou-se melhor quando comparada à registada no cenário\_BO\_OLS\_FIF\_PM (sem SCF na VHE-1), ou seja, o SCF na VHE-1 melhorou as condições da temperatura ao longo via de evacuação, para o mesmo tempo de simulação.

Ainda na Figura B.8 observa-se que, com o decorrer da simulação a temperatura se tornava cada vez mais desfavorável a uma evacuação segura, visto que, aos 200 s registou-se a 0,75 m de altura do pavimento e aos 225 s, assim como aos 487 s a 0,50 m de altura do pavimento.

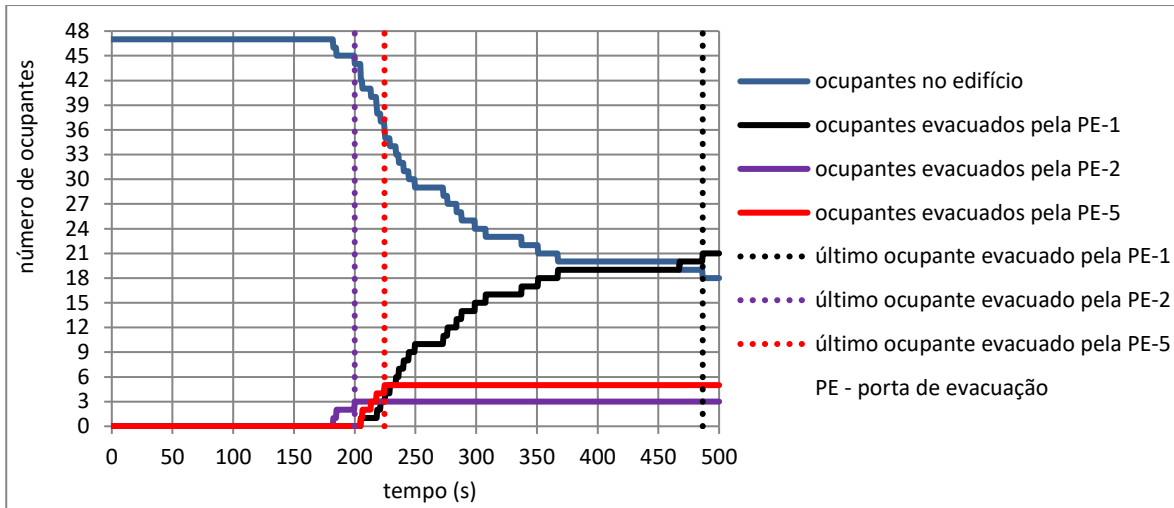


Figura B.7. Número de ocupantes que evacuaram o CCF por PE para o cenário\_BO\_OLS\_FIF\_SCFR\_vhe1.

Por sua vez, a visibilidade de 10 m aos 180 s da simulação registou-se a uma cota muito abaixo de 1,75 m para as PE-3, 4, 5 e 6, localizadas entre as distâncias 15,75 e 33,75 m. Isto é, os 5 ocupantes que evacuaram o CCF pela PE-5 percorreram a VHE-1 cheia de fumo, mas os 21 ocupantes que abandonaram o CCF pela PE-1 (muito afastada da origem do incêndio), saíram com a visibilidade a registar-se do lado da segurança. Saíram também do CCF com a visibilidade do lado da segurança, os 2 ocupantes que abandonaram o CCF pela PE-2, porque não percorreram a VHE-1 já que, tinham acesso direto à VHE-2, Figura B.9.

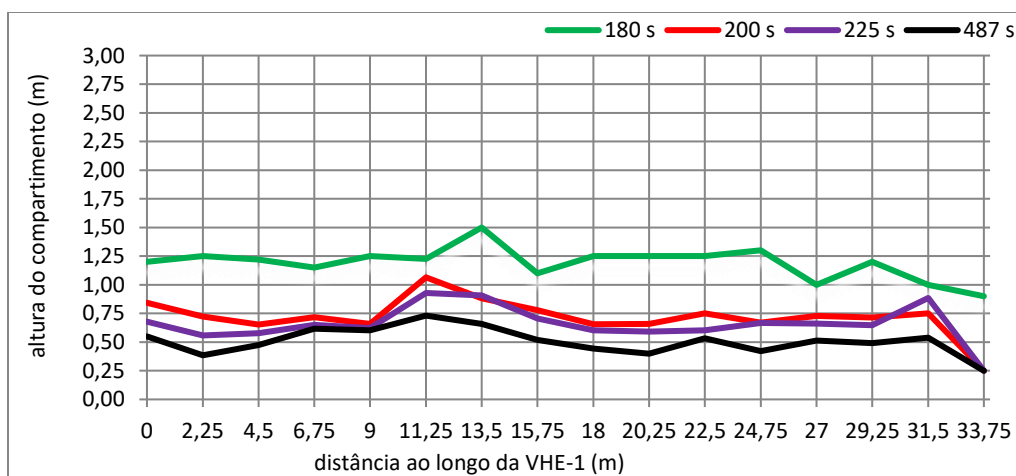


Figura B.8. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o Cenário\_BO\_OLS\_FIF\_SCFR\_vhe1.

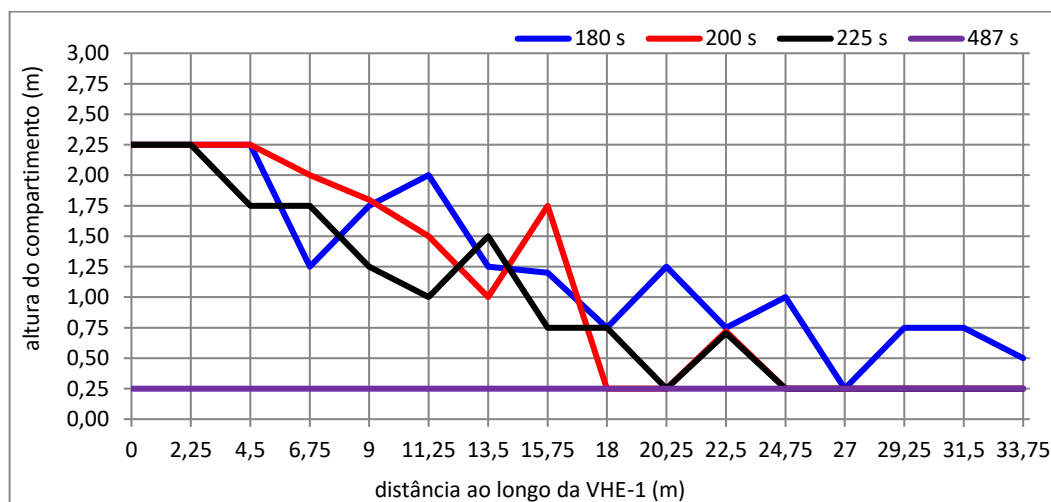


Figura B.9. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o Cenário\_BO\_OLS\_FIF\_SCFR\_vhe1.

A introdução de um SCF na VHE-1, embora tenha melhorado a temperatura bem como a visibilidade, quando comparado ao cenário\_BO\_OLS\_FIF\_PM, todavia o número de ocupantes que não evacuaram o CCF continuou ainda maior e superou o cenário\_BO\_OLS\_FIF\_PM. O cenário\_BO\_OLS\_FIF\_PM teve as larguras das suas PE e dos locais de permanências aumentadas até 2 m, o que facilitou as manobras de acamados e de certo modo contribuiu para que mais ocupantes evacuassem o CCF, quando comparado ao cenário\_BO\_OLS\_FIF\_SCFR\_vhe1. Por sua vez, o cenário\_BO\_OLS\_FIF\_SCFR\_vhe1 introduziu um SCF na VHE-1 que acabou por melhorar a visibilidade e a temperatura na mesma via, mas conservou as larguras das PE previstas no projeto, que de certo modo, não facilitaram nas manobras rápidas dos acamados e os ocupantes acabaram sujeitos a altas temperaturas e fumos ainda nos locais de permanência.

## B.2. Compartimento Corta-Fogo Serviço de Urgências

### B.2.1. Primeiro foco do incêndio – sala aberta

#### Cenário\_SU\_FID3\_SCFR+30%

A evacuação do presente cenário ocorreu segundo o Quadro B.4 e Figura B.10, para um efetivo de 63 ocupantes, resultantes do efetivo previsto (48 ocupantes) majorado em 30%. Os 15 ocupantes, correspondentes aos 30%, foram distribuídos pelos compartimentos D3, D4, D5 e VHE-3.

Durante a evacuação, quer a temperatura dos gases acima de 80 °C, quer a visibilidade de 10 m estiveram do lado da segurança, segundo as Figuras B.11; B.12; B.13; B.14; B.15 e B.16. Isto porque, com 120 s decorridos os três caminhos de evacuação registaram a temperatura e a visibilidade do lado da segurança e só faltavam por evacuar o CCF 8 ocupantes, dos quais 6

abandonaram o edifício até 38 s depois, isto é, aos 158 s. Aos 158 s da simulação a temperatura e visibilidade registaram-se a 2,25 m do chão, exceto a visibilidade da VHE-3 que se registou a 1,25 m da altura do chão. Estes dados mostram que a evacuação ocorreu com a temperatura e a visibilidade do lado da segurança.

Dos resultados do presente cenário assumiu-se que, 4 ocupantes ficaram feridos (podiam ter contraído entorse, contusão ou escoriação), porque findos 134 s da simulação a evacuação do CCF começou a registar intermitência. Por outro lado, aos 158 s a visibilidade registou-se a 1,25 m do pavimento e aos 315 s era nula para a VHE-3.

Quadro B.4. Tempos de evacuação, por PE, dos últimos ocupantes a saírem do edifício, para o cenário\_ SU\_FID3\_SCFR+30%.

Portas de evacuação	Ocupantes que saíram	Tempo em que o último ocupante saiu por PE [s]	Observações
PE-1	14	158	linhas a cheio e a tracejado a vermelho, Fig. B.10
PE-2	49	315	linhas a cheio e a tracejado a roxo, Fig. B.10
Total	63	-	A evacuação do edifício ocorreu em 285 s.

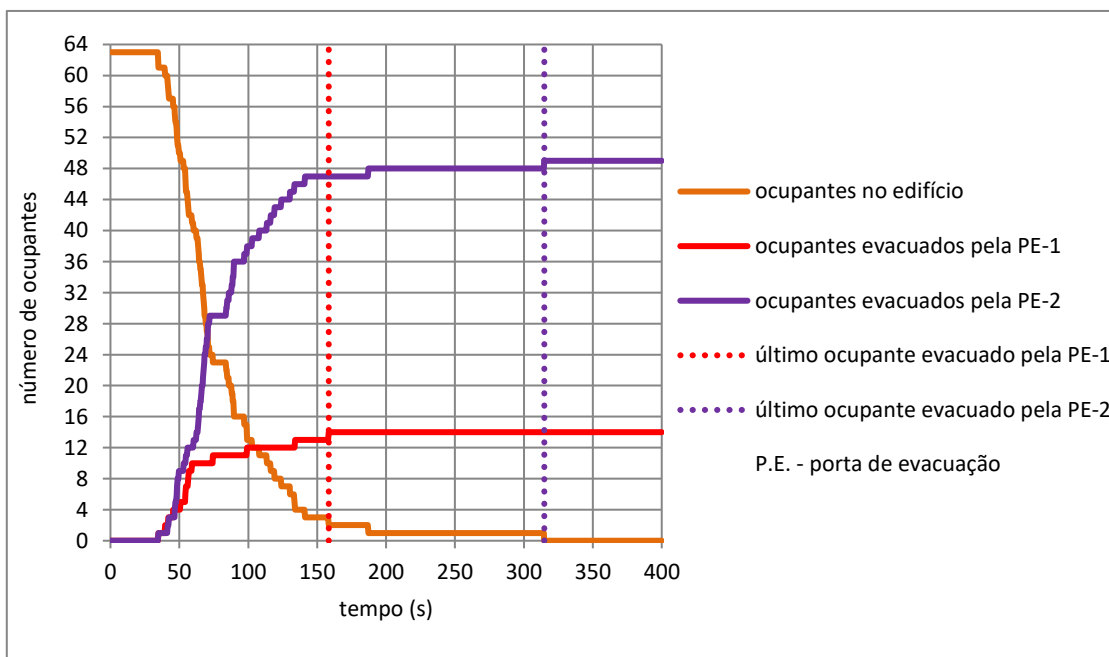


Figura B.10. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por cada PE para o cenário\_ SU\_FID3\_SCFR+30%.



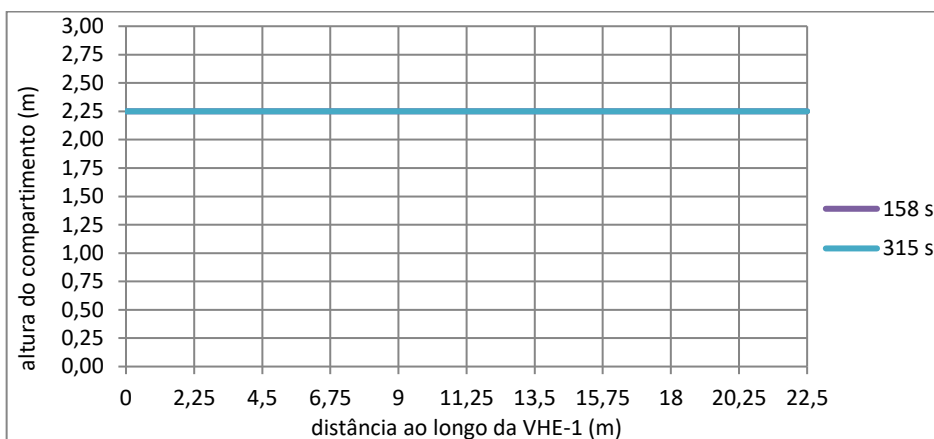


Figura B.11. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário\_SU\_FID3\_SCFR+30%.

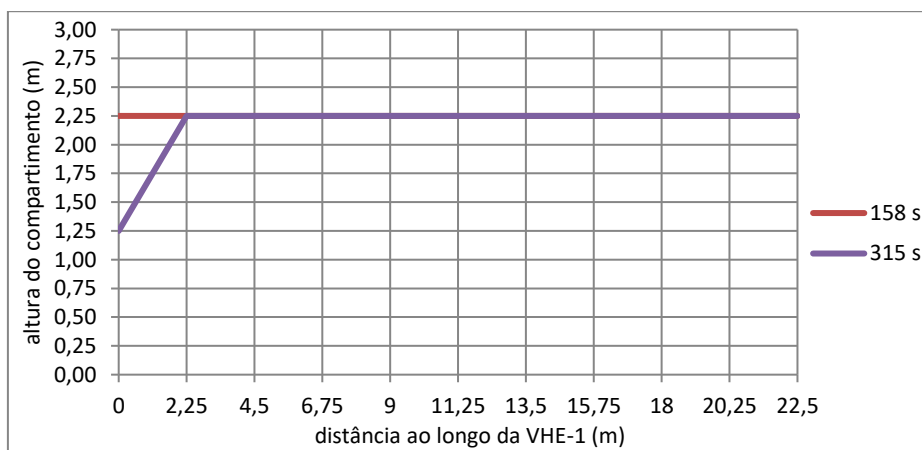


Figura B.12. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário\_SU\_FID3\_SCFR+30%.

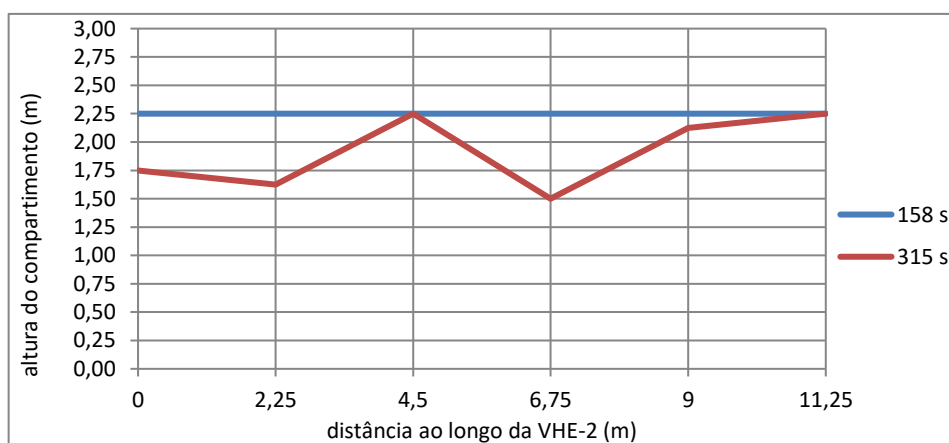


Figura B.13. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-2 para o cenário\_SU\_FID3\_SCFR+30%.

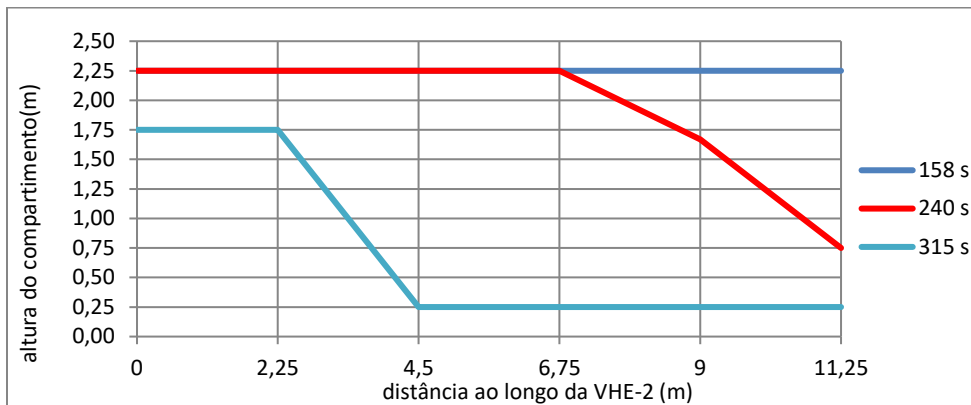


Figura B.14. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-2 para o cenário\_SU\_FID3\_SCFR+30%.

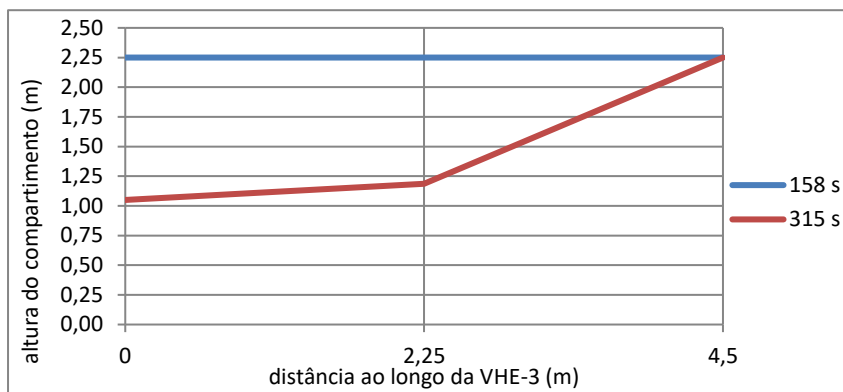


Figura B.15. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-3 para o cenário\_SU\_FID3\_SCFR+30%.

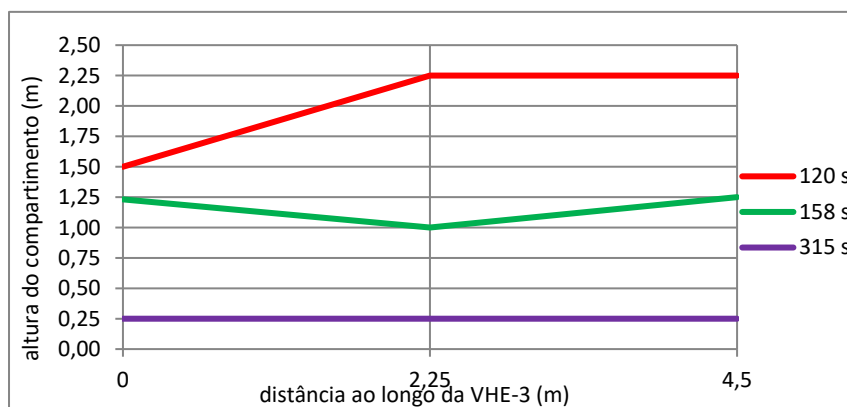


Figura B.16. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-3 para o cenário\_SU\_FID3\_SCFR+30%.

**Cenário\_SU\_FID3\_SCFR+60%**

O cenário\_SU\_FID3\_SCFR+60% tinha o efetivo previsto com majoração em 60%, isto é, 77 ocupantes, distribuídos entre os compartimentos previstos no projeto para ocupação, bem como pelas VHE-1 e 2.

Da simulação do cenário resultou que, os 77 ocupantes conseguiram sair do CCF, (linha a azul), Figura B.17. Assim, pela PE-1 saíram 18 ocupantes e o último foi aos 100 s (linhas a cheio e a tracejado a preto, respetivamente) e pela PE-2 saíram 59 dos quais o último foi aos 244 s da simulação, (linhas a cheio e a tracejado a vermelho, respetivamente). O tempo de evacuação foi de 214 s, visto que a emissão do sinal de evacuação foi aos 30 s.

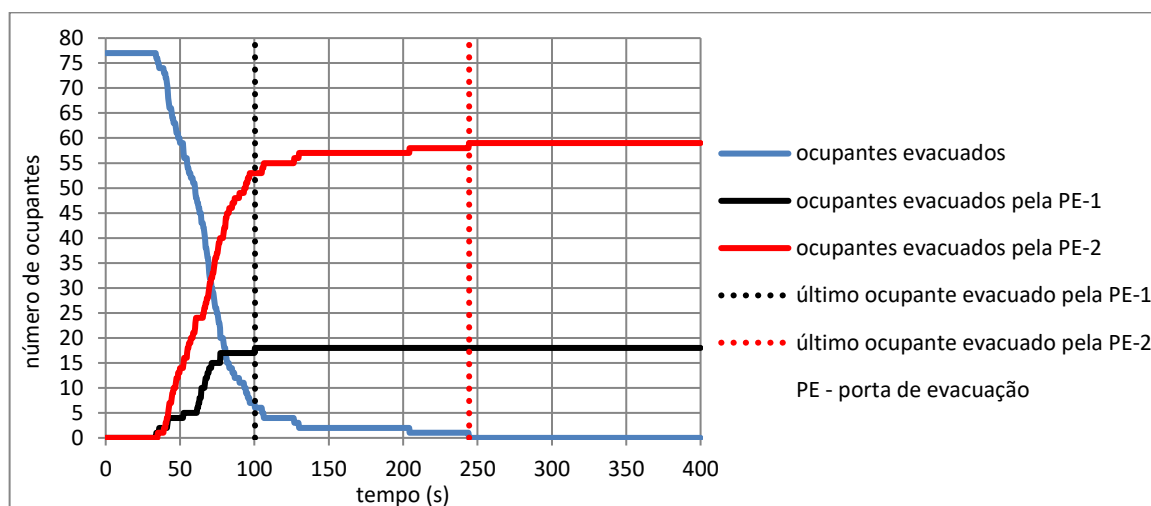


Figura B.17. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por PE para o cenário\_SU\_FID3\_SCFR+60%.

As Figuras B.18; B.19; B.20; B.21; B.22 e B.23 representam o desenvolvimento da temperatura e visibilidade nas VHE-1, 2 e 3. Da Figura B.17 observa-se que, aos 100 s da simulação tinham evacuado 71 (92%), faltando apenas 6 (8%). À mesma altura os parâmetros temperatura e visibilidade registaram-se do lado da segurança. Aos 130 s a visibilidade na VHE-3 (primeiro caminho a sofrer dos efeitos do incêndio) ainda se registava do lado da segurança (Fig. B.23), porém faltavam por evacuar apenas 2 ocupantes dos quais o último evacuou aos 244 s da simulação.

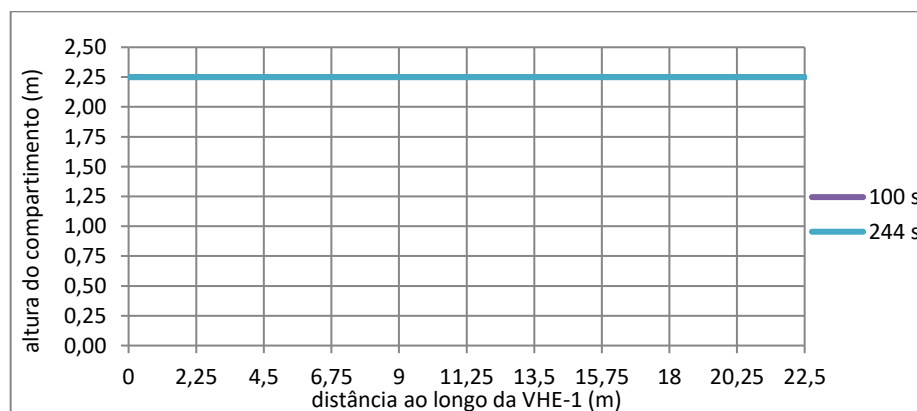


Figura B.18. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário\_SU\_FID3\_SCFR+60%.

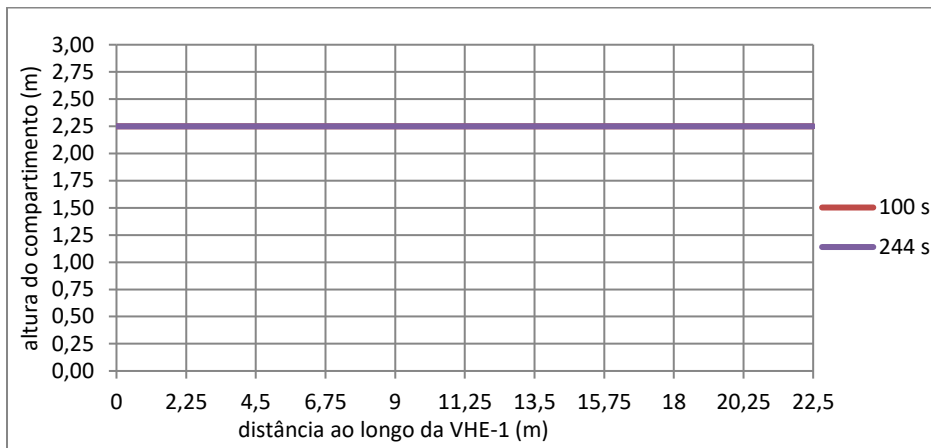


Figura B.19. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário\_SU\_FID3\_SCFR+60%.

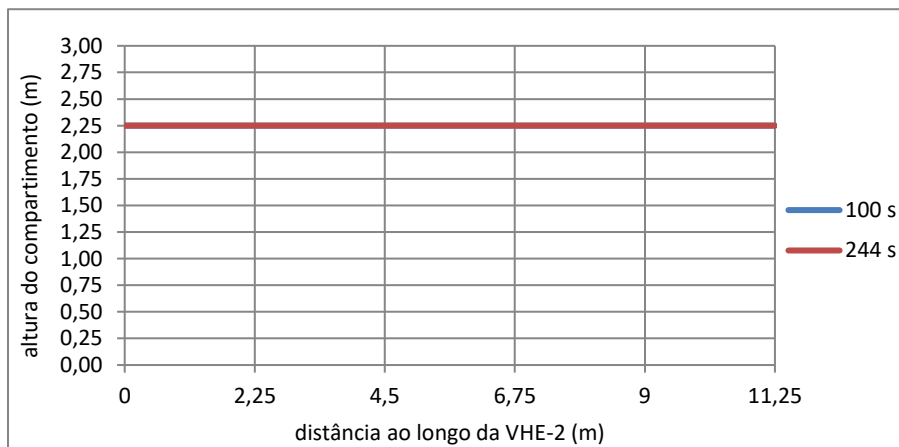


Figura B.20. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo do VHE-2 para o cenário\_SU\_FID3\_SCFR+60%.

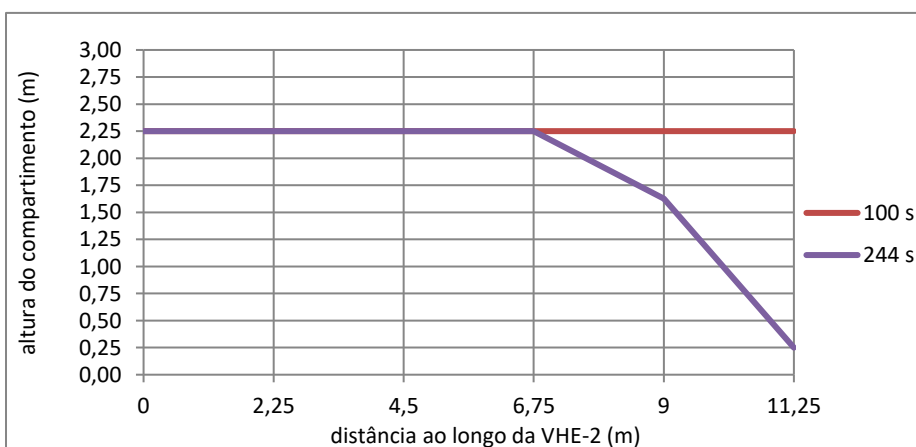


Figura B.21. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-2 para o cenário\_SU\_FID3\_SCFR+60%.

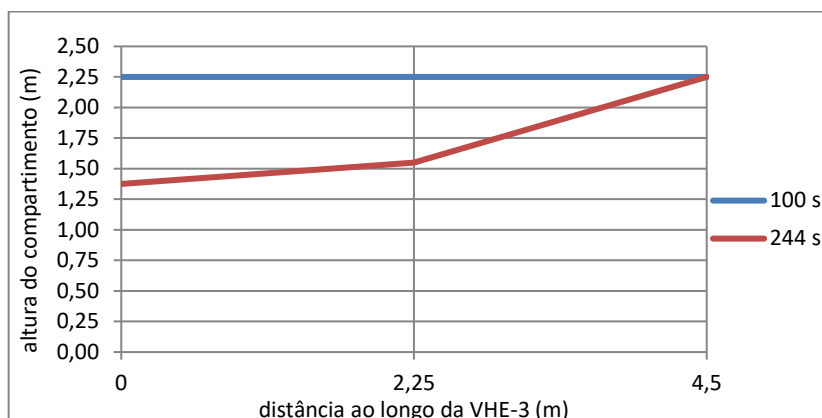


Figura B.22. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-3 para o cenário\_SU\_FID3\_SCFR+60%.

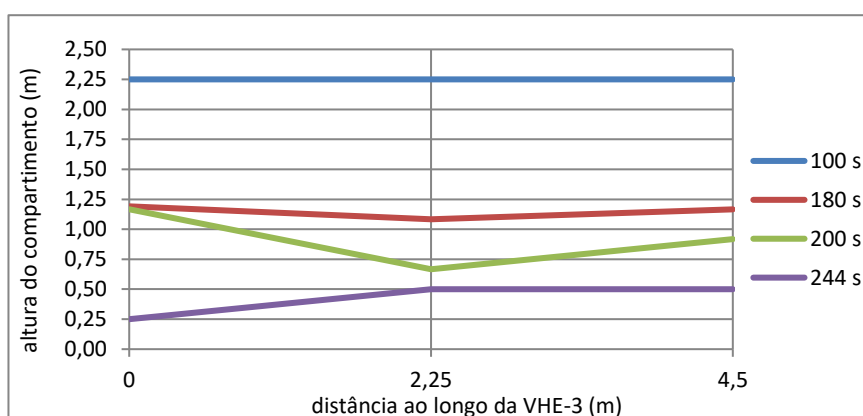


Figura B.23. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-3 para o cenário\_SU\_FID3\_SCFR+60%.

Da análise dos dados apresentados acima chegou-se a conclusão de que a temperatura e a visibilidade estiveram do lado da segurança, motivo pelo qual os 77 ocupantes conseguiram evacuar o CCF, mas também se presumiu que, os 4 últimos ocupantes a evacuar o CCF estavam feridos. A evacuação do CCF mostrou-se contínua, entretanto, aos 106 s começou a observar intermitências, Figura B.17.

## B.2.2. Segundo foco do incêndio – sala de arrumações

### Cenário\_SU\_FID6\_SCFR+30%

O presente cenário era constituído por 63 ocupantes, dos quais 40 (63%) evacuaram o CCF e 23 (37%) não evacuaram (linha a azul). O processo completo da evacuação é descrito no Quadro B.5 e na Figura B.24.

Aos 250 s da simulação a evacuação registou intermitência (Fig. B.24), o que fez admitir que 11 ocupantes estavam feridos. No entanto, pode ter contribuído para os ferimentos o congestionamento verificado na VHE-3 devido a falta de visibilidade.

Quadro B.5. Tempos de evacuação, por PE, dos últimos ocupantes a saírem do edifício, para o cenário\_SU\_FID6\_SCFR+30%.

Portas de evacuação	Ocupantes que saíram	Tempo em que o último ocupante saiu por PE [s]	Observações
PE-1	15	305	linhas a cheio e a tracejado a vermelho, Fig. B.24
PE-2	25	392	linhas a cheio e a tracejado a preto, Fig. B.24
Total	40	-	23 ocupantes não evacuaram o edifício.

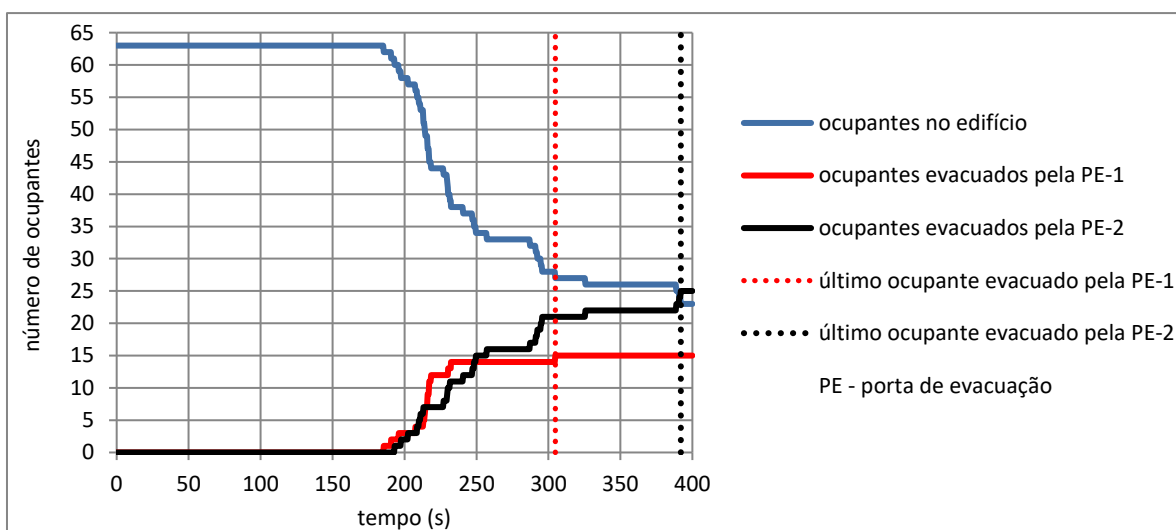


Figura B.24. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por PE para o cenário\_SU\_FID6\_SCFR+30%.

Os dados das Figuras B.25 e B.26 mostram que a temperatura e a visibilidade registadas ao longo da VHE-1, até a evacuação do último ocupante dos que conseguiram sair do CCF, estiveram do lado da segurança. A temperatura dos gases acima de 80 °C e a visibilidade de 10 m registaram-se a uma cota de 2,25 m acima do pavimento até à saída do último ocupante (305 s) dos que percorreram a VHE-1 e evacuaram o CCF pela PE-1.

Entretanto, aos 305 s da evacuação, a temperatura dos gases acima de 80 °C registou-se a 2 m de altura para a VHE-2, (Fig. B.27). Decorridos 360 s, isto é, 180 s depois do fim do pré-movimento, de uma forma geral, a temperatura dos gases acima de 80 °C registava-se do lado da segurança, embora o ponto 9 m (zona de intersecção com a VHE-3, ou seja, primeiro local da VHE-2 a sofrer dos efeitos do incêndio) tenha registado a temperatura a 1,50 m de altura acima do pavimento. Aos 392 s as distâncias 9 a 11,25 m registaram a temperatura dos gases acima de 80 °C entre os 1,25 m e 1,50 m de altura acima do pavimento (Fig. B.27), o que se

traduz numa evacuação relativamente segura desde que os ocupantes se abaixassem 0,50 m em relação a altura de referência (1,75 m).

Por seu turno, a visibilidade (Fig. B.28) esteve do lado da segurança até aos 240 s, embora o ponto 11,25 m (junto à PE-2) tenha a registado nula. Aos 305 s enquanto evacuava o CCF o último ocupante dos 15 que saíram pela PE-1, pela PE-2 tinham evacuado o CCF 21 ocupantes, (Fig. B.24). Os 21 ocupantes percorreram a VHE-2, ao menos, as distâncias 9 m a 11,25 m, contudo, a visibilidade era nula para o referido trajeto, (Fig. B.28). Isto significa que, depois dos 240 s a PE-2 (localizada junto ao ponto 11,25 m) era invisível e o seu alcance obrigava caminhar através do fumo.

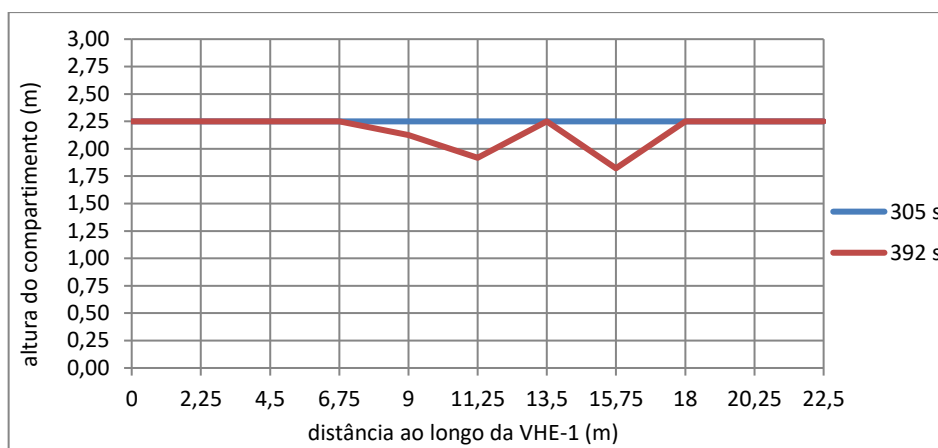


Figura B.25. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário\_SU\_FID6\_SCFR+30%.

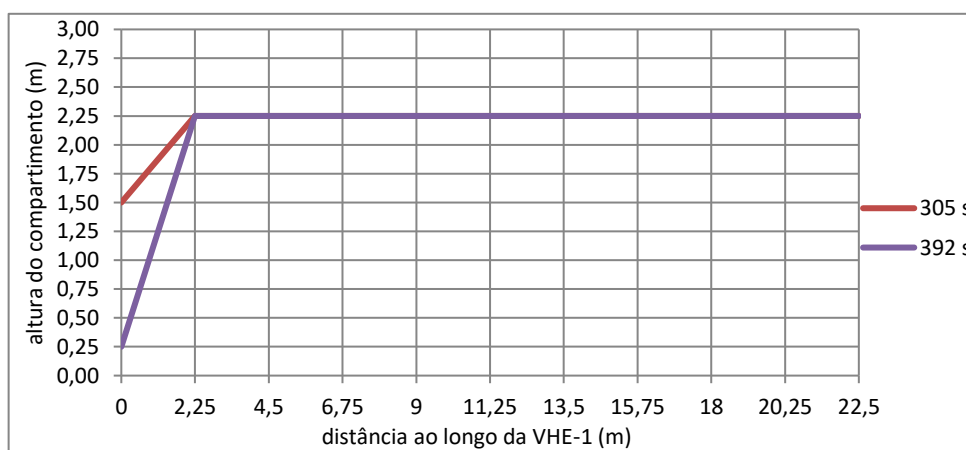


Figura B.26. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário\_SU\_FID6\_SCFR+30%.

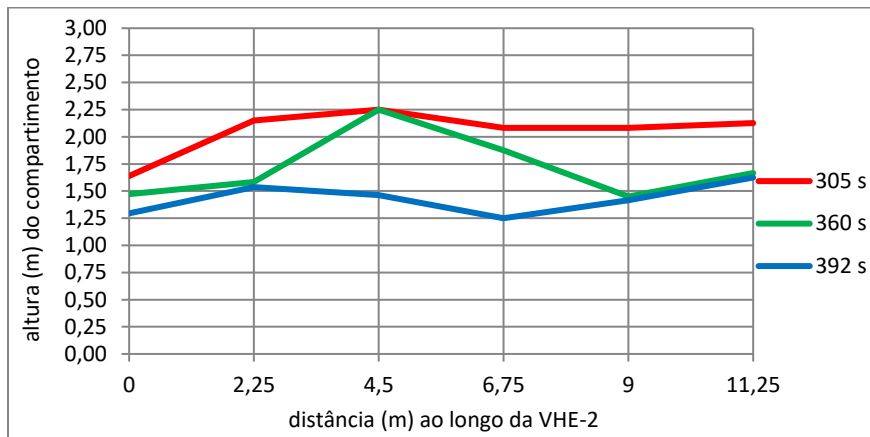


Figura B.27. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-2 para o cenário\_SU\_FID6\_SCFR+30%.

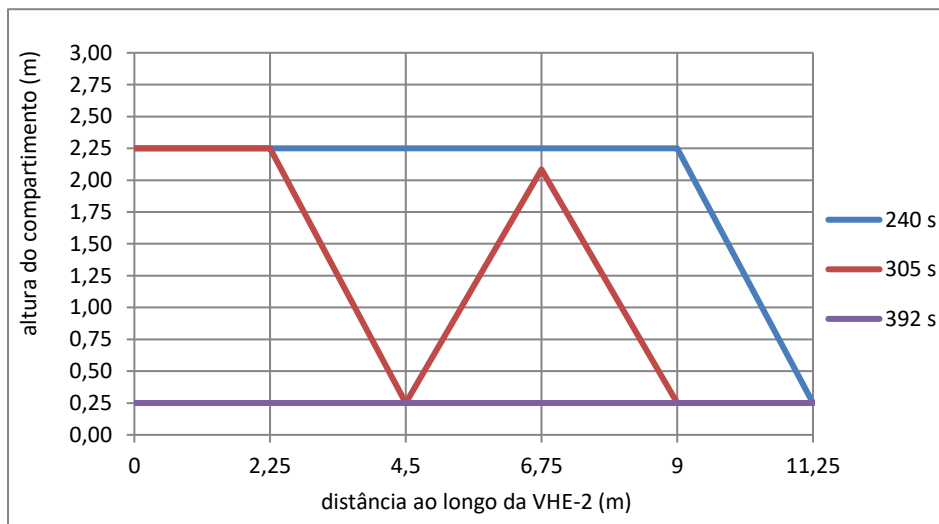


Figura B.28. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-2 para o cenário\_SU\_FID6\_SCFR+30%.

As Figuras B.29 e B.30 mostram o desenvolvimento da temperatura e visibilidade ao longo da VHE-3. Para a presente via de evacuação, o pré-movimento findou com a temperatura dos gases acima de 80 °C a 0,25 m abaixo da altura de referência (1,75 m) e a visibilidade a 0,75 m de altura do pavimento. Ao fim de 240 s os dois parâmetros, em análise, já não ofereciam condições para uma evacuação segura e rápida, (Fig. B.30).



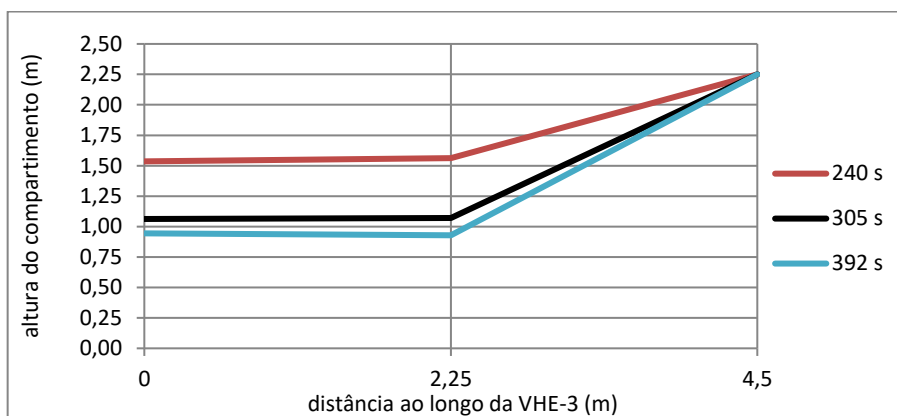


Figura B.29. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-3 para o cenário\_SU\_FID6\_SCFR+30%.

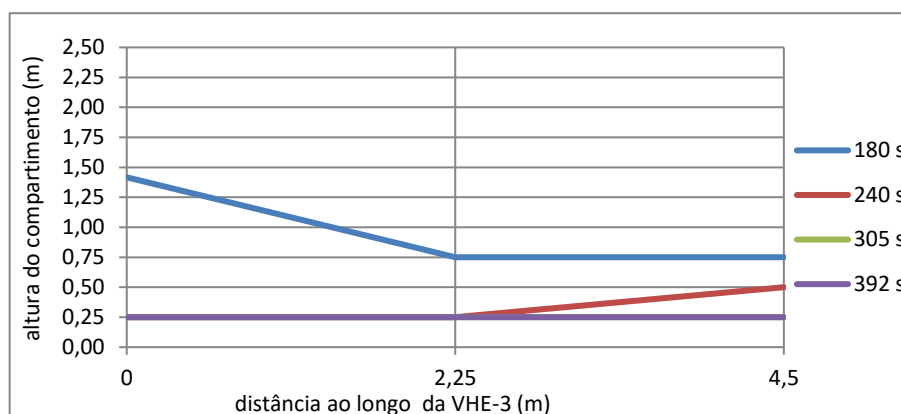


Figura B.30. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-3 para o cenário\_SU\_FID6\_SCFR+30%.

Atendendo que maior número dos ocupantes do compartimento estavam dependentes da VHE-3 para chegar a uma das duas portas de evacuação, porém encontrando-se a VHE-3 cheia de fumo desde o pré-movimento é obvio que, uma parte (neste caso 37%) dos ocupantes não evacuasse. A falta de visibilidade na VHE-3 criou congestionamento e muitos ocupantes provenientes da sala aberta e dos dois quartos não evacuaram o CCF. Por outro lado, pode-se afirmar que para o presente cenário as condições para evacuar de forma segura foram, principalmente, condicionadas pela falta da visibilidade registada na VHE-3 visto que, a temperatura não conta para efeitos de evacuação no FDS+Evac.

### Cenário\_SU\_FID6\_SCFR+60%

O cenário\_SU\_FID6\_SCFR+60% era constituído por 77 ocupantes, dos quais 17 saíram pela PE-1 sendo que, o último saiu passados 226 s da simulação (linhas a cheio e a tracejado a vermelho, respetivamente) e 38 saíram pela PE-2 com o último a evacuar o CCF decorridos 354 s (linhas a cheio e a tracejado a preto, respetivamente). Assim sendo, 55 (71%) ocupantes conseguiram sair do edifício e 22 (29%) não conseguiram.

Da análise dos 55 ocupantes que evacuaram o CCF, se assumiu que 21 deles ficaram feridos. Os ocupantes feridos saíram do CCF entre os intervalos 226 a 354 s da simulação, tempo no qual a Figura B.31 apresenta intermitência, o que foi deduzido como tendo sido velocidades de ocupantes feridos.

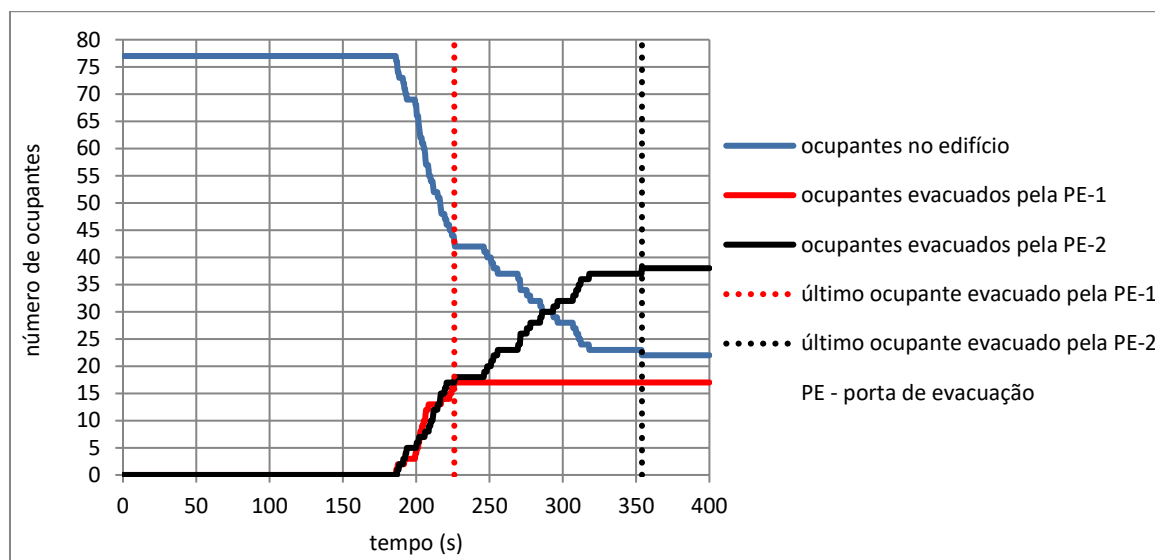


Figura B.31. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por PE para o cenário\_SU\_FID6\_SCFR+60%.

A temperatura dos gases acima de 80 °C, assim como a visibilidade de 10 m registadas ao longo da VHE-1, estiveram do lado da segurança, (Figs. B.32 e B.33).

Relativamente à temperatura e visibilidade registadas ao longo da VHE-2 constam das Figuras B.34 e B.35. Até à evacuação do CCF pelo último ocupante dos que conseguiram sair do edifício, a temperatura (Fig. B.34) registou-se do lado da segurança, mas a visibilidade (Fig. B.35) esteve do lado da segurança até aos 226 s. Aos 226 s a visibilidade oscilou, mas sem afetar significativamente a evacuação. Até aos 226 s de simulação, já tinham evacuado o CCF 34 ocupantes, dos quais 17 percorreram a VHE-2. Ao fim de 300 s de simulação, as distâncias 9 m a 11,25 m registaram uma visibilidade quase nula (Fig. B.35), logo, o alcance das PE tornou-se também quase impossível, porque só era possível caminhando através do fumo. Os últimos ocupantes a evacuar o CCF dos que conseguiram sair do edifício, o fizeram com a VHE-2 a registar visibilidade nula.

Ao longo da VHE-3 pode-se observar que, decorridos 226 s de simulação, a temperatura dos gases acima de 80 °C (Fig. B.36) registou-se do lado da segurança, já a visibilidade de 10 m (Fig. B.37) não oferecia condições favoráveis para uma evacuação segura desde aos 180 s. Isto é, o comportamento da visibilidade ao longo da VHE-3 condicionou a saída de 95% do efetivo (sala aberta-D3 e quartos-D4 e D5), uma vez que a percorreram sob visibilidade

diminuta. Os ocupantes das divisões em causa dependiam, exclusivamente da VHE-3 para chegar a uma das duas saídas de emergência do edifício.

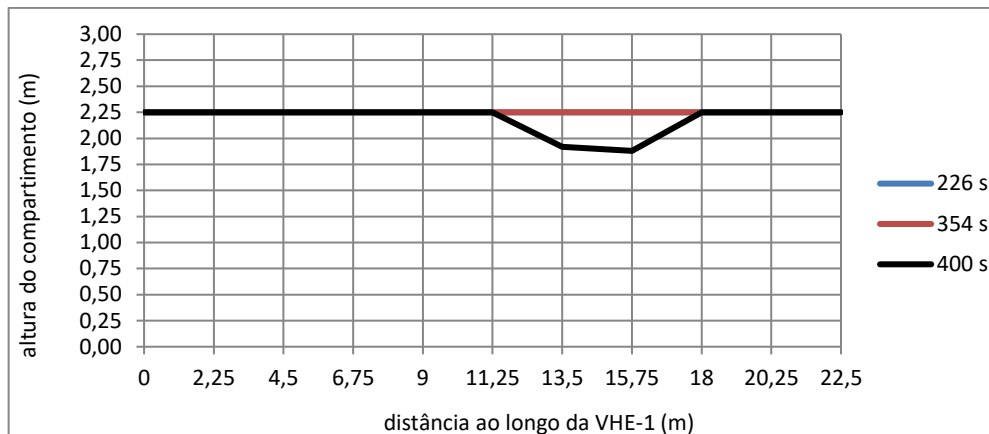


Figura B.32. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário\_SU\_FID6\_SCFR+60%.

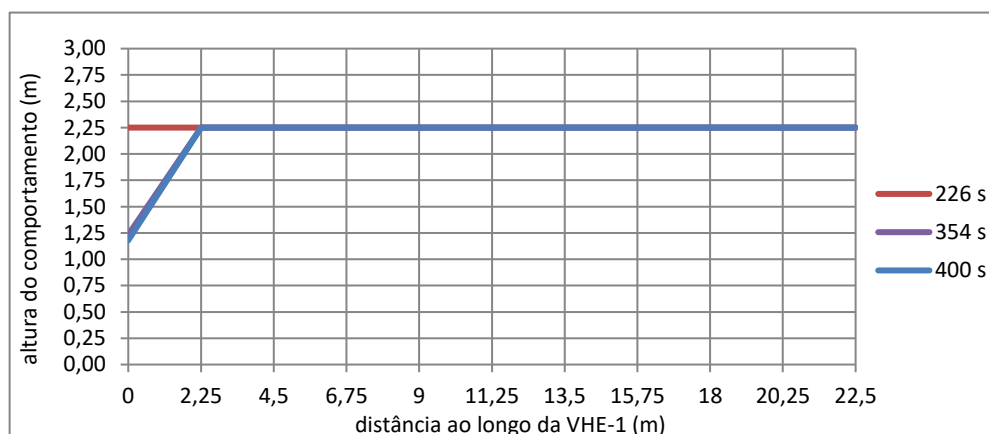


Figura B.33. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário\_SU\_FID6\_SCFR+60%.

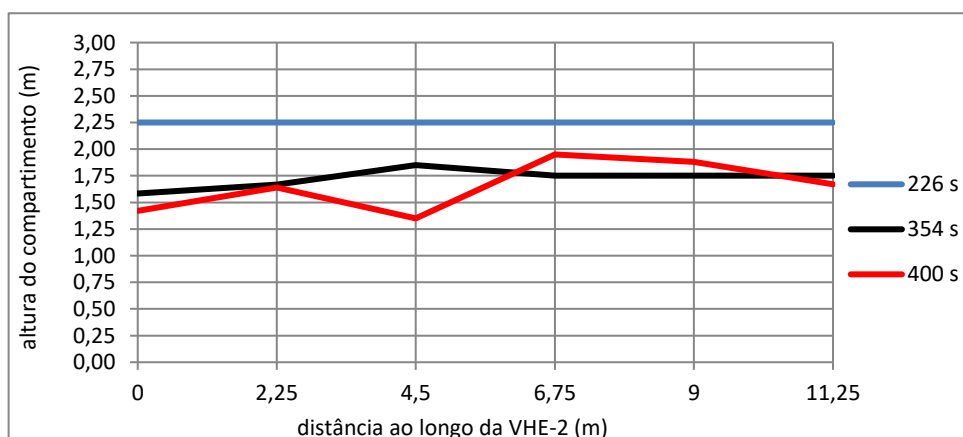


Figura B.34. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-2 para o cenário\_SU\_FID6\_SCFR+60%.

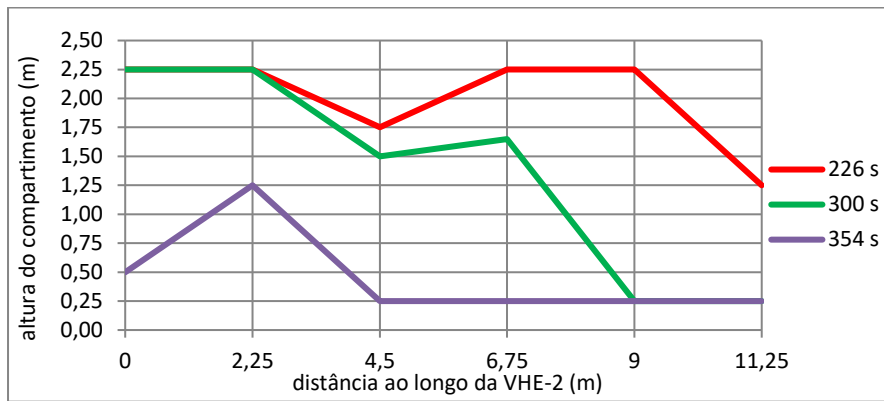


Figura B.35. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-2 para o cenário\_SU\_FID6\_SCFR+60%.

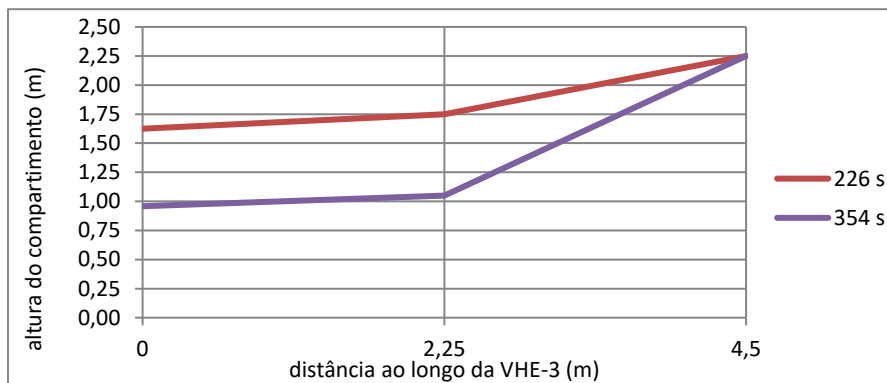


Figura B.36. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-3 para o cenário\_SU\_FID6\_SCFR+60%.

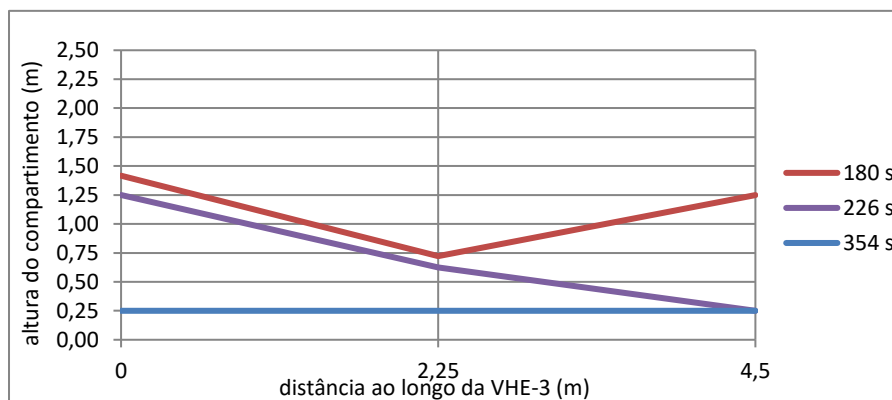


Figura B.37. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-3 para o cenário\_SU\_FID6\_SCFR+60%.

**B.2.3. Segundo foco de incêndio – cenários com nova porta de evacuação**

**Cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR**

O cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR era constituído por 48 ocupantes, distribuídos entre os gabinetes-D1 e D2, sala aberta-D3 e quartos-D4 e D5. Todos os 48 ocupantes saíram do CCF, segundo os dados do Quadro B.6 e Figura B.38.

Quadro B.6. Tempos de evacuação, por PE, dos últimos ocupantes a saírem do edifício, para o cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR.

Portas de evacuação	Ocupantes que saíram	Tempo em que o último ocupante saiu por PE [s]	Observações
PE-1	4	220	linhas a cheio e a tracejado a verde, Fig. B.38
NPE	44	300	linhas a cheio e a tracejado a preto, Fig. B.38
Total	40	-	o edifício evacuou em 180 s.

Do presente cenário assumiu-se que os 2 últimos ocupantes estavam feridos ou entraram em pânico e saíram do CCF por último. Da Figura B.38 observa-se que, a saída dos ocupantes teve um fluxo quase constante, todavia a evacuação do CCF pelos 2 últimos ocupantes observou intermitência.

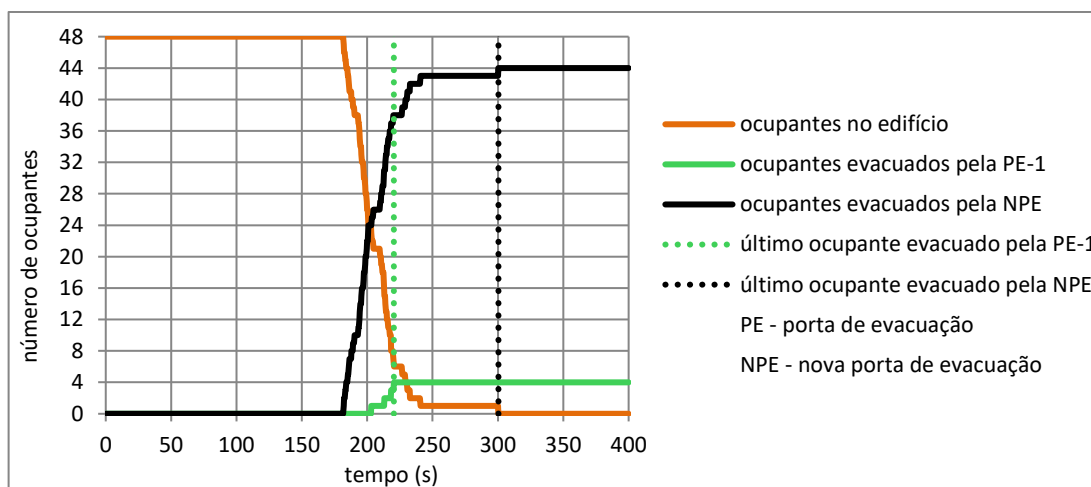


Figura B.38. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por PE para o cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR.

O fluxo para o cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR foi de  $F = 1,18 [p / s]$ , segundo a expressão B.1.

$$F = \frac{P}{T} \Leftrightarrow F = \frac{26}{204 - 182} \Leftrightarrow F = 1,18 [p/s] \tag{B.1}$$

A Figura B.39 apresenta a disposição dos ocupantes, assim como a propagação do fumo nos tempos do fim do pré-movimento e da evacuação do CCF pelos 2 últimos ocupantes, para o cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR.

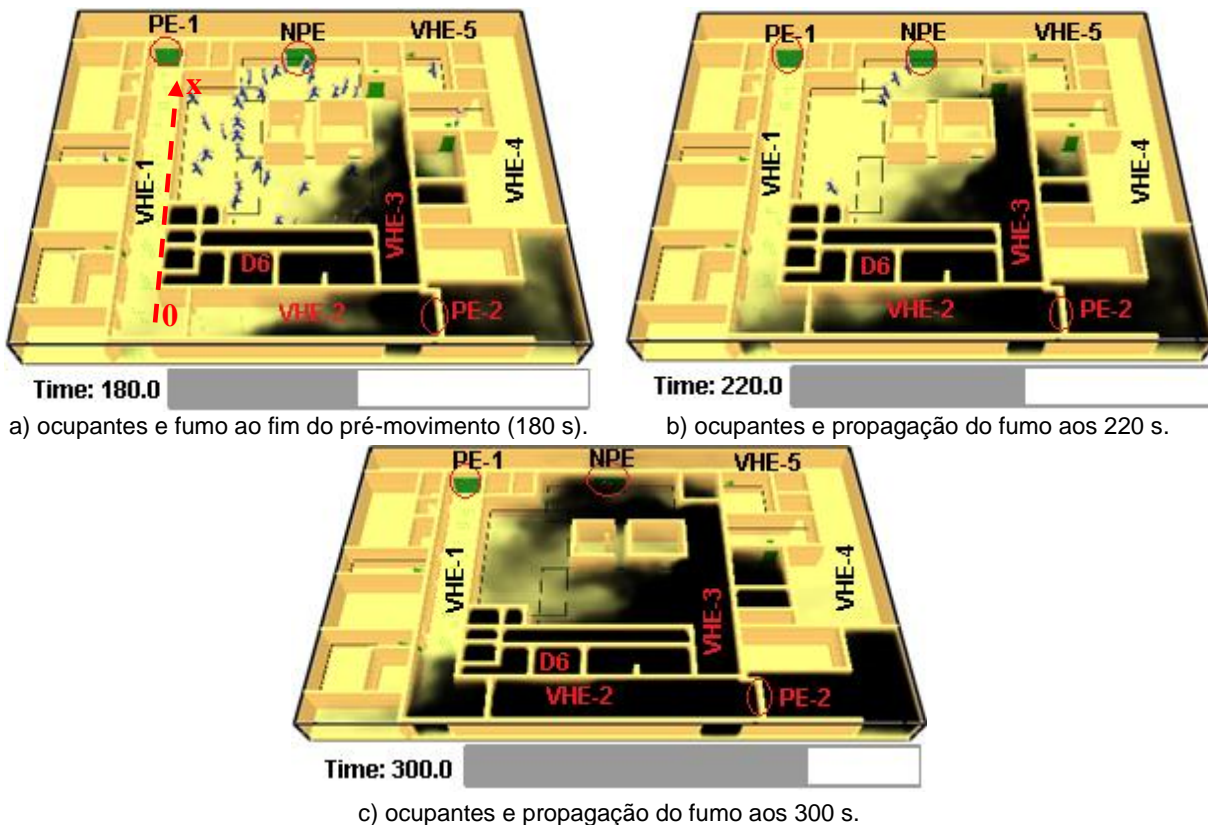


Figura B.39. Localização dos ocupantes e o comportamento do fumo para o cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR, nos instantes: a) 180 s; b) 220 s e c) 300 s.

Os parâmetros temperatura e visibilidade foram, entretanto, observados ao longo das três VHE, segundo ilustram as Figuras B.40; B.41; B.42; B.43; B.44 e B.45. Na VHE-1 a temperatura dos gases acima de 80 °C, assim como a visibilidade de 10 m (Figs. B.40 e B.41) registaram-se a altura de 2,25 m do pavimento, isto é, do lado da segurança. Em consequência, os 4 ocupantes que a percorreram para saírem pela PE-1 o fizeram em condições seguras de temperatura e visibilidade.

Durante a análise da Figura B.38 constatou-se que nenhum ocupante evacuou o CCF pela PE-2, logo, ninguém percorreu as VHE-2 e 3. Desta forma, dispensou-se uma análise profunda dos parâmetros temperatura e visibilidade para as duas vias de evacuação, porque não tiveram influência significativa para a evacuação dos ocupantes visto que, não foram usadas. Os ocupantes da sala aberta-D3, bem como dos quartos-D4 e D5 que supostamente podiam evacuar o CCF pela PE-2 saíram, todos, pela NPE, porque esta se localizava distante do foco do incêndio e em quase toda a simulação esteve livre do fumo, (Fig. B.39). O incêndio atingia em primeiro a VHE-3 e através desta propagava-se para a sala aberta-D3 e VHE-2. Este comportamento do fumo, por um lado, fez com que a VHE-3 ficasse cheia de fumo antes do fim do pré-movimento (Fig. B.45) e por outro lado, obrigou os ocupantes a não optarem pela via e por conseguinte a VHE-2. Em contrapartida, a VHE-1 (via que dá acesso direto à PE-1),

assim como a NPE estavam livres de fumo e de temperaturas altas, por isso foram a opção para fuga dos ocupantes (Fig. B.39).

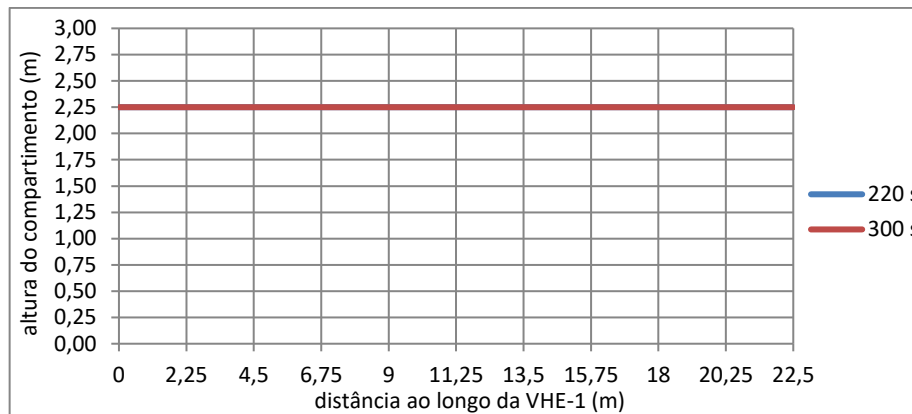


Figura B.40. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR.

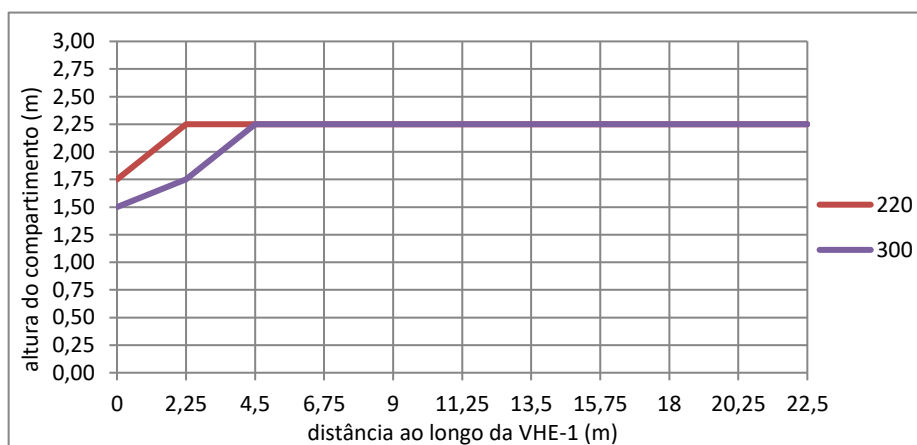


Figura B.41. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR.

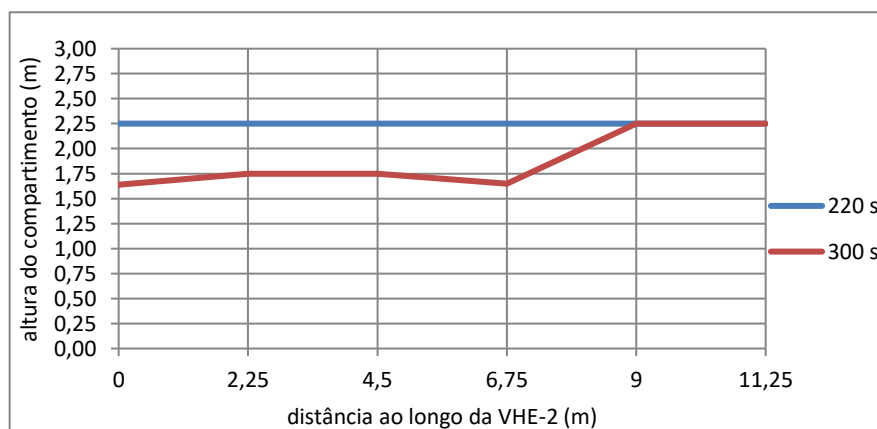


Figura B.42. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-2 para o cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR.

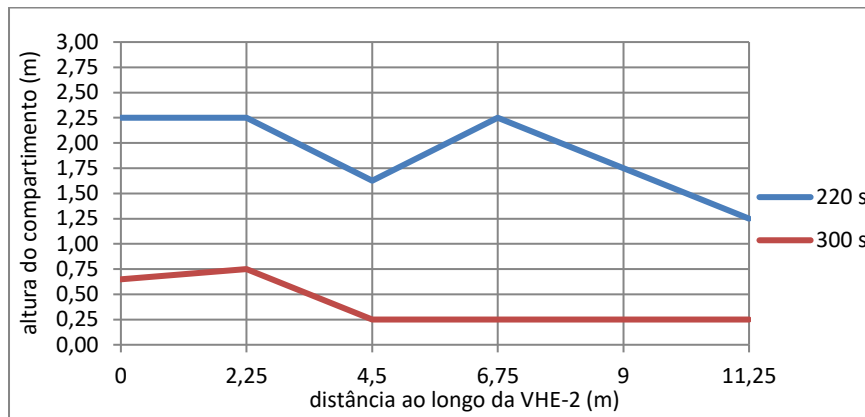


Figura B.43. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-2 para o cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR.

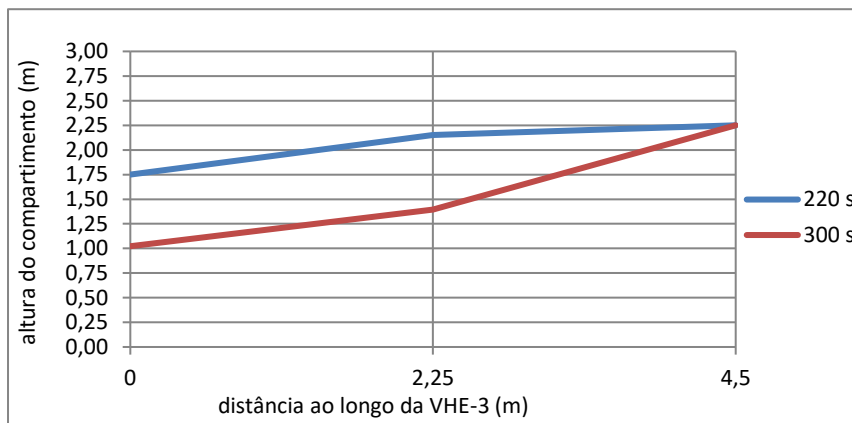


Figura B.44. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-3 para o cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR.

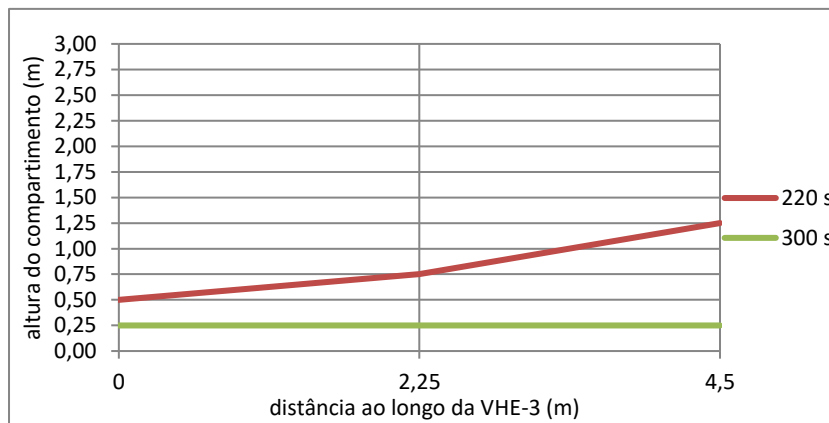


Figura B.45. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-3 para o cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR.



### Cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR+60%

O cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR+60% tinha 77 ocupantes, dos quais 18 saíram pela PE-1 (linha a cheio a roxo); 17 pela PE-2 (linha a cheio a vermelho) e 42 pela NPE (linha a cheio a preto). Dos que saíram pela PE-1, o último foi aos 272 s (linha a tracejado a roxo), pela PE-2 o último foi aos 296 s (linha a tracejado a vermelho) e pela NPE o último saiu aos 250 s (linha a cheio a preto), Figura B.46. O tempo de evacuação do CCF foi de 176 s.

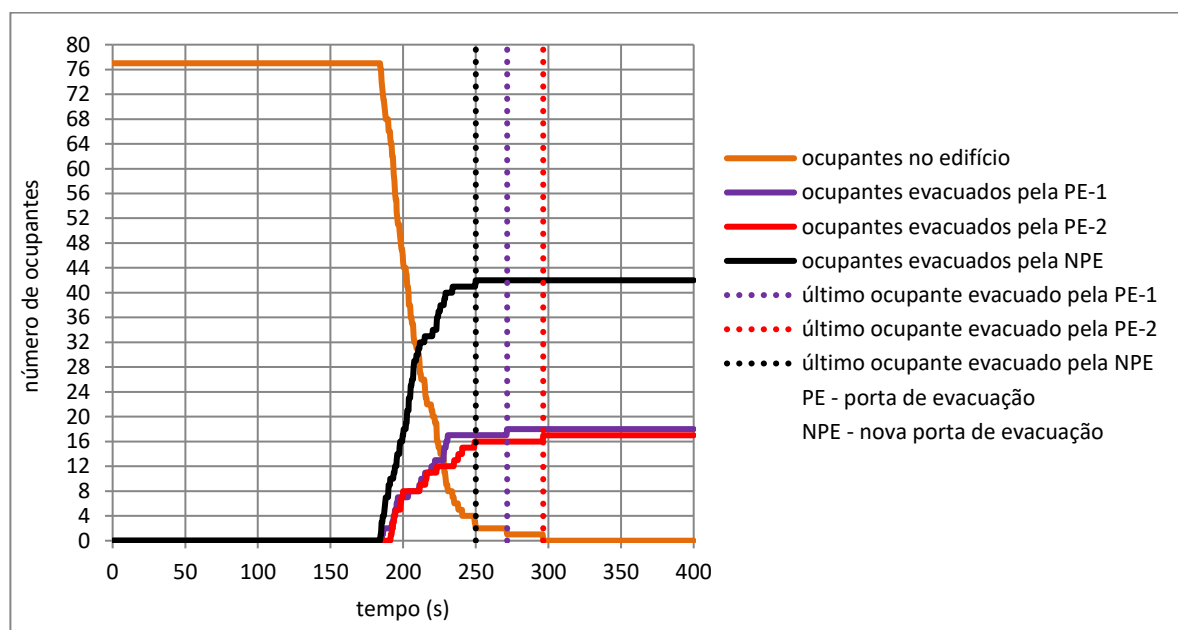


Figura B.46. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por PE para o cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR+60%.

Dos resultados da evacuação assumiu-se que, 3 ocupantes ficaram feridos pois, aos 250 s a evacuação observou intermitência, o que levou a deduzir que os ocupantes estavam feridos. Por outro lado, aos 250 s a visibilidade era nula para a PE-2, local por onde 2 dos 3 ocupantes saíram do CCF. O elevado número de ocupantes na sala aberta-D3, pode ter levado a fuga precipitada, consequentes quedas e ferimentos.

As Figuras B.47; B.48; B.49 e B.50 descrevem o desenvolvimento dos parâmetros temperatura e visibilidade ao longo das VHE-1 e 2. Em toda a VHE-1, quer a temperatura, quer a visibilidade se registaram do lado da segurança (Figs. B.47 e B.48), entretanto, na VHE-2 só a temperatura (Fig. B.49) se registou do lado da segurança. Por sua vez, a visibilidade na VHE-2 (Fig. B.50) registou-se do lado da segurança até ao fim do pré-movimento, porque decorridos 240 s de simulação se registou a 1,25 m de altura do pavimento, isto é, 0,50 m abaixo da altura mínima (1,75 m) adotada para o presente trabalho. Mas mesmo assim, ainda existiam condições mínimas para os ocupantes caminharem abaixados e melhor visualizarem o caminho de evacuação.

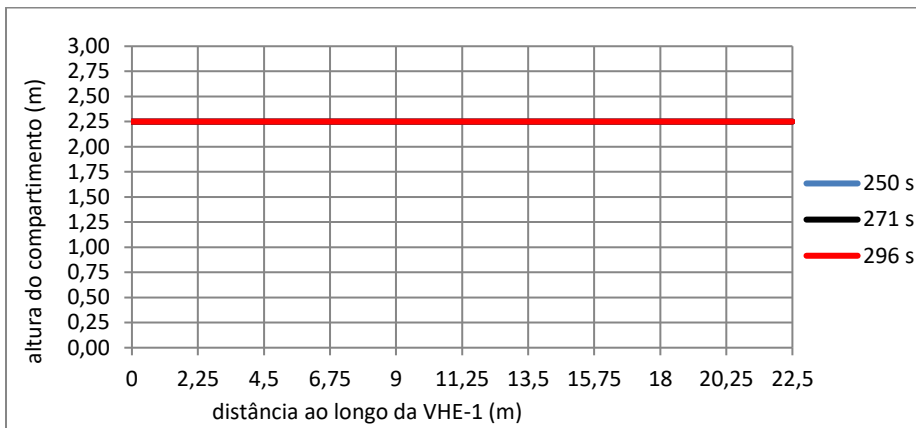


Figura B.47. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR+60%.

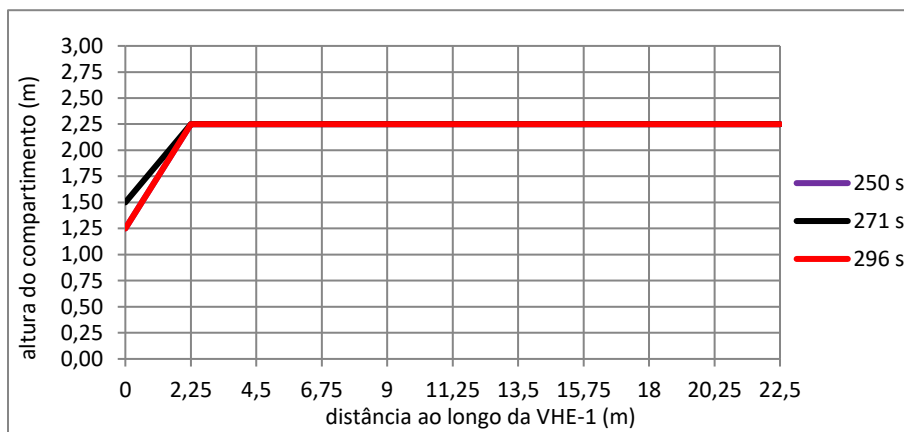


Figura B.48. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR+60%.

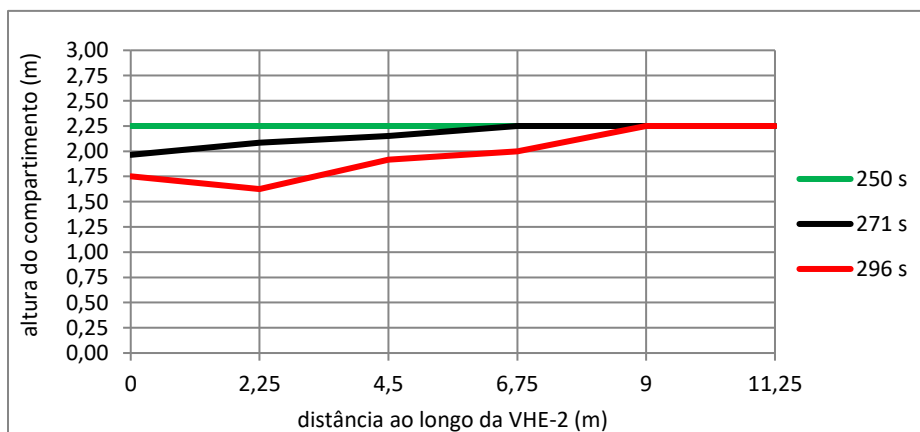


Figura B.49. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-2 para o cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR+60%.

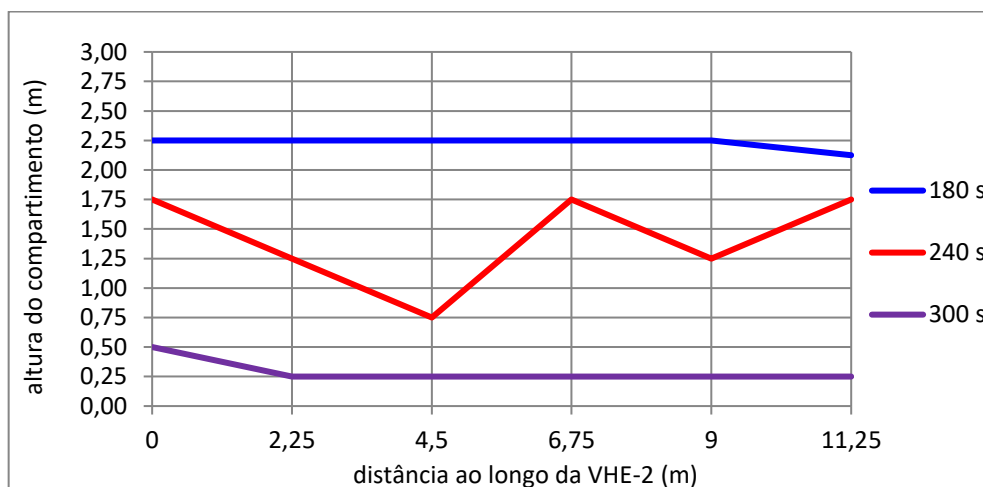


Figura B.50. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-2 para o cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR+60%.

Ao longo da VHE-3 a evolução temporal da temperatura e da visibilidade é mostrada pelas Figuras B.51 e B.52, respetivamente. Diferentemente das duas vias já analisadas, a VHE-3 era a primeira a sofrer do incêndio e seus efeitos. Logo, era expetável que em pouco tempo de incêndio, a via registasse temperaturas mais altas e visibilidade reduzida, relativamente às VHE-1 e 2, daí que decorridos 240 s de incêndio o ponto 0 m (zona da porta de acesso à VHE-2) registava a temperatura dos gases acima de 80 °C a 1,40 m de altura do pavimento (Fig. B.51) e visibilidade nula. Mas a esta altura faltavam por evacuar o CCF apenas 4 ocupantes, o que leva a afirmar que de um modo geral a evacuação ocorreu de forma segura. A maior parte dos ocupantes que eram supostos percorrerem a VHE-3 para evacuar o CCF, recorreram à NPE, visto que esta sempre registou a temperatura e a visibilidade do lado da segurança.

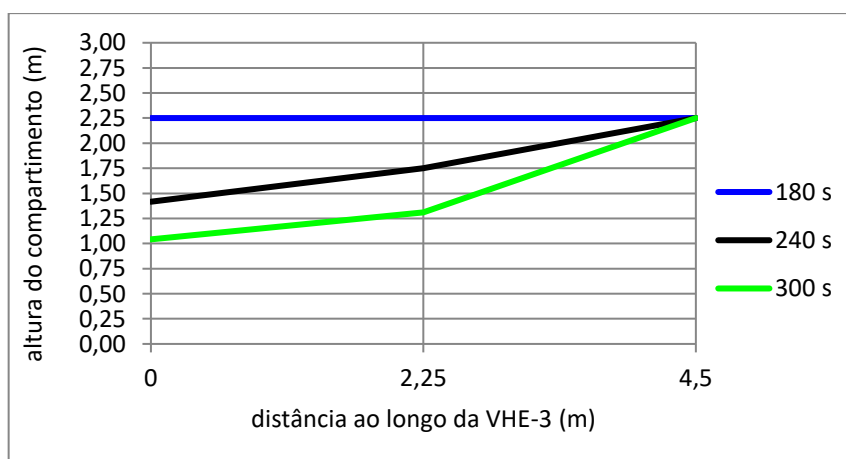


Figura B.51. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-3 para o cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR+60%.

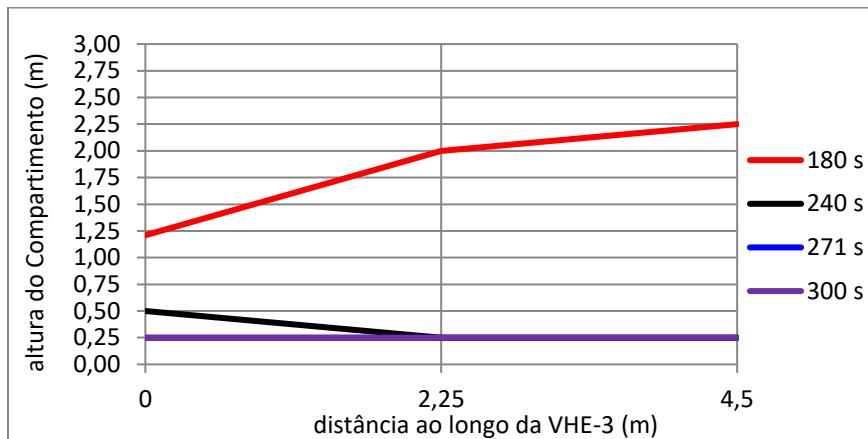


Figura B.52. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-3 para o cenário\_SU\_NPE\_FID6\_SCFR+60%.

### B.3. Compartimento Corta-Fogo Serviço de Internamentos

#### Cenário\_SI\_OLS\_FID12\_SCFR

O cenário\_SI\_OLS\_FID12\_SCFR tinha 76 (76%) ocupantes acamados e 24 (24%) não acamados. Dos 100 ocupantes existentes na simulação (linha a azul), 48 evacuaram o CCF pela PE-1 e o último foi aos 267 s (linhas a cheio e a tracejado a vermelho) e 52 pela PE-2 com o último a sair aos 347 s (linhas a cheio e a tracejado a preto), Figura B.53. O tempo de evacuação do CCF foi de 317 s.

Ao fim de 231 s o fluxo na PE-1 começou a ser intermitente e aos 306 s na PE-2, o que foi considerado como velocidade de ocupantes feridos, em número de 6. Os ocupantes provavelmente feriram-se quando entraram em pânico com o conhecimento da existência do incêndio.

No que tange à temperatura dos gases acima de 80 °C e visibilidade de 10 m registadas na VHE-1 constam das Figuras B.54 e B.55, respetivamente. Relativamente à temperatura pode-se dizer que, decorridos 240 s da simulação, de um modo geral, esteve do lado da segurança. Aos 267 s, evacuou o CCF o último ocupante dos que saíram pela PE-1, com a temperatura dos gases acima de 80 °C a registar-se a 1,50 m do pavimento entre as distâncias 0 a 18 m e a 2,25 m de altura do pavimento para o resto do caminho de evacuação, (Fig. B.54). Decorridos 347 s de simulação, evacuou o CCF o último ocupante, com a temperatura dos gases acima de 80 °C a registar-se a 1,25 m do pavimento, em alguma parte da VHE-1. Entretanto, a visibilidade de 10 m (Figura B.55) registou-se do lado da segurança.

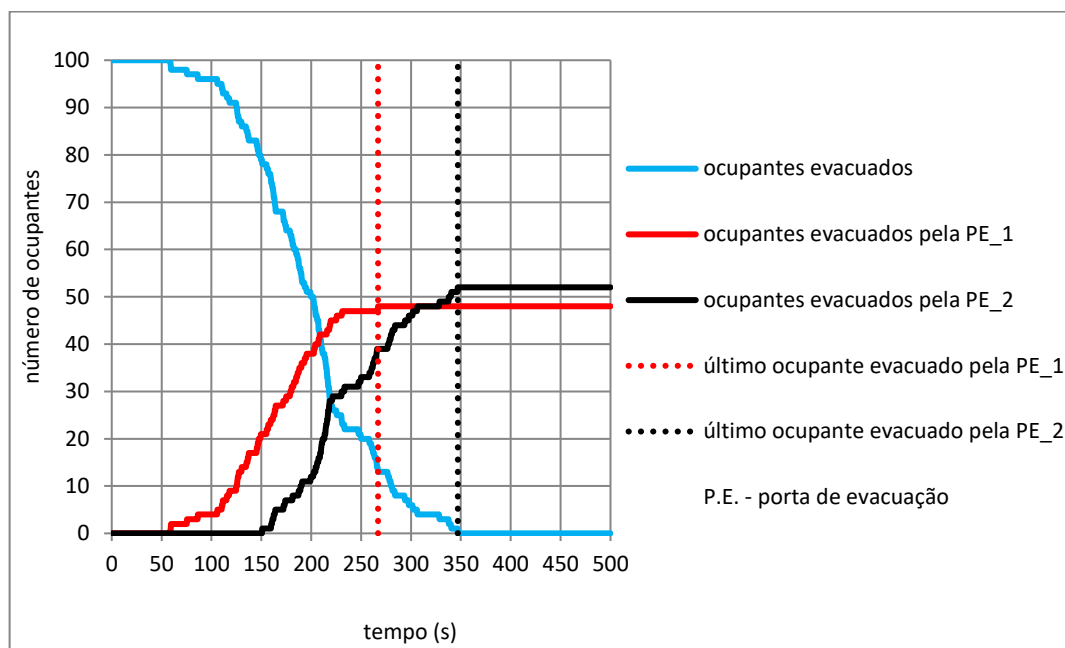


Figura B.53. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por PE para o cenário\_SI\_OLS\_FID12\_SCFR.

A Figura B.56 apresenta o comportamento da temperatura dos gases acima de 80 °C ao longo da VHE-2, donde se observa que aos 240 s se registou de uma forma geral, a 1,25 m de altura do pavimento. Com 267 s de incêndio decorridos registou-se a 1 m do pavimento entre as distâncias 0 m a 24,75 m e no restante da via de evacuação registou-se do lado da segurança. Mas de uma forma geral, a altura do registo da temperatura dos gases acima de 80 °C continuou a abaixar pelo que, decorridos 347 s da simulação registou-se a 0,75 m de altura do chão.

Relativamente à visibilidade, no intervalo entre as distâncias 0 m e 9 m, registou-se do lado da segurança, mas da distância 9 m em diante se registou a 1,25 m do pavimento. Este comportamento da visibilidade foi o mesmo nos três tempos (240 s, 267 s e 347 s) estudados (Fig. B.57). A distância 0 m está na PE-2, o que significa que era visível. A altura de 1,25 m foi registada na zona que mais sofreu do incêndio.

Não obstante, grande parte da VHE-2 ter registado o fumo a 1,25 m de altura, o CCF evacuou na totalidade, o que leva a concluir que, os ocupantes se abaixaram para melhor visualizarem o caminho de evacuação ou se guiarem pelos que iam em sua frente.

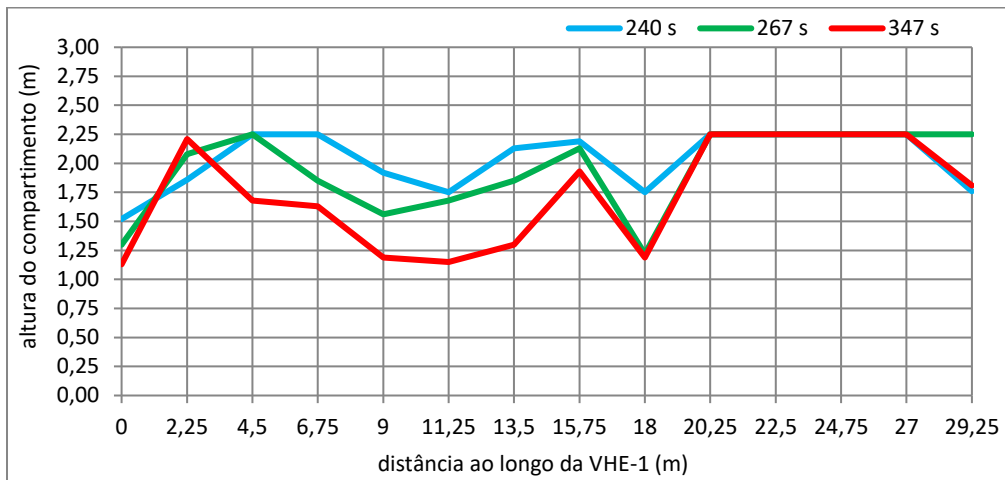


Figura B.54. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário\_SI\_OLS\_FID12\_SCFR.

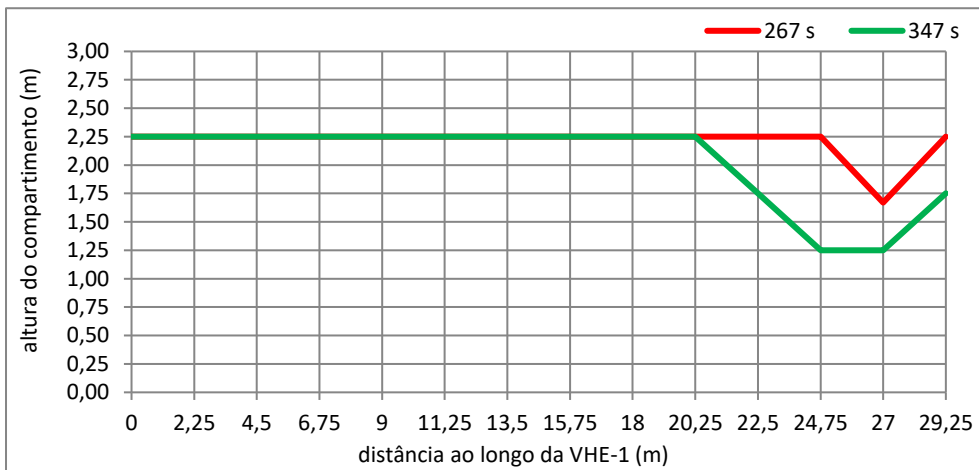


Figura B.55. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário\_SI\_OLS\_FID12\_SCFR.

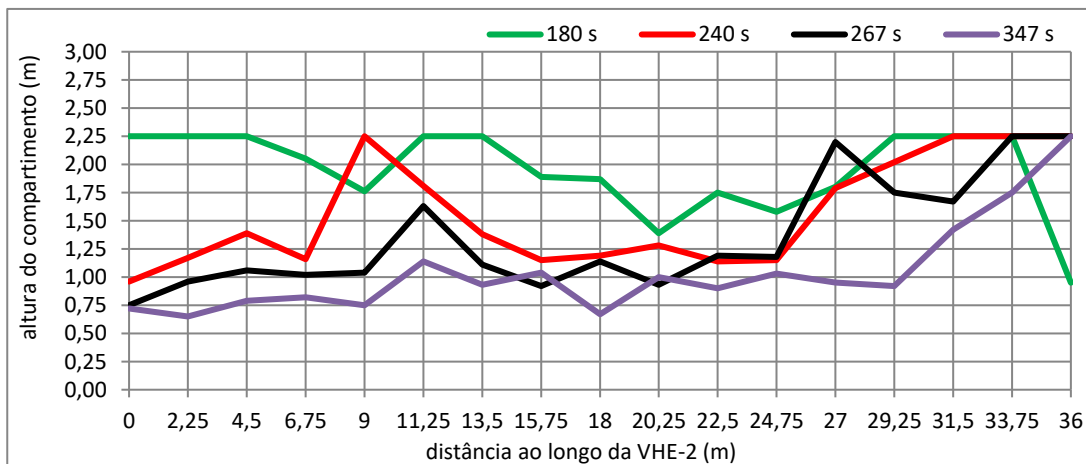


Figura B.56. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-2 para o cenário\_SI\_OLS\_FID12\_SCFR.

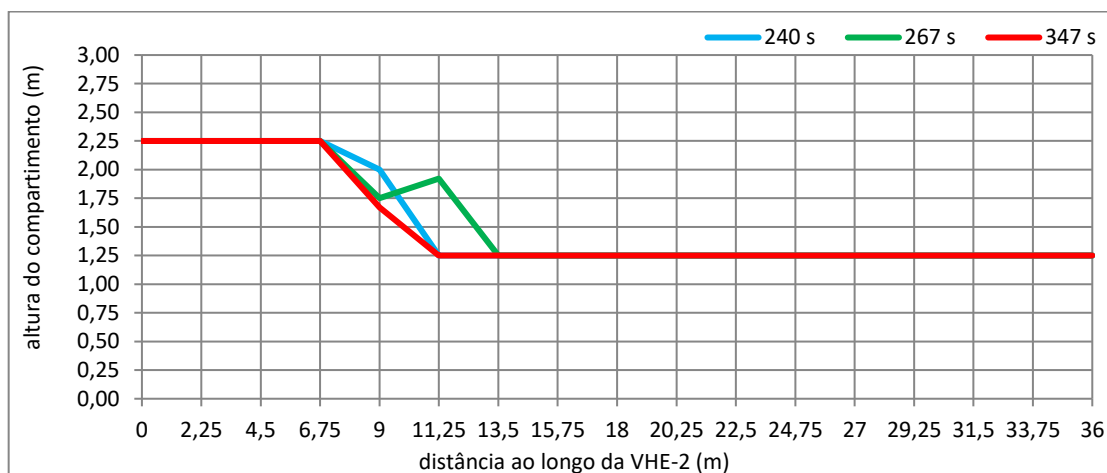


Figura B.57. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-2 para o cenário\_SI\_OLS\_FID12\_SCFR.

### Cenário\_SI\_ONS\_FID3\_SCFR

No cenário\_SI\_ONS\_FID3\_SCFR (Fig. B.58) todo o CCF evacuou pela PE-1 e o último ocupante transpôs a porta decorridos 382 s da simulação (linhas a cheio e tracejado a vermelho). O tempo de evacuação do cenário foi de 262 s.

A evacuação do compartimento registou-se, apenas, numa única porta de duas existentes, porque o pré-movimento findou com o caminho de evacuação que dava acesso à PE-2 em chamas e cheio de fumo, motivo pelo qual os ocupantes recorreram a PE-1, porque ainda oferecia condições para evacuar em segurança.

Decorridos 300 s da simulação a temperatura dos gases acima de 80 °C registava-se a 2,25 m de altura do pavimento, quase em toda a VHE-1. Aos 382 s de simulação registou-se a 1,30 m do pavimento, em alguns pontos da VHE-1, mas de forma geral registou-se acima de 1,75 m de altura do pavimento, Figura B.59.

Pelo comportamento da evacuação, assumiu-se que o presente cenário não registou feridos. O fluxo na saída de emergência foi de  $F = 0,27 [p / s]$ , segundo a expressão B.2.

$$F = \frac{P}{T} \Leftrightarrow F = \frac{90}{332} \Leftrightarrow F = 0,27 [p/s] \quad (B.2)$$

Decorridos 240 s de simulação a visibilidade de 10 m para a VHE-1 registou-se entre 1,75 a 2,25 m de altura do pavimento. Aos 240 s tinham evacuado o CCF 44 ocupantes de um total de 100. Ao fim de 300 s, isto é, 120 s depois do pré-movimento, mais da metade da VHE-1 registava a visibilidade a 1,25 m do pavimento e aos 382 s decorridos registava-a a uma cota de 1,25 m do pavimento, entre as distâncias 0 m a 20,25 m, Figura B.60.

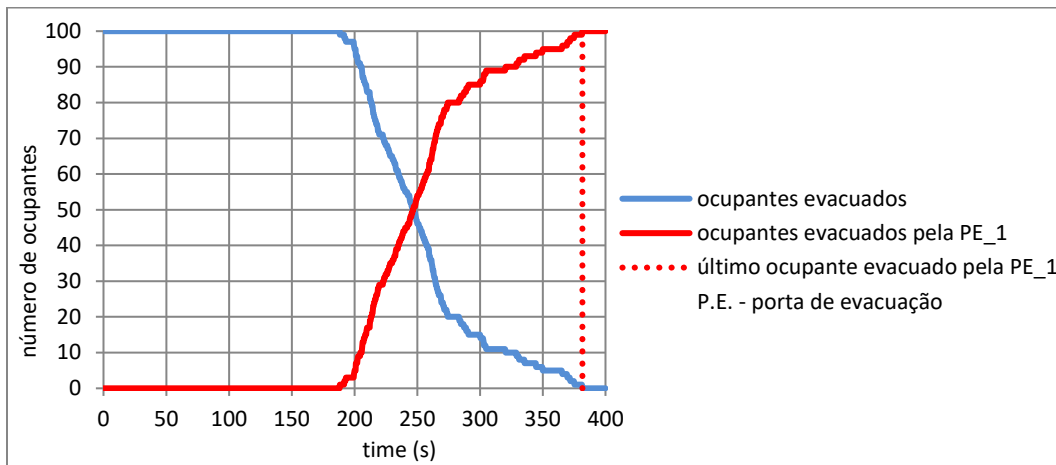


Figura B.58. Número de ocupantes que evacuaram o CCF, por PE para o cenário\_SI\_ONS\_FID3\_SCFR.

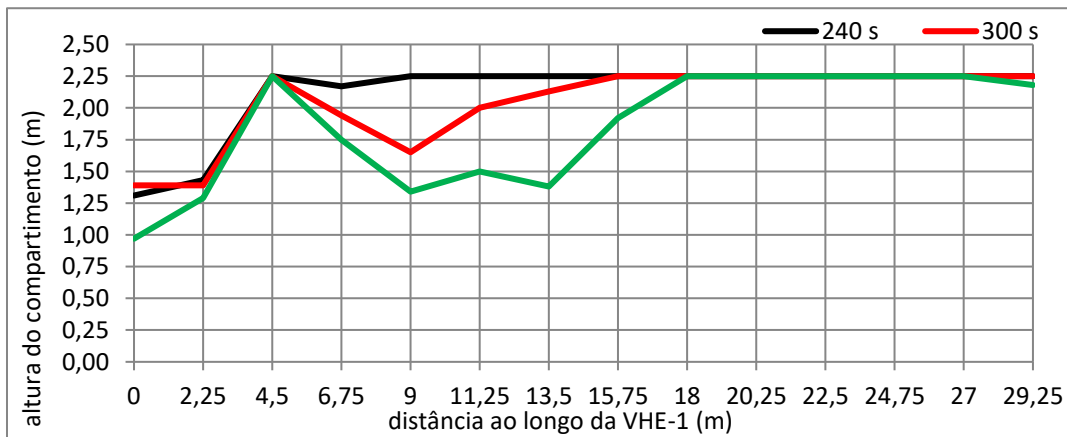


Figura B.59. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-1 para o cenário\_SI\_ONS\_FID3\_SCFR.

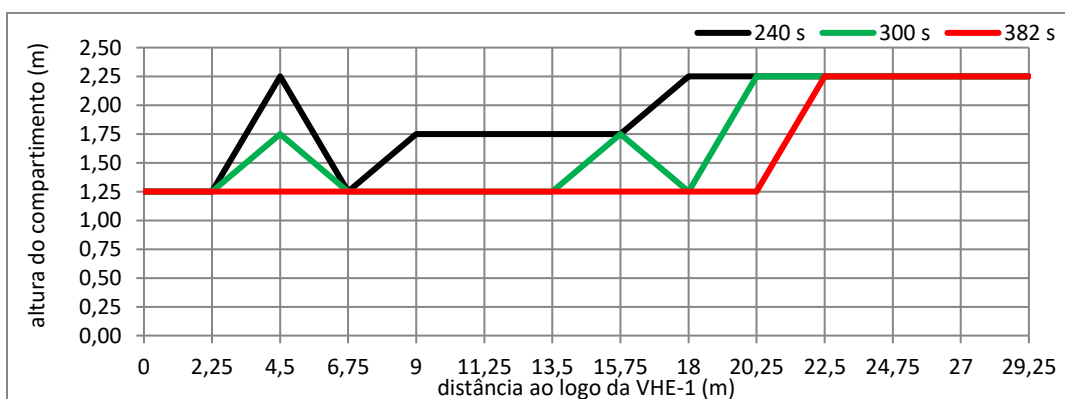


Figura B.60. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-1 para o cenário\_SI\_ONS\_FID3\_SCFR.

De um modo geral, para a VHE-2 a temperatura dos gases acima de 80 °C registou-se do lado da segurança, até aos 240 s da simulação, isto é, 60 s depois do pré-movimento. Entre os 300



e 382 s a temperatura teve quase o mesmo comportamento pois, registou-se a uma altura abaixo de 1,75 m do chão, na maior parte da VHE-2, Figura B.61. Por seu turno, a visibilidade de 10 m (Fig. B.62) registou-se aos 240 s da simulação abaixo de 1,75 m de altura do chão entre as distâncias 0 m a 9 m e de 9 m em diante registou-se do lado da segurança. Aos 300 s registou-se a 1,25 m da altura do pavimento entre as distâncias 0 m a 13,5 m e nas restantes distâncias do lado da segurança. Aquando da evacuação do último ocupante, aos 382 s registava-se a uma cota de 1,25 m do pavimento entre as distâncias 0 m a 24,75 m, e nas restantes distâncias a 2,25 m de altura do pavimento.

De sublinhar que, embora o pré-movimento tenha tido lugar com a PE-2 quase inacessível, o CCF evacuou na totalidade, porque a PE-1 localizava-se distante do foco do incêndio e esteve maior parte da simulação visível. Por outro lado, a PE-1 começou a registar a temperatura e visibilidade abaixo de 1,75 m do pavimento quando decorridos 300 s, isto é, com 74% do CCF evacuado.

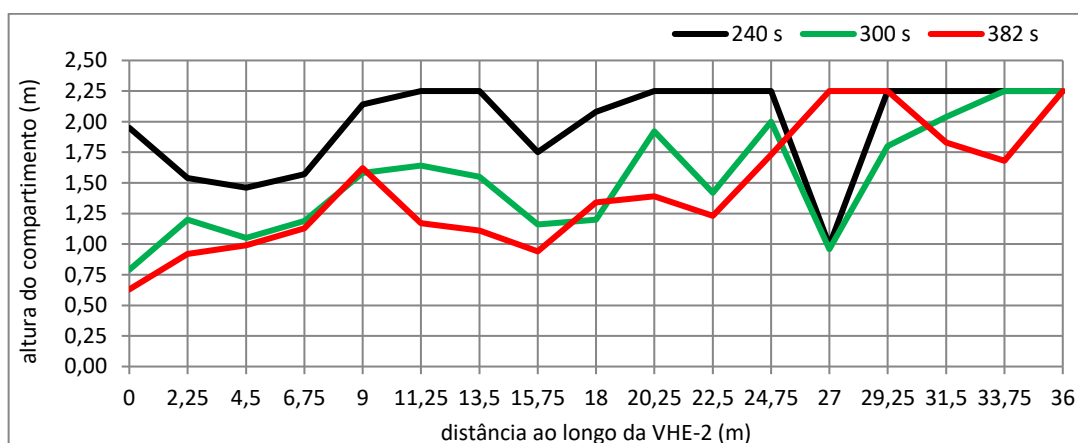


Figura B.61. Pontos à temperatura de 80 °C ao longo da VHE-2 para o cenário\_SI\_ONS\_FID3\_SCFR.

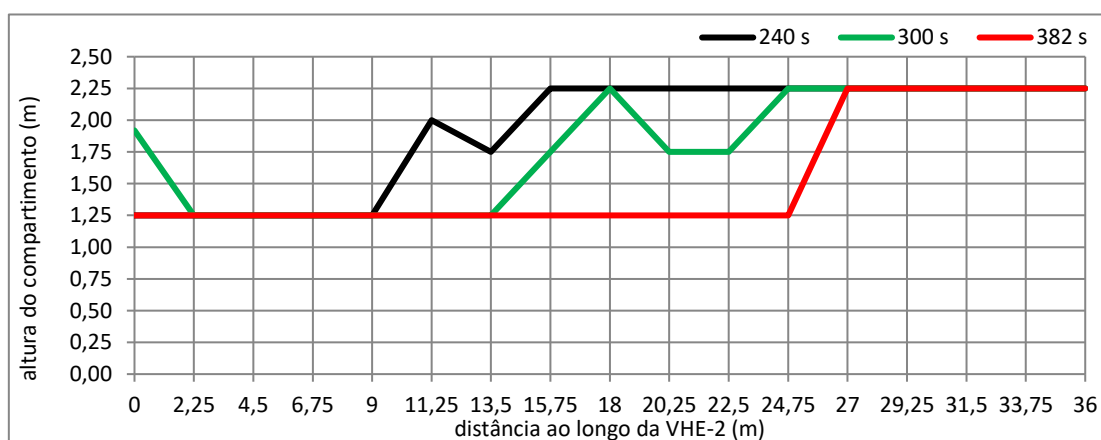


Figura B.62. Pontos da visibilidade de 10 m ao longo da VHE-2 para o cenário\_SI\_ONS\_FID3\_SCFR.

## APÊNDICE C – FOLHAS DE CÁLCULO EXCEL

### C.1. Cálculos com o método do Gretener

Quadro C.1. Cálculo do risco de incêndio segundo Gretener, para o BO.

<b>Edifício hospitalar (Bloco Operatório)</b>				
<b>PARÂMETROS</b>				
<b><i>Compartimento em estudo</i></b>		E. Hospitalar - Piso 1		
Tipo de construção		Z		
Comprimento característico (m)		l =	48,00	
Largura característica (m)		b =	25,00	
Área (m <sup>2</sup> )		AB=	1200,00	
Relação l/b		l/b=	2 : 1	
<b><i>Perigos potenciais</i></b>				
q	Carga de incêndio mobiliária	Q <sub>m</sub> =	280	1,10
c	Combustibilidade			1,40
r	Perigo de fumo			1,10
k	Perigo de corrosão			1,10
i	Carga de incêndio imobiliária			1,00
e	Nível do piso			1,00
g	Amplidão da superfície			0,70
P	PERIGO POTENCIAL	q.c.r.k.i.e.g	1,304	verifica
<b><i>Medidas de proteção</i></b>				
n <sub>1</sub>	Extintores portáteis			1,00
n <sub>2</sub>	Bocas de incêndio			1,00
n <sub>3</sub>	Abastecimento de água			1,00
n <sub>4</sub>	Tomadas de água exteriores			1,00
n <sub>5</sub>	Formação do pessoal			0,80
N	MEDIDAS NORMAIS	n <sub>1</sub> .n <sub>2</sub> .n <sub>3</sub> .n <sub>4</sub> .n <sub>5</sub>	0,800	não verifica
s <sub>1</sub>	Deteção de incêndio			1,45
s <sub>2</sub>	Transmissão do alerta			1,05
s <sub>3</sub>	Intervenção			1,00
s <sub>4</sub>	Tempo de intervenção			1,00
s <sub>5</sub>	Instalações de extinção			1,35
s <sub>6</sub>	Desenfumagem			1,20
S	MEDIDAS ESPECIAIS	s <sub>1</sub> .s <sub>2</sub> .s <sub>3</sub> .s <sub>4</sub> .s <sub>5</sub> .s <sub>6</sub>	2,466	verifica
f <sub>1</sub>	Resistência da estrutura	REI 60		1,30
f <sub>2</sub>	Resistência das fachadas	EI 60		1,15
f <sub>3</sub>	Separação entre pisos			1,20
f <sub>4</sub>	Células corta-fogo			1,20
F	MEDIDAS DE CONSTRUÇÃO	f <sub>1</sub> .f <sub>2</sub> .f <sub>3</sub> .f <sub>4</sub>	2,153	verifica
<b><i>Risco de incêndio efetivo</i></b>				
B	Fator exposição ao perigo	P/(N.S.F)	0,307	

Quadro C.1. Cálculo do risco de incêndio segundo Gretener, para o BO (cont.).

	<b>PARÂMETROS</b>			
A	Perigo de ativação		1,00	
R	RISCO DE INCÊNDIO EFECTIVO	B.A	0,307	não verifica
$p_{H,e}$	Exposição ao perigo das pessoas	$H = -$ $p = -$	0,60	
$R_u$	Risco limite admissível	$1.3 \cdot p_{H,e}$	0,78	
Segurança contra incêndio		$\gamma = R_u/R$	2,540	<b>verifica</b>

Quadro C.2. Cálculo do risco de incêndio segundo Gretener, para o SU.

<b>Edifício hospitalar (Urgências)</b>					
<b>PARÂMETROS</b>					
<b><u>Compartimento em estudo</u></b>			E. Hospitalar - Piso 0		
Tipo de construção			Z		
Comprimento característico (m)			l = 31,00		
Largura característica (m)			b = 26,00		
Área (m <sup>2</sup> )			AB = 806,00		
Relação l/b			l/b = 1 : 1		
<b><u>Perigos potenciais</u></b>					
	q	Carga de incêndio mobiliária	$Q_m = 280$	1,10	
	c	Combustibilidade		1,40	
	r	Perigo de fumo		1,10	
	k	Perigo de corrosão		1,10	
	i	Carga de incêndio imobiliária		1,00	
	e	Nível do piso		1,00	
	g	Amplidão da superfície		0,60	
	P	PERIGO POTENCIAL	q.c.r.k.i.e.g	1,118	verifica
<b><u>Medidas de proteção</u></b>					
	n <sub>1</sub>	Extintores portáteis		1,00	
	n <sub>2</sub>	Bocas de incêndio		1,00	
	n <sub>3</sub>	Abastecimento de água		1,00	
	n <sub>4</sub>	Tomadas de água exteriores		1,00	
	n <sub>5</sub>	Formação do pessoal		0,80	
	N	MEDIDAS NORMAIS	$n_1 \cdot n_2 \cdot n_3 \cdot n_4 \cdot n_5$	0,800	não verifica
	s <sub>1</sub>	Deteção de incêndio		1,45	
	s <sub>2</sub>	Transmissão do alerta		1,05	
	s <sub>3</sub>	Intervenção		1,00	
	s <sub>4</sub>	Tempo de intervenção		1,00	
	s <sub>5</sub>	Instalações de extinção		1,35	
	s <sub>6</sub>	Desenfumagem		1,20	
	S	MEDIDAS ESPECIAIS	$S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \cdot S_4 \cdot S_5 \cdot S_6$	2,466	verifica
	f <sub>1</sub>	Resistência da estrutura	REI 60	1,30	
	f <sub>2</sub>	Resistência das fachadas	EI 60	1,15	

Quadro C.2. Cálculo do risco de incêndio segundo Gretener, para o SU (cont.).

<b>PARÂMETROS</b>					
f <sub>3</sub>	Separação entre pisos			1,20	
f <sub>4</sub>	Células corta-fogo			1,20	
F	MEDIDAS DE CONSTRUÇÃO	f <sub>1</sub> .f <sub>2</sub> .f <sub>3</sub> .f <sub>4</sub>		2,153	verifica
<b>Risco de incêndio efetivo</b>					
B	Fator exposição ao perigo	P/(N.S.F)		0,263	
A	Perigo de ativação			1,00	
R	RISCO DE INCÊNDIO EFECTIVO	B.A		0,263	
p <sub>H,e</sub>	Exposição ao perigo das pessoas	H= - p = -		0,60	
R <sub>u</sub>	Risco limite admissível	1.3 . p <sub>H,e</sub>		0,78	
Segurança contra incêndio		$\gamma = R_u/R$		2,963	verifica

Quadro C.3. Cálculo do risco de incêndio segundo Gretener, para o SI.

<b>Edifício hospitalar (Enfermarias)</b>					
<b>PARÂMETROS</b>					
<b>Compartimento em estudo</b>					
		E. Hospitalar - Piso 1			
Tipo de construção		Z			
Comprimento característico (m)		l =	46,00		
Largura característica (m)		b =	23,00		
Área (m <sup>2</sup> )		AB=	1058,00		
Relação l/b		l/b =	2 : 1		
<b>Perigos potenciais</b>					
q	Carga de incêndio mobiliária	Q <sub>m</sub> =	280	1,10	
c	Combustibilidade			1,40	
r	Perigo de fumo			1,10	
k	Perigo de corrosão			1,10	
i	Carga de incêndio imobiliária			1,00	
e	Nível do piso			2,00	
g	Amplidão da superfície			0,60	
P	PERIGO POTENCIAL	q.c.r.k.i.e.g		2,236	verifica
<b>Medidas de proteção</b>					
n <sub>1</sub>	Extintores portáteis			1,00	
n <sub>2</sub>	Bocas de incêndio			1,00	
n <sub>3</sub>	Abastecimento de água			1,00	
n <sub>4</sub>	Tomadas de água exteriores			1,00	
n <sub>5</sub>	Formação do pessoal			0,80	
N	MEDIDAS NORMAIS	n <sub>1</sub> .n <sub>2</sub> .n <sub>3</sub> .n <sub>4</sub> .n <sub>5</sub>		0,800	não verifica
s <sub>1</sub>	Deteção de incêndio			1,45	
s <sub>2</sub>	Transmissão do alerta			1,05	
s <sub>3</sub>	Intervenção			1,00	
s <sub>4</sub>	Tempo de intervenção			1,00	
s <sub>5</sub>	Instalações de extinção			1,35	

Quadro C.3. Cálculo do risco de incêndio segundo Gretener, para o SI (cont.).

<b>PARÂMETROS</b>					
S <sub>6</sub>	Desenfumagem			1,20	
S	MEDIDAS ESPECIAIS	S <sub>1</sub> .S <sub>2</sub> .S <sub>3</sub> .S <sub>4</sub> .S <sub>5</sub> .S <sub>6</sub>		2,466	verifica
f <sub>1</sub>	Resistência da estrutura	REI	60	1,30	
f <sub>2</sub>	Resistência das fachadas	EI	60	1,15	
f <sub>3</sub>	Separação entre pisos			1,20	
f <sub>4</sub>	Células corta-fogo			1,20	
F	MEDIDAS DE CONSTRUÇÃO	f <sub>1</sub> .f <sub>2</sub> .f <sub>3</sub> .f <sub>4</sub>		2,153	verifica
<b>Risco de incêndio efetivo</b>					
B	Fator exposição ao perigo	P/(N.S.F)		0,526	
A	Perigo de ativação			1,45	
R	RISCO DE INCÊNDIO EFECTIVO	B.A		0,763	
p <sub>H,e</sub>	Exposição ao perigo das pessoas	H = -	p = -	0,60	
R <sub>u</sub>	Risco limite admissível	1.3 . p <sub>H,e</sub>		0,78	
Segurança contra incêndio		$\gamma = R_u/R$		1,022	<b>verifica</b>

Quadro C.4. Cálculo do risco de incêndio segundo Gretener, para os Laboratórios.

<b>Edifício hospitalar - Laboratórios</b>					
<b>PARÂMETROS</b>					
<b>Compartimento em estudo</b>					
E. Hospitalar- Piso 0					
Tipo de construção					
Z					
Comprimento característico (m)		l =	34,00		
Largura característica (m)		b =	15,00		
Área (m <sup>2</sup> )		AB =	510,00		
Relação l/b		l/b =	2 : 1		
<b>Perigos potenciais</b>					
q	Carga de incêndio mobiliária	Q <sub>m</sub> =	510	1,10	
c	Combustibilidade			1,60	
r	Perigo de fumo			1,10	
k	Perigo de corrosão			1,00	
i	Carga de incêndio imobiliária			1,00	
e	Nível do piso			1,00	
g	Amplidão da superfície			0,50	
P	PERIGO POTENCIAL	q.c.r.k.i.e.g		0,968	não verifica
<b>Medidas de proteção</b>					
n <sub>1</sub>	Extintores portáteis			1,00	
n <sub>2</sub>	Bocas de incêndio			1,00	
n <sub>3</sub>	Abastecimento de água			1,00	
n <sub>4</sub>	Tomadas de água exteriores			1,00	
n <sub>5</sub>	Formação do pessoal			0,80	
N	MEDIDAS NORMAIS	n <sub>1</sub> .n <sub>2</sub> .n <sub>3</sub> .n <sub>4</sub> .n <sub>5</sub>		0,800	não verifica
S <sub>1</sub>	Deteção de incêndio			1,45	
S <sub>2</sub>	Transmissão do alerta			1,10	

Quadro C.4. Cálculo do risco de incêndio segundo Gretener, para os Laboratórios (cont.).

S <sub>3</sub>	Intervenção		1,00	
<b>PARÂMETROS</b>				
S <sub>4</sub>	Tempo de intervenção		1,00	
S <sub>5</sub>	Instalações de extinção		1,35	
S <sub>6</sub>	Desenfumagem		1,20	
S	MEDIDAS ESPECIAIS	S <sub>1</sub> .S <sub>2</sub> .S <sub>3</sub> .S <sub>4</sub> .S <sub>5</sub> .S <sub>6</sub>	2,584	verifica
f <sub>1</sub>	Resistência da estrutura	REI 60	1,30	
f <sub>2</sub>	Resistência das fachadas	EI 60	1,15	
f <sub>3</sub>	Separação entre pisos		1,20	
f <sub>4</sub>	Células corta-fogo		1,20	
F	MEDIDAS DE CONSTRUÇÃO	f <sub>1</sub> .f <sub>2</sub> .f <sub>3</sub> .f <sub>4</sub>	2,153	verifica
<b>Risco de incêndio efetivo</b>				
B	Fator exposição ao perigo	P/(N.S.F)	0,218	
A	Perigo de ativação		1,45	
R	RISCO DE INCÊNDIO EFECTIVO	B.A	0,315	
p <sub>H,e</sub>	Exposição ao perigo das pessoas	H= - p = -	1,00	
R <sub>u</sub>	Risco limite admissível	1.3 · p <sub>H,e</sub>	1,30	
Segurança contra incêndio			$\gamma = R_u/R$	4,122 <b>verifica</b>

**C.2. Cálculos com o método do Frame**

Quadro C.5. Cálculo do risco de incêndio segundo Frame, para o BO.

Edifício	Hospitalar	<b>Bloco Operatório</b>	280 MJ/m <sup>2</sup>
R - Risco para os bens patrimoniais			FRAME
P - Risco Potencial			
fator de carga calorífica		q	1.08
fator de propagação		i	0.95
fator de geometria horizontal		g	0.90
fator dos andares		e	1.22
fator de ventilação		v	1.08
fator de acessibilidade		z	1.05
<b>P=q.i.g.e.v.z</b>		<b>P</b>	<b>1.29</b>
A - Risco Aceitável			
fator de ativação		a	0.00
fator de evacuação		t	0.17
fator de conteúdo		c	0.00
<b>A=1,6-a-t-c</b>	<b>A&gt;0,2</b>	<b>A≤1,6</b>	<b>A</b>
<b>1.43</b>			
D - Nível de Proteção			
Recursos de água			
		w1	0.00
		w2	0.00
	Wfixo	w3	0.00
		w4	3.00
		w5	0.00
		w	20.00
fator dos recursos de água		W	0.86
Proteção normal			
		n1	0.00
		n2	0.00
	Nvaria	n3	0.00

Quadro C.5. Cálculo do risco de incêndio segundo Frame, para o BO (cont.).

			n4	2.00
			n	2.00
fator de proteção normal			N	0.90
Proteção especial			s1	8.00
			s2	0.00
	Sfixo		s3	0.00
			s4	0.00
			s	8.00
fator de proteção especial			S	1.48
Resistência ao fogo			fs	90.00
			ff	60.00
	Ffixo		fd	60.00
			fw	60.00
			f	75.00
fator de resistência ao fogo			F	1.74
<b>D=W.N.S.F</b>			<b>D</b>	<b>2.00</b>
R - Risco para os bens patrimoniais				
<b>R=P/(A*D)</b>			<b>R (≤1)</b>	<b>0.45</b>
<u>R1 - Risco para os ocupantes</u>				
P1 - Risco Potencial				
P1=q.i.e.v.z			P1	1.700
A1 - Risco Aceitável				
fator ambiental			r	0.00
A1=1,6-a-t-r	A1>0,2	A1≤1,6	A1	1.43
D1 - Nível de Proteção				
Fuga			u1	8.00
			u2	4.00
			u3	4.00
			u4	3.00
			u5	4.00
			u	23.00
fator de fuga			U	3.07
D1=N.U			D1	2.76
R1 - Risco para os ocupantes				
<b>R1=P1/(A1*D1)</b>			<b>R1 (≤1)</b>	<b>0.43</b>
<u>R2 - Risco para as atividades</u>				
P2 - Risco Potencial				
P2=i.g.e.v.z			P2	1.20
A2 - Risco Aceitável				
fator de dependência			d	0.30
A2=1,6-a-c-d	A2>0,2	A2≤1,6	A2	1.30
D2 - Nível de Proteção				
Salvamento			y1	4.00
	Yfixo		y2	3.00
			y	7.00
fator de salvaguarda			Y	1.41
D2=W*N*S*Y			D2	1.61
R2 - Risco para as atividades				
<b>R2=P2/(A2*D2)</b>			<b>R2 (≤1)</b>	<b>0.57</b>

Quadro C.6. Cálculo do risco do incêndio segundo Frame, para o CCF SU

Edifício	Hospitalar	(Serviços de Urgências)		280 MJ/m <sup>2</sup>
R - Risco para os bens patrimoniais				FRAME
P - Risco Potencial				
fator de carga calorífica			q	1.08
fator de propagação			i	0.95
fator de geometria horizontal			g	0.82
fator dos andares			e	1.00
fator de ventilação			v	1.08
fator de acessibilidade			z	1.05
<b>P=q.i.g.e.v.z</b>			<b>P</b>	<b>0.96</b>
A - Risco Aceitável				
fator de ativação			a	0.00
fator de evacuação			t	0.20
fator de conteúdo			c	0.00
A=1,6-a-t-c	A>0,2	A≤1,6	A	1.40
D - Nível de Proteção				
Recursos de água				
			w1	10.00
			w2	4.00
	Wfixo		w3	0.00
			w4	3.00
			w5	3.00
			w	20.00
fator dos recursos de água			W	0.36
Proteção normal				
			n1	0.00
			n2	0.00
	Nvaria		n3	0.00
			n4	2.00
			n	2.00
fator de proteção normal			N	0.90
Proteção especial				
			s1	8.00
			s2	0.00
	Sfixo		s3	11.00
			s4	0.00
			s	19.00
fator de proteção especial			S	2.53
Resistência ao fogo				
			fs	60.00
			ff	60.00
	Ffixo		fd	60.00
			fw	0.00
			f	52.50
fator de resistência ao fogo			F	1.45
<b>D=W.N.S.F</b>			<b>D</b>	<b>1.18</b>
R - Risco para os bens patrimoniais				
<b>R=P/(A*D)</b>			<b>R (≤1)</b>	<b>0.58</b>
R1 - Risco para os ocupantes				
P1 - Risco Potencial				
P1=q.i.e.v.z			P1	1.700
A1 - Risco Aceitável				
fator ambiental			r	0.00
A1=1,6-a-t-r	A1>0,2	A1≤1,6	A1	1.20
D1 - Nível de Proteção				
Fuga			u1	8.00



Quadro C.6. Cálculo do risco de incêndio segundo Frame, para o SU (cont.).

			u2	4.00
			u3	4.00
			u5	2.00
			u	21.00
fator de fuga			U	2.79
<b>D1=N.U</b>			<b>D1</b>	<b>2.79</b>
<u>R1 - Risco para os ocupantes</u>				
<b>R1=P1/(A1*D1)</b>			<b>R1 (≤1)</b>	<b>0.51</b>
<u>R2 - Risco para as atividades</u>				
P2 - Risco Potencial				
P2=i.g.e.v.z			P2	0.89
A2 - Risco Aceitável				
fator de dependência			d	0.30
A2=1,6-a-c-d	A2>0,2	A2≤1,6	A2	1.30
D2 - Nível de Proteção				
Salvamento			y1	4.00
	Yfixo		y2	3.00
			y	7.00
fator de salvaguarda			Y	1.41
<b>D2=W*N*S*Y</b>			<b>D2</b>	<b>1.15</b>
<u>R2 - Risco para as atividades</u>				
<b>R2=P2/(A2*D2)</b>			<b>R2 (≤1)</b>	<b>0.59</b>

Quadro C.7. Cálculo do risco de incêndio segundo Frame, para o SI.

Edifício	Hospitalar	(Serviços de Internamentos/Enfermarias)	280 MJ/m2
R - Risco para os bens patrimoniais			FRAME
P - Risco Potencial			
fator de carga calorífica			q
fator de propagação			i
fator de geometria horizontal			g
fator dos andares			e
fator de ventilação			v
fator de acessibilidade			z
<b>P=q.i.g.e.v.z</b>			<b>P</b>
A - Risco Aceitável			
fator de ativação			a
fator de evacuação			t
fator de conteúdo			c
A=1,6-a-t-c	A>0,2	A≤1,6	A
D - Nível de Proteção			
Recursos de água			
			w1
			w2
	Wfixo		w3
			w4
			w5
			w
fator dos recursos de água			W
Proteção normal			
			n1
			n2
	Nvaria		n3
			n4

Quadro C.7. Cálculo do risco de incêndio segundo Frame, para o SI (cont.).

			n	2.00
fator de proteção normal			N	0.90
Proteção especial			s1	8.00
			s2	0.00
	Sfixo		s3	11.00
			s4	0.00
			s	19.00
fator de proteção especial			S	2.53
Resistência ao fogo			fs	90.00
			ff	60.00
	Ffixo		fd	60.00
			fw	60.00
			f	75.00
fator de resistência ao fogo			F	1.64
<b>D=W.N.S.F</b>			<b>D</b>	<b>1.34</b>
<b>R - Risco para os bens patrimoniais</b>				
<b>R=P/(A*D)</b>			<b>R (≤1)</b>	<b>0.54</b>
<b>R1 - Risco para os ocupantes</b>				
P1 - Risco Potencial				
P1=q.i.e.v.z			P1	1.700
A1 - Risco Aceitável				
fator ambiental			r	0.00
A1=1,6-a-t-r	A1>0,2	A1≤1,6	A1	1.43
D1 - Nível de Proteção				
Fuga			u1	8.00
			u2	4.00
			u3	4.00
			u4	3.00
			u5	4.00
			u	23.00
fator de fuga			U	3.07
D1=N.U			D1	2.76
<b>R1 - Risco para os ocupantes</b>				
<b>R1=P1/(A1*D1)</b>			<b>R1 (≤1)</b>	<b>0.43</b>
<b>R2 - Risco para as atividades</b>				
P2 - Risco Potencial				
P2=i.g.e.v.z			P2	1.20
A2 - Risco Aceitável				
fator de dependência			d	0.30
A2=1,6-a-c-d	A2>0,2	A2≤1,6	A2	1.30
D2 - Nível de Proteção				
Salvamento			y1	4.00
	Yfixo		y2	3.00
			y	7.00
fator de salvaguarda			Y	1.41
D2=W*N*S*Y			D2	1.15
<b>R2 - Risco para as atividades</b>				
<b>R2=P2/(A2*D2)</b>			<b>R2 (≤1)</b>	<b>0.80</b>

Quadro C.8. Cálculo do risco de incêndio segundo Frame, para os Laboratórios.

Edifício	Hospitalar	Laboratórios	500 MJ/m <sup>2</sup>	
<b>R - Risco para os bens patrimoniais</b>			<b>FRAME</b>	
<b>P - Risco Potencial</b>				
fator de carga calorífica			q	1.25
fator de propagação			i	1.05
fator de geometria horizontal			g	0.57
fator dos andares			e	1.00
fator de ventilação			v	1.11
fator de acessibilidade			z	1.05
<b>P=q.i.g.e.v.z</b>			<b>P</b>	<b>0.87</b>
<b>A - Risco Aceitável</b>				
fator de ativação			a	0.00
fator de evacuação			t	0.60
fator de conteúdo			c	0.00
<b>A=1,6-a-t-c</b>	<b>A&gt;0,2</b>	<b>A≤1,6</b>	<b>A</b>	<b>1.00</b>
D - Nível de Proteção				
Recursos de água			w1	10.00
			w2	4.00
Wfixo			w3	0.00
			w4	3.00
			w5	3.00
			w	20.00
fator dos recursos de água			<b>W</b>	<b>0.36</b>
Proteção normal			n1	0.00
			n2	0.00
Nvaria			n3	0.00
			n4	2.00
			n	2.00
fator de proteção normal			<b>N</b>	<b>0.90</b>
Proteção especial			s1	8.00
			s2	0.00
Sfixo			s3	11.00
			s4	0.00
			s	19.00
fator de proteção especial			<b>S</b>	<b>2.53</b>
Resistência ao fogo			fs	90.00
			ff	60.00
Ffixo			fd	60.00
			fw	60.00
			f	75.00
fator de resistência ao fogo			<b>F</b>	<b>1.64</b>
<b>D=W.N.S.F</b>			<b>D</b>	<b>1.34</b>
<b>R - Risco para os bens patrimoniais</b>				
<b>R=P/(A*D)</b>			<b>R (≤1)</b>	<b>0.65</b>
<u>R1 - Risco para os ocupantes</u>				
P1 - Risco Potencial				
P1=q.i.e.v.z			<b>P1</b>	<b>1.700</b>
A1 - Risco Aceitável				
fator ambiental			r	0.00
<b>A1=1,6-a-t-r</b>	<b>A1&gt;0,2</b>	<b>A1≤1,6</b>	<b>A1</b>	<b>1.20</b>
D1 - Nível de Proteção				
Fuga			u1	8.00

Quadro C.8. Cálculo do risco de incêndio segundo Frame, para os Lab (cont.).

			u2	4.00
			u3	4.00
			u4	3.00
			u5	4.00
			u	23.00
fator de fuga			U	3.07
<b>D1=N.U</b>			<b>D1</b>	<b>2.79</b>
<u>R1 - Risco para os ocupantes</u>				
<b>R1=P1/(A1*D1)</b>			<b>R1 (≤1)</b>	<b>0.51</b>
<u>R2 - Risco para as atividades</u>				
P2 - Risco Potencial				
P2=i.g.e.v.z			<b>P2</b>	<b>0.70</b>
A2 - Risco Aceitável				
fator de dependência			d	0.21
A2=1,6-a-c-d	A2>0,2	A2≤1,6	<b>A2</b>	<b>1.39</b>
<u>D2 - Nível de Proteção</u>				
Salvamento			y1	4.00
	Yfixo		y2	3.00
			y	7.00
fator de salvaguarda			Y	1.41
D2=W*N*S*Y			<b>D2</b>	<b>1.15</b>
<u>R2 - Risco para as atividades</u>				
<b>R2=P2/(A2*D2)</b>			<b>R2 (≤1)</b>	<b>0.44</b>