



M 2016

# DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO NUMÉRICA DO MÉTODO CHICHORRO DE AVALIAÇÃO DE RISCO DE INCÊNDIO DE EDIFÍCIOS

**RICARDO JORGE SOUSA FERREIRA**  
DISSERTAÇÃO DE Mestrado APRESENTADA  
À FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO EM  
ENGENHARIA CIVIL – ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

# **DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO NUMÉRICA DO MÉTODO CHICHORRO DE AVALIAÇÃO DE RISCO DE INCÊNDIO DE EDIFÍCIOS**

**RICARDO JORGE SOUSA FERREIRA**

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

---

Orientador: Professor Doutor Miguel Jorge Chichorro Gonçalves

---

Coorientador: Mestre André Gomes Ferreira Araújo Correia

FEVEREIRO DE 2016

## **MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2015/2016**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ [miec@fe.up.pt](mailto:miec@fe.up.pt)

*Editado por*

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ [feup@fe.up.pt](mailto:feup@fe.up.pt)

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil – 2015/2016 – Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2016.*

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

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Aos meus pais e avós

*If it's me against 48, I feel sorry for the 48.*

*Margaret Thatcher*



## AGRADECIMENTOS

Felizmente, ao longo do meu percurso académico, estive rodeado de pessoas fantásticas, que me ajudaram a superar todos os obstáculos que encontrei. O espaço dedicado a esta secção é limitado, não me permitindo agradecer devidamente a todos da forma como deveria. Deixo algumas palavras de agradecimento a alguns, não esquecendo nunca todos os outros:

- Ao Professor Miguel Chichorro Gonçalves, pelo interesse e paciência demonstrados nas longas e inúmeras reuniões mas, sobretudo, por toda a ajuda, disponibilidade e partilha de conhecimentos essenciais para a presente dissertação e certamente para a minha vida.
- Ao Engenheiro André Correia, pela fantástica coorientação e, em especial, pela enorme amizade ao longo dos últimos anos, tornado possível o meu trabalho na presente dissertação.
- Ao meu amigo André Costa, por toda a ajuda no desenvolvimento do *software* da presente dissertação, uma área onde eu não tinha qualquer experiência até ao momento e, acima de tudo, pela longa amizade.
- À Susana, por toda a ajuda, pela paciência e carinho demonstrados ao longo do meu percurso até aqui. Sei que sem ela todo este caminho teria sido muito mais difícil.
- A todos os meus colegas e amigos, pelos inúmeros momentos de diversão e companheirismo que vivemos juntos. Não os consigo contar de tantos que foram e ainda bem que assim foi! Torna-se impossível individualizar, mas agradeço a todos.
- À minha família, por todo o apoio que me deu ao longo dos anos.
- Aos meus avós, simplesmente, por tudo. Não há palavras para descrever o quanto lhes agradeço.
- E, por fim, aos meus pais, sem eles não teria sido possível chegar até aqui. A força e confiança que me deram foram os pilares fundamentais deste percurso.

A todos, um enorme obrigado!



## RESUMO

Os incêndios urbanos são notícia recorrente no dia a dia, principalmente dos centros urbanos históricos, locais de grande valor patrimonial histórico, bem como, habitação de várias famílias. Estes locais, devido à sua morfologia são frequentemente sujeitos a incêndios que se propagam a edifícios vizinhos resultando em consideráveis prejuízos. Incêndios que colocam em risco não só o património histórico, cujo valor inerente é muito importante para a identidade da própria cidade e da sua população mas, sobretudo, a vida humana.

Desta forma, torna-se não só necessário como também prioritário conhecer e perceber o Risco de Incêndio dos edifícios inseridos nos centros urbanos, principalmente os mais antigos, recorrendo a metodologias de avaliação de risco. E também estudar o tema sobre como é que, adotando medidas de intervenção, se pode mitigar e controlar os efeitos destruidores dos incêndios urbanos assegurando uma maior segurança contra incêndio nos edifícios.

A presente dissertação pretende, assim, contribuir para o desenvolvimento do método de avaliação de Risco de Incêndio, CHICHORRO 2.0 (Cálculo Holístico do Risco de Incêndio da Construção e Habilitada Otimização da sua Redução com Obras). Pretende-se ainda desenvolver um *software* que torne a aplicação do método fácil e intuitiva, tornando os resultados mais compreensíveis para os técnicos da segurança contra incêndios em edifícios.

Devido à complexidade da metodologia proposta, tornou-se imperativo o desenvolvimento de um modelo numérico, em linguagem de programação *Visual Basic*, que permitisse uma mais fácil e intuitiva utilização. Visto que o modelo anterior permitia apenas a análise para alguns edifícios e alguns deles com dados limitados, este novo modelo vem permitir ao utilizador uma introdução de dados contínua, tornando mais rigoroso o cálculo do valor do Risco de Incêndio. Simultaneamente, aproveitou-se esta melhoria do modelo para incluir e melhorar algumas questões relacionadas com a vasta complexidade dos fenómenos físicos associados ao fogo e à combustão.

Após concluído o modelo numérico e depois de inúmeras simulações, foi possível, através de uma primeira análise de sensibilidade, propor várias alterações ao método de avaliação de risco. Através da versatilidade do modelo foi também possível a correção dos Casos-Tipo existentes, associados às Utilizações-Tipo.

De modo a ratificar os valores resultantes da aplicação do método, foi feita a avaliação do Risco de Incêndio dos dez edifícios pertencentes ao Quarteirão das Aldas no Centro Histórico do Porto, comparando ainda estes valores do Risco de Incêndio com outro método de análise de risco. Todos os edifícios foram classificados de acordo com uma escala de classificação de Risco de Incêndio proposta. Para estes edifícios foram ainda propostas várias medidas ativas e passivas de intervenção definidas no método de forma a reduzir o Risco de Incêndio em cada um deles.

Finalmente, foi ainda concretizada uma carta de classificação de Risco de Incêndio para todos os edifícios do Centro Histórico do Porto, que haviam sido alvo de análise em dissertações anteriores, com este método atualizado e revisto.

**PALAVRAS-CHAVE:** Incêndio urbano, Edifícios existentes, Análise de risco, CHICHORRO 2.0, Modelação numérica.



## ABSTRACT

Urban fires are routine news, mainly when they occur in historical urban centres, which have high historical heritage value and are home of several families. Due to their morphology, these cities are often ravaged by fires that extend to adjacent buildings. These situations cause significant damage, endangering not only the historical heritage, with highly symbolic values for both the city's identity and population, but also and essentially human lives.

Thus, there is a requirement and priority to know and understand the fire risk of buildings within urban centres, mainly older ones, using risk assessment methods. It is also important to study how could the devastating effects of urban fires be mitigated and controlled through intervention measures, thus assuring greater safety against fires in buildings.

Therefore, this dissertation aims to contribute to the development of the fire risk assessment method CHICHORRO 2.0 (abbreviation that stands for: holistic estimate of construction fire risk and qualified optimization of its reduction with construction works). It also aims to develop a software that helps making the application easy to use and intuitive, by making its results more understandable for technicians working in safety against fires in buildings.

Due to the complexity of the proposed methodology, it became imperative to develop a numerical model, in Visual Basic programming language, in order to obtain that easier and intuitive use. Since the previous model only allowed the analysis of some buildings and some of them could only be analysed with limited data, this new model provides the user with continuous data entry, offering a more precise estimation of the fire risk value. At the same time, this improvement of the model also involved including and enhancing some features related with the vast complexity of fire and combustion physical phenomena.

With the numerical model completed, and after numerous simulations, it was possible, with a first sensitivity analysis, to propose several changes to the risk assessment method. Due to the model's versatility, it was also possible to correct existent standard cases associated with standard uses.

In order to correct the values resultant from the method's application, fire risk assessment of ten building from the *Quarteirão das Aldas* in the Historical Centre of Porto was carried out, and these fire risk values were compared with other risk analysis method. All of these buildings were classified according to a proposed fire risk classification scale. Several active and passive intervention measures established with the method were also proposed for these buildings, so as to reduce the fire risk in each of them.

Finally, this updated and revised method was used to elaborate a fire risk classification letter for each building of the Historical Centre of Porto that had been analysed in previous dissertations.

**KEYWORDS:** Urban fires, Buildings, Risk analysis, CHICHORRO 2.0, mathematical modelling.



## ÍNDICE GERAL

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	i
<b>RESUMO</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1. MOTIVAÇÃO .....	1
1.2. OBJETIVOS .....	2
1.3. ORGANIZAÇÃO DA TESE .....	2
<b>2. ESTADO DA ARTE</b> .....	3
2.1. INTRODUÇÃO .....	3
2.2. HISTÓRICO DE INCÊNDIOS URBANOS E SUAS CONSEQUÊNCIAS .....	3
2.2.1. INTRODUÇÃO .....	3
2.2.2. INCÊNDIOS HISTÓRICOS EM PORTUGAL .....	3
2.2.3. INCÊNDIOS DEFLAGRADOS, EM PORTUGAL, NO DECURSO DA ELABORAÇÃO DA PRESENTE DISSERTAÇÃO .....	4
2.2.4. INCÊNDIOS DEFLAGRADOS, NO MUNDO, NO DECURSO DA ELABORAÇÃO DA PRESENTE DISSERTAÇÃO .....	5
2.3. CONCEITO DE ANÁLISE DE RISCO .....	5
2.4. MÉTODOS DE ANÁLISE DE RISCO DE INCÊNDIO .....	7
2.4.1. INTRODUÇÃO .....	7
2.4.2. MÉTODO DE GREENER .....	7
2.4.3. ARICA .....	9
2.4.4. MÉTODO MARIE&FEUP .....	12
2.4.5. MÉTODO MARIEE .....	14
2.4.6. MÉTODO CHICHORRO .....	16
2.5. ENQUADRAMENTO LEGAL .....	18
2.5.1. INTRODUÇÃO .....	18
2.5.2. DECRETO-LEI N.º 220/2008, REGIME JURÍDICO DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS, RJ-SCIE .....	18
2.5.2.1. Utilizações-Tipo (UT) .....	18
2.5.2.2. Locais de Risco .....	19
2.5.2.3. Categorias de Risco (CR) .....	19
2.5.3. PORTARIA N.º 1532/2008, REGULAMENTO TÉCNICO DA SCIE, RT-SCIE .....	19

2.5.3.1. Condições exteriores.....	20
2.5.3.2. Comportamento ao fogo, isolamento e proteção .....	20
2.5.3.3. Condições de evacuação .....	20
2.5.3.4. Instalações técnicas .....	21
2.5.3.5. Equipamentos e sistemas de segurança .....	21
2.5.3.6. Organização e gestão da segurança .....	21
2.5.4. DECRETO-LEI N.º 224/2015, REGIME JURÍDICO DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS, RJ-SCIE .....	21
<b>3. AVALIAÇÃO DE RISCO DE INCÊNDIO DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO CHICHORRO 2.0.....</b>	<b>23</b>
<b>3.1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>23</b>
<b>3.2. RISCO DE INCÊNDIO .....</b>	<b>23</b>
3.2.1. DEFINIÇÃO DE RISCO DE INCÊNDIO .....	23
3.2.2. RISCO DE INCÊNDIO ACEITÁVEL.....	26
<b>3.3. DESCRIÇÃO DOS FATORES PARCIAIS ASSOCIADOS AO MÉTODO CHICHORRO 2.0.....</b>	<b>28</b>
3.3.1. INTRODUÇÃO.....	28
3.3.2. FATORES PARCIAIS ASSOCIADOS AO FATOR GLOBAL – PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE INCÊNDIO (POI) .....	28
3.3.3. FATORES PARCIAIS ASSOCIADOS AO FATOR GLOBAL – CONSEQUÊNCIAS TOTAIS DE INCÊNDIO (CTI).....	29
3.3.3.1. Introdução.....	29
3.3.3.2. Consequências Parciais de Incêndio no Cenário de Incêndio (CPI <sub>CI</sub> ).....	29
3.3.3.3. Consequências Parciais de Incêndio na Via Horizontal de Evacuação (CPI <sub>VHE</sub> ) .....	29
3.3.3.4. Consequências Parciais de Incêndio na Via Vertical de Evacuação (CPI <sub>VVE</sub> ).....	30
3.3.4. FATORES PARCIAIS ASSOCIADOS AO FATOR GLOBAL – DESENVOLVIMENTO E PROPAGAÇÃO DE INCÊNDIO (DPI).....	30
3.3.5. FATORES PARCIAIS ASSOCIADOS AO FATOR GLOBAL – EFICÁCIA E SOCORRO NO COMBATE AO INCÊNDIO (ESCI) .....	30
<b>3.4. FATOR GLOBAL – PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DO INCÊNDIO (POI) .....</b>	<b>31</b>
3.4.1. DESCRIÇÃO GERAL DO FATOR GLOBAL – PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DO INCÊNDIO (POI) .....	31
<b>3.5. FATOR GLOBAL – CONSEQUÊNCIAS TOTAIS DO INCÊNDIO (CTI) .....</b>	<b>32</b>
3.5.1. DESCRIÇÃO GERAL DO FATOR GLOBAL – CONSEQUÊNCIAS TOTAIS DO INCÊNDIO (CTI) ....	32
3.5.2. FATOR PARCIAL – CONSEQUÊNCIAS DE INCÊNDIO ASSOCIADAS AO CENÁRIO DE INCÊNDIO (CPI <sub>CI</sub> ).....	34
3.5.2.1. Introdução.....	34

3.5.2.2. Descritores associados ao Fator Parcial – Consequências de incêndio associadas ao Cenário de Incêndio ( $CPI_{CI}$ ).....	34
3.5.2.3. Potência calorífica libertada no cenário de incêndio.....	35
3.5.2.4. Definição do limite de exposição humana à potência calorífica libertada no cenário de incêndio .....	37
3.5.2.5. Definição de tempo limite associado à potência calorífica libertada .....	38
3.5.2.6. Definição de tempo de evacuação do cenário de incêndio .....	39
3.5.2.7. Definição dos valores atribuídos ao Fator Parcial $CPI_{CIP}$ .....	44
3.5.2.8. Produção de fumo no cenário de incêndio.....	44
3.5.2.9. Sistema de controlo de fumo no cenário de incêndio .....	46
3.5.2.10. Definição do volume limite de fumo no cenário de incêndio.....	47
3.5.2.11. Definição do tempo associado ao volume limite de fumo no cenário de incêndio .....	47
3.5.2.12. Definição dos valores atribuídos ao Fator Parcial $CPI_{CIF}$ .....	48
3.5.2.13. Definição dos valores atribuídos ao Fator Parcial $CPI_{CIMR}$ .....	48
<b>3.5.3. FATOR PARCIAL – CONSEQUÊNCIA DE INCÊNDIO ASSOCIADO ÀS VIAS HORIZONTAIS DE EVACUAÇÃO (<math>CPI_{VHE}</math>) .....</b>	<b>50</b>
3.5.3.1. Quantificação do volume de fumo escoado do cenário de incêndio para as VHE .....	50
3.5.3.2. Definição do volume limite de fumo nas VHE.....	51
3.5.3.3. Definição do tempo de tolerância nas VHE .....	52
3.5.3.4. Definição do tempo associado ao volume limite de fumo nas VHE .....	52
3.5.3.5. Definição de tempo de evacuação das VHE.....	54
3.5.3.6. Definição dos valores atribuídos ao Fator Parcial $CPI_{VHEF}$ .....	55
3.5.3.7. Definição dos valores atribuídos ao Fator Parcial $CPI_{VHEMR}$ .....	55
<b>3.5.4. FATOR PARCIAL – CONSEQUÊNCIAS DE INCÊNDIO ASSOCIADO ÀS VIAS VERTICAIS DE EVACUAÇÃO (<math>CPI_{VVE}</math>) .....</b>	<b>57</b>
3.5.4.1. Introdução .....	57
3.5.4.2. Quantificação do volume de fumo escoado do cenário de incêndio para as VVE .....	57
3.5.4.3. Sistema de controlo de fumo nas VVE .....	57
3.5.4.4. Definição do volume limite de fumo nas VVE .....	58
3.5.4.5. Definição do tempo associado ao volume limite de fumo nas VVE.....	60
3.5.4.6. Definição de tempo de evacuação das VVE.....	62
3.5.4.7. Definição dos valores atribuídos ao Fator Parcial $CPI_{VVEF}$ .....	65
3.5.4.8. Definição do fator de consequências de incêndio associado aos materiais de revestimento. 66	
<b>3.6. FATOR GLOBAL – DESENVOLVIMENTO E PROPAGAÇÃO DO INCÊNDIO (DPI) .....</b>	<b>67</b>
3.6.1. INTRODUÇÃO.....	67
<b>3.7. FATOR GLOBAL – EFICÁCIA DE SOCORRO E COMBATE AO INCÊNDIO (ESCI).....</b>	<b>68</b>

3.7.1. INTRODUÇÃO.....	68
<b>3.8. TIPOLOGIA DOS EDIFÍCIOS NO MÉTODO CHICHORRO 2.0.....</b>	<b>69</b>
3.8.1. INTRODUÇÃO.....	69
3.8.2. TIPOLOGIAS.....	69
3.8.3. DESCRIÇÃO DA TIPOLOGIA A1 (HABITACIONAL, ADMINISTRATIVA E HOTELEIRA).....	71
3.8.3.1. Introdução.....	71
3.8.3.2. Descrição do Fator Global – Probabilidade de Ocorrência de Incêndio, POI.....	71
3.8.3.3. Descrição do Fator Global – Consequências Totais do Incêndio, CTI.....	71
3.8.3.4. Descrição do Fator Global – Desenvolvimento e Propagação do Incêndio, DPI.....	72
3.8.3.5. Descrição do Fator Global – Eficácia e Socorro no Combate de Incêndio, ESCI.....	73
3.8.4. TIPOLOGIA A2 (ESCOLAS, HOSPITAIS E LARES).....	75
3.8.5. TIPOLOGIA B1 (RESTAURANTES, COMERCIAIS).....	75
3.8.6. TIPOLOGIA B2 (SALAS DE ESPETÁCULOS, MUSEUS, BIBLIOTECAS E INDÚSTRIA).....	75
3.8.7. TIPOLOGIA C (ARMAZÉNS).....	76
<b>3.9. MEDIDAS PROPOSTAS PELO MÉTODO CHICHORRO 2.0 PARA A INTERVENÇÃO NOS EDIFÍCIOS.....</b>	<b>76</b>
3.9.1. INTRODUÇÃO.....	76
3.9.2. APLICABILIDADE DAS INTERVENÇÕES NA PORTARIA N.º 1532/2008.....	77
3.9.3. INTERVENÇÕES PROPOSTAS.....	77
3.9.3.1. Introdução.....	77
3.9.4. COMBINAÇÕES DAS INTERVENÇÕES NO MÉTODO CHICHORRO 2.0.....	78
<b>3.10. ESCALA DE CLASSIFICAÇÃO DO MÉTODO CHICHORRO 2.0.....</b>	<b>79</b>
<b>4. DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO NUMÉRICO PARA APLICAÇÃO DO MÉTODO CHICHORRO 2.0.....</b>	<b>83</b>
<b>4.1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>83</b>
<b>4.2. ESTRUTURA DO MODELO NUMÉRICO.....</b>	<b>83</b>
4.2.1. ESTRUTURA GERAL.....	83
4.2.2. PAINEL 1.....	86
4.2.3. PAINEL 2.....	88
4.2.3.1. Introdução.....	88
4.2.3.2. Separador relativo ao Fator Global – Probabilidade de ocorrência de incêndio (POI).....	88
4.2.4. SEPARADORES RELATIVOS AO FATOR GLOBAL – CONSEQUÊNCIAS TOTAIS DE INCÊNDIO (CTI).....	89
4.2.4.1. Introdução.....	89
4.2.4.2. Subseparador relativo às consequências parciais no cenário de incêndio (CPI <sub>ci</sub> ).....	89

4.2.4.3. Subseparador relativo às consequências parciais na via horizontal de evacuação ( $CPI_{VHE}$ ) .	90
4.2.4.4. Subseparador relativo às consequências parciais na via vertical de evacuação ( $CPI_{VVE}$ ).....	91
4.2.5. SEPARADOR RELATIVO AO FATOR GLOBAL – DESENVOLVIMENTO E PROPAGAÇÃO DO INCÊNDIO (DPI) .....	91
4.2.5.1. Subseparador relativo ao Fator Parcial – Proteção resistência, estanquidade e isolamento dos locais e vias de evacuação verticais ( $DPI_{REIC}$ ).....	91
4.2.6. SEPARADOR RELATIVO AO FATOR GLOBAL – EFICÁCIA E SOCORRO DE COMBATE AO INCÊNDIO (ESCI).....	92
4.2.6.1. Subseparador relativo ao Fator Parcial associado ao grau de prontidão dos bombeiros ( $ESCI_{GP}$ ) .....	92
4.2.7. PAINEL 3.....	93
4.2.8. PAINEL 4.....	94
<b>4.3. CÓDIGO DO MODELO NUMÉRICO.....</b>	<b>95</b>
4.3.1. INTRODUÇÃO.....	95
4.3.2. CÓDIGO DO MODELO NUMÉRICO REFERENTE AO BOTÃO “CALCULAR RI” .....	96
4.3.3. CÓDIGO DO MODELO NUMÉRICO REFERENTE AO BOTÃO “VOLTAR” .....	96
4.3.4. CÓDIGO DO MODELO NUMÉRICO REFERENTE AO BOTÃO “HOME” .....	97
4.3.5. CÓDIGO DO MODELO NUMÉRICO REFERENTE AO BOTÃO “TROCA DE MÉTODOS” .....	97
4.3.6. CÓDIGO DO MODELO NUMÉRICO REFERENTE AO BOTÃO “RESET” .....	98
<b>4.4. CÓDIGO DO MODELO NUMÉRICO DO PAINEL INICIAL.....</b>	<b>99</b>
4.4.1. CÓDIGO DO MODELO NUMÉRICO REFERENTE AO CÁLCULO DO RI PELO MÉTODO SIMPLIFICADO .....	99
<b>4.5. CÓDIGO DO MODELO NUMÉRICO DO PAINEL 2 .....</b>	<b>101</b>
4.5.1. INTRODUÇÃO.....	101
4.5.2. CÓDIGO DO MODELO NUMÉRICO REFERENTE AO CÁLCULO DOS FATORES GLOBAIS $POI$ , $DPI$ E $ESCI$ .....	101
4.5.3. CÓDIGO DO MODELO NUMÉRICO REFERENTE AO CÁLCULO DOS FATORES PARCIAIS DO $CTI$ .....	102
4.5.3.1. Introdução .....	102
4.5.3.2. Cálculo do valor do Fator Parcial $CPI_{CI}$ .....	102
4.5.3.3. Cálculo do valor do Fator Parcial $CPI_{VHE}$ .....	103
4.5.3.4. Cálculo do valor do Fator Parcial $CPI_{VVE}$ .....	103
<b>4.6. CÓDIGO DO MODELO NUMÉRICO DO PAINEL 3 .....</b>	<b>104</b>
4.6.1. CÓDIGO DO MODELO NUMÉRICO DO CÁLCULO DO RI.....	104
4.6.2. CÓDIGO DO MODELO DE CLASSIFICAÇÃO RI .....	105
<b>4.7. CÓDIGO DO MODELO NUMÉRICO DO PAINEL 4 .....</b>	<b>107</b>

<b>5. CASO DE ESTUDO: APLICAÇÃO DO MÉTODO CHICHORRO 2.0 A UM QUARTEIRÃO DO CENTRO HISTÓRICO DO PORTO</b> .....	111
<b>5.1. INTRODUÇÃO</b> .....	111
<b>5.2. CENTRO HISTÓRICO DO PORTO</b> .....	111
<b>5.3. QUARTEIRÃO DAS ALDAS</b> .....	112
5.3.1. ENQUADRAMENTO NO CENTRO HISTÓRICO DO PORTO .....	112
<b>5.4. EDIFÍCIOS EM ANÁLISE</b> .....	112
5.4.1. INTRODUÇÃO .....	112
5.4.2. ESTADO DE CONSERVAÇÃO .....	113
5.4.3. CARACTERIZAÇÃO CONSTRUTIVA .....	114
5.4.4. DESCRITORES DOS EDIFÍCIOS EM ANÁLISE .....	115
<b>5.5. CASO DE ESTUDO 1</b> .....	116
5.5.1. DESCRIÇÃO GERAL DO EDIFÍCIO 1 .....	116
5.5.2. INTRODUÇÃO DE DADOS NO SOFTWARE DE CÁLCULO DO RI .....	116
5.5.3. RISCO DE INCÊNDIO – EDIFÍCIO 1 .....	117
5.5.4. INTERVENÇÕES – EDIFÍCIO 1 .....	118
<b>5.6. CASO DE ESTUDO 2</b> .....	119
5.6.1. DESCRIÇÃO GERAL DO EDIFÍCIO 2 .....	119
5.6.2. INTERVENÇÕES – EDIFÍCIO 2 .....	119
<b>5.7. CASO DE ESTUDO 3</b> .....	121
5.7.1. DESCRIÇÃO GERAL DO EDIFÍCIO 4 .....	121
5.7.2. INTERVENÇÕES – EDIFÍCIO 4 .....	121
<b>5.8. CASO DE ESTUDO 4</b> .....	122
5.8.1. DESCRIÇÃO GERAL DO EDIFÍCIO 5 .....	122
5.8.2. INTERVENÇÕES – EDIFÍCIO 5 .....	122
<b>5.9. CASO DE ESTUDO 5</b> .....	123
5.9.1. DESCRIÇÃO GERAL DO EDIFÍCIO 6 .....	123
5.9.2. INTERVENÇÕES – EDIFÍCIO 6 .....	123
<b>5.10. CASO DE ESTUDO 6</b> .....	124
5.10.1. DESCRIÇÃO GERAL DO EDIFÍCIO 7 .....	124
5.10.2. INTERVENÇÕES – EDIFÍCIO 7 .....	124
<b>5.11. SÍNTESE DE RESULTADOS</b> .....	125
<b>5.12. ANÁLISE DE RESULTADOS OBTIDOS</b> .....	126
<b>5.13. COMPARAÇÃO COM O MÉTODO DE GREENER</b> .....	127

<b>6. CARTA DE RISCO DE INCÊNDIO DO CENTRO HISTÓRICO DO PORTO</b>	129
6.1. INTRODUÇÃO	129
6.2. PROPOSTA DE CLASSIFICAÇÃO DO EDIFICADO DE ACORDO COM O RISCO DE INCÊNDIO	129
6.3. CARTA DE RISCO DE INCÊNDIO DO CHP	129
6.3.1. INTRODUÇÃO DE DADOS NO <i>MICROSOFT EXCEL</i>	129
6.3.2. CARTA DE RISCO DE INCÊNDIO	130
6.3.3. ANÁLISE DE DADOS	133
6.4. COMPARAÇÃO DE CLASSIFICAÇÕES DOS CASOS-TIPO EM ESTUDO	134
<b>7. CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS</b>	135
7.1. CONCLUSÕES	135
7.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	136
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	137

## **ANEXOS**

**ANEXO A** FATORES PARCIAIS DE RISCO DE INCÊNDIO

**ANEXO B** EXCERTOS CÓDIGO SOFTWARE CHICHORRO2.0

**ANEXO C** RESULTADOS CASOS DE ESTUDO



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Representação gráfica do risco [2] .....	6
Figura 3.1 – Estrutura do Método CHICHORRO 2.0 .....	26
Figura 3.2 – Evolução das tipologias construtivas em Portugal, adaptado [30] .....	27
Figura 3.3 – Resumo dos valores dos Fatores Parciais do POI .....	32
Figura 3.4 – Consequências parciais de incêndio no cenário de incêndio e nas vias horizontais e verticais de evacuação [31].....	33
Figura 3.5 – Resumo dos valores dos Fatores Parciais do CTI .....	34
Figura 3.6 – Curvas características de crescimento da potência calorífica libertada .....	36
Figura 3.7 – Velocidades de evacuação do cenário de incêndio.....	41
Figura 3.8 – Camada livre de fumo de 2 metros.....	47
Figura 3.9 – Sequência de cálculo para obtenção do tempo limite de fumo nas VHE .....	52
Figura 3.10 – Esquema para cálculo das velocidades de evacuação nas VHE .....	54
Figura 3.11 – Dimensões consideradas para as VVE .....	59
Figura 3.12 – Sequência de cálculo para obtenção do tempo limite de fumo nas VVE .....	61
Figura 3.13 – Esquema para cálculo das velocidades de evacuação nas VVE .....	63
Figura 3.14 – Resumo dos valores dos Fatores Parciais do DPI .....	68
Figura 3.15 – Resumo dos valores dos Fatores Parciais do ESCI.....	69
Figura 3.16 – Esquema das Tipologias de Edifícios .....	70
Figura 3.17 – Medidas de Intervenção Ativas e Passivas .....	78
Figura 3.18 – Combinações de intervenções possíveis .....	79
Figura 3.19 – Escala de classificação de Riscos de Incêndio do Método CHICHORRO 2.0 .....	80
Figura 4.1 – Fluxograma de funcionamento do <i>software</i> produzido.....	84
Figura 4.2 – Painéis 1 e 2 em cima, Painéis 3 e 4 em baixo .....	86
Figura 4.3 – Painel 1 do modelo numérico .....	87
Figura 4.4 – Subseparador $POI_{CC}$ relativo ao Painel 2 .....	88
Figura 4.5 – Subseparador $CTI_{CI}$ relativo ao Painel 2.....	89
Figura 4.6 – Subseparador $CTI_{VHE}$ relativo ao Painel 2 .....	90
Figura 4.7 – Subseparador $CTI_{VVE}$ relativo ao Painel 2.....	91
Figura 4.8 – Subseparador $DPI_{REIC}$ relativo ao Painel 2.....	92
Figura 4.9 – Subseparador $ESCI_{GP}$ relativo ao Painel 2.....	93
Figura 4.10 – Painel 3 – Resultados do Risco de Incêndio .....	94
Figura 4.11 – Painel 4 – Intervenções possíveis no edifício.....	94
Figura 4.12 – Código referente ao botão “Calcular R” .....	96
Figura 4.13 – Código referente ao botão “Voltar” .....	97
Figura 4.14 – Código referente ao botão “Home” .....	97
Figura 4.15 – Código referente ao botão “Troca de Métodos” .....	98
Figura 4.16 – Código referente à função “Reset” do Painel 2 .....	98
Figura 4.17 – Código referente à função “ <i>POIf1</i> ” .....	99
Figura 4.18 – Excerto do código referente à função “ <i>calculateRIA1Hab9</i> ” .....	100
Figura 4.19 – Código referente à função “ <i>calculateRI2</i> ” .....	100
Figura 4.20 – Excerto do código referente ao $POI_{CC}$ .....	101
Figura 4.21 – Excerto do código referente ao $CPI_{CI}$ .....	102
Figura 4.22 – Excerto do código referente ao $CPI_{VHE}$ .....	103
Figura 4.23 – Excerto do código referente ao $CPI_{VVE}$ .....	104
Figura 4.24 – Excerto do código da função “ <i>calculateRI</i> ” .....	105

Figura 4.25 – Excerto do código referente à função “classRI” .....	106
Figura 4.26 – Exemplo do Painel 3 .....	106
Figura 4.27 – Excerto do código da função “RIcInterva” .....	107
Figura 4.28 – Excerto do código da função “disableinterva” .....	108
Figura 4.29 – Excerto do código do botão “Conjunto I” do Painel 4 .....	108
Figura 4.30 – Exemplo do Painel 4 .....	109
Figura 5.1 – Centro Histórico do Porto [41] .....	112
Figura 5.2 – Quarteirão das Aldas, demilitado pelo tracejado verde, adaptada [41] .....	113
Figura 5.3 – Estado de conservação do quarteirão das Aldas .....	114
Figura 5.4 – Rua das Aldas .....	115
Figura 5.5 – Dados de introdução no software de Cálculo do Risco de Incêndio .....	116
Figura 5.6 – Introdução de dados para o Edifício 1 .....	117
Figura 5.7 – Resultado do Risco de Incêndio do Edifício 1 .....	118
Figura 5.8 – Risco de Incêndio Intervencionado para o Edifício 1 .....	119
Figura 5.9 – Risco de Incêndio Intervencionado para o Edifício 2 .....	120
Figura 5.10 – Risco de Incêndio Intervencionado para o Edifício 4 .....	121
Figura 5.11 – Risco de Incêndio Intervencionado do Edifício 5 .....	122
Figura 5.12 – Risco de Incêndio Intervencionado do Edifício 6 .....	124
Figura 5.13 – Risco de Incêndio Intervencionado do Edifício 6 .....	125
Figura 5.14 – Risco de Incêndio dos edifícios em análise .....	126
Figura 5.15 – Mapa de Risco de Incêndio antes (esquerda) e depois (direita) de intervencionado... ..	126
Figura 5.16 – Percentagem de Classificações do RI antes (esquerda) e depois (direita) de intervencionado .....	127
Figura 5.17 – Coeficientes de Segurança dos edifícios, adaptado de Cunha [42] .....	128
Figura 6.1 – Excerto da folha de <i>Excel</i> .....	130
Figura 6.2 – Carta de Risco de Incêndio do Centro Histórico do Porto .....	131
Figura 6.3 – Classificação do Risco de Incêndio .....	133
Figura 6.4 – Número de edifícios por classificação para os Casos-Tipo .....	134

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 3.1 – Taxa de crescimento de incêndio para diferentes tipos de ocupação de acordo com a NP EN 1991-1-2 [35] .....	36
Quadro 3.2 – Saídas do cenário de incêndio, de acordo com a Portaria n.º 1532/2008.....	40
Quadro 3.3 – Distância a percorrer no cenário de incêndio .....	40
Quadro 3.4 – UP's do cenário de incêndio, de acordo com a Portaria n.º 1532/2008 .....	43
Quadro 3.5 – Largura das saídas do cenário de incêndio, de acordo com a Portaria n.º 1532/2008..	43
Quadro 3.6 – Valores do fator $CPI_{CIP}$ .....	44
Quadro 3.7 – Valores do fator $CPI_{CIF}$ .....	48
Quadro 3.8 – Classes de reação ao fogo dos materiais de revestimento de teto e paredes do cenário de incêndio .....	49
Quadro 3.9 – Classes de reação ao fogo dos materiais de revestimento de pavimentos do cenário de incêndio .....	49
Quadro 3.10 – Valores do fator $CPI_{CIMR}$ .....	49
Quadro 3.11 – Valores do fator $CPI_{VHEF}$ .....	55
Quadro 3.12 – Classes de reação ao fogo dos materiais de revestimento dos tetos e paredes das VHE .....	56
Quadro 3.13 – Classes de reação ao fogo dos materiais de revestimento de pavimentos das VHE ..	56
Quadro 3.14 – Valores do fator $CPI_{VHEMR}$ .....	56
Quadro 3.15 – Valores do $CPI_{VVEF}$ .....	65
Quadro 3.16 – Classes de reação ao fogo dos materiais de revestimento dos tetos e paredes das VVE .....	66
Quadro 3.17 – Classes de reação ao fogo dos materiais de revestimento de pavimentos das VVE ..	66
Quadro 3.18 – Valores do $CPI_{VEMR}$ .....	67
Quadro 3.19 – Valores do fator global POI para a Tipologia A1 .....	71
Quadro 3.20 – Valores do fator global CTI para a Tipologia A1 .....	72
Quadro 3.21 – Valores do fator global DPI para a Tipologia A1 .....	72
Quadro 3.22 – Valores do fator global ESCI para a Tipologia A1 .....	73
Quadro 3.23 – Casos-Tipo A1.....	74
Quadro 3.24 – Valor máximo aceitável do Risco de Incêndio .....	81

## SÍMBOLOS E ACRÓNIMOS

$A_{CI}$  – Área do cenário de incêndio ( $m^2$ )

$A_{VENT}$  – Área da claraboia ( $m^2$ )

$A_{VHE}$  – Área da via horizontal de evacuação ( $m^2$ )

$A_{VVE}$  – Área da via vertical de evacuação ( $m^2$ )

$b_{VHE}$  – Largura da via horizontal de evacuação (m)

$b_{VVE}$  – Largura da via vertical de evacuação (m)

$C_p$  – Calor específico dos gases libertados (kJ/kg.°C)

$d$  – Distância ao alvo (m)

$d_{piso}$  – Distância percorrida por piso (m)

$d_{VHE}$  – Distância percorrida na via horizontal de evacuação (m)

$d_{VVE}$  – Distância percorrida na via vertical de evacuação (m)

$Da$  – Densidade adimensional ( $m^2/m^2$ )

$g$  – Aceleração da gravidade ( $m/s^2$ )

$G$  – Gravidade das consequências decorrentes da ocorrência do evento

$l_{VHE}$  – Comprimento da via horizontal de evacuação (m)

$LS$  – Somatório da largura das várias saídas do cenário de incêndio (m)

$m$  – Caudal mássico de fumo produzido (kg/s)

$P$  – Probabilidade de ocorrência de um evento

$P_{atm}$  – Pressão atmosférica (Pa)

$q$  – Radiação total libertada (kW/ $m^2$ )

$Q$  – Potência calorífica libertada (W)

$Q_{at}$  – Potência libertada no instante de início de atuação dos *sprinklers* (kW)

$Q_c$  – Potência calorífica convectada (kW)

$Q_{limite}$  – Potência calorífica limite (kW)

$R$  – Constante do gás

$t_0$  – Instante de início da passagem de fumo do cenário de incêndio para a via horizontal de evacuação (s)

$t_{Av}$  – Tempo correspondente ao atravessamento das saídas (s)

$t_{Det}$  – Tempo de deteção de incêndio (s)

$t_{Ev CI}$  – Tempo de evacuação do cenário de incêndio (s)

$t_{Ev VHE}$  – Tempo de evacuação da via horizontal de evacuação (s)

$t_{Ev VVE}$  – Tempo de evacuação da via vertical de evacuação (s)

- $t_{limite\ fumo\ CI}$  – Tempo limite de fumo no cenário de incêndio (s)
- $t_{Per\ CI}$  – Tempo necessário para a realização do percurso para atingir a saída do cenário de incêndio (s)
- $t_{tolerância}$  – Tempo de tolerância (s)
- $t_{\alpha}$  – Tempo necessário para se atingir uma potência calorífica de 1 MW (s)
- $T$  – Temperatura da camada de fumo (K)
- $T_0$  – Temperatura ambiente (°C)
- $T_{AMB}$  – Temperatura ambiente (K)
- $T_{LAY}$  – Temperatura da camada de fumo (K)
- $v_{VENT}$  – Velocidade média com que se processa a ventilação na claraboia (m/s)
- $V$  – Caudal volúmico de fumo produzido (m<sup>3</sup>/s)
- $V_{f\ com\ ext\ CI}$  – Volume de fumo acumulado no cenário de incêndio, com sistema de desenfumagem ativa (m<sup>3</sup>)
- $V_{f\ com\ ext\ VVE}$  – Volume de fumo acumulado nas vias verticais de evacuação, com sistema de desenfumagem ativa (m<sup>3</sup>)
- $V_D$  – Velocidade descendente de evacuação (m/s)
- $V_{DE}$  – Velocidade descendente para condições de movimento de emergência (m/s)
- $V_{DL}$  – Velocidade descendente para condições de movimento lento (m/s)
- $V_{DML}$  – Velocidade descendente para condições de movimento muito lento (m/s)
- $V_{DN}$  – Velocidade descendente para condições normais de movimento (m/s)
- $V_{HE}$  – Velocidade horizontal para condições de movimento de emergência (m/s)
- $V_{HH}$  – Velocidade horizontal para habitações (m/s)
- $V_{HL}$  – Velocidade horizontal para condições de movimento lento (m/s)
- $V_{HML}$  – Velocidade horizontal para condições de movimento muito lento (m/s)
- $V_{HN}$  – Velocidade horizontal para condições normais de movimento (m/s)
- $V_{ext\ CI}$  – Caudal volúmico de fumo extraído no cenário de incêndio (m<sup>3</sup>/s)
- $V_{ext\ VVE}$  – Caudal volúmico de extração de fumo nas vias verticais de evacuação (m<sup>3</sup>/s)
- $V_f$  – Volume de fumo de produzido (m<sup>3</sup>)
- $V_{f\ limite\ VVE}$  – Volume limite de fumo nas vias verticais de evacuação (m<sup>3</sup>)
- $V_{f\ limite\ VHE}$  – Volume limite de fumo nas vias horizontais de evacuação (m<sup>3</sup>)
- $V_{f\ limite\ CI}$  – Volume limite de fumo acumulado no cenário de incêndio (m<sup>3</sup>)
- $V_{fumo\ corrimão}$  – Volume da coluna de fumo presente ao longo do corrimão da via vertical de evacuação (m<sup>3</sup>)
- $V_{fumo\ ultimo\ piso}$  – Volume limite de fumo que se pode acumular no último piso (m<sup>3</sup>)
- $Z_{CEIL}$  – Altura da claraboia (m)

$Z_{LAY}$  – Altura da camada de fumo (m)

$\rho_{AMB}$  – Densidade do ar à temperatura ambiente ( $\text{kg/m}^3$ )

$\rho_f$  – Massa volúmica do fumo ( $\text{kg/m}^3$ )

$x$  – Eficácia da radiação

ANPC – Autoridade Nacional de Proteção Civil

AQS – Águas Quentes Sanitárias

ARICA – Análise do Risco de Incêndios em Centros Urbanos Antigos

BCC – Boas Condições do Circuito elétrico

CF – Sistema de Controlo de Fumo

CHICHORRO – Cálculo Holístico do Risco de Incêndio da Construção e Habilitada Otimização da sua Redução com Obras

CHP – Centro Histórico do Porto

CI – Cenário de Incêndio

CPB – Corpo Privado de Bombeiros

CPI – Consequências Parciais de Incêndio

$CPI_{CI}$  – Consequências Parciais de Incêndio associadas ao Cenário de Incêndio

$CPI_{CIF}$  – Consequências Parciais de Incêndio associadas ao fumo produzido no Cenário de Incêndio

$CPI_{CIMR}$  – Consequências Parciais de Incêndio associadas à reação ao fogo dos Materiais de Revestimento no Cenário de Incêndio

$CPI_{CIP}$  – Consequências Parciais de Incêndio associadas à Potência libertada no Cenário de Incêndio

$CPI_{VHE}$  – Consequências Parciais de Incêndio associadas às Vias Horizontais de Evacuação

$CPI_{VHEFCorrigido}$  – Consequências Parciais de Incêndio associadas ao Fumo presente nas Vias Horizontais de Evacuação, devidamente corrigido

$CPI_{VHEMR}$  – Consequências Parciais de Incêndio associadas à reação ao fogo dos Materiais de Revestimento nas Vias Horizontais de Evacuação

$CPI_{VVE}$  – Consequências Parciais de Incêndio associadas às Vias Verticais de Evacuação

$CPI_{VVEFCorrigido}$  – Consequências Parciais de Incêndio associadas ao Fumo presente nas Vias Verticais de Evacuação, devidamente corrigido

$CPI_{VVEMR}$  – Consequências Parciais de Incêndio associadas à reação ao fogo dos Materiais de Revestimento nas Vias Verticais de Evacuação

CR – Categorias de Risco

CTI – Consequências Totais do Incêndio

$DPI_{AV}$  – Fator Parcial Afastamento entre Vãos exteriores da mesma prumada

$DPI_{EI}$  – Fator Parcial Estanquidade e Isolamento das paredes e portas do cenário de incêndio

$DPI_{OGS}$  – Fator Parcial Organização e Gestão de Segurança

DPI<sub>PE</sub> – Fator Parcial proteção das Paredes Exteriores

DPI<sub>REIC</sub> – Fator Parcial Resistência, Estanquidade e Isolamento dos cenários de incêndio e das vias verticais de evacuação

ESCI<sub>AE</sub> – Fator Parcial associado às vias de Acesso ao Edifício

ESCI<sub>CPB</sub> – Fator Parcial associado ao Corpo Privado de Bombeiros

ESCI<sub>EXT</sub> – Fator Parcial associado aos Extintores

ESCI<sub>GP</sub> – Fator Parcial associado ao Grau Prontidão dos bombeiros

ESCI<sub>HE</sub> – Fator Parcial associados aos Hidrantes Exteriores

ESCI<sub>RIA</sub> – Fator Parcial associado às Redes de Incêndio Armadas

DL – Decreto-Lei

DO – Detetor Ótico

DPI – Desenvolvimento e Propagação do Incêndio

DPOC – Doença Pulmonar Obstrutiva Crónica

DTV – Detetor Termo-Velocimétrico

E – Exposição ao perigo

EI – Estanquidade e Isolamento

ESCI – Fator Global Eficácia de Socorro e Combate ao Incêndio

FEUP – Faculdade de Engenharia Universidade do Porto

IEE – Instalações de Energia Elétrica

LR – Legislação de Referência

MARIEE – Método de avaliação de Risco de Incêndio em edifícios existentes

MCC – Más Condições do Circuito elétrico

NFPA – National Fire Protection Association

OGS – Organização e Gestão de Segurança

P – Perigo potencial

PC – Potência Contratada

PE – Planos de Emergência

PI – Potência Instalada

POI – Probabilidade de Ocorrência do Incêndio

POI<sub>ATIV</sub> – Fator Parcial – Atividade

POI<sub>CC</sub> – Fator Parcial – Caracterização da Construção

POI<sub>EA</sub> – Fator Parcial – Edifícios Adjacentes

POI<sub>EF</sub> – Fator Parcial – Edifícios Fronteiros

POI<sub>IA</sub> – Fator Parcial – Instalações de Aquecimento

POI<sub>CONFA</sub> – Fator Parcial – Instalações de Confeção de Alimentos  
POI<sub>CONSA</sub> – Fator Parcial – Instalações de Conservação de Alimentos  
POI<sub>IEE</sub> – Fator Parcial – Instalações de Energia Elétrica  
POI<sub>ILGC</sub> – Fator Parcial – Instalações de Líquidos e Gases Combustíveis  
POI<sub>IVCA</sub> – Fator Parcial – Instalações de Ventilação e Condicionamento de Ar  
POI<sub>PPP</sub> – Fator Parcial – Procedimentos ou Planos de Prevenção  
PPP – Procedimentos ou planos de prevenção  
REBA – Regulamento de Estruturas de Betão Armado  
REI – Resistência, Estanquidade e Isolamento  
RGEU – Regulamento Geral das Edificações Urbanas  
RI – Risco de Incêndio  
RIA – Rede Incêndio Armada  
RJ-SCIE – Regime Jurídico de Segurança Contra Incêndio em Edifícios  
RSIUEE – Regulamento de Segurança de Instalações de Utilização de Energia Elétrica  
RT-SCIE – Regulamento Técnico de Segurança Contra Incêndio em Edifícios  
S – Sinalização de emergência  
SADI – Sistema Automático de Detecção de Incêndio  
SCIE – Segurança Contra Incêndio em Edifícios  
SEA – Sistema de Extinção Automática  
SFPE – Society of Fire Protection Engineers  
SI – Sinalização e Iluminação de emergência  
SIS – Sinalização de emergência, Iluminação de emergência e Simulacros  
SRU – Sociedade de Reabilitação Urbana  
SS – Sem Sinalização de emergência  
UT – Utilização-Tipo  
VBA – Visual Basic for Applications  
VHE – Via Horizontal de Evacuação  
VLCI – Veículos Ligeiros de Combate a Incêndio  
VVE – Via Vertical de Evacuação

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1. MOTIVAÇÃO

Nas últimas décadas, em Portugal, o volume de construção nova conheceu valores sem precedentes. Por outro lado, em grande parte da construção existente, existiu uma grande falta de preocupação com a reabilitação, principalmente nos centros urbanos. A situação destes centros é bastante preocupante, com grande parte do seu parque edificado em estado avançado de degradação e com muitos casos de ruína dos edifícios.

Existe cerca de um milhão de casas devolutas em Portugal, número atingido devido a um desajustamento legislativo, à falta de incentivos e, claro, devido à crise económica que torna ainda mais difícil a execução da reabilitação urbana em Portugal.

Nos últimos anos, muito à custa do crescimento turístico em Portugal, tem-se assistido à retoma, ainda que lenta, da atividade da reabilitação urbana, com especial foco nas grandes cidades, Porto e Lisboa. Entidade públicas com a missão de conduzir os processos de reabilitação urbana, como a SRU-Porto Vivo, originaram a criação de incentivos e de uma série de iniciativas legislativas, já em vigor, elevando a atividade da reabilitação no setor da construção de 17% para 32%, entre 2001 e 2011 [1].

A morfologia dos centros históricos, a localização, a constituição e o estado de conservação dos edifícios, tornam os centros urbanos antigos bastante vulneráveis à deflagração de incêndios e à sua propagação a edifícios vizinhos. O processo de reabilitação é complexo, tendo em conta o pressuposto fundamental da reabilitação, o de respeitar a arquitetura, tipologia e sistemas construtivos do edifício, intervencionando só o que é necessário e suficiente para dotá-lo de condições de segurança, funcionalidade e conforto. Neste contexto, surge a matéria de Segurança Contra Incêndio em Edifícios (SCIE), com importância cada vez maior nos edifícios antigos, dadas as suas vulnerabilidades face aos incêndios. A ocorrência de inúmeros incêndios urbanos, alguns de elevada gravidade, conduziu a um maior interesse nesta temática, especialmente em zonas com grande valor patrimonial, como é o caso do Centro Histórico do Porto (CHP).

Dessa preocupação surgiu o Método CHICHORRO 2.0, pretendendo ser um contributo para a preservação dos centros históricos e para a segurança dos ocupantes dos mesmos.

Assim, a presente dissertação pretende contribuir com um método de avaliação de Risco de Incêndio dos edifícios existentes de forma a identificar as vulnerabilidades do edifício em relação aos incêndios, identificando assim as medidas mitigadoras que devem ser impostas ou melhoradas no edifício a reabilitar, de forma a dotar o edifício de um nível de Risco de Incêndio aceitável.

## 1.2. OBJETIVOS

A presente dissertação tem como objetivo principal o desenvolvimento de uma metodologia de análise de Risco de Incêndio em edifícios existentes, que identifique as fragilidades do edifício no que respeita à segurança contra incêndios e que permita encontrar as soluções mais adequadas a um edificado que importa preservar.

Tendo por base o método desenvolvido por Daniel Martins (aluno que apresentou um método de avaliação de risco, CHICHORRO, em dissertação de mestrado em Engenharia Civil pela FEUP, 2015) [2], a metodologia agora proposta pretende tornar o cálculo do Risco de Incêndio mais fácil e útil para o utilizador, bem como o melhorar o método anterior, passando de um método discreto para um método contínuo, permitindo analisar qualquer tipo de edifícios independentemente das suas características.

Será também objeto desta dissertação a avaliação do Risco de Incêndio dos casos de estudo associados às inúmeras Utilizações-Tipo através do Método CHICHORRO 2.0. Estes casos de estudo são Casos-Tipo usuais, exemplificativos para edifícios correntes associados à caracterização de Utilização-Tipo da regulamentação atual da SCIE. Estes casos de estudo foram caracterizados para permitirem, numa primeira análise com poucos dados relativos ao edifício, obter um valor para o Risco de Incêndio. Pode-se contudo, com mais informação, afinar a avaliação do valor daquele risco à custa da introdução de dados relativos aos edifícios em estudo. No fim da implementação do método e da avaliação de um número significativo de edifícios também se procedeu à afinação dos dados iniciais destes casos de estudo. Pretende-se também estudar para aqueles casos o impacto que as medidas ativas e passivas de SCIE têm para se atingir o designado Risco de Incêndio considerado aceitável.

O último objetivo foi o de fazer uma análise de sensibilidade do método corrigido assim como, com o modelo afinado, obter a carta de Risco de Incêndio do Centro Histórico do Porto.

## 1.3. ORGANIZAÇÃO DA TESE

A presente dissertação encontra-se organizada em 7 capítulos, sendo que o primeiro apresenta o enquadramento e justificação do tema, além da definição dos objetivos inerentes à sua realização e estrutura da mesma.

No Capítulo 2 é feita uma abordagem sobre o histórico dos incêndios urbanos e as suas consequências sobre o conceito de análise de risco. Apresentam-se alguns métodos de avaliação de Risco de Incêndio e um enquadramento da legislação em vigor relativamente à Segurança Contra Incêndios em Edifícios.

No Capítulo 3 apresenta-se a proposta do método para avaliação do Risco de Incêndios em edifícios existentes, intitulado “CHICHORRO 2.0”.

No Capítulo 4 apresenta-se o desenvolvimento de um modelo numérico concebido em linguagem VB (*Visual Basic*), que permite a aplicação do método de Risco de Incêndio proposto.

No Capítulo 5 é feita a caracterização dos casos de estudo, alvo da avaliação de Risco de Incêndio através da aplicação da metodologia proposta e são apresentados e analisados os respetivos resultados.

No Capítulo 6 é apresentada uma carta de Risco de Incêndio, resultante da aplicação do método proposto, para os edifícios da área do Centro Histórico do Porto em análise.

No Capítulo 7, expõem-se as conclusões finais do trabalho desenvolvido e dos resultados obtidos, bem como a proposta de possíveis desenvolvimentos futuros.

# 2

## ESTADO DA ARTE

### 2.1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo é feita uma abordagem sobre o histórico de incêndios urbanos mais importantes, que deflagraram em Portugal, e as suas consequências. É, também, feita uma exposição de alguns incêndios que deflagraram, tanto no nosso país como noutros países, durante o período de elaboração da presente dissertação.

Seguidamente, é feita uma abordagem ao conceito de risco e aos métodos de análise de Risco de Incêndio existentes. Sobre eles é feita uma ligeira descrição, referindo os principais fatores intervenientes.

Finalmente, no último subcapítulo, é feita uma descrição sobre a legislação em vigor em Portugal, relativa à Segurança Contra Incêndios em Edifícios.

### 2.2. HISTÓRICO DE INCÊNDIOS URBANOS E SUAS CONSEQUÊNCIAS

#### 2.2.1. INTRODUÇÃO

Através do histórico de ocorrência de incêndios é possível obter importantes informações sobre a sucessiva repetição das causas de incêndio. Assim, é possível determinar medidas de intervenção preventiva que melhorem o Risco de Incêndio.

Neste subcapítulo será feita uma breve referência a esse registo, através da exposição dos principais incêndios que deflagraram em Portugal, bem como, alguns incêndios ocorridos durante a elaboração da presente dissertação, em Portugal e no Mundo.

#### 2.2.2. INCÊNDIOS HISTÓRICOS EM PORTUGAL

Apresentam-se de seguida exemplos de alguns incêndios que fustigaram os centros urbanos de algumas cidades portuguesas:

- **20 de março de 1888 – Incêndio do Teatro Baquet:** o público lotava a plateia do Teatro Baquet, no Porto, quando deflagra um incêndio que provocaria cerca de 120 vítimas;
- **20 de outubro de 1971 – Incêndio nos armazéns Quinta Noval:** destruiu a totalidade dos armazéns;
- **25 de agosto de 1988 – Incêndio do Chiado:** o mais famoso dos incêndios em centros históricos em Portugal. Ocorreu numa das zonas mais emblemáticas de Lisboa, destruindo 18

edifícios e uma área equivalente a 18 estádios de futebol. Registou-se, ainda, a perda de 2 vidas, um residente e um bombeiro;

- **9 de janeiro de 2009 – Incêndio na Rua dos Clérigos, Porto:** resultaram 4 vítimas mortais: um idoso que morava no 2.º piso do edifício, duas crianças de 11 e 15 anos e a sua mãe, moradoras do último piso;
- **3 de outubro de 2009 – Incêndio no centro histórico de Guimarães:** ocorreu numa habitação situada na Rua Camões, propagando-se rapidamente à cobertura do edifício e posteriormente aos telhados vizinhos. Ficaram danificadas duas habitações e o telhado de um terceiro edifício, que funcionava como infantário com 127 crianças no seu interior, no decurso do incêndio.

### 2.2.3. INCÊNDIOS DEFLAGRADOS, EM PORTUGAL, NO DECURSO DA ELABORAÇÃO DA PRESENTE DISSERTAÇÃO

Enumeram-se, de seguida, alguns incêndios que ocorreram, em Portugal, durante o período de elaboração da presente dissertação.

- **3 de outubro de 2015 – Incêndio numa habitação na Cova da Piedade, Almada [3]:** duas pessoas ficaram desalojadas na sequência do incêndio que lavrou nos dois dos três pisos e pela cobertura do edifício;
- **20 de outubro de 2015 – Incêndio num prédio na Ribeira do Porto [4]:** três famílias ficaram desalojadas após um incêndio que deflagrou no edifício de quatro andares. As causas do incêndio não foram apuradas;
- **23 de outubro de 2015 – Incêndio num restaurante na Rua Augusta, Lisboa [5]:** o incêndio destruiu por completo o restaurante, não havendo vítimas;
- **24 de outubro de 2015 – Incêndio numa habitação em Carvalhal do Estanho, Vouzela [6]:** três pessoas ficaram desalojadas na sequência de um incêndio que destruiu por completo a habitação;
- **1 de novembro de 2015 – Incêndio num prédio em Alfama, Lisboa [7]:** um incêndio destruiu um prédio devoluto, causando ainda danos numa habitação adjacente;
- **16 de novembro de 2015 – Incêndio em fábrica de móveis em Lousada, Porto [8]:** um incêndio destruiu parcialmente uma fábrica de móveis com cerca de 40 anos, durante a madrugada, deixando 50 trabalhadores impedidos de voltar ao trabalho;
- **19 de novembro de 2015 – Incêndio em apartamento em Chelas, Lisboa [9]:** um homem de 60 anos morreu na sequência de um incêndio num apartamento;
- **28 de novembro de 2015 – Incêndio numa habitação em Ílhavo [10]:** um incêndio deflagrou no 3.º andar de um prédio. Uma moradora foi salva pelos bombeiros, após se encontrar encurralada pelas chamas no seu apartamento;
- **6 de dezembro de 2015 – Incêndio num prédio em Vila Nova de Gaia [11]:** um incêndio num veículo numa garagem obriga à evacuação dos moradores devido ao muito fumo que o fogo propagava;
- **8 de dezembro de 2015 – Incêndio numa habitação no Fundão, Castelo Branco [12]:** um casal de idosos, com cerca de 90 anos, morreu num incêndio no 5.º andar do prédio;
- **20 de dezembro de 2015 – Incêndio numa habitação no Sabugal, Guarda [13]:** um homem de 87 anos morreu na sequência de um incêndio que consumiu por completo a habitação;
- **23 de dezembro de 2015 – Incêndio numa pastelaria na Figueira da Foz [14]:** uma frigideira industrial elétrica “que terá sido deixada ligada por esquecimento” provocou um incêndio na cozinha da pastelaria;

- **15 de janeiro de 2015 – Incêndio num apartamento em Lisboa [15]:** um incêndio destruiu por completo um apartamento. Uma mulher foi evacuada pelos bombeiros. O incêndio terá começado a partir de um aquecedor e originou uma densa nuvem de fumo;
- **27 de janeiro de 2015 – Incêndio numa habitação em Sines, Setúbal [16]:** quatro pessoas, incluindo duas crianças, ficaram desalojadas e feridas sem gravidade, devido à inalação de fumo, num incêndio ocorrido na sua habitação;
- **30 de janeiro de 2016 – Incêndio num prédio de sete andares no Lumiar, Lisboa [17]:** um incêndio destruiu por completo a casa da porteira do prédio e o fumo causado pelas chamas levou 16 pessoas a serem assistidas no hospital;
- **31 de janeiro de 2016 – Incêndio num prédio em Algés, Oeiras [18]:** um incêndio que deflagrou num 12.º andar do prédio obrigou à evacuação dos moradores;
- **3 de fevereiro de 2016 – Incêndio numa habitação no lugar do Outeiro, Ponte da Barca [19]:** uma mulher de 87 anos ficou desalojada após um incêndio provocado por um colchão elétrico;
- **8 de fevereiro de 2016 – Incêndio numa habitação em Guimarães [20]:** um incêndio numa habitação provocou danos na cobertura;
- **11 de fevereiro de 2016 – Incêndio numa casa em Chainça, Abrantes [21]:** três pessoas ficaram desalojadas na sequência de um incêndio que deflagrou num dos quartos da habitação;
- **13 de fevereiro de 2016 – Incêndio numa habitação em Lourosa de Cima, Viseu [22]:** três pessoas ficaram desalojadas após um incêndio numa habitação em situação precária.

Segundo dados apurados junto da Autoridade Nacional de Proteção Civil (ANPC), entre 2010 e 2015, 203 pessoas perderam a vida em incêndios urbanos e 1193 ficaram desalojadas. Os dados da ANPC informam que ocorreram, em média, 5900 incêndios urbanos por ano, num total de 30 260 desde 2010. A maioria das habitações atingidas pelos incêndios urbanos são casas, por norma, antigas, sem grande manutenção ou com muito material combustível [23].

#### 2.2.4. INCÊNDIOS DEFLAGRADOS, NO MUNDO, NO DECURSO DA ELABORAÇÃO DA PRESENTE DISSERTAÇÃO

- **31 de outubro de 2015 – Incêndio numa discoteca em Bucareste, Roménia [24]:** 26 pessoas morreram e mais de 150 pessoas ficaram feridas num incêndio numa discoteca em Bucareste. No momento do incêndio encontravam-se mais de 500 pessoas no interior da discoteca. O incêndio deflagrou nas decorações do cenário, tendo provocado o pânico no público.
- **7 de novembro de 2015 – Incêndio em armazém em Tottenham, Inglaterra[25]:** 30 pessoas foram evacuadas na sequência de um incêndio que destruiu por completo um armazém de roupa em Tottenham. Uma habitação vizinha foi também afetada pelas chamas.
- **31 de dezembro de 2015 – Incêndio em hotel de luxo no Dubai [26]:** pelo menos 16 pessoas ficaram feridas na sequência de um incêndio no hotel *Adress Downtown*, de 63 andares. Segundo as autoridades locais, uma explosão de gás estará na causa do incêndio, que deflagrou no 20.º andar do hotel.

### 2.3. CONCEITO DE ANÁLISE DE RISCO

O conceito de risco pode ser traduzido como a incerteza da perda que, no caso dos incêndios, corresponde geralmente ao número de vítimas mortais ou os danos materiais causados aos edifícios,

incluindo todas as perdas intangíveis significativas, tais como, a interrupção da atividade, a degradação do meio ambiente ou a destruição de bens culturais e históricos insubstituíveis.

De uma forma geral, o risco (R) pode ser descrito como o produto da probabilidade de ocorrência de um evento (P) pela gravidade das respectivas consequências; equação 2.1.

$$R = P \times G \quad (2.1)$$

Em que:

- R – Risco;
- P – Probabilidade de ocorrência de um evento;
- G – Gravidade das consequências decorrentes da ocorrência do evento.

O risco pode ser igualmente representado através de um gráfico cujo eixo das ordenadas corresponde à probabilidade de ocorrência e o eixo das abcissas corresponde à gravidade das consequências; Figura 2.1.

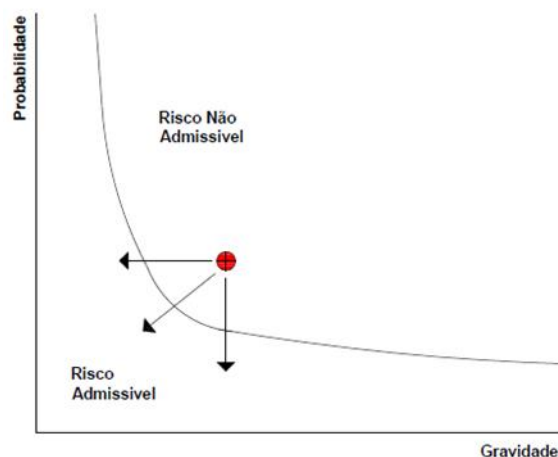


Fig. 2.1 – Representação gráfica do risco [2]

Da análise da Figura 2.1, é possível constatar duas zonas de risco: aceitável e não aceitável. Face ao Risco de Incêndio real existente, importa perceber se esse risco é, ou não, admissível pelas sociedades, isto é, se o risco é, ou não, aceitável. O risco aceitável depende de diversos fatores e pode ser variável no tempo. O que hoje é considerado risco aceitável, pode não o ser amanhã, no próximo ano ou na próxima década.

As sociedades aceitam os riscos, se eles forem inferiores a determinados valores de referência (limiares de risco). Tal redução pode ser conseguida através da implementação de medidas de prevenção e de proteção. As primeiras destinam-se a prevenir a ocorrência do incêndio, enquanto as segundas destinam-se a proteger a vida dos ocupantes e os bens materiais.

Da análise da Figura 2.1, é ainda possível constatar a impossibilidade de se atingir um risco nulo, sendo apenas possível minimizar o risco por forma a torná-lo aceitável. Devem, por isso, ser adotadas medidas que permitam mitigar as consequências nefastas decorrentes do incêndio, estabelecendo uma evacuação dos locais tão rápida quanto possível e a rápida extinção do incêndio evitando a destruição do edifício e a possível propagação a edifícios contíguos ou fronteiros.

## **2.4. MÉTODOS DE ANÁLISE DE RISCO DE INCÊNDIO**

### **2.4.1. INTRODUÇÃO**

A avaliação do Risco de Incêndio dos edifícios aparece ligada à ocorrência de grandes incêndios urbanos, como o Grande Incêndio de Londres, em 1666, no qual grande parte da cidade foi destruída o que levou a que as seguradoras tomassem em linha de conta a prevenção da ocorrência destes sinistros, ou pelo menos a minimizar os danos causados por estes, protegendo os seus clientes e salvaguardando o seu património financeiro [27].

Deste modo, a análise de Risco de Incêndio tornou-se numa ferramenta necessárias para as seguradoras, de forma a poderem avaliar corretamente os seguros de acordo com a probabilidade de ocorrência de incêndio, tendo em conta todas as características e informação dos locais, relevantes para tal. A análise de risco tornou-se também numa ferramenta bastante útil na otimização da escolha das medidas preventivas e ativas a serem aplicadas nos edifícios.

O Risco de Incêndio é uma consequência decorrente da atividade humana, uma vez que qualquer projeto de edifício terá sempre associado a ele um certo Risco de Incêndio ao longo da sua vida útil.

Segundo Coelho [28], o Risco de Incêndio envolve um conjunto de fatores extremamente diversos, dos quais se destacam os seguintes:

- Probabilidade esperada de ocorrência de um determinado cenário de incêndio;
- Grau esperado de exposição a esse cenário;
- Maior ou menor capacidade potencial de afetação que o cenário pode apresentar.

Para que seja possível efetuar a análise do Risco de Incêndio, torna-se necessário proceder à sua identificação, determinar a sua probabilidade de ocorrência e avaliar as suas consequências.

Assim, a análise de Risco de Incêndio deve permitir a definição das decisões de forma a minimizá-lo para valores aceitáveis, e também prever o modo de atenuar as consequências do incêndio.

De seguida, é feita uma breve descrição dos métodos de avaliação de Risco de Incêndio com alguma relevância para a elaboração do presente trabalho: Método de Gretener, ARICA, Marie&FEUP, MARIEE e CHICHORRO.

### **2.4.2. MÉTODO DE GREENER**

Desenvolvido na Suíça, em 1968, por Max Gretener, com o objetivo de calcular o Risco de Incêndio para, dependente dele estabelecer prémios de seguro na indústria e armazéns de grande dimensão, este é, provavelmente, o método de análise de Risco de Incêndio mais difundido, adaptado e utilizado.

O Método de Gretener baseia-se na análise do processo de incêndio, determinando os fatores que promovem o seu desenvolvimento, medindo os riscos de ativação em função do tipo de ocupação e ainda avaliando a contribuição das medidas de segurança para a redução do Risco de Incêndio. Este método é

utilizado para avaliar e comparar o nível de Risco de Incêndio, com base em conceitos alternativos entre diferentes tipos de edificações. Os diversos parâmetros e os respectivos pesos utilizados para calcular o Risco de Incêndio neste método foram obtidos com base em dados estatísticos e aferidos pela sua ampla aplicação prática sendo confirmados pelo meio técnico e científico.

Assim, o método considera a existência de três tipos de edifícios, no que à propagação de incêndio diz respeito:

- **Tipo Z** – Construção em células: dificulta e limita a propagação horizontal e vertical do fogo (células até 200m<sup>2</sup>);
- **Tipo G** – Construção de grandes superfícies: permite e facilita a propagação horizontal do fogo, exceto a vertical (áreas superiores a 200 m<sup>2</sup>, num só piso);
- **Tipo V** – Construção de grande volume: favorece e acelera a propagação horizontal e vertical do fogo (vários pisos não compartimentados entre si).

O Risco de Incêndio efetivo (R) resulta do produto entre o fator de perigo de ativação (A) e do fator de exposição ao perigo (B), através da equação 2.2.

$$R = A \times B \quad (2.2)$$

Em que:

- R – Risco de Incêndio efetivo;
- A – Fator de perigo de ativação;
- B – Fator de exposição ao perigo.

O perigo de ativação (A) quantifica a probabilidade de ocorrência do incêndio, dependendo de dois fatores, o tipo de exploração do edifício e os perigos criados pelos fatores humanos, encontrando-se tabelado para diferentes tipos de edifícios.

Quanto ao fator de exposição ao perigo (B), este é definido pelo quociente entre o produto de todos os fatores potenciais de perigo (P) e o produto de todos os fatores de proteção (M); equação 2.3.

$$B = \frac{P}{M} \quad (2.3)$$

Em que:

- B – Fator de exposição ao perigo;
- P – Potenciais perigos;
- M – Fatores de proteção.

O fator de exposição ao perigo tem em consideração quatro fatores:

- Potenciais perigos (P);
- Medidas normais de proteção (N);

- Medidas especiais de proteção (S);
- Medidas estruturais (F).

Os potenciais perigos (P) resultam do produto entre os perigos inerentes ao conteúdo do edifício e os perigos inerentes ao edifício. Os perigos inerentes ao conteúdo têm em consideração a carga de incêndio mobiliária, a combustibilidade, a produção de fumos e o perigo de corrosão e toxicidade, enquanto os perigos inerentes ao edifício, dependem da carga imobiliária, do nível do andar ou altura do local e das dimensões dos compartimentos de incêndio e a relação entre as suas dimensões.

Os valores referentes às medidas que dificultam o desenvolvimento do incêndio (N, S, F) encontram-se tabelados.

Com base nestes critérios, o Risco de Incêndio efetivo obtém-se a partir da equação 2.4.

$$R = B \times A = \frac{P}{N \times S \times F} \times A \quad (2.4)$$

O cálculo do Risco de Incêndio é feito para o maior compartimento de incêndio ou para o mais perigoso. A verificação da segurança contra incêndio é feita comparando o Risco de Incêndio efetivo (R), com o Risco de Incêndio admissível (Ru), que varia consoante as atividades desenvolvidas no edifício.

Considera-se que o edifício ou compartimento em análise verifica a segurança contra incêndio quando o valor do Risco de Incêndio (R) for inferior ao valor do Risco de Incêndio admissível (Ru); equação 2.5.

$$R < Ru \quad (2.5)$$

Nos casos em que a equação 2.5 for superior a 1 é necessário avaliar as medidas a adotar de modo a obter um Risco de Incêndio aceitável.

#### 2.4.3. ARICA

O ARICA (Análise do Risco de Incêndio em Centros Urbanos Antigos) é um método desenvolvido por António Leça Coelho (investigador do LNEC) [28], e Ana Margarida Sequeira Fernandes (aluna que apresentou o método em dissertação de mestrado em Ciências da Construção pela FCTUC, em 2006) [29], destinado à aplicação em edifícios localizados em Centros Urbanos Antigos.

A metodologia desenvolvida assenta na definição de três fatores globais de risco e um Fator Global de eficácia:

- Fator Global de risco associado ao início de incêndio,  $FG_{II}$ ;
- Fator Global de risco associado ao desenvolvimento e propagação do incêndio no edifício,  $FG_{DPI}$ ;
- Fator Global de risco associado à evacuação do edifício,  $FG_{EE}$ ;
- Fator Global de eficácia associado ao combate ao incêndio,  $FG_{CI}$ .

Os fatores globais referidos cobrem a generalidade dos aspetos relacionados com a segurança contra incêndios, desde a segurança dos ocupantes, dos seus bens materiais e do próprio edifício. Cada Fator Global é constituído por vários fatores parciais.

O Fator Global de risco associado ao início de incêndio ( $FG_{II}$ ) incide nas questões relacionadas com:

- Estado de conservação da construção ( $F_{EC}$ );
- Estado de conservação das instalações elétricas ( $F_{IEL}$ );
- Estado de conservação das instalações de gás ( $F_{IG}$ );
- Natureza das cargas de incêndio mobiliárias ( $F_{NCl}$ ).

O seu valor é calculado através da equação 2.6.

$$FG_{II} = \frac{FP_{EC} + FP_{IEL} + FP_{IG} + FP_{NCl}}{4} \quad (2.6)$$

O Fator Global de risco de desenvolvimento e propagação do incêndio ( $FG_{DPI}$ ) contempla:

- Carga de incêndio mobiliária do edifício ( $F_{CI}$ );
- Compartimentação corta-fogo ( $F_{CCF}$ );
- Sistemas de deteção, alerta e alarme de incêndio ( $F_{DI}$ );
- Equipas de segurança ( $F_{ES}$ );
- Afastamento entre vãos sobrepostos ( $F_{AV}$ ).

O seu valor é calculado através da equação 2.7.

$$FG_{DPI} = \frac{F_{CI} + F_{CCF} + F_{DI} + F_{ES} + F_{AV}}{5} \quad (2.7)$$

O Fator Global de risco associado à evacuação do edifício ( $FG_{EE}$ ) está dividido em dois fatores:

Fator associado aos caminhos de evacuação ( $FI_{CE}$ ):

- Largura dos elementos dos caminhos de evacuação ( $F_L$ );
- Distância a percorrer na evacuação ( $F_{DVE}$ );
- Número de saídas dos locais ( $F_{NSL}$ );
- Inclinação das vias verticais de evacuação ( $F_{IVE}$ );
- Proteção das vias ( $F_{PV}$ );
- Sistema de controlo de fumo das vias ( $F_{CF}$ );
- Sinalização e iluminação de emergência ( $F_{SI}$ ).

O seu valor é calculado através da equação 2.8.

$$FI_{CE} = \frac{F_L + F_{DVE} + F_{NSL} + F_{IVE} + F_{PV} + F_{CF} + F_{SI}}{7} \quad (2.8)$$

Fator associado ao edifício ( $FI_E$ ):

- Detecção, alerta e alarme de incêndio ( $F_{DI}$ );
- Equipas de segurança ( $F_{ES}$ );
- Realização de exercícios de evacuação ( $F_{EE}$ ).

O seu valor é calculado através da equação 2.9.

$$FI_E = \frac{F_{DI} + F_{ES} + F_{EE}}{3} \quad (2.9)$$

Assim, o Fator Global de risco associado à evacuação do edifício ( $FG_{EE}$ ) é obtido da seguinte forma:

- Através da equação 2.10, quando são cumpridas as exigências regulamentares:

$$FG_{EE} = \frac{FI_{CE} + FI_E}{2} \quad (2.10)$$

- Através da equação 2.11, quando não são cumpridas as exigências regulamentares:

$$FG_{EE} = FC \times \frac{FI_{CE} + FI_E}{2} \quad (2.11)$$

Em que FC é igual a:

- 1,1 se  $NP \leq 3$  pisos;
  - 1,2 se  $3 < NP < 7$  pisos;
  - 1,3 se  $NP > 7$  pisos.
- (NP = número de pisos)

Por último, o Fator Global de eficácia do combate ao incêndio ( $FG_{CI}$ ) é dividido em três fatores:

Fator exterior de combate a incêndio ( $FE_{CI}$ ):

- Acessibilidade ao edifício ( $F_{AE}$ );
- Hidrantes exteriores ( $F_{HE}$ );
- Fiabilidade da rede de alimentação de água ( $F_F$ ).

O seu valor é calculado através da equação 2.12.

$$FE_{CI} = \frac{F_{AE} + F_{HE} \times F_F}{2} \quad (2.12)$$

Fator interior de combate ao incêndio no edifício ( $FI_{CI}$ ):

- Extintores ( $F_{EXT}$ );
- Redes de incêndio armadas ( $F_{RIA}$ );
- Colunas secas ou húmidas ( $F_{CS/H}$ );
- Sistemas automáticos de extinção ( $F_{SAE}$ );
- Fiabilidade da rede de alimentação de água e das equipas de segurança ( $F_F$ ).

O seu valor é calculado através da equação 2.13.

$$FI_{CI} = \frac{(F_{EXT} + F_{RIA} + F_{CS/H} + F_{SAE}) \times F_F}{4} \quad (2.13)$$

Fator que considera novamente as equipas de segurança ( $F_{ES}$ ).

Assim, o Fator Global de eficácia do combate ao incêndio ( $FG_{CI}$ ) é obtido através da equação 2.14.

$$FG_{CI} = \frac{FE_{CI} + FI_{CI} + F_{ES}}{3} \quad (2.14)$$

Os valores dos fatores parciais são influenciados pelas condições reais dos edifícios, sendo obtidos por leitura de tabelas ou por equações desenvolvidas para o efeito.

A partir dos fatores globais determina-se o Fator Global de Risco ( $FGR$ ) que é comparado com o Fator de Risco de Referência ( $FRR$ ); equação 2.15.

$$RI = \frac{FGR}{FRR} \quad (2.15)$$

Este método é bastante moroso, pouco expedito e com uma enorme quantidade de cálculos intermédios, o que propicia maior possibilidade de erro por parte do utilizador no cálculo dos diversos fatores.

#### 2.4.4. MÉTODO MARIE&FEUP

O Método MARIE&FEUP foi desenvolvido por Ana Isabel Ramos da Costa (aluna que apresentou o método, em dissertação de mestrado em Engenharia Civil pela FEUP, em 2013) [30], e que procura contemplar todos os aspetos subjacentes à definição de risco.

Assim sendo, o método desenvolvido assenta na definição de cinco fatores globais de Risco de Incêndio:

- $F_{II}$  – Fator início do incêndio;
- $F_P$  – Fator associado ao perigo no cenário de incêndio;
- $F_{DPI}$  – Fator de propagação e desenvolvimento de incêndio;
- $F_{EE}$  – Fator associado à evacuação do edifício em caso de incêndio;
- $F_{CI}$  – Fator associado ao combate ao incêndio.

Com estes cinco fatores globais pretende-se abranger a maioria dos aspetos relacionados com a segurança ao incêndio e, conseqüentemente, o risco para os ocupantes e seus bens materiais, bem como, para os respetivos edifícios.

Cada fator global é constituído por diversos fatores parciais. Por sua vez, cada fator parcial é constituído por vários descritores. A cada descritor é atribuído um valor, sendo que nas situações em que esse valor é igual à unidade representa o cumprimento legislativo na área da Segurança Contra Incêndios em Edifícios. Valores superiores significam que a contribuição para o Risco de Incêndio é maior do que a correspondente ao cumprimento legal. Valores inferiores correspondem a uma situação melhor do que o cumprimento legal, do ponto de vista da contribuição para o Risco de Incêndio.

Assim, a determinação do Risco de Incêndio tem por base o conceito explícito do risco; equação 2.16.

$$RI = P \times G \quad (2.16)$$

Em que:

- RI – Risco de Incêndio;
- P – Probabilidade de ocorrência de um incêndio;
- G – Gravidade dos danos resultantes da ocorrência do incêndio.

A probabilidade de ocorrência de um incêndio (P) depende das características inerentes ao edifício, tais como, a caracterização da construção, as instalações elétricas, edifícios fronteiros, entre outros; equação 2.17.

$$P = F_{II} \quad (2.17)$$

Em que:

- $F_{II}$  – Fator início de incêndio.

A gravidade é baseada nos perigos potenciais associados à gravidade de ocorrência de um incêndio e nos fatores de proteção; equação 2.18.

$$G = \frac{\text{Perigos potenciais}}{\text{Fatores de proteção}} = \frac{F_P}{\frac{(F_{DPI} + F_{EE} + F_{CI})}{3}} \quad (2.18)$$

Em que:

- $F_P$  – Fator associado ao perigo no cenário de incêndio, que depende do edifício e do seu conteúdo e do comportamento das pessoas dentro dele;
- $F_{DPI}$  – Fator de propagação e desenvolvimento de incêndio;
- $F_{EE}$  – Fator associado à evacuação do edifício em caso de incêndio; equação 2.19.

$$F_{EE} = F_{EL} + F_{VHE} + F_{VVE} \quad (2.19)$$

- $F_{EL}$  – Fator associado à evacuação dos locais;
- $F_{VHE}$  – Fator associado à evacuação das vias horizontais;
- $F_{VVE}$  – Fator associado à evacuação das vias verticais;
- $F_{CI}$  – Fator associado ao combate ao incêndio.

Os valores dos vários descritores associados aos diversos fatores parciais encontram-se tabelados.

Por fim, o valor do Risco de Incêndio é dado pela equação 2.20.

$$RI = F_{II} \times \frac{F_p}{\frac{(F_{DPI} + \frac{(F_{EL} + F_{VHE} + F_{VVE})}{3}) + F_{CI}}{3}} \quad (2.20)$$

Nos casos em que o RI for superior a 1 é necessário avaliar quais as medidas de segurança contra incêndio a adotar por forma a obter um risco aceitável, ou seja, inferior ou igual a 1.

#### 2.4.5. MÉTODO MARIEE

O Método MARIEE (Método de Avaliação de Risco de Incêndio em Edifícios Existentes), baseado no método de Ana Costa [30], foi desenvolvido por André Correia [31], para edifícios habitacionais, administrativos, escolares, hospitalares e hoteleiros, e por Jorge Pissarra [32], para edifícios comerciais, bibliotecas e salas de espetáculo.

O Método MARIEE assenta em quatro fatores globais de Risco de Incêndio:

- POI – Probabilidade e Ocorrência do Incêndio;
- CTI – Consequências Totais do Incêndio;
- DPI – Desenvolvimento e Propagação do Incêndio;
- ESCI – Eficácia de Socorro e Combate ao Incêndio.

Do que foi descrito anteriormente salienta-se o facto de três dos fatores globais transitarem do Método MARIEE&FEUP, sendo que o fator CTI é exclusivo do Método MARIEE e que corresponde à associação de dois conceitos muito importantes da avaliação do risco: o perigo e a exposição ao incêndio.

Através destes quatro fatores globais, o método abrange todos os aspetos que intervêm no cálculo do Risco de Incêndio, e consequentemente traduz o risco para as pessoas, para o edifício e o seu conteúdo.

Também no Método MARIEE os fatores globais são constituídos por fatores parciais. Por sua vez, cada fator parcial é definido por vários descritores, que representam as condições intrínsecas dos edifícios, com que o projetista pode ser confrontado na sua avaliação.

No Método MARIEE, o conceito de Risco de Incêndio é traduzido através do produto da probabilidade de ocorrência do incêndio pela gravidade das suas consequências, de acordo com a equação 2.21.

$$RI = P \times G \quad (2.21)$$

Em que:

- RI – Risco de Incêndio;
- P – Probabilidade de ocorrência do incêndio;
- G – Gravidade das consequências resultantes da ocorrência do incêndio.

A probabilidade de ocorrência do incêndio depende das características do edifício que influenciam a deflagração deste, tais como a caracterização da construção, as instalações elétricas, os edifícios adjacentes, entre outros.

Deste modo, o método considera que o fator P é definido pelo Fator Global POI – Probabilidade de Ocorrência do Incêndio; equação 2.22.

$$P = POI \quad (2.22)$$

A gravidade (G) é traduzida pelas consequências decorrentes do incêndio, dado que no método resulta do produto entre o Fator Global CTI, (Consequências Totais do Incêndio) e a média ponderada entre o Fator Global DPI, (Desenvolvimento e Propagação do Incêndio), e o Fator Global ESCI, (Eficácia de Socorro e Combate ao Incêndio); equação 2.23.

$$G = CTI \times (0,2 \times DPI + 0,8 \times ESCI) \quad (2.23)$$

O fator CTI traduz as consequências no Cenário de Incêndio (CI), na Via Horizontal de Evacuação (VHE) e na Via Vertical de Evacuação (VVE). Este resulta da média aritmética das respectivas consequências parciais de incêndio; equação 2.24.

$$CTI = \frac{CPI_{CI} + CPI_{VHE} + CPI_{VVE}}{3} \quad (2.24)$$

Em que:

- $CPI_{CI}$  – Consequências Parciais de Incêndio associadas ao Cenário de Incêndio;
- $CPI_{VHE}$  – Consequências Parciais de Incêndio associadas às Vias Horizontais de Evacuação;
- $CPI_{VVE}$  – Consequências Parciais de Incêndio associadas às Vias Verticais de Evacuação.

As consequências de incêndio, em qualquer dos referidos espaços, resultam de um balanço entre o perigo potencial decorrente do incêndio e a exposição a esse perigo; equação 2.25.

$$CTI = \frac{P}{E} \quad (2.25)$$

Em que:

- CPI – Consequências Parciais de Incêndio;
- P – Perigo potencial;
- E – Exposição ao perigo.

O perigo potencial é quantificado em função dos produtos que se formam no decurso do incêndio, nomeadamente a potência calorífica, o fumo e os gases libertados.

A exposição depende do tempo necessário para a evacuação realizada dos cenários de incêndio até ao exterior.

Assim, no Método MARIEE, o valor do Risco de Incêndio é obtido através da equação 2.26.

$$RI = POI \times CTI \times (0,2 \times DPI + 0,8 \times ESCI) \quad (2.26)$$

A atribuição de pesos aos fatores globais DPI e ESCI deve-se, essencialmente, ao facto de estes privilegiarem a preservação do património edificado em detrimento da salvaguarda da vida humana. O Método MARIEE privilegia claramente o segundo critério em prejuízo do primeiro ao considerar que o fator eficácia de combate ao incêndio assume um papel de maior relevância porque corresponde ao salvamento das vítimas do sinistro, do que o fator desenvolvimento e propagação do incêndio.

#### 2.4.6. MÉTODO CHICHORRO

O Método CHICHORRO (Cálculo Holístico do Risco de Incêndio da Construção e Habilitada Otimização da sua Redução com Obras) é um método desenvolvido por Daniel Martins (aluno que apresentou o método, em dissertação de mestrado em Engenharia Civil pela FEUP, em 2015) [2] e é o método que precedeu ao apresentado nesta dissertação.

Este método partilha muitas semelhanças, principalmente ao nível dos fatores globais e parciais, com o Método MARRIE e, como no capítulo seguinte é feita uma análise exaustiva ao Método CHICHORRO 2.0, recomenda-se a leitura das dissertações de André Correia [31], e Jorge Pissarra [32] para uma melhor compreensão dos fatores globais e parciais.

No Método CHICHORRO, o conceito de Risco de Incêndio é traduzido através do produto da probabilidade de ocorrência do incêndio pela gravidade das suas consequências, de acordo com a equação 2.21.

Deste modo, o método considera que o fator P é definido pelo Fator Global POI, Probabilidade de Ocorrência do Incêndio; equação 2.22.

A gravidade (G) é traduzida pelas consequências decorrentes do incêndio, dado que no método o resultado é o produto entre o Fator Global CTI, (Consequências Totais do Incêndio) e a média ponderada entre o Fator Global DPI, (Desenvolvimento e Propagação do Incêndio), e o Fator Global ESCI, (Eficácia de Socorro e Combate ao Incêndio); equação 2.27.

$$G = \frac{2 \times CPI_{CI} + (CPI_{VHE} + CPI_{VVE})}{2/3} \times \frac{DPI + ESCI}{2} \quad (2.27)$$

O fator CTI traduz através da ponderação apresentada na equação 2.28 as consequências no Cenário de Incêndio (CI), na Via Horizontal de Evacuação (VHE) e na Via Vertical de Evacuação (VVE).

$$CTI = \frac{2 \times CPI_{CI} + \frac{CPI_{VHE} + CPI_{VVE}}{2}}{3} \quad (2.28)$$

Em que:

- $CPI_{CI}$  – Consequências Parciais de Incêndio associadas ao Cenário de Incêndio;
- $CPI_{VHE}$  – Consequências Parciais de Incêndio associadas às Vias Horizontais de Evacuação;
- $CPI_{VVE}$  – Consequências Parciais de Incêndio associadas às Vias Verticais de Evacuação.

As consequências de incêndio, em qualquer dos referidos espaços, resultam de um balanço entre o perigo potencial decorrente do incêndio e a exposição a esse perigo; equação 2.25.

O perigo potencial é quantificado em função dos produtos que se formam no decurso do incêndio, nomeadamente a potência calorífica, o fumo e os gases libertados.

A exposição depende do tempo necessário para a evacuação realizada desde os cenários de incêndio até ao exterior.

Assim, no Método CHICHORRO, o valor do Risco de Incêndio (RI) é obtido através da equação 2.29.

$$RI = POI \times CTI \times \frac{DPI + ESCI}{2} \quad (2.29)$$

A atribuição de pesos aos fatores globais DPI e ESCI deve-se, essencialmente, ao facto de estes privilegiarem a preservação do património edificado de forma equivalente ao da salvaguarda da vida humana. Assim, ao contrário do Método MARIEE, estes dois fatores assumem pesos iguais.

## 2.5. ENQUADRAMENTO LEGAL

### 2.5.1. INTRODUÇÃO

A introdução do regime jurídico de Segurança Contra Incêndio em Edifícios recomenda que se proceda à avaliação, em tempo oportuno, do seu impacto na efetiva redução do número de ocorrências, das vítimas mortais, dos feridos, dos prejuízos materiais, dos danos patrimoniais, ambientais e de natureza social, decorrentes dos incêndios urbanos e industriais que se venham a verificar. Tal avaliação é particularmente pertinente face a novos fatores de risco, decorrentes do progressivo envelhecimento da população e da constante migração populacional para as cidades, apesar da tendência positiva resultante da entrada em vigor dos primeiros regulamentos de Segurança Contra Incêndio em Edifícios.

### 2.5.2. DECRETO-LEI N.º 220/2008, REGIME JURÍDICO DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS, RJ-SCIE

O RJ-SCIE [33] baseia-se, face ao Risco de Incêndio, nos princípios gerais da preservação, e é descrito no n.º 1 do artigo 4.º:

- Da vida humana;
- Do ambiente;
- Do Património Cultural.

Ainda de acordo com o RJ-SCIE e definidas no n.º 2 do artigo 4.º, são de aplicação geral a utilização de edifícios e recintos, visam:

- 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;
- Permitir a intervenção eficaz e segura dos meios de socorro.

O RJ-SCIE encontra-se estruturado com base na definição das utilizações-tipo, dos locais de risco e das categorias de risco, bem como a caracterização da responsabilidade dos técnicos, e a caracterização das medidas de autoproteção, que orientam as distintas disposições de segurança constantes do RT-SCIE.

#### 2.5.2.1. Utilizações-Tipo (UT)

A cada edifício é atribuída uma ou mais utilizações-tipo, em função do seu uso. As doze Utilizações-Tipo, que englobam todos os tipos de edifícios e recintos, encontram-se listadas de seguida [33]:

- I – Habitacionais;
- II – Estacionamentos;
- III – Administrativos;
- IV – Escolares;
- V – Hospitalares e lares de idosos;
- VI – Espetáculos e reuniões públicas;
- VII – Hoteleiros e restauração;
- VIII – Comerciais e gares de transportes;

- IX – Desportivos e de lazer;
- X – Museus e galerias de arte;
- XI – Bibliotecas e arquivos;
- XII – Industriais, oficinas e armazéns.

É também complementada na legislação a caracterização de edifícios mistos e a sua restrição na simultaneidade do uso num único edifício.

#### 2.5.2.2. Locais de Risco

Os locais dos edifícios, com exceção dos fogos de habitação e dos espaços afetos a circulações, são classificados de acordo com a natureza do Risco de Incêndio em 6 classes (A a F), descritas sucintamente em seguida [33]:

- **Local de risco A:** Presença dominante de pessoal afeto ao estabelecimento, em pequena quantidade;
- **Local de risco B:** Presença dominante de pessoas (pessoal e/ou público), em grande quantidade;
- **Local de risco C:** Risco agravado de incêndio, devido a atividades, equipamentos ou materiais (carga de incêndio);
- **Local de risco D:** Presença de pessoas de mobilidade ou percepção reduzidas (idosos, acamados, crianças);
- **Local de risco E:** Locais de dormida, em estabelecimentos, que não caibam na definição de local de risco D;
- **Local de risco F:** Com meios essenciais à continuidade de atividades sociais relevantes.

#### 2.5.2.3. Categorias de Risco (CR)

Cada UT pode ser classificada, quanto ao Risco de Incêndio, numa de quatro categorias de risco (1.<sup>a</sup>, 2.<sup>a</sup>, 3.<sup>a</sup> ou 4.<sup>a</sup> categorias, numa escala ascendente de risco) [33].

A Categoria de Risco de cada UT é a mais baixa que satisfaz integralmente os critérios. Por exemplo, é atribuída a 4.<sup>a</sup> Categoria de Risco a uma dada UT, quando algum dos critérios para a 3.<sup>a</sup> Categoria de Risco não for satisfeito.

#### 2.5.3. PORTARIA N.º 1532/2008, REGULAMENTO TÉCNICO DA SCIE, RT-SCIE

Uma vez identificadas as utilizações-tipo do edifício e determinadas as respetivas categorias de risco, o RT-SCIE [34], especifica uma série de disposições construtivas, instalações e equipamentos.

Para aplicar e ajustar as exigências do RJ-SCIE aos diversos aspetos do edifício, o RT-SCIE formula os seguintes critérios de segurança:

- Condições exteriores;
- Comportamento ao fogo, isolamento e proteção;
- Condições de evacuação;
- Instalações técnicas;
- Equipamentos e sistemas de segurança;
- Organização e gestão da segurança.

De seguida é feita uma breve descrição de cada um destes critérios.

#### 2.5.3.1. Condições exteriores

Os edifícios devem ser servidos por vias de acesso adequadas a veículos de socorro em caso de incêndio. Deverá, ainda, existir disponibilidade de água nas suas imediações para permitir o abastecimento desses veículos. Além disso, a localização e implantação, na malha urbana, de novos edifícios, deve ser condicionada, em função das respetivas categorias de risco, pelas distâncias a que se encontram de um quartel de bombeiros devidamente equipado.

Por outro lado, as características dos edifícios, tais como a sua volumetria, a resistência e a reação ao fogo de coberturas, paredes exteriores e seus revestimentos, vãos abertos nas fachadas e a distância de segurança entre eles e com os edifícios vizinhos, devem ser estabelecidas de forma a evitar a propagação do incêndio pelo exterior, no próprio edifício, ou entre este e outros vizinhos.

#### 2.5.3.2. Comportamento ao fogo, isolamento e proteção

Este grupo reúne uma série de exigências de elevada relevância para garantir a minimização dos danos em caso de incêndio, definindo nomeadamente as características de resistência ao fogo dos elementos estruturais, os casos que obrigam a adoção de compartimentos corta-fogo, o isolamento e proteção das vias de evacuação, dos locais de risco e das canalizações ou condutas e, finalmente, a reação ao fogo dos materiais aplicados.

Os elementos estruturais de um edifício devem garantir um determinado grau de estabilidade ao fogo, ou seja, devem conservar a estabilidade com que foram projetados, quando sujeitos a um processo de aquecimento normalizado e durante um período de tempo determinado. Do mesmo modo, os elementos de compartimentação devem garantir, durante um certo período de tempo, a satisfação das exigências de resistência ao fogo que lhes são aplicáveis (estanquidade, isolamento térmico, etc.).

Por outro lado, para além das exigências de compartimentação e de isolamento dos locais, os materiais devem apresentar uma determinada reação ao fogo, definida em função do seu local de aplicação e do tipo de edifício. A reação ao fogo é a resposta dada por um material ao contribuir pela sua própria decomposição (e combustão) para o início e desenvolvimento de um incêndio, avaliada com base num conjunto de ensaios normalizados.

#### 2.5.3.3. Condições de evacuação

Os espaços interiores dos edifícios devem ser organizados de forma a permitir que, em caso de incêndio, os ocupantes possam alcançar um local seguro no exterior pelos seus próprios meios, de modo fácil, rápido e seguro.

Na prática, esta exigência traduz-se nos seguintes aspetos: existência de saídas em número e largura suficientes, convenientemente distribuídas e devidamente sinalizadas, vias de evacuação desobstruídas e com largura adequada (quando necessário, protegidas contra o fogo, o fumo e os gases de combustão) e distâncias a percorrer limitadas. Em situações particulares, a evacuação pode processar-se para espaços temporariamente seguros, designados “zonas de refúgio”.

#### 2.5.3.4. Instalações técnicas

As instalações técnicas dos edifícios devem ser concebidas, instaladas e mantidas, nos termos legais, de modo que não constituam causa de incêndio nem contribuam para a sua propagação.

#### 2.5.3.5. Equipamentos e sistemas de segurança

Este Título inclui a exigência de diversos equipamentos e sistemas de segurança nos edifícios, em função das suas utilizações e categorias de risco, bem como, o respeito por certas regras. Em seguida, mencionam-se algumas exigências genéricas relativas a estes equipamentos.

A informação contida na sinalização de emergência deve ser disponibilizada a todas as pessoas a quem essa informação é essencial numa situação de perigo ou de prevenção relativamente a um perigo.

Além da iluminação normal, os espaços dos edifícios devem ser dotados de sistemas de iluminação de emergência e, em alguns casos, de sistemas de iluminação de substituição. Estes, quando existirem, devem ter fontes de alimentação distintas.

Devem também ser equipados com instalações que permitam detetar o incêndio e, em caso de emergência, difundir o alarme para os seus ocupantes, alertar os bombeiros e acionar os sistemas e equipamentos de segurança. De igual modo, devem ser dotados de meios que promovam a libertação para o exterior de fumos e gases da combustão, reduzindo a temperatura dos espaços e mantendo condições de visibilidade, nomeadamente nas vias de evacuação.

Os edifícios devem, ainda, dispor, no seu interior, de meios próprios de intervenção que permitam a atuação imediata sobre os focos de incêndio pelos seus ocupantes e facilitem aos bombeiros o lançamento rápido das operações de socorro.

#### 2.5.3.6. Organização e gestão da segurança

No decurso da exploração dos respetivos espaços, os edifícios devem ser dotados de medidas de organização e gestão da segurança (medidas de autoproteção). Estas devem ser adaptadas às condições reais de exploração de cada Utilização-Tipo e proporcionadas à respetiva Categoria de Risco.

Em edifícios existentes, onde as características construtivas se revelarem significativamente afastadas das disposições do RJ-SCIE e do RT-SCIE, podem ser exigidas medidas compensatórias de autoproteção, para além das que seriam normalmente exigíveis nos casos conformes à citada regulamentação.

#### 2.5.4. DECRETO-LEI N.º 224/2015, REGIME JURÍDICO DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS, RJ-SCIE

Foi publicado na I.ª Série do Diário da República o Decreto-Lei n.º 224/2015 [35], que procede à primeira alteração ao Decreto-Lei n.º 220/2008, de 12 de novembro, que estabelece o regime jurídico da Segurança Contra Incêndio em Edifícios.

O presente diploma reflete a necessidade de proceder a ajustamentos relativos à periodicidade das inspeções, de acordo com a experiência prática e o ciclo de manutenção dos equipamentos e instalações, e dar um tratamento específico à matéria relativa aos recintos itinerantes e provisórios, que se encontra desenquadrada e excessivamente regulamentada.

Para além disso, visa acautelar a possibilidade de se apresentarem projetos relativos a edifícios existentes, de acordo com o estipulado no regime jurídico da urbanização e edificação, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 555/99, de 16 de dezembro, mas cujo cumprimento das condições de segurança contra incêndio em edifícios se torna impraticável. Assim, as simplificações adotadas terão que ser devidamente fundamentadas e aprovadas pela ANPC. Assim como a necessidade de alteração do articulado relativo às medidas de autoproteção, implicará a necessidade de a ANPC emitir parecer sobre as mesmas. Todas estas questões representam muitas das alterações e dos ajustamentos que se tornam necessários e que esta nova publicação vem permitir.

O Decreto-Lei n.º 224/2015 entrou em vigor em 23 de novembro 2015.

# 3

## AVALIAÇÃO DE RISCO DE INCÊNDIO DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO CHICHORRO 2.0

### 3.1. INTRODUÇÃO

O Método CHICHORRO 2.0 (Cálculo Holístico do Risco de Incêndio da Construção e Habilidade Otimização da sua Redução com Obras), é uma evolução do Método CHICHORRO, tendo sido realizadas importantes alterações de raiz. Faz-se assim, neste capítulo, uma análise exaustiva ao Método CHICHORRO 2.0. Propõe-se a consulta de quatro dissertações anteriores, nomeadamente as dissertações de Ana Ramos Costa [30], André Correia [31], Jorge Pissarra [32] e Daniel Martins [2], sendo nestas dissertações possível compreender a evolução desde o Método MARIEE (Método de Avaliação de Risco de Incêndio em Edifícios Existentes) até ao Método CHICHORRO.

### 3.2. RISCO DE INCÊNDIO

#### 3.2.1. DEFINIÇÃO DE RISCO DE INCÊNDIO

No Método CHICHORRO 2.0, o conceito de Risco de Incêndio é traduzido através do produto da probabilidade de ocorrência de incêndio pela gravidade das suas consequências; equação 3.1.

$$RI = P \times G \quad (3.1)$$

Em que:

- RI – Risco de Incêndio;
- P – Probabilidade de ocorrência de incêndio;
- G – Gravidade das consequências resultantes da ocorrência de incêndio.

O método proposto assenta na definição de quatro fatores globais de Risco de Incêndio:

- POI – Probabilidade de Ocorrência do Incêndio;
- CTI – Consequências Totais do Incêndio;
- DPI – Desenvolvimento e Propagação do Incêndio;
- ESCI – Eficácia de Socorro e Combate ao Incêndio.

Transitam do Método MARIE&FEUP, três dos quatro fatores globais: POI, DPI e ESCI, sendo que o Fator Global CTI transita do Método MARIEE, sendo feito um desenvolvimento deste fator nas dissertações de Correia [31] e Pissarra [32].

Através dos quatro fatores globais, pretende-se abranger todos os aspetos que intervêm no cálculo do Risco de Incêndio e, conseqüentemente, traduzir o risco para as pessoas, para o edifício e tudo aquilo que ele encerra.

Estes fatores globais são constituídos por fatores parciais que, por sua vez, são definidos por diversos descritores, representantes das condições intrínsecas dos edifícios.

Deste modo, o método considera que o fator probabilidade (P) é definido pelo Fator Global POI – Probabilidade de Ocorrência do Incêndio; equação 3.2.

$$P = POI \quad (3.2)$$

Em que:

- POI – Probabilidade de Ocorrência do Incêndio.

A gravidade (G) é traduzida pelas conseqüências decorrentes do incêndio, dado que no método o resultado é o produto entre o Fator Global CTI, (Conseqüências Totais do Incêndio) e a média ponderada entre o Fator Global DPI, (Desenvolvimento e Propagação do Incêndio), e o Fator Global ESCI, (Eficácia de Socorro e Combate ao Incêndio); equação 3.3.

$$G = CTI \times \frac{DPI + ESCI}{2} \quad (3.3)$$

O fator CTI traduz através da ponderação apresentada na equação 3.4 as conseqüências no Cenário de Incêndio (CI), na Via Horizontal de Evacuação (VHE) e na Via Vertical de Evacuação (VVE).

$$CTI = \frac{2 \times CPI_{CI} + \frac{CPI_{VHE} + CPI_{VVE}}{2}}{3} \quad (3.4)$$

Devido à possibilidade da não existência de vias de evacuação, são ainda apresentadas duas variantes da equação anterior, sendo a equação 3.5 correspondente à inexistência de uma das vias de evacuação e a equação 3.6 correspondente à possibilidade de não existir qualquer tipo de via de evacuação (VE).

$$CTI = \frac{2 \times CPI_{CI} + CPI_{VE}}{3} \quad (3.5)$$

$$CTI = CPI_{CI} \quad (3.6)$$

Em que:

- $CPI_{CI}$  – Consequências Parciais de Incêndio associadas ao Cenário de Incêndio;
- $CPI_{VHE}$  – Consequências Parciais de Incêndio associadas às Vias Horizontais de Evacuação;
- $CPI_{VVE}$  – Consequências Parciais de Incêndio associadas às Vias Verticais de Evacuação;
- $CPI_{VE}$  – Consequências Parciais de Incêndio associadas às Vias de Evacuação.

As consequências de incêndio, em qualquer dos referidos espaços, resultam de um balanço entre o perigo potencial decorrente do incêndio e a exposição a esse perigo; equação 3.7.

$$CPI = \frac{P}{E} \quad (3.7)$$

Em que:

- $CPI$  – Consequências Parciais de Incêndio;
- $P$  – Perigo potencial;
- $E$  – Exposição ao perigo.

O perigo potencial é quantificado em função dos produtos que se formam no decurso do incêndio, nomeadamente, a potência calorífica, o fumo e os gases libertados.

A exposição depende do tempo necessário para a evacuação ser realizada do cenário de incêndio até ao exterior.

Assim, no Método CHICHORRO 2.0, o valor do Risco de Incêndio (RI) é obtido através da equação 3.8.

$$RI = POI \times CTI \times \frac{DPI + ESCI}{2} \quad (3.8)$$

Na Figura 3.1 apresentam-se os fatores intervenientes, no Método CHICHORRO 2.0, para o cálculo do valor do Risco de Incêndio (RI).

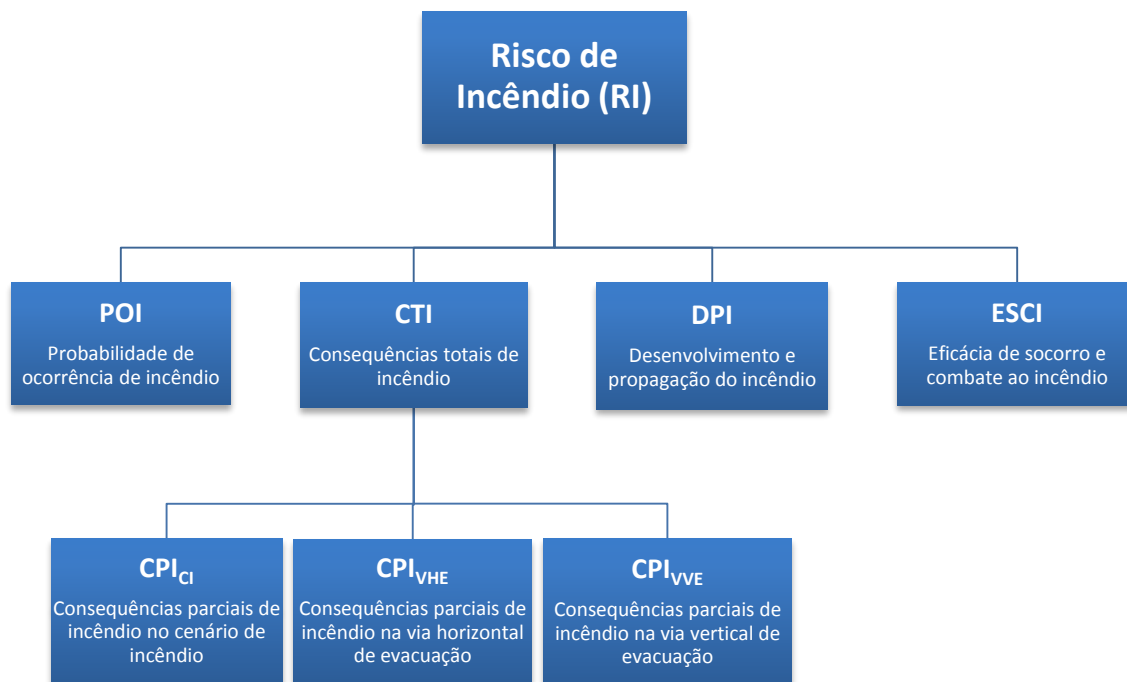


Figura 3.1 – Estrutura do Método CHICHORRO 2.0

### 3.2.2. RISCO DE INCÊNDIO ACEITÁVEL

Segundo Correia [31], face ao Risco de Incêndio real existente, importa perceber se esse risco é, ou não, admissível pela sociedade, isto é, se o risco é, ou não, aceitável.

O risco aceitável depende de diversos fatores e pode ser variável no tempo. O que hoje é considerado risco aceitável, pode não o ser amanhã, no próximo ano ou na próxima década.

As sociedades aceitam os riscos, se eles forem inferiores a determinados valores de referência (limiares de risco).

Conforme mencionado no Parágrafo 3.1 deste capítulo, alguns fatores parciais e respetivos descritores transitam do Método MARIE&FEUP. Nesses, a legislação atual mantém-se como referencial para a definição do risco aceitável. Assim, valores iguais à unidade representam o cumprimento legislativo, valores superiores significam que a contribuição para o Risco de Incêndio é maior do que a correspondente ao cumprimento legal e valores inferiores correspondem a situações melhores que o cumprimento legal, do ponto de vista da contribuição para o Risco de Incêndio.

Relativamente aos fatores parciais e respetivos descritores agora propostos, a salvaguarda da vida humana e a manutenção de condições ambientais compatíveis com a evacuação do edifício são, em detrimento da preservação do património, os critérios primordiais no estabelecimento do Risco de Incêndio aceitável. Com base nestes critérios são estabelecidos tempos de referência. Da comparação destes com o tempo de evacuação dos locais, resultam os valores dos fatores parciais.

Em coerência com o exposto anteriormente, o Risco de Incêndio é aceitável se o seu valor for inferior ou igual à unidade. Nos casos em que o valor do Risco de Incêndio é superior à unidade, devem ser implementadas medidas que permitam mitigar esse risco.

No entanto, pensando na possibilidade de existência futura de um regulamento de Segurança Contra Incêndios em Edifícios, a aplicar em processos de reabilitação e cujo Método CHICHORRO 2.0 pode constituir o ponto de partida, será necessário que tal regulamento estabeleça a obrigatoriedade de verificação de um Risco de Incêndio mínimo aceitável, para que o processo de reabilitação seja viabilizado pelas autoridades competentes.

O Risco de Incêndio mínimo aceitável deverá ser diferente consoante o ano de construção do edifício, evidenciando claramente que um edifício mais antigo, com as vulnerabilidades inerentes à tipologia construtiva dominante à época, assume um maior Risco de Incêndio. No Parágrafo 3.10 é apresentado o valor do risco aceitável segundo o ano de construção do edifício.

É possível estabelecer uma divisão relativamente às tipologias dos edifícios, de acordo com as suas características estruturais, diretamente relacionadas com a época de construção e com as tecnologias construtivas empregues; Figura 3.2 [30].

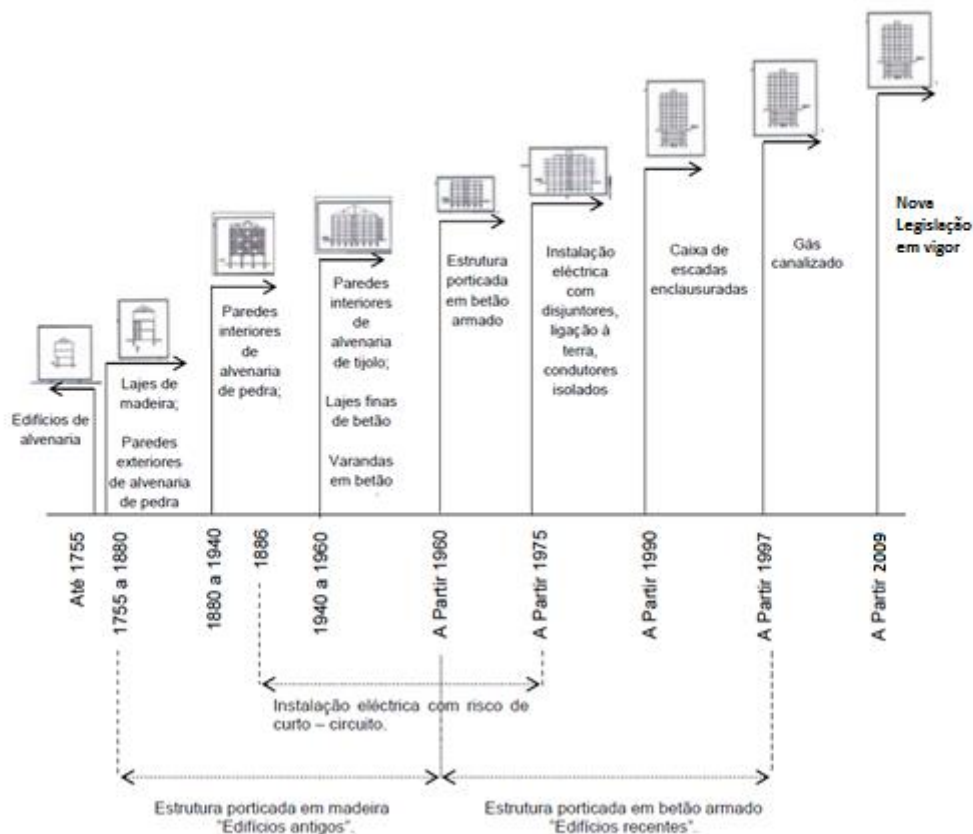


Fig. 3.2 – Evolução das tipologias construtivas em Portugal; adaptado [30]

Deste modo, e para efeitos de aprovação de uma obra de reabilitação com base num futuro regulamento de SCIE, os valores de Risco de Incêndio aceitável devem traduzir esta diferente realidade dos edifícios existentes, face ao ano de construção.

### 3.3. DESCRIÇÃO DOS FATORES PARCIAIS ASSOCIADOS AO MÉTODO CHICHORRO 2.0

#### 3.3.1. INTRODUÇÃO

Conforme referido anteriormente, cada um dos quatro fatores globais é constituído por diversos fatores parciais. Por sua vez, cada fator parcial é constituído por vários descritores.

Neste parágrafo pretende-se fazer uma descrição dos fatores parciais associados a cada fator global.

#### 3.3.2. FATORES PARCIAIS ASSOCIADOS AO FATOR GLOBAL – PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE INCÊNDIO (POI)

O Fator Global – Probabilidade de Ocorrência de Incêndio (POI) é constituído por 12 fatores parciais a seguir descritos. Por sua vez, cada um desses fatores é constituído por vários descritores.

- **Caracterização da Construção (POI<sub>CC</sub>):** pretende traduzir a possível contribuição do estado de conservação do edifício na origem de curto-circuitos, bem como a ocupação anormal do mesmo. Foram considerados como fatores-chave a infiltração de água e o tipo de constituição da laje (material incombustível ou combustível).
- **Instalações de Energia Elétrica (POI<sub>IEE</sub>):** pretende traduzir a possível contribuição destas instalações para o início do incêndio. Foram considerados como fatores-chave a proteção elétrica dos quadros, o estado de conservação da aparelhagem e circuitos e, ainda, a relação entre a potência instalada e a potência contratada.
- **Instalações de Aquecimento (POI<sub>IA</sub>):** pretende traduzir a possível contribuição destas instalações para o início do incêndio. Foram consideradas três situações distintas quando estas instalações não cumprem a Legislação Regulamentar (LR<sup>1</sup>): a primeira relativa a centrais térmicas, a segunda relativa a aparelhos autónomos e, finalmente, uma combinação das duas anteriores.
- **Instalações de Confeção de Alimentos (POI<sub>ICONFA</sub>):** pretende traduzir a possível contribuição destas instalações para o início do incêndio. Foram consideradas três situações distintas quando estas instalações não cumprem a LR: a primeira relativa à instalação dos aparelhos, a segunda relativa à ventilação e extração dos gases de combustão e, finalmente, uma combinação das duas anteriores.
- **Instalações de Conservação de Alimentos (POI<sub>ICONSA</sub>):** pretende traduzir a possível contribuição destas instalações para o início do incêndio. Relativamente a estas instalações considerou-se, exclusivamente, se cumprem ou não a legislação.
- **Instalações de Ventilação e Condicionamento de Ar (POI<sub>IVCA</sub>):** pretende traduzir a possível contribuição destas instalações para o início do incêndio. Foram consideradas quatro situações distintas quando estas instalações não cumprem a LR: uma relativa às condições de instalação, outra relativa ao armazenamento, ainda outra relativa às condições de utilização e, finalmente, uma combinação das anteriores.
- **Instalações de Líquidos e Gases Combustíveis (POI<sub>ILGC</sub>):** pretende traduzir a possível contribuição destas instalações para o início do incêndio. Foram consideradas três situações distintas quando estas instalações não cumprem a LR: uma relativa às condições de armazenamento, outra relativa às condições de utilização e, finalmente, uma combinação das anteriores.
- **Edifícios Fronteiros (POI<sub>EF</sub>):** pretende traduzir a possível contribuição para o início de um incêndio num edifício fronteiro devido à radiação através das aberturas que estão em confronto,

---

<sup>1</sup> LR – Legislação que se encontra em vigor.

decorrente da reduzida largura da rua que serve os edifícios. Foram consideradas duas situações distintas: se cumpre a LR em relação à distância entre edifícios fronteiros ou o caso de ser edifício isolado.

- **Edifícios Adjacentes ( $POI_{EA}$ ):** pretende traduzir a possível contribuição dos edifícios para o início de um incêndio num outro edifício devido à passagem do incêndio pela parede de empena, quando esta não tem qualificação de resistência ao fogo.
- **Frações Adjacentes ( $POI_{FA}$ ):** pretende traduzir a contribuição que frações adjacentes podem dar para o início de um incêndio na fração em análise devido à passagem do incêndio.
- **Procedimentos ou Planos de Prevenção ( $POI_{PPP}$ ):** pretende traduzir a possível contribuição dos procedimentos e planos de prevenção na diminuição da probabilidade de início do incêndio.
- **Atividade ( $POI_{ATIV}$ ):** pretende traduzir a importância do tipo de atividade desenvolvida no edifício para o início de um incêndio.

### 3.3.3. FATORES PARCIAIS ASSOCIADOS AO FATOR GLOBAL – CONSEQUÊNCIAS TOTAIS DE INCÊNDIO (CTI)

#### 3.3.3.1. Introdução

O Fator Global – Consequências Totais de Incêndio (CTI) é constituído por sete fatores parciais, três associados ao cenário de incêndio, dois associados às vias horizontais de evacuação e outros dois associados às vias verticais de evacuação. Por sua vez, cada um desses fatores é constituído por vários descritores. Os descritores serão referenciados no Parágrafo 3.5 do presente capítulo.

Os fatores parciais são definidos separadamente para o cenário de incêndio, vias horizontais de evacuação e vias verticais de evacuação que servem o cenário de incêndio.

#### 3.3.3.2. Consequências Parciais de Incêndio no Cenário de Incêndio ( $CPI_{CI}$ )

Os descritores do  $CPI_{CI}$  são os seguintes:

- **Potência ( $CPI_{CP}$ ):** pretende quantificar a contribuição da potência calorífica libertada, no cenário de incêndio, para as consequências totais de incêndio;
- **Fumo ( $CPI_{CIF}$ ):** pretende quantificar a contribuição do fumo produzido, no cenário de incêndio, para as consequências totais de incêndio;
- **Materiais de revestimento ( $CPI_{CIMR}$ ):** pretende quantificar a contribuição dos materiais de revestimento do cenário de incêndio, para as consequências totais de incêndio. Foram consideradas classes, distintas das correspondentes às classes mínimas constantes na atual legislação, em relação às quais é feita a avaliação dos materiais de revestimento existentes no cenário de incêndio.

#### 3.3.3.3. Consequências Parciais de Incêndio na Via Horizontal de Evacuação ( $CPI_{VHE}$ )

Os descritores do  $CPI_{VHE}$  são os seguintes:

- **Fumo ( $CPI_{VHEF}$ ):** pretende quantificar a contribuição do fumo presente, na via horizontal de evacuação, para as consequências totais de incêndio;
- **Materiais de revestimento ( $CPI_{VHEMR}$ ):** pretende quantificar a contribuição dos materiais de revestimento da via horizontal de evacuação, para as consequências totais de incêndio. Foram consideradas classes, distintas das correspondentes às classes mínimas constantes na atual legislação, em relação às quais é feita a avaliação dos materiais de revestimento presentes na via horizontal de evacuação.

#### 3.3.3.4. Consequências Parciais de Incêndio na Via Vertical de Evacuação ( $CPI_{VVE}$ )

Os descritores do  $CPI_{VVE}$  são os seguintes:

- **Fumo ( $CPI_{VVEF}$ ):** pretende quantificar a contribuição do fumo presente, na via vertical de evacuação, para as consequências totais de incêndio;
- **Materiais de revestimento ( $CPI_{VVEMR}$ ):** pretende quantificar a contribuição dos materiais de revestimento da via vertical de evacuação, para as consequências totais de incêndio. Foram consideradas classes, distintas das correspondentes às classes mínimas constantes na atual legislação, em relação às quais é feita a avaliação dos materiais de revestimento existentes na via vertical de evacuação.

#### 3.3.4. FATORES PARCIAIS ASSOCIADOS AO FATOR GLOBAL – DESENVOLVIMENTO E PROPAGAÇÃO DE INCÊNDIO ( $DPI$ )

O Fator Global – Desenvolvimento e Propagação de Incêndio ( $DPI$ ) é constituído por cinco fatores parciais a seguir descritos.

- **Resistência, Estanquidade e Isolamento REI do cenário de incêndio e das vias de evacuação ( $DPI_{REIC}$ ):** pretende traduzir o nível de proteção do cenário de incêndio, das vias verticais e estrutura, do ponto de vista da resistência ao fogo REI. Foram considerados como fatores-chave a REI da estrutura e da caixa de escada.
- **Estanquidade e Isolamento EI das paredes e portas do cenário de incêndio ( $DPI_{EI}$ ):** pretende traduzir o nível de proteção do cenário de incêndio, paredes e portas, do ponto de vista da resistência ao fogo EI ou E. Foram considerados como fatores-chave o EI ou E das paredes e portas do cenário de incêndio.
- **Afastamento entre Vãos Exteriores ( $DPI_{AV}$ ):** pretende traduzir o nível de proteção através das condições exteriores, nomeadamente o afastamento entre vãos do mesmo edifício. Foi considerado como fator-chave o afastamento superior ou inferior a 1,10 m entre vãos em pisos sucessivos.
- **Proteção das Paredes Exteriores ( $DPI_{PE}$ ):** pretende traduzir o nível de proteção das paredes exteriores do ponto de vista da reação ao fogo. Foram considerados como fatores-chave a reação ao fogo das paredes exteriores e o sistema de construção.
- **Organização e Gestão da Segurança ( $DPI_{OGS}$ ):** pretende traduzir a possível contribuição dos planos de emergência no evitar de incidentes e prejuízos decorrentes do incêndio. Foram considerados como fatores-chave a existência de planos de emergência, registos de segurança e formação. Os planos de prevenção foram considerados, anteriormente, no Fator Global POI.

#### 3.3.5. FATORES PARCIAIS ASSOCIADOS AO FATOR GLOBAL – EFICÁCIA E SOCORRO NO COMBATE AO INCÊNDIO ( $ESCI$ )

O Fator Global – Eficácia e Socorro no Combate ao Incêndio ( $ESCI$ ) é constituído por sete fatores parciais a seguir descritos.

- **Grau de Prontidão dos bombeiros ( $ESCI_{GP}$ ):** pretende traduzir o tempo que medeia entre o início do incêndio e o começo das ações de combate e salvamento. Quanto mais tarde ocorrer a intervenção dos bombeiros maior será a dificuldade de extinção do incêndio. Este tempo depende de diversos fatores como a existência de deteção automática de incêndio, transmissão do alerta, tempo de deslocação dos bombeiros, necessidade de estender lanços de mangueira ou

não, etc. Foram considerados como fatores-chave a existência de detecção automática ou manual, a chegada ao local em menos de 10 minutos, entre 10 a 20 minutos e mais de 20 minutos.

- **Sinalização, Iluminação e Detecção nas zonas comuns (ESCI<sub>SD</sub>):** pretende traduzir o tempo que medeia entre o início do incêndio e o começo das ações de combate através dos efeitos mitigadores da sinalização, iluminação e detecção nas zonas comuns e ainda se há OGS.
- **Vias de Acesso ao Edifício (ESCI<sub>AE</sub>):** as vias de acesso podem dificultar a atuação dos bombeiros. Nos descritores associados a este fator parcial consideram-se situações em que se combinam as características das vias com as características dos meios de intervenção dos bombeiros. Foram considerados como fatores-chave o acesso das viaturas dos bombeiros, com ou sem constrangimento (posicionamento do carro) e a altura do edifício.
- **Hidrantes Exteriores (ESCI<sub>HE</sub>):** a existência de água é fundamental para a eficácia do combate ao incêndio por parte dos bombeiros. Foram considerados como fatores-chave a existência de hidrantes exteriores, a fiabilidade destes e a distância entre o hidrante exterior e o edifício em estudo.
- **Extintores (ESCI<sub>EXT</sub>):** os extintores podem representar, nos instantes iniciais do incêndio, um meio de extinção importante. Contudo, para que tal aconteça é necessário que sejam corretamente manuseados, nomeadamente, quando se trata de incêndios de líquidos. Para tal é necessária formação. Considera-se que, se não existe uma equipa de segurança, a sua utilização pode ser menos eficaz ou nem sequer ocorrer pelo que, se faz intervir a existência de OGS nos descritores.
- **Redes de Incêndio Armadas (ESCI<sub>RIA</sub>):** a rede de incêndio armada pode representar nos instantes iniciais do incêndio um meio de extinção importante. Contudo, para que tal aconteça é necessário fazer uma utilização correta, nomeadamente através de formação. Foram considerados como fatores-chave: existência de OGS e existência da RIA cumprindo ou não o regulamento.
- **Corpo Privado de Bombeiros (ESCI<sub>CPB</sub>):** como a organização e gestão de segurança já foi considerada noutros meios de intervenção (extintores, redes de incêndio armadas, etc.), considera-se que em matéria de organização e gestão de segurança só falta considerar a eventualidade de existência de corpos privativos de bombeiros. Foi considerado como fator-chave a existência ou não de CPB.

### 3.4. FATOR GLOBAL – PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DO INCÊNDIO (POI)

#### 3.4.1. DESCRIÇÃO GERAL DO FATOR GLOBAL – PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DO INCÊNDIO (POI)

Conforme referido anteriormente, este fator transita do Método MARIEE, ainda que neste apenas com 11 fatores, e pretende aferir a probabilidade de ocorrência de um incêndio no edifício. Este é obtido agora através da média aritmética de 12 fatores parciais que traduzem as características intrínsecas do edifício e do seu equipamento; equação 3.9.

$$POI = \frac{POI_{CC} + POI_{IEE} + POI_{IA} + POI_{ICONFA} + POI_{ICONSA} + POI_{IVCA} + POI_{ILGC} + POI_{EF} + POI_{EA} + POI_{FA} + POI_{PPP} + POI_{ATIV}}{12} \quad (3.9)$$

Quando qualquer dos fatores parciais se torna igual a zero implica que no cálculo da média se reduza correspondentemente o denominador.

Apresentam-se na Figura 3.3 todos os fatores parciais do POI, bem como todos os valores que estes podem assumir.

Fator Parcial	Limites dos valores parciais													
PO <sub>CC</sub> - Caracterização da construção						1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,60	1,70		
PO <sub>EE</sub> - Inst. Energia elétrica						1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60	1,80	
PO <sub>IA</sub> - Instalações de aquecimento				0	0,85	1,00	1,05	1,10	1,20	1,25	1,35	1,40	1,60	1,80
PO <sub>ICONFA</sub> - Instalações de confeção de alimentos					0	1,00	1,05	1,10	1,20	1,30	1,40	1,60		
PO <sub>ICONSA</sub> - Instalações de conservação de alimentos					0	1,00	1,10							
PO <sub>IVCA</sub> - Instalações de ventilação e condicionamento de ar					0	1,00	1,10	1,20	1,30					
PO <sub>ILGC</sub> - Instalações de líquidos e gases combustíveis					0,00	1,00	1,10	1,20	1,40					
PO <sub>EF</sub> - Edifícios Fronteiros					0	1,00	1,05	1,10	1,20	1,40				
PO <sub>EA</sub> - Edifícios Adjacentes					0	1,00	1,10	1,20	1,30					
PO <sub>FA</sub> - Frações Adjacentes (mm edifício)	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10							
PO <sub>PPP</sub> - Procedimentos ou planos de prevenção					0	0,80	1,00	1,10	1,20					
PO <sub>AT</sub> - Atividade						1,00	1,20	1,40						

Fig. 3.3 – Resumo dos valores dos Fatores Parciais do POI

Considerando a possibilidade de todos os fatores parciais serem aplicáveis ao edifício em análise, o Fator Global POI assume como valor mínimo 0,93 e como valor máximo 1,425. O valor de 1,0, destacado na Figura 3.3, representa o cumprimento regulamentar dos respetivos fatores parciais.

### 3.5. FATOR GLOBAL – CONSEQUÊNCIAS TOTAIS DO INCÊNDIO (CTI)

#### 3.5.1. DESCRIÇÃO GERAL DO FATOR GLOBAL – CONSEQUÊNCIAS TOTAIS DO INCÊNDIO (CTI)

Segundo Correia [31], as consequências do incêndio resultam de uma relação entre o perigo potencial do incêndio e a exposição a esse perigo. O perigo potencial é quantificado em função dos produtos que se formam no decurso do incêndio, nomeadamente, a potência calorífica, o fumo e gases libertados. A exposição depende, essencialmente, do tempo de evacuação dos locais. Estes dois conceitos, perigo e exposição, estão de tal forma interligados que a sua análise e respetivo cálculo são feitos em conjunto.

A atribuição de valores aos fatores parciais associados ao Fator Global CTI, assenta em critérios cujo objetivo primeiro é o da salvaguarda da vida humana e da manutenção de condições ambientais compatíveis com a evacuação do edifício. Com base nestes critérios, são estabelecidos tempos de referência. Da comparação destes com o tempo de evacuação dos locais, resultam os valores dos fatores parciais.

Os fatores parciais do CTI são definidos separadamente para o cenário de incêndio, vias horizontais de evacuação e vias verticais de evacuação e dependem das seguintes características do edifício, seus equipamentos e sistemas de segurança:

- Área do cenário de incêndio (CI);
- Efetivo do cenário de incêndio (CI);
- Largura das saídas do cenário de incêndio (CI);
- Sistema de deteção automática no cenário de incêndio (CI);
- Sistema de extinção automática no cenário de incêndio (CI);
- Sistema de controlo de fumo no cenário de incêndio (CI);
- Sistema de controlo de fumo na via vertical de evacuação (VVE);
- Classificação da reação ao fogo dos materiais de revestimento do cenário de incêndio (CI);
- Classificação da reação ao fogo dos materiais de revestimento da via horizontal de evacuação (VHE);

- Classificação da reação ao fogo dos materiais de revestimento da via vertical de evacuação (VVE);
- Comprimento da via horizontal de evacuação (VHE);
- Largura da via vertical de evacuação (VVE);
- Distância a percorrer na via vertical de evacuação (VVE), traduzida através da posição do cenário de incêndio no edifício (número de pisos acima e número de pisos abaixo);
- Sinalização de emergência no cenário de incêndio, na via horizontal de evacuação (VHE) e na via vertical de evacuação (VVE).

Nos subcapítulos subsequentes são apresentados e comentados cada um dos fatores parciais constituintes de CTI; equações 3.4, 3.5 e 3.6.

Em síntese, apresenta-se na Figura 3.4 um esquema elucidativo das consequências parciais de incêndio resultantes de cada um dos locais: cenário de incêndio, vias horizontais de evacuação e vias verticais de evacuação.

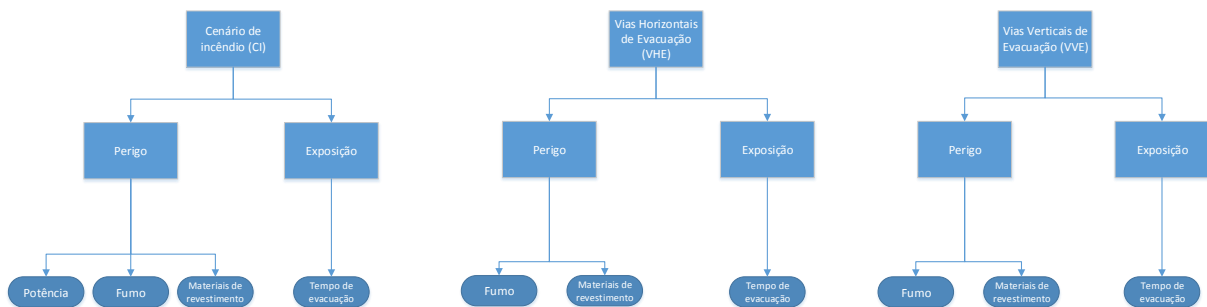


Fig. 3.4 – Consequências parciais de incêndio no cenário de incêndio e nas vias horizontais e verticais de evacuação [31]

Conforme mencionado anteriormente, um dos objetivos desta dissertação é propor um método de avaliação de Risco de Incêndio que possa vir a ser efetivamente utilizado no futuro e não um método cujos fundamentos sejam demasiado teóricos ao ponto de comprometerem a sua aplicação a casos correntes. Por conseguinte, em auxílio do código programado em *Visual Basic*, realizaram-se simulações, com valores verosímeis e compatíveis com o edificado urbano passível de ser reabilitado, tentando dar resposta à maior parte dos casos existentes. A realização das simulações foi possível com recurso ao *software* informático *Microsoft Excel*. A conjugação destas ferramentas informáticas originou a principal diferença entre o Método CHICHORRO e o método que o precedeu, nomeadamente na possibilidade de introdução de qualquer valor nos descritores principais do CTI. A avaliação prévia do método e a sua avaliação no conjunto já assegura através de cálculos de inúmeros casos, ainda que os “*inputs*” correspondam a um conjunto diverso de valores. Agora com o Método CHICHORRO 2.0 é possível introduzir dados de entrada de forma contínua, por oposição ao que acontecia anteriormente no Método MARIEE em que os dados eram introduzidos de forma discreta.

$$CTI = \frac{3 \times CPI_{CIP} + 2 \times CPI_{CIF} + CPI_{CIMR}}{6} \quad (3.10)$$

Na Figura 3.5 sintetizam-se todos os fatores parciais do Fator Global CTI, bem como todos os valores que estes podem assumir.

Fator Parcial		Limites dos fatores parciais											
CPI <sub>CI</sub>	CPI <sub>CIP</sub> - Cenário de Incêndio - Potência	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,20	1,40				
	CPI <sub>CIF</sub> - Cenário de Incêndio - Fumo	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,20	1,40	1,60			
	CPI <sub>CIMR</sub> - Cenário de Incêndio - Materiais de Revestimento					0,90	1,00	1,05	1,10	1,15	1,30		
CPI <sub>VHE</sub>	CPI <sub>VHEF</sub> - VHE - Fumo				0,94	0,97	1,00	1,03	1,06	1,09	1,12	1,15	1,18
	CPI <sub>VHEMR</sub> - VHE - Materiais de Revestimento					0,90	1,00	1,05	1,10	1,15	1,30	1,40	
CPI <sub>VVE</sub>	CPI <sub>VVEF</sub> - VVE - Fumo				0,94	0,97	1,00	1,03	1,06	1,09	1,12	1,15	1,18
	CPI <sub>VVEMR</sub> - VVE - Materiais de Revestimento					0,90	1,00	1,05	1,10	1,15	1,30	1,40	

Fig. 3.5 – Resumo dos valores dos Fatores Parciais do CTI

### 3.5.2. FATOR PARCIAL – CONSEQUÊNCIAS DE INCÊNDIO ASSOCIADAS AO CENÁRIO DE INCÊNDIO (CPI<sub>CI</sub>)

#### 3.5.2.1. Introdução

O Fator Parcial CPI<sub>CI</sub>, obtido através da equação 3.10, pretende traduzir a contribuição da potência libertada, do fumo produzido e dos materiais de revestimento do Cenário de Incêndio (CI), para as consequências do incêndio.

$$CPI_{CI} = \frac{3 \times CPI_{CIP} + 2 \times CPI_{CIF} + CPI_{CIMR}}{6} \quad (3.10)$$

Em que:

- CPI<sub>CIP</sub> – Consequências Parciais de Incêndio associadas à potência libertada no CI;
- CPI<sub>CIF</sub> – Consequências Parciais de Incêndio associadas ao fumo produzido no CI;
- CPI<sub>CIMR</sub> – Consequências Parciais de Incêndio associadas à reação ao fogo dos materiais de revestimento no CI.

#### 3.5.2.2. Descritores associados ao Fator Parcial – Consequências de incêndio associadas ao Cenário de Incêndio (CPI<sub>CI</sub>)

Segundo Correia [31], os descritores considerados neste fator parcial são os seguintes:

- **Área do cenário de incêndio:** este descritor exprime o valor da área do cenário de incêndio. Ao contrário do Método MARIEE, este descritor não possui agora qualquer limitação.
- **Efetivo do cenário de incêndio:** este descritor traduz valor de efetivo. Tal como o descritor anterior, este não possui qualquer limitação.
- **Largura das saídas do cenário de incêndio:** a largura das saídas do cenário de incêndio é estabelecida com base no respetivo efetivo, de acordo com o artigo 56.º da Portaria n.º 1532/2008 [33].
- **Sistema de deteção automática no cenário de incêndio (SADI):** este descritor traduz a existência, ou não, de sistema de deteção automática no cenário de incêndio. Em caso de

existência, este pode ser termo-velocimétrico ou ótico. A cada um deles está associado o respetivo tempo de deteção. Estes valores serão apresentados e justificados no Parágrafo 3.5.2.6.

- **Sistema de extinção automática no cenário de incêndio (SEA):** este descritor traduz a existência, ou não, de sistema de extinção automática no cenário de incêndio. O objetivo da atuação dos *sprinklers* não passa por extinguir o incêndio mas sim proceder ao seu controlo, reduzindo a potência calorífica libertada. A sua forma de atuação será apresentada e explicada no Parágrafo 3.5.2.5.
- **Sistema de controlo de fumo no cenário de incêndio:** este descritor traduz a existência, ou não, de sistema de controlo de fumo no cenário de incêndio. No método proposto, são consideradas duas hipóteses: existência de sistema ativo de controlo de fumo ou inexistência deste. Não é considerada a possibilidade de existência de meios passivos de controlo de fumo. A sua forma de atuação será apresentada e explicada no Parágrafo 3.5.2.9.
- **Classificação da reação ao fogo dos materiais de revestimento do cenário de incêndio:** pretende quantificar a contribuição dos materiais de revestimento do cenário de incêndio, para as consequências totais de incêndio. Foram consideradas classes admitidas, em relação às quais é feita a avaliação dos materiais existentes no cenário de incêndio. Este descritor será apresentado e justificado no Parágrafo 3.5.2.13.
- **Sinalização e iluminação de emergência no cenário de incêndio:** este descritor traduz a existência, ou não, de sinalização e iluminação de emergência no cenário de incêndio. A sua existência traduz-se no valor da velocidade com que a evacuação dos locais é realizada e, consequentemente, no tempo de evacuação. Este descritor será apresentado e justificado no Parágrafo 3.5.2.6.
- **Exercícios e simulacros realizados pelos ocupantes do edifício:** este descritor traduz a realização de exercícios de evacuação por parte dos ocupantes do edifício. A sua realização traduz-se no valor da velocidade com que a evacuação dos locais é realizada e, consequentemente, no tempo de evacuação. Este descritor será apresentado e justificado no Parágrafo 3.5.2.6.

### 3.5.2.3. Potência calorífica libertada no cenário de incêndio

O desenvolvimento do incêndio, no compartimento onde teve origem, depende de vários fatores. A formulação adotada, no Método CHICHORRO 2.0, tem por base a NFPA 92 [34], a NP EN 1991-1-2 [35] e o SFPE Handbook [36], com algumas simplificações.

Segundo a NP EN 1991-1-2 [35], a evolução da potência calorífica libertada durante o incêndio é dada pela curva de crescimento parabólico definida pela equação 3.11:

$$Q = 10^6 \times \left(\frac{t}{t_\alpha}\right)^2 \quad (3.11)$$

Em que:

- Q – Potência calorífica libertada (W);
- t – Tempo ao fim do qual é atingida a potência calorífica (s);
- $t_\alpha$  – Tempo necessário para se atingir uma potência calorífica de 1 MW (s).

Ainda de acordo com a NP EN 1991-1-2 [35], apresenta-se no Quadro 3.1, a correspondência das curvas características com as respetivas utilizações-tipo (UT). Consta ainda do Quadro 3.1, o valor de  $t_\alpha$  para

cada uma das curvas, bem como, a taxa máxima de libertação de calor produzida por 1 m<sup>2</sup> de área de compartimento.

Quadro 3.1 – Taxa de crescimento de incêndio para diferentes tipos de ocupação de acordo com a NP EN 1991-1-2 [35]

Utilizações-Tipo	Taxa de crescimento de incêndio	t <sub>α</sub> (s)	RHRf (kW/m <sup>2</sup> )
Habitação	Média	300	250
Hospitalar	Média	300	250
Hotel	Média	300	250
Biblioteca	Rápida	150	500
Escritório	Média	300	250
Escola	Média	300	250
Comércio	Rápida	150	500
Teatro	Rápida	150	500
Transporte	Lenta	600	125
Armazém	Muito Rápida	75	1000

Na Figura 3.6 representam-se as curvas características de crescimento da potência calorífica libertada, lenta, média, rápida e muito rápida, respetivamente correspondentes aos valores de t<sub>α</sub> de 600, 300, 150 e 75s.

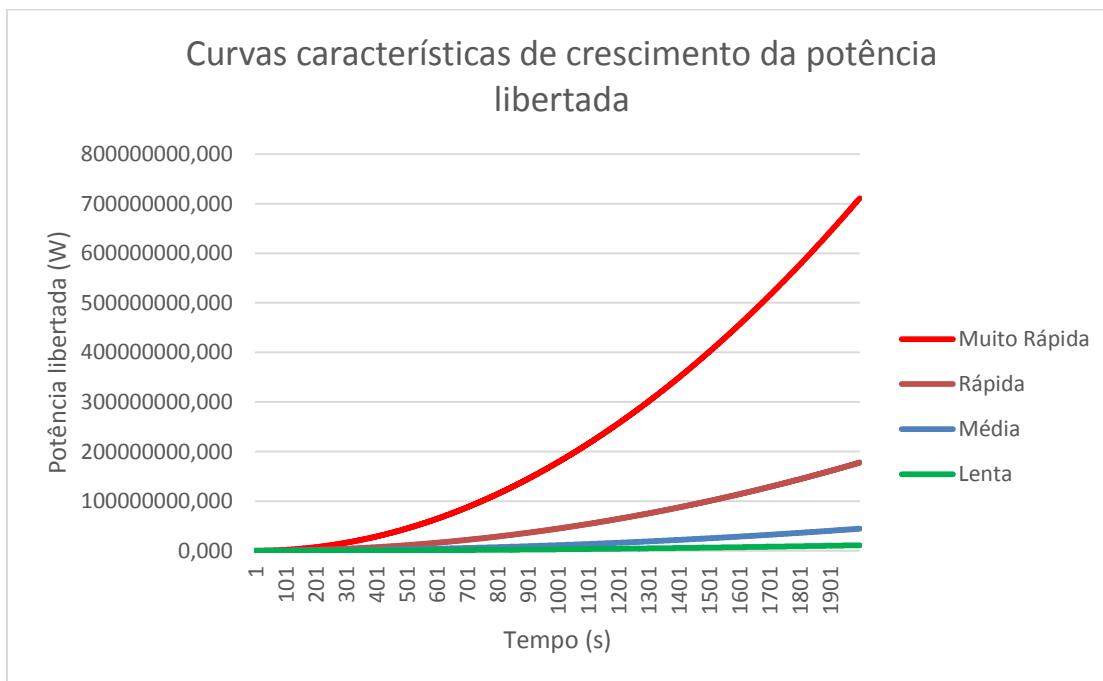


Fig. 3.6 – Curvas características de crescimento da potência calorífica libertada

Porém, quando o cenário de incêndio se encontra equipado com um sistema automático de extinção, a evolução da potência calorífica libertada será menor e é traduzida pela equação 3.12 [37].

$$Q = Q_{at} \times e^{0.0023 \times t} \quad (3.12)$$

Em que:

- $Q$  – Potência calorífica libertada (kW);
- $Q_{at}$  – Potência libertada no instante de início de atuação dos *sprinklers* (kW);
- $t$  – Tempo após o início de atuação dos *sprinklers* (s).

Os sistemas automáticos de extinção de incêndio considerados neste método limitam-se exclusivamente aos que usam a água como agente extintor.

O objetivo da atuação dos *sprinklers* não passa por extinguir o incêndio mas sim proceder ao seu controlo, reduzindo a potência calorífica libertada.

Os *sprinklers* iniciam a sua atuação para temperaturas na ordem dos 73°C. A esta temperatura, a ampola parte e inicia-se a descarga de água. Através do conhecimento da evolução da temperatura no cenário de incêndio, que será apresentada e explicada no Parágrafo 3.5.2.8, é possível determinar o instante ( $t$ ) em que a temperatura atinge 73°C. A potência calorífica libertada no instante de início de atuação dos *sprinklers* ( $Q_{at}$ ) é obtida através da equação 3.12.

#### 3.5.2.4. Definição do limite de exposição humana à potência calorífica libertada no cenário de incêndio

Segundo Babrauskas [36], o limite máximo de radiação a que o ser humano pode estar sujeito é de 2,5 kW/m<sup>2</sup>.

A radiação produzida por um incêndio sobre um determinado objeto pode ser avaliada através da equação 3.13.

$$q = \frac{x \times Q}{4 \times \pi \times d^2} \quad (3.13)$$

Em que:

- $q$  – Radiação total libertada (kW/m<sup>2</sup>);
- $x$  – Eficácia da radiação (30%);
- $Q$  – Potência calorífica libertada (kW);
- $d$  – Distância ao alvo (m).

A partir da equação 3.13, é possível obter o valor limite de potência calorífica libertada ( $Q$ ). Para isso considera-se como valor de radiação total libertada ( $q$ ), o valor limite definido por Babrauskas, 2,5 kW/m<sup>2</sup>. O valor da distância representa metade do comprimento de um lado do cenário de incêndio (como simplificação, os cenários são considerados quadrados).

Resolvendo a equação 3.13, em ordem a  $Q$ , obtém-se a equação 3.14 que permite calcular a potência calorífica limite.

$$Q_{limite} = \frac{2,5 \times 4 \times \pi \times d^2}{0,3} \quad (3.14)$$

Em que:

- $Q_{limite}$  – Potência calorífica limite (kW);
- $d$  – Distância ao alvo (m).

### 3.5.2.5. Definição de tempo limite associado à potência calorífica libertada

Conforme exposto anteriormente, o Fator Parcial  $CPI_{CI}$  resulta da comparação de um tempo de referência com o tempo de evacuação dos locais.

No Método CHICHORRO 2.0, o tempo de referência associado à potência calorífica libertada resulta do exposto no parágrafo anterior. Este corresponde ao tempo, desde o início do incêndio, até ser libertada a potência calorífica limite.

Assim, e nos casos de inexistência de sistema de extinção automática, este tempo é calculado através da equação 3.11 resolvida em ordem ao tempo; equação 3.15.

$$t_{limite} = 3 \times (10 \times Q_{limite})^{\frac{1}{2}} \quad (3.15)$$

Em que:

- $t_{limite}$  – Tempo necessário para ser libertada a potência calorífica limite (s);
- $Q_{limite}$  – Potência calorífica limite (kW).

Nos casos em que existe sistema de extinção automática, o tempo limite é calculado através da equação 3.17 e corresponde à soma do tempo de início de atuação dos *sprinklers* ( $t_{at}$ ) com o tempo necessário para se libertar a potência limite, após início de atuação destes. Este tempo pode ser obtido através da expressão 3.16.

$$t_{at} = 434,783 \times \ln \frac{Q_{limite}}{Q_{at}} \quad (3.16)$$

Em que:

- $t_{at}$  – Tempo necessário para se libertar a potência limite, após início de atuação dos *sprinklers* (s);
- $Q_{limite}$  – Potência calorífica limite (kW);
- $Q_{at}$  – Potência libertada no instante de início de atuação dos *sprinklers* (kW).

$$t_{limite} = t_{at} + t \quad (3.17)$$

Em que:

- $t_{limite}$  – Tempo necessário para ser libertada a potência calorífica limite (s);
- $t_{at}$  – Instante de início de atuação dos *sprinklers* (s);
- $t$  – Tempo necessário para se libertar a potência limite, após início de atuação dos *sprinklers* (s).

### 3.5.2.6. Definição de tempo de evacuação do cenário de incêndio

O tempo de evacuação do cenário de incêndio resulta da soma do tempo de detecção, do tempo de percurso no cenário de incêndio e do tempo de atravessamento dos vãos; equação 3.18.

$$T_{Ev\ CI} = T_{Det} + T_{Per\ CI} + T_{Av} \quad (3.18)$$

Em que:

- $T_{Ev\ CI}$  – Tempo de evacuação do cenário de incêndio (s);
- $T_{Det}$  – Tempo de detecção de incêndio (s);
- $T_{Per\ CI}$  – Tempo necessário para a realização do percurso para atingir a saída do cenário de incêndio (s);
- $T_{Av}$  – Tempo correspondente ao atravessamento das saídas por parte dos ocupantes (s).

O tempo de detecção representa o instante em que os ocupantes têm conhecimento do incêndio. Dependendo da existência e do tipo de sistema de detecção automática, este tempo pode assumir diferentes valores:

- **Sem sistema de detecção automática (sem SADI):** considera-se que os ocupantes tomam conhecimento do incêndio por observação direta deste, correspondendo a uma potência calorífica libertada de 250 kW. Através da curva característica de crescimento da potência libertada, equação 3.11, é possível estabelecer o respetivo tempo de detecção;
- **Detetor termo-velocimétrico:** a temperatura de atuação deste tipo de detetores é da ordem dos 60 °C. Através do conhecimento da evolução da temperatura no cenário de incêndio, que será apresentada e explicada no Parágrafo 3.5.2.8, é possível estabelecer o respetivo tempo de detecção;
- **Detetor ótico:** este tipo de sistemas possui como sensor uma célula fotoelétrica e uma fonte luminosa. Estes elementos estão alojados no interior de uma câmara com acesso ao fumo, permitindo que a luz recebida na célula recetora seja influenciada pelo fumo, sinalizando a sua

existência. Com recurso à bibliografia da especialidade foi possível estabelecer um tempo médio de deteção para os detetores óticos igual a 50 segundos [38].

O tempo de percurso representa o tempo necessário para a realização do trajeto até se atingir a saída do cenário de incêndio e é obtido através do quociente entre a distância a percorrer e a respetiva velocidade; equação 3.19.

$$T_{Per} = \frac{d}{V_H} \quad (3.19)$$

Em que:

- $T_{Per}$  – Tempo necessário para a realização do percurso para atingir a saída do cenário de incêndio (s);
- $d$  – Distância a percorrer pelos ocupantes até à saída do cenário de incêndio (m);
- $V_H$  – Velocidade horizontal de evacuação (m/s).

Para a distância considera-se, de forma conservativa, o ponto mais distante da saída do CI, considerando que o local poderá ter uma ou mais saídas, como se mostra nos Quadros 3.2 e 3.3.

Quadro 3.2 – Saídas do cenário de incêndio, de acordo com a Portaria n.º 1532/2008

Efetivo	Número de saídas
1 – 50	1
51 – 1500	$Efetivo/500 + 1$
1501 – 3000	$Efetivo/500$
> 3000	6

Quadro 3.3 – Distância a percorrer no cenário de incêndio

Saídas	Distância
1	$\text{ÁreaCI}^{0,5} * 2$
2	$\text{ÁreaCI}^{0,5} + \text{ÁreaCI}^{0,5}/2$
> 2	$\text{ÁreaCI}^{0,5}$

A velocidade horizontal de evacuação depende da existência, ou não, dos seguintes descritores, no cenário de incêndio:

- Sinalização de emergência;
- Iluminação de emergência;
- Realização de simulacros pelos ocupantes do edifício;

- Utilização-Tipo do edifício.

Assim, o Método CHICHORRO 2.0 considera 5 velocidades horizontais de evacuação diferentes; Figura 3.7.

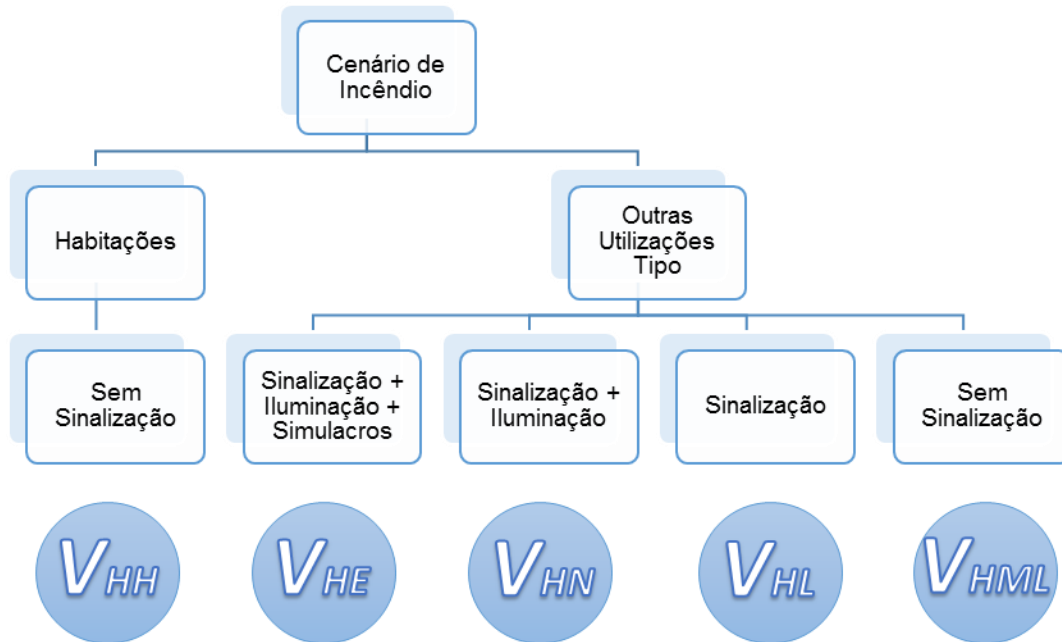


Fig. 3.7 – Velocidades de evacuação do cenário de incêndio

### Velocidade horizontal para condições normais de movimento ( $V_{HN}$ )

Esta velocidade é considerada nos cenários de incêndio com sinalização e iluminação de emergência. A velocidade  $V_{HN}$  é calculada através do método de Predtechenskii-Milinskii [28]; equação 3.20.

$$V_{HN} = \frac{112Da^4 - 338Da^3 + 434Da^2 - 217Da + 57}{60} \quad (3.20)$$

Em que:

- $V_{HN}$  – Velocidade horizontal para condições normais de movimento (m/s);
- $Da$  – Densidade adimensional ( $m^2/m^2$ ), definida pela equação 3.21.

$$Da = \frac{0,125 \times E_{\text{efetivo}}}{\text{Área CI}} \quad (3.21)$$

Em que:

- $Da$  – Densidade adimensional ( $m^2/m^2$ );
- $E_{\text{efetivo}}$  – Número de ocupantes do cenário de incêndio;

- Área CI – Área do cenário de incêndio (m<sup>2</sup>).

### **Velocidade horizontal para condições de movimento de emergência (V<sub>HE</sub>)**

Esta velocidade é considerada nos cenários de incêndio com sinalização e iluminação de emergência e em que são realizados simulacros por parte dos ocupantes do edifício. A velocidade V<sub>HE</sub> é calculada, através do método de Predtechenskii-Milinskii [28]; equação 3.22.

$$V_{HE} = (1,49 - 0,36 \times Da) \times V_{HN} \quad (3.22)$$

Em que:

- V<sub>HE</sub> – Velocidade horizontal para condições de movimento de emergência (m/s);
- V<sub>HN</sub> – Velocidade horizontal para condições normais de movimento (m/s);
- Da – Densidade adimensional (m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>), definida pela equação 3.21.

### **Velocidade horizontal para condições de movimento lento (V<sub>HL</sub>)**

Esta velocidade é utilizada nos cenários de incêndio considerando apenas sinalização de emergência; equação 3.23.

$$V_{HL} = 0,5 \times V_{HN} \quad (3.23)$$

Em que:

- V<sub>HL</sub> – Velocidade horizontal para condições de movimento lento (m/s);
- V<sub>HN</sub> – Velocidade horizontal para condições normais de movimento (m/s).

### **Velocidade horizontal para condições de movimento muito lento (V<sub>HML</sub>)**

A sinalização de emergência é fundamental para a segurança dos ocupantes, não existindo qualquer razão para que não seja implementada numa operação de reabilitação.

Assim, no método proposto, caso não exista sinalização de emergência, a velocidade de deslocamento reduz-se em 90%, e é calculada pela equação 3.24.

$$V_{HML} = 0,1 \times V_{HN} \quad (3.24)$$

Em que:

- V<sub>HML</sub> – Velocidade horizontal para condições de movimento muito lento (m/s);
- V<sub>HN</sub> – Velocidade horizontal para condições normais de movimento (m/s).

### **Velocidade horizontal para habitações (V<sub>HH</sub>)**

No caso da UT I (habitação), foi definida a velocidade horizontal para habitações (V<sub>HH</sub>) como a velocidade a utilizar no cálculo do Risco de Incêndio, pois trata-se de uma UT em que os utilizadores

têm um conhecimento elevado sobre a localização das saídas do CI. Assim, no método proposto, para habitações, a velocidade de deslocamento reduz-se em 20%, e é calculada pela equação 3.25.

$$V_{HH} = 0,8 \times V_{HN} \quad (3.25)$$

Em que:

- $V_{HH}$  – Velocidade horizontal para habitações (m/s);
- $V_{HN}$  – Velocidade horizontal para condições normais de movimento (m/s).

Assim, definida a velocidade e a distância a percorrer, o tempo de percurso é calculado através da equação 3.19.

O tempo de atravessamento dos vãos é dado pela equação 3.26.

$$T_{AV} = \frac{Efetivo}{V_H \times Ls} \quad (3.26)$$

Em que:

- $V_H$  – Velocidade horizontal de evacuação do cenário de incêndio (m/s);
- $Ls$  – Somatório da largura das várias saídas do cenário de incêndio (m).

Relativamente ao cálculo do tempo de atravessamento dos vãos é admitido que os ocupantes se distribuam pelas diferentes saídas, proporcionalmente à largura destas. Considera-se, ainda, que as vias de evacuação conseguem acomodar as pessoas que deixam o cenário de incêndio, não havendo bloqueamento das saídas.

O cálculo das unidades de passagem e o somatório da largura das saídas é calculado segundo a Portaria n.º 1532/2008; Quadro 3.4 e Quadro 3.5.

Quadro 3.4 – UP's do cenário de incêndio, de acordo com a Portaria n.º 1532/2008

Efetivo	UP
]1 – 50]	1
]50 – 500]	$Efetivo/100 + 1$
> 500	$Efetivo/100$

Quadro 3.5 – Largura das saídas do cenário de incêndio, de acordo com a Portaria n.º 1532/2008

UP	Ls
1	1
2	1,4
3	1,8
> 3	UP * 0,6

### 3.5.2.7. Definição dos valores atribuídos ao Fator Parcial $CPI_{CIP}$

Conforme mencionado anteriormente, o valor do Fator Parcial  $CPI_{CIP}$  resulta da comparação do tempo de referência com o tempo de evacuação dos locais. Este contempla, assim, o perigo e a exposição relativos à potência produzida no cenário de incêndio.

Através do quociente entre o tempo limite de exposição à potência calorífica e o tempo de evacuação, é estabelecida uma correspondência para atribuição do respetivo valor do fator  $CPI_{CIP}$ ; Quadro 3.6.

Quadro 3.6 – Valores do fator  $CPI_{CIP}$

$T_{lim}/T_{per}$	Fator
]0-0,5]	1,4
]0,5-1]	1,2
]1-2]	1,0
]2-3]	0,9
]3-4]	0,80
]4-6]	0,70
]6-9]	0,60
>9	0,50

### 3.5.2.8. Produção de fumo no cenário de incêndio

A partir do conhecimento da potência calorífica libertada no decorrer do incêndio é possível estimar o caudal mássico de fumo. No Método CHICHORRO 2.0, a metodologia adotada para o cálculo da produção de fumo consta da NFPA 92 [34].

O caudal mássico de fumo é, assim, obtido através da equação 3.27.

$$m = \left( Z^{\frac{5}{3}} \times 0,071 Q_c^{\frac{1}{3}} \right) + 0,0018 Q_c \quad (3.27)$$

Em que:

- $m$  – Caudal mássico de fumo (kg/s);
- $Q_c$  – Potência calorífica convectada (70% da potência calorífica total);

- Z – Distância acima da base da fonte de calor a que se encontra a *interface* entre a camada quente e a fria (m).

Considera-se que a potência convectada é 70% da potência calorífica total.

A partir do caudal mássico é possível conhecer, em cada instante, a temperatura a que se encontra a camada de fumo. Esta pode ser calculada através da equação 3.28.

$$T = T_0 + \frac{Q_c}{m \times C_p} \quad (3.28)$$

Em que:

- T – Temperatura da camada de fumo (°C);
- T<sub>0</sub> – Temperatura ambiente (°C);
- Q<sub>c</sub> – Potência convectada (kW);
- m – Caudal mássico de fumo (kg/s);
- C<sub>p</sub> – Calor específico dos gases (1,0 kJ/kg°C).

Sabendo que a massa volúmica do fumo varia consoante a temperatura, em cada instante, esta é obtida através da equação 3.29.

$$\rho_f = \frac{P_{atm}}{R \times T} \quad (3.29)$$

Em que:

- $\rho_f$  – Massa volúmica do fumo (kg/m<sup>3</sup>);
- P<sub>atm</sub> – Pressão atmosférica (Pa);
- R – Constante do gás (287);
- T – Temperatura da camada de fumo (K).

Conhecido o caudal mássico de fumo e a respetiva massa volúmica, é possível determinar o caudal volúmico, através da equação 3.30.

$$V = \frac{m}{\rho_f} \quad (3.30)$$

Em que:

- V – Caudal volúmico de fumo (m<sup>3</sup>/s);

- $m$  – Caudal mássico de fumo (kg/s);
- $\rho_f$  – Massa volúmica do fumo (kg/m<sup>3</sup>).

O volume de fumo produzido no decorrer do incêndio é obtido através do cálculo do integral do caudal volúmico de fumo ao longo do tempo; equação 3.31.

$$V_f = \int V dt \quad (3.31)$$

Em que:

- $V_f$  – Volume de fumo produzido (m<sup>3</sup>);
- $V$  – Caudal volúmico de fumo produzido (m<sup>3</sup>/s).

#### 3.5.2.9. Sistema de controlo de fumo no cenário de incêndio

Este descritor traduz a existência ou não de sistema de controlo de fumo no cenário de incêndio. A sua existência reflete-se nas condições ambientais do local e retarda a passagem de fumo para as vias de evacuação.

No método proposto, são consideradas duas hipóteses: existência de sistema ativo de controlo de fumo ou inexistência deste. Não é considerada a possibilidade de existência de meios passivos de controlo de fumo, uma vez que se considera improvável a abertura de janelas por parte dos ocupantes ou equipas de segurança no decurso do incêndio. Ao não ser considerada essa possibilidade, o Método CHICHORRO 2.0 encontra-se do lado da segurança.

Relativamente aos sistemas de desenfumagem ativa, e de acordo com o artigo 154.º da Portaria 1532/2008, o método proposto considera os seguintes caudais de extração de fumo:

- 1,5 m<sup>3</sup>/s para áreas do cenário de incêndio iguais ou inferiores a 100m<sup>2</sup>;
- 2 m<sup>3</sup>/s para áreas do cenário de incêndio superiores a 100m<sup>2</sup>.

Assim, nos casos em que o cenário de incêndio possui meios ativos de controlo de fumo, a evolução do volume de fumo acumulado é dada pelo integral da subtração entre o volume de fumo produzido e o volume de fumo extraído; equação 3.32.

$$V_{f_{com\ ext\ CI}} = \int V - V_{ext\ CI} dt \quad (3.32)$$

Em que:

- $V$  – Caudal volúmico de fumo produzido (m<sup>3</sup>/s);
- $V_{f_{com\ ext\ CI}}$  – Volume de fumo acumulado no cenário de incêndio com sistema de desenfumagem ativa (m<sup>3</sup>);

- $V_{\text{ext CI}}$  – Caudal volúmico de fumo extraído ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).

O cálculo do volume de fumo acumulado, através da equação 3.32, só é aplicado a partir do instante em que se verifica um caudal volúmico de fumo produzido superior ao caudal volúmico de fumo extraído. Enquanto tal condição não se verificar, considera-se que todo o volume de fumo produzido está a ser extraído.

#### 3.5.2.10. Definição do volume limite de fumo no cenário de incêndio

Definida a produção de fumo no cenário de incêndio, é necessário estabelecer um critério para a definição de um limite de volume de fumo acumulado. Esse limite deve ser compatível com a presença humana e garantir condições ambientais que permitam a realização da evacuação do cenário de incêndio.

Assim, no método proposto, o critério adotado é a manutenção de uma camada livre de fumo de 2 metros; Figura 3.8.

Deste resulta que o volume limite de fumo acumulado no cenário de incêndio seja definido pela equação 3.33.

$$V_{\text{limiteCI}} = A_{\text{CI}} \times (z - 2) \quad (3.33)$$

Em que:

- $V_{\text{limiteCI}}$  – Volume limite de fumo acumulado no cenário de incêndio ( $\text{m}^3$ );
- $A_{\text{CI}}$  – Área do cenário de incêndio ( $\text{m}^2$ );
- $z$  – Pé-direito do cenário de incêndio (m).

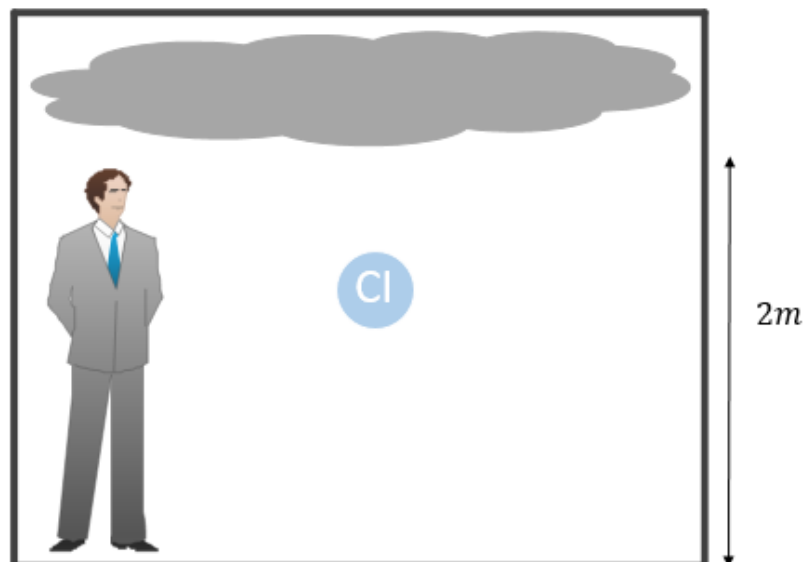


Fig. 3.8 – Camada livre de fumo de 2 metros

#### 3.5.2.11. Definição do tempo associado ao volume limite de fumo no cenário de incêndio

O tempo limite corresponde ao instante em que é acumulado, no cenário de incêndio, o volume limite de fumo definido; Parágrafo 3.5.2.10.

Assim, este tempo é calculado igualando a equação 3.31 ou 3.32, consoante haja ou não sistema de desenfumagem ativa, com a equação 3.33.

### 3.5.2.12. Definição dos valores atribuídos ao Fator Parcial $CPI_{CIF}$

Conforme exposto anteriormente, o valor do Fator Parcial  $CPI_{CIF}$  resulta da comparação do tempo de referência com o tempo de evacuação dos locais. Este contempla, assim, o perigo e a exposição relativos à produção de fumo, no cenário de incêndio.

Através do quociente entre o tempo limite de volume de fumo e o tempo de evacuação, é estabelecida uma correspondência para atribuição do respetivo valor do fator  $CPI_{CIF}$ ; Quadro 3.7.

Quadro 3.7 – Valores do fator  $CPI_{CIF}$

$T_{lim}/T_{per}$	Fator
]0-0,5]	1,6
]0,5-0,75]	1,4
]0,75-1]	1,2
]1-1,25]	1,0
]1,25-1,5]	0,9
]1,5-2]	0,8
]2-3]	0,7
]3-4]	0,6
>4	0,5

Na atribuição de valores a este fator é tido em consideração que a exposição ao fumo é mais gravosa do que a exposição à potência calorífica, devido à toxicidade dos gases presentes no fumo. Segundo um estudo estatístico de 2007, realizado no Reino Unido, as causas de morte em incêndios urbanos devem-se em 44% dos casos exclusivamente à inalação de gases, 26% a queimaduras e inalação de gases e 20% devido apenas a queimaduras [39].

Da análise do Quadro 3.7, constata-se que o  $CPI_{CIF}$  assume como valor máximo 1,6 enquanto o  $CPI_{CIP}$  pode apenas tomar um valor máximo de 1,4; Quadro 3.6.

### 3.5.2.13. Definição dos valores atribuídos ao Fator Parcial $CPI_{CIMR}$

Os materiais de revestimento do cenário de incêndio podem aumentar o perigo potencial do incêndio se não for assegurada uma qualificação mínima.

A legislação em vigor estabelece, com exceção da UT I, a qualificação mínima a que devem obedecer os materiais de revestimento do cenário de incêndio, para cada local de risco. No entanto, dado que essa qualificação mínima foi estabelecida para edifícios novos, esta não foi considerada no método agora proposto. Isto porque a legislação atual é bastante mais exigente no que concerne à qualificação mínima de reação ao fogo dos materiais de revestimento, do que a legislação que vigorava antes de 2008. A

consideração destas qualificações mínimas, no Método CHICHORRO 2.0, implicaria um agravamento excessivo do Risco de Incêndio dos edifícios construídos antes desse ano.

Assim, foram admitidas, para os tetos, paredes e pavimentos do cenário de incêndio, qualificações mínimas menos exigentes de reação ao fogo dos materiais de revestimento; Quadros 3.8 e 3.9.

Quadro 3.8 – Classes de reação ao fogo dos materiais de revestimento de teto e paredes do cenário de incêndio

Locais	A	B	C	D, E e F
Classes exigidas	D-s2 d2	A2-s1 d0	A1	A1
Classes admitidas	D-s2 d2	B-s1 d0	B-s1 d0	B-s1 d0

Quadro 3.9 – Classes de reação ao fogo dos materiais de revestimento de pavimentos do cenário de incêndio

Locais	A	B	C	D, E e F
Classes exigidas	E <sub>FL</sub> -s2	C <sub>F</sub> -s2	A1 <sub>FL</sub>	C <sub>FL</sub> -s2
Classes admitidas	E <sub>FL</sub> -s2	C <sub>FL</sub> -s2	B <sub>FL</sub> -s1	C <sub>FL</sub> -s2

Como tal, os descritores considerados no fator  $CPI_{CIMR}$  são os seguintes:

- Respeita ou não as classes admitidas;
- A diferença entre classes, caso não respeite.

Os valores do fator  $CPI_{CIMR}$  são apresentados no Quadro 3.10.

Quadro 3.10 – Valores do fator  $CPI_{CIMR}$

	Teto/Paredes	Pavimento
Melhor do que as classes admitidas	0,9	0,9
Respeita classes admitidas	1,0	1,0
≤ 1 Classe	1,05	1,0
≤ 2 Classes	1,15	1,05
≤ 3 Classes	1,2	1,1
≤ 4 Classes	1,3	1,15

O valor do fator  $CPI_{CIMR}$  resulta do máximo das três combinações. Por exemplo, quando o teto, as paredes e o pavimento não respeitam as classes admitidas e a diferença máxima entre classes é de 3, o valor do fator é 1,2.

O teto é o elemento construtivo com maior importância no caso de incêndio, pelo que os seus materiais de revestimento devem garantir uma reação ao fogo que permita a evacuação segura dos ocupantes do edifício. Assim, no Quadro 3.10, uma variação de classes de reação ao fogo para os tetos ou paredes

conduz a maiores valores do fator  $CPI_{CIMR}$  relativamente aos valores assumidos para uma variação de classes de reação ao fogo das paredes.

### 3.5.3. FATOR PARCIAL – CONSEQUÊNCIA DE INCÊNDIO ASSOCIADO ÀS VIAS HORIZONTAIS DE EVACUAÇÃO ( $CPI_{VHE}$ )

Segundo Correia [31], as consequências de incêndio associadas às vias horizontais de evacuação resultam de uma relação entre o perigo potencial, em caso de incêndio, e a exposição a esse perigo por parte dos ocupantes do edifício.

Nas vias horizontais de evacuação assume-se que a quantidade de carga de incêndio existente é de tal forma reduzida que o incêndio nunca deflagrará neste local. Assim, a potência calorífica libertada deixa de ser um fator de perigo.

O perigo nas vias horizontais de evacuação resulta, então, da passagem de fumo do cenário de incêndio para estas e da reação ao fogo dos materiais de revestimento.

Porém, uma vez que se considera que o incêndio não pode ter início nas VHE, a possível contribuição dos materiais de revestimento para as consequências do incêndio está fortemente dependente da passagem de fumo do cenário de incêndio para as vias horizontais de evacuação.

O fator  $CPI_{VHE}$  resulta, assim, de uma ponderação entre o fumo e os materiais de revestimento. O fumo tem um peso duas vezes superior em relação à reação ao fogo dos materiais de revestimento; equação 3.34.

$$CPI_{VHE} = \frac{(2 \times CPI_{VHEFCorrigido} + CPI_{VHEMR})}{3} \quad (3.34)$$

Em que:

- $CPI_{VHE}$  – Consequências parciais de incêndio nas VHE;
- $CPI_{VHEFCorrigido}$  – Consequências parciais de incêndio associadas ao fumo nas VHE, devidamente corrigido;
- $CPI_{VHEMR}$  – Consequências parciais de incêndio associadas à reação ao fogo dos materiais de revestimento nas VHE.

#### 3.5.3.1. Quantificação do volume de fumo escoado do cenário de incêndio para as VHE

Para quantificar a passagem de fumo do cenário de incêndio para as vias horizontais de evacuação é fundamental estabelecer o momento em que se inicia essa passagem,  $t_0$ .

Para que a passagem de fumo se verifique é necessário que a porta do cenário de incêndio se encontre aberta e que a camada de fumo esteja abaixo do lintel da porta, que se considera ter uma altura de 2 metros.

Assim, o instante de início da passagem de fumo para as VHE,  $t_0$ , é dado pelo máximo entre a soma do tempo de deteção com o tempo de percurso, no cenário de incêndio, e o tempo limite de fumo do cenário de incêndio; equação 3.35.

$$t_0 = \max \left\{ (t_{det} + t_{per})_{CI}, t_{limitefumo_{CI}} \right\} \quad (3.35)$$

Em que:

- $t_0$  – Instante de início da passagem de fumo do cenário de incêndio para a via horizontal de evacuação (s);
- $(t_{det} + t_{per})_{CI}$  – Soma do tempo de deteção com o tempo de percurso no cenário de incêndio (s);
- $t_{limitefumo_{CI}}$  – Tempo necessário para a camada de fumo descer abaixo do lintel, situado a 2 metros de altura (s).

Considera-se que todo o fumo produzido, após o instante  $t_0$ , é escoado do cenário de incêndio para as VHE.

Nos casos em que não existe sistema ativo de controlo de fumo, o caudal de escoamento é igual, em cada instante, ao caudal volúmico de fumo produzido no cenário de incêndio. Nos casos em que existe sistema de desenfumagem ativa, o caudal de escoamento é igual, em cada instante, ao caudal volúmico de fumo produzido, menos o caudal de extração.

### 3.5.3.2. Definição do volume limite de fumo nas VHE

Na formulação do Método MARIEE, não se considera a possibilidade de existência de sistemas ativos de controlo de fumo nas vias horizontais de evacuação e no Método CHICHORRO 2.0 faz-se essa consideração. Como evolução face ao método anterior, não se quantificam valores fixos para quaisquer medidas das VHE, sendo o cálculo realizado para as medidas reais do edifício.

Nas vias horizontais de evacuação admite-se, tal como no cenário de incêndio, que o critério que garante condições ambientais compatíveis com a realização da evacuação, é a manutenção de uma camada livre de fumo de 2 metros.

Assim, o volume de fumo limite que se pode acumular nas VHE é dado pela equação 3.37.

$$A_{VHE} = l_{VHE} \times b_{VHE} \quad (3.36)$$

$$V_{f_{limiteVHE}} = A_{VHE} \times (z - 2) \quad (3.37)$$

Em que:

- $l_{VHE}$  – Comprimento da VHE (m);
- $b_{VHE}$  – Largura da VHE (m);
- $V_{f_{limiteVHE}}$  – Volume de fumo limite nas VHE (m<sup>3</sup>);
- $A_{VHE}$  – Área da VHE (m<sup>2</sup>);
- $z$  – Pé-direito da VHE (m).

### 3.5.3.3. Definição do tempo de tolerância nas VHE

O tempo de tolerância traduz o tempo entre a saída do último ocupante até ao instante em que o fumo inicia a sua passagem do cenário de incêndio para a VHE. Considera-se apenas nos casos em que no instante da saída do último ocupante do cenário de incêndio, a camada de fumo ainda não passou do lintel da porta. Este tempo é obtido através da equação 3.38.

$$t_{tolerância} = t_{limitefumo_{CI}} - t_{evCI} \quad (3.38)$$

Em que:

- $t_{tolerância}$  – Tempo de tolerância (s);
- $t_{limitefumo_{CI}}$  – Tempo limite de fumo no cenário de incêndio (s);
- $t_{evCI}$  – Tempo de evacuação no cenário de incêndio (s).

### 3.5.3.4. Definição do tempo associado ao volume limite de fumo nas VHE

O tempo associado ao volume limite de fumo nas VHE, tempo limite, é obtido através da sequência de cálculo apresentada na Figura 3.9.

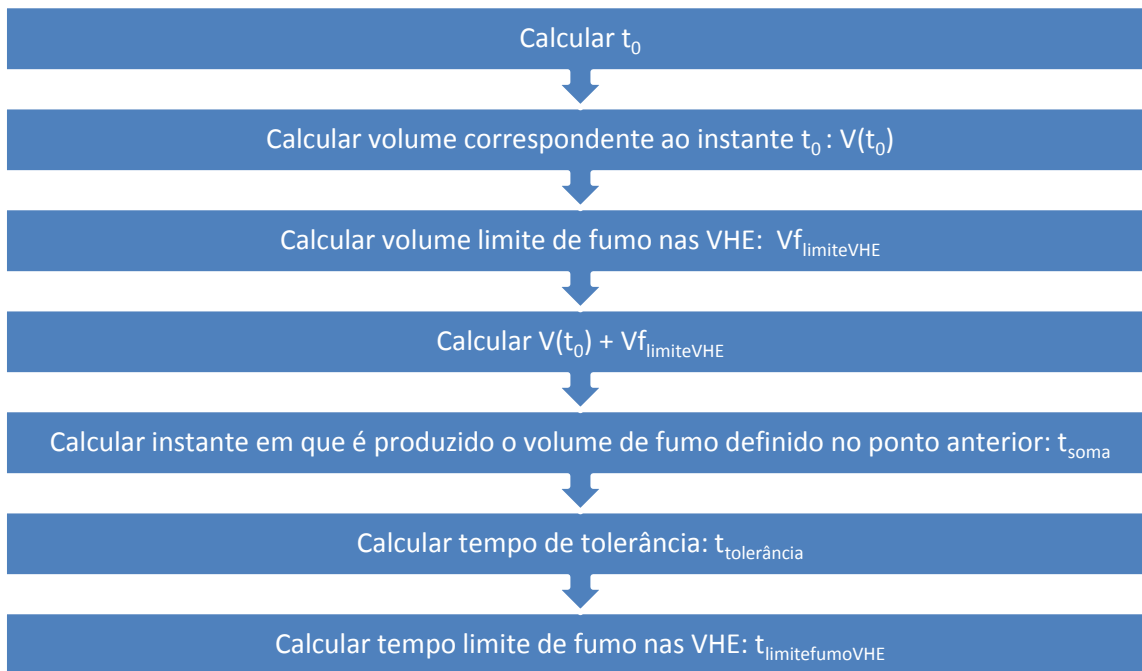


Fig. 3.9 – Sequência de cálculo para obtenção do tempo limite de fumo nas VHE

De seguida, é feita uma explicação detalhada de cada um dos passos:

#### Calcular $t_0$

O instante de início da passagem de fumo para as VHE,  $t_0$ , é dado pelo máximo entre a soma do tempo de deteção com o tempo de percurso, no cenário de incêndio, e o tempo limite de fumo do cenário de incêndio; equação 3.35.

#### Calcular volume correspondente ao instante $t_0$ : $V(t_0)$

Para a definição do tempo limite de fumo nas VHE é fundamental conhecer o volume de fumo produzido no instante que se inicia a passagem de fumo do cenário de incêndio para as VHE,  $V(t_0)$ . Este volume é obtido através da equação 3.31, nos casos em que não existe sistema ativo de controlo de fumo ou através da equação 3.32, nos casos em que há sistema de desenfumagem ativa.

#### Calcular volume limite de fumo nas VHE: $Vf_{\text{limiteVHE}}$

O volume de fumo limite que se pode acumular nas VHE é dado pela equação 3.37.

#### Calcular $V(t_0) + Vf_{\text{limiteVHE}}$

Este volume resulta da soma dos volumes definidos nos 2 passos anteriores; equação 3.39.

$$V_{\text{soma}} = V(t_0) + Vf_{\text{limiteVHE}} \quad (3.39)$$

#### Calcular instante em que é produzido o volume de fumo definido no ponto anterior: $t_{\text{soma}}$

Este tempo é calculado igualando a equação 3.31 ou 3.32, consoante haja ou não sistema de desenfumagem ativa, com a equação 3.39.

#### Calcular tempo de tolerância: $t_{\text{tolerância}}$

O tempo de tolerância é obtido através da equação 3.38.

#### Calcular tempo limite de fumo nas VHE: $t_{\text{limitefumoVHE}}$

O tempo limite de fumo nas VHE resulta da equação 3.40.

$$t_{\text{limitefumoVHE}} = t_{\text{soma}} - t_0 - t_{\text{AV}} + t_{\text{tolerância}} \quad (3.40)$$

Em que:

- $t_{\text{limitefumoVHE}}$  –Tempo limite de fumo nas VHE (s);
- $t_{\text{soma}}$  –Tempo em que é produzida a soma dos volumes  $V(t_0)$  e  $Vf_{\text{limiteVHE}}$  (s);
- $t_0$  –Tempo de início da passagem de fumo do cenário de incêndio para as VHE (s);
- $t_{\text{AV}}$  –Tempo de atravessamento dos vãos no cenário de incêndio (s);
- $t_{\text{tolerância}}$  –Tempo de tolerância (s).

Este tempo pode assumir valores negativos nos casos em que, aquando da saída da última pessoa do cenário de incêndio, já se encontra formada uma camada de fumo abaixo do lintel da porta no CI.

### 3.5.3.5. Definição de tempo de evacuação das VHE

O tempo de evacuação nas vias horizontais de evacuação traduz o tempo necessário para os ocupantes percorrem as mesmas. Considera-se que a evacuação nas VHE se dá em fila indiana, não se tendo considerado um tempo de atravessamento das saídas.

O cálculo das velocidades de evacuação, representado na Figura 3.10, é análogo ao descrito no Parágrafo 3.5.2.6. No entanto, dado que se considera que a evacuação nas VHE é realizada em fila indiana, o valor considerado para densidade adimensional é igual a  $0,125\text{m}^2/\text{m}^2$ .

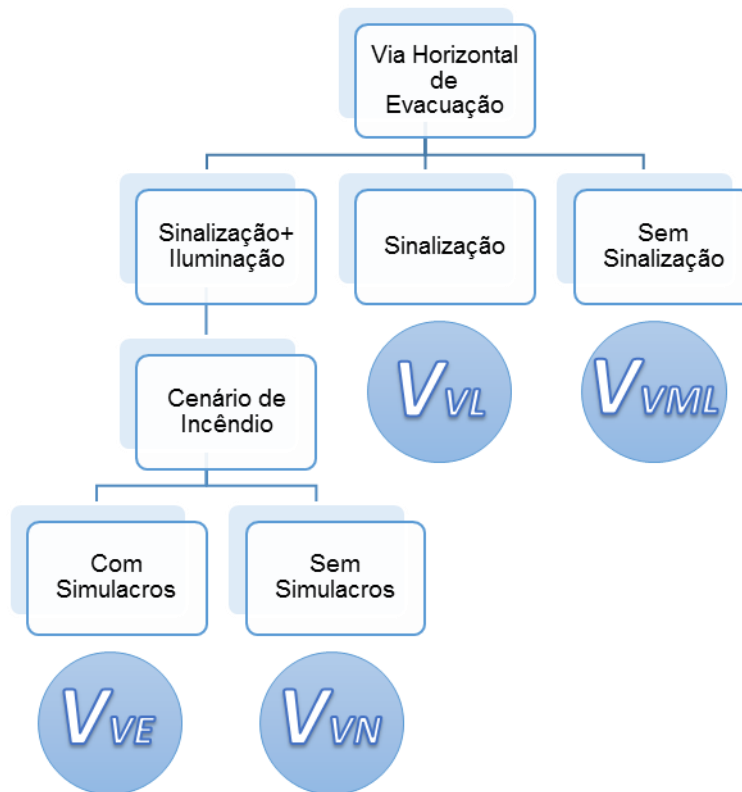


Fig. 3.10 – Esquema para cálculo das velocidades de evacuação nas VHE

Assim, o tempo de evacuação nas VHE é calculado pela equação 3.41.

$$T_{ev\ VHE} = \frac{d_{VHE}}{V_H} \quad (3.41)$$

Em que:

- $T_{ev\ VHE}$  – Tempo de evacuação da VHE (s);
- $d_{VHE}$  – Distância percorrida pelos ocupantes nas VHE (m);
- $V_H$  – Velocidade horizontal de evacuação (m/s).

### 3.5.3.6. Definição dos valores atribuídos ao Fator Parcial $CPI_{VHEF}$

Conforme anteriormente exposto, o valor do Fator Parcial  $CPI_{VHEF}$  resulta da comparação do tempo de referência com o tempo de evacuação a percorrer nas vias horizontais. Este contempla, assim, o perigo e a exposição relativos à presença de fumo nas vias horizontais de evacuação.

Através do quociente entre o tempo limite de fumo e o tempo de evacuação, é estabelecida uma correspondência para atribuição do respetivo valor do fator  $CPI_{VHEF}$ ; Quadro 3.11.

Quadro 3.11 – Valores do fator  $CPI_{VHEF}$

$t_{lim}/t_{per}$	Fator	Fator corrigido
$\leq 0$	1,6	1,18
]0;0,1]	1,5	1,15
]0,1;0,25]	1,4	1,12
]0,25;0,5]	1,3	1,09
]0,5;0,75]	1,2	1,06
]0,75;1]	1,1	1,03
]1;2]	1,0	1,0
]2;3]	0,9	0,97
$> 3$	0,8	0,94

Porém, na atribuição de valores a este fator é necessário considerar que a exposição ao fumo, no cenário de incêndio, é mais gravosa do que nas VHE. Os valores do Método CHICHORRO são corrigidos pela equação 3.42, para valores do Método CHICHORRO 2.0 atendendo não só ao aspeto referido mas também aos vários cálculos entretanto efetuados e da sensibilidade do autor.

$$CPI_{VHEF\text{corrigido}} = 1 + (CPI_{VHEF} - 1) \times 0,3 \quad (3.42)$$

Em que:

- $CPI_{VHEF\text{corrigido}}$  – Fator Parcial,  $CPI_{VHEF}$ , devidamente corrigido;
- $CPI_{VHEF}$  – Fator Parcial, sem correção.

### 3.5.3.7. Definição dos valores atribuídos ao Fator Parcial $CPI_{VHEMR}$

Os materiais de revestimento das vias horizontais de evacuação podem aumentar o perigo potencial do incêndio se não for assegurada uma qualificação mínima.

A legislação em vigor estabelece a qualificação mínima a que devem obedecer os materiais de revestimento das VHE. No entanto, dado que essa qualificação mínima foi estabelecida para edifícios novos, esta não foi considerada no método agora proposto. Isto porque a legislação atual é bastante mais

exigente, no que concerne à qualificação mínima de reação ao fogo dos materiais de revestimento, do que a legislação que vigorava antes de 2009. A consideração destas qualificações mínimas, no Método CHICHORRO 2.0, implicaria um agravamento excessivo do Risco de Incêndio dos edifícios construídos antes desse ano.

Assim foram admitidas, para os tetos, paredes e pavimentos das VHE, qualificações mínimas menos exigentes de reação ao fogo dos materiais de revestimento; Quadros 3.12 e 3.13.

Quadro 3.12 – Classes de reação ao fogo dos materiais de revestimento dos tetos e paredes das VHE

Locais	Ao ar livre ou em pisos até 9m de altura	Em pisos entre 9m e 28m	Em pisos acima de 28m
Classes exigidas	C-s3 d1	C-s2 d0	A2-s1 d0
Classes admitidas	C-s2 d1	C-s2 d0	B-s1 d0

Quadro 3.13 – Classes de reação ao fogo dos materiais de revestimento de pavimentos das VHE

Locais	Ao ar livre ou em pisos até 9m de altura	Em pisos entre 9m e 28m	Em pisos acima de 28m
Classes exigidas	D <sub>FL</sub> -s3	C <sub>FL</sub> -s2	C <sub>FL</sub> -s1
Classes admitidas	E <sub>FL</sub> -s2	C <sub>FL</sub> -s2	C <sub>FL</sub> -s2

Como tal, os descritores considerados no fator  $CPI_{VHEMR}$  são os seguintes:

- Respeita ou não as classes admitidas;
- A diferença entre classes, caso não respeite.

Os valores do fator  $CPI_{VHEMR}$  são apresentados no Quadro 3.14.

Quadro 3.14 – Valores do fator  $CPI_{VHEMR}$

	Teto/Parede	Pavimento
Melhor do que as classes admitidas	0,9	0,9
Respeita as classes admitidas	1,0	1,0
≤ 1 Classe	1,05	1,0
≤ 2 Classes	1,15	1,05
≤ 3 Classes	1,3	1,1
≤ 4 Classes	1,4	1,15

As considerações relativas ao  $CPI_{VHEMR}$  são semelhantes àquelas que se fizeram para o  $CPI_{CIMR}$ , no Parágrafo 3.5.2.13.

### 3.5.4. FATOR PARCIAL – CONSEQUÊNCIAS DE INCÊNDIO ASSOCIADO ÀS VIAS VERTICAIS DE EVACUAÇÃO (CPI<sub>VVE</sub>)

#### 3.5.4.1. Introdução

As consequências de incêndio associadas às vias verticais de evacuação resultam de uma relação entre o perigo potencial, em caso de incêndio, e a exposição a esse perigo por parte dos ocupantes do edifício.

Nas vias verticais de evacuação assume-se que a quantidade de carga de incêndio existente é de tal forma reduzida que o incêndio nunca deflagrará neste local. Assim, a potência calorífica libertada deixa de ser um fator de perigo.

No Método CHICHORRO 2.0, considera-se apenas o caso de não enclausuramento das vias de evacuação. O caso de enclausuramento não é considerado porque se supõe que não há passagem de fumo entre as vias, pelo menos durante o tempo em que é expectável que se realize a evacuação. Assim, a avaliação da contribuição das vias de evacuação enclausuradas para o Risco de Incêndio torna-se despiciente.

O perigo nas vias verticais de evacuação resulta, então, da passagem de fumo do cenário de incêndio para estas e da reação ao fogo dos materiais de revestimento.

Porém, uma vez que se considera que o incêndio não pode ter início nas VVE, a possível contribuição dos materiais de revestimento para as consequências do incêndio, está fortemente dependente da passagem de fumo do cenário de incêndio para as vias verticais de evacuação.

O fator CPI<sub>VVE</sub> resulta, assim, de uma ponderação entre o fumo e os materiais de revestimento. O fumo tem o dobro da influência no cálculo do CPI<sub>VVE</sub> face à reação ao fogo dos materiais de revestimento; equação 3.43.

$$CPI_{VVE} = (2 \times CPI_{VVEFCorrigido} + CPI_{VVEMR})/3 \quad (3.43)$$

Em que:

- CPI<sub>VVE</sub> – Consequências parciais de incêndio nas VVE;
- CPI<sub>VVEFCorrigido</sub> – Consequências parciais de incêndio associadas ao fumo nas VVE, devidamente corrigido;
- CPI<sub>VVEMR</sub> – Consequências parciais de incêndio associadas à reação ao fogo dos materiais de revestimento nas VVE.

#### 3.5.4.2. Quantificação do volume de fumo escoado do cenário de incêndio para as VVE

A passagem de fumo do cenário de incêndio para as VVE é calculada da mesma forma que para as VHE.

#### 3.5.4.3. Sistema de controlo de fumo nas VVE

Este descritor traduz a existência, ou não, de sistema de controlo de fumo nas vias verticais de evacuação. A sua existência reflete-se nas condições ambientais das mesmas.

No método proposto, são consideradas duas hipóteses: existência de sistema passivo de controlo de fumo ou inexistência deste.

Relativamente ao sistema de desenfumagem passiva, o Método CHICHORRO 2.0, considera que este é constituído por uma claraboia, cujo caudal de extração se calcula através da equação 3.46 [34].

$$\Delta P_{IN-OUT(Z_{CEIL})} = \rho_{AMB} \times g \times (Z_{CEIL} - Z_{LAY}) \times \frac{(T_{LAY} - T_{AMB})}{T_{LAY}} \quad (3.44)$$

$$v_{VENT} = 0,61 \times \left( 2 \times \frac{\Delta P_{IN-OUT(Z_{CEIL})} T_{LAY}}{(\rho_{AMB} T_{AMB})} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3.45)$$

$$V_{ext VVE} = A_{VENT} \times v_{VENT} \quad (3.46)$$

Em que:

- $Z_{CEIL}$  – Altura da claraboia (m);
- $\rho_{AMB}$  – Densidade do ar à temperatura ambiente  $\left(1,2 \frac{kg}{m^3}\right)$ ;
- $Z_{LAY}$  – Altura da camada de fumo (m);
- $T_{LAY}$  – Temperatura da camada de fumo (K);
- $T_{AMB}$  – Temperatura ambiente (K);
- $v_{VENT}$  – Velocidade média com que se processa a ventilação na claraboia (m/s);
- $A_{VENT}$  – Área da claraboia (m<sup>2</sup>);
- $V_{extVVE}$  – Caudal volúmico de extração de fumo nas VVE (m<sup>3</sup>/s);
- $g$  – Aceleração da gravidade (9,81 m/s<sup>2</sup>);
- $\Delta P_{IN-OUT(Z_{CEIL})}$  – Diferença de pressão interior e exterior (Pa).

#### 3.5.4.4. Definição do volume limite de fumo nas VVE

Para a definição do volume limite de fumo nas vias verticais de evacuação é fundamental conhecer as dimensões das VVE e a posição do cenário incêndio no edifício.

Segundo Correia [31], para o cálculo do valor do fator  $CPI_{VVE}$ , definiram-se os seguintes valores:

- Largura da via vertical de evacuação;
- Distância a percorrer na via vertical de evacuação:

$$d_{piso} = 2,5 \times 2 + 0,5 \times 2 + 4 \times L_{VVE} \quad (3.47)$$

$$d_{VVE} = d_{piso} \times n.^{\circ} \text{ pisos abaixo} \quad (3.48)$$

Em que:

$d_{piso}$  – Distância percorrida por piso (m);

$L_{VVE}$  – Largura da VVE (m);

$d_{VVE}$  – Distância a percorrer nas VVE (m).

A Figura 3.11 representa um esquema com as dimensões consideradas para as VVE.

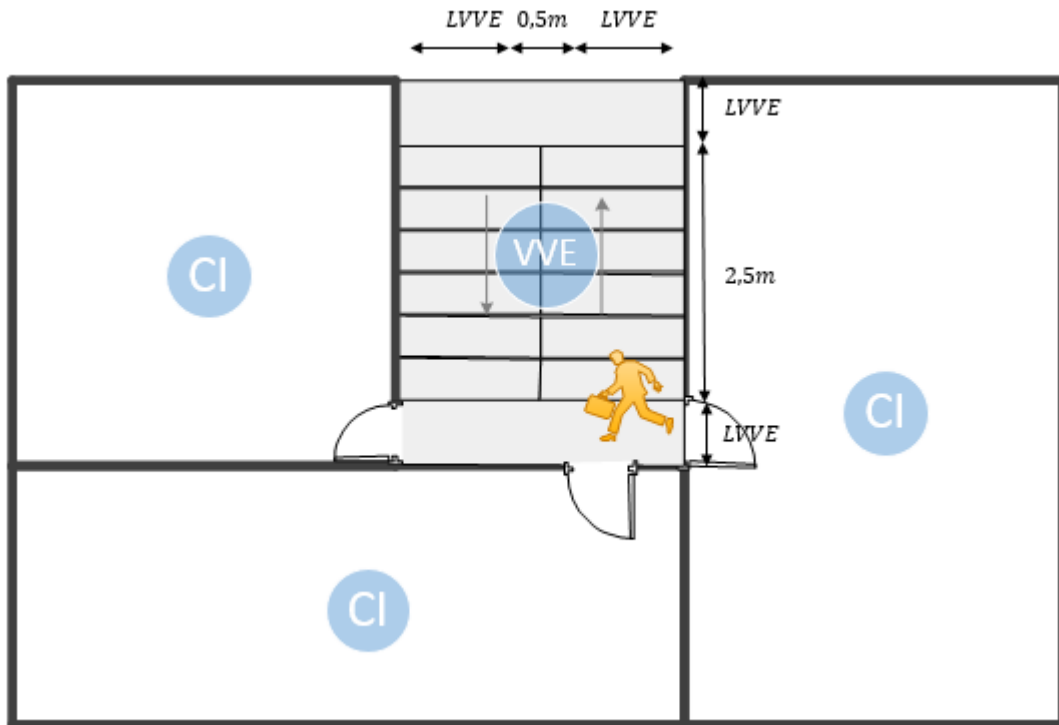


Fig. 3.11 – Dimensões consideradas para as VVE

Para definição das dimensões das escadas são considerados degraus com 17 cm de espelho e 28 cm de cobertor. Assim, 9 degraus representam aproximadamente 2,5 m na horizontal e 1,5 m na vertical. Para descer os 3 m de altura de cada piso são necessários 2 lanços de escada de 9 degraus. Considera-se ainda 0,5 m de corrimão, entre os 2 lanços.

A área das vias verticais de evacuação é definida pela equação 3.49.

$$A_{VVE} = (L_{VVE} \times 2 + 2,5) \times (L_{VVE} \times 2 + 0,5) \quad (3.49)$$

Em que:

- $A_{VVE}$  – Área da VVE (m<sup>2</sup>);
- $L_{VVE}$  – Largura da VVE (m).

Nas vias verticais de evacuação admite-se, tal como nas vias horizontais, que o critério que garante condições ambientais compatíveis com a realização da evacuação é a manutenção de uma camada livre de fumo de 2 metros, no último piso.

O volume de encaixe, do último piso, é calculado pela equação 3.50.

$$V_{fumo \text{ último piso}} = A_{VVE} \times (z - 2) \quad (3.50)$$

Em que:

- $V_{fumo \text{ último piso}}$  – Volume limite de fumo que se pode acumular no último piso ( $m^3$ );
- $A_{VVE}$  – Área da VVE ( $m^2$ );
- $z$  – Pé-direito livre do último piso do edifício (m).

Considera-se que o fumo sobe, desde o cenário de incêndio até ao último piso, através de uma coluna de fumo presente ao longo do desvão entre corrimãos; equação 3.51.

$$V_{fumo \text{ corrimão}} = n.^\circ \text{ pisos acima} \times 3 \times (0,5 \times 2,5) \quad (3.51)$$

Em que:

- $V_{fumo \text{ corrimão}}$  – Volume da coluna de fumo presente ao longo do corrimão da VVE ( $m^3$ ).

Como tal, e nos casos em que não existe sistema de controlo de fumo nas VVE, o volume limite de fumo é definido pela soma do volume de encaixe do último piso com o volume da cortina de fumo presente ao longo do corrimão; equação 3.52.

$$V_{f_{limiteVVE}} = V_{fumo \text{ corrimão}} + V_{fumo \text{ último piso}} \quad (3.52)$$

Em que:

- $V_{f_{limiteVVE}}$  – Volume limite de fumo nas VVE ( $m^3$ );
- $V_{fumo \text{ corrimão}}$  – Volume da coluna de fumo presente ao longo do corrimão das VVE ( $m^3$ );
- $V_{fumo \text{ último piso}}$  – Volume limite de fumo que se pode acumular no último piso ( $m^3$ ).

#### 3.5.4.5. Definição do tempo associado ao volume limite de fumo nas VVE

O tempo associado ao volume limite de fumo nas VVE, tempo limite, é obtido através da sequência de cálculo apresentada na Figura 3.12.

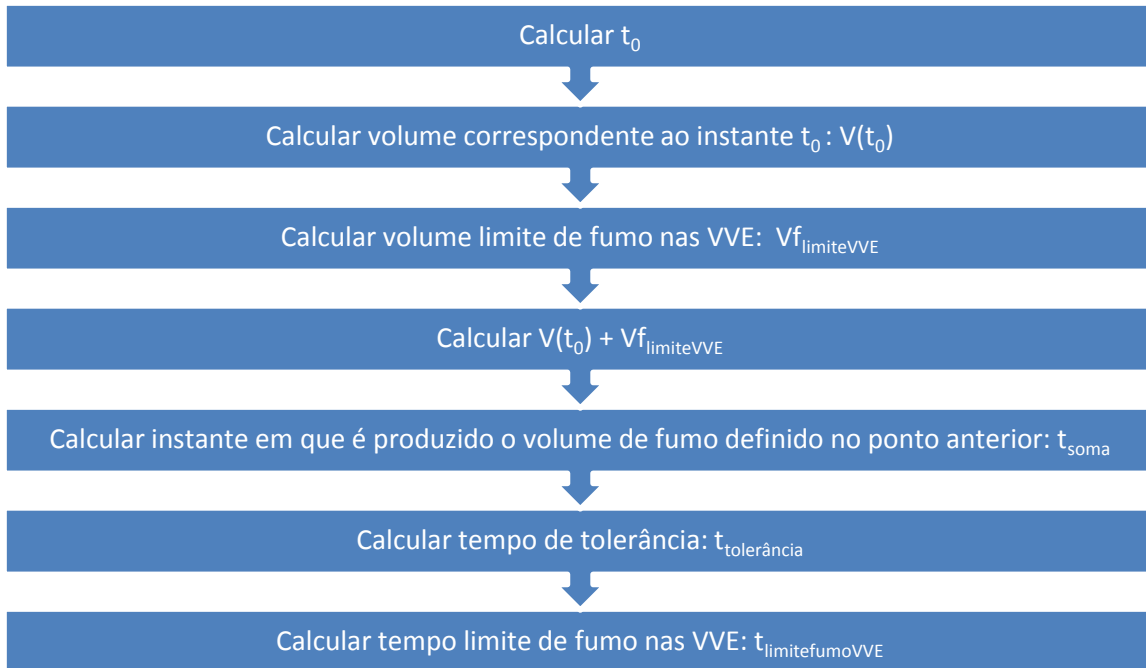


Figura 3.12 – Sequência de cálculo para obtenção do tempo limite de fumo nas VVE

De seguida é feita uma explicação detalhada de cada um dos passos.

#### Calcular $t_0$

O instante de início da passagem de fumo para as VVE,  $t_0$ , é dado pelo máximo entre a soma do tempo de deteção com o tempo de percurso, no cenário de incêndio, e o tempo limite de fumo do cenário de incêndio; equação 3.35.

#### Calcular volume correspondente ao instante $t_0$ : $V(t_0)$

Para a definição do tempo limite de fumo nas VVE é fundamental conhecer o volume de fumo produzido no instante que se inicia a passagem de fumo do cenário de incêndio para as VVE,  $V(t_0)$ .

Nos casos em que não existe sistema de controlo de fumo nas VVE, este volume é obtido através da equação 3.31, nos casos em que não existe sistema ativo de controlo de fumo no cenário de incêndio, ou através da equação 3.32, nos casos em que há sistema de desenfumagem ativa no cenário de incêndio.

Nos casos em que existe sistema passivo de controlo de fumo nas VVE, este volume é obtido através da equação 3.53.

$$V_{f \text{ com ext VVE}} = \int V - V_{\text{ext CI}} - V_{\text{ext VVE}} dt \quad (3.53)$$

Em que:

- $V_{f \text{ com ext VVE}}$  – Volume de fumo acumulado nas VVE com sistema de desenfumagem ativa ( $\text{m}^3$ );
- $V$  – Caudal volúmico de fumo produzido no cenário de incêndio ( $\text{m}^3/\text{s}$ );
- $V_{\text{ext CI}}$  – Caudal volúmico de fumo extraído no cenário de incêndio ( $\text{m}^3/\text{s}$ );
- $V_{\text{ext VVE}}$  – Caudal volúmico de fumo extraído nas VVE ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).

No caso em que o cenário de incêndio não possui sistema ativo de controlo de fumo,  $V_{ext\ CI}$  assume, na equação 3.53, o valor 0.

**Calcular volume limite de fumo nas VVE:  $V_{f_{limiteVVE}}$**

O volume de fumo limite que se pode acumular nas VVE é dado pela equação 3.52.

**Calcular  $V(t_0) + V_{f_{limiteVVE}}$**

Este volume resulta da soma dos volumes definidos nos 2 passos anteriores; equação 3.54.

$$V_{soma} = V(t_0) + V_{f_{limiteVVE}} \quad (3.54)$$

**Calcular instante em que é produzido o volume de fumo definido no ponto anterior:  $t_{soma}$**

Este tempo é calculado igualando a equação 3.53 com a equação 3.54.

**Calcular tempo de tolerância:  $t_{tolerância}$**

O tempo de tolerância é obtido através da equação 3.38.

**Calcular tempo limite de fumo nas VVE:  $t_{limitefumoVVE}$**

O tempo limite de fumo nas VVE resulta da equação 3.55.

$$t_{limitefumoVVE} = t_{soma} - t_0 - t_{AV} + t_{tolerância} \quad (3.55)$$

Em que:

- $t_{limitefumoVVE}$  – Tempo limite de fumo nas VVE (s);
- $t_{soma}$  – Tempo em que é produzida a soma dos volumes  $V(t_0)$  e  $V_{f_{limiteVVE}}$  (s);
- $t_0$  – Tempo de início da passagem de fumo do cenário de incêndio para as VVE (s);
- $t_{AV}$  – Tempo de atravessamento dos vãos no cenário de incêndio (s);
- $t_{tolerância}$  – Tempo de tolerância (s).

Este tempo pode assumir valores negativos nos casos em que, aquando da saída da última pessoa do CI, já se encontra formada uma camada de fumo até ao lintel da porta no CI.

#### 3.5.4.6. Definição de tempo de evacuação das VVE

O tempo de evacuação nas vias verticais de evacuação traduz o tempo necessário para os ocupantes percorrem as mesmas. Considera-se que a evacuação nas VVE se dá em fila indiana, não fazendo sentido considerar um tempo de atravessamento das saídas. Considera-se, então, que o valor da densidade adimensional é igual a  $0,125\text{m}^2/\text{m}^2$ .

A distância percorrida pelos ocupantes do edifício é definida através da equação 3.48.

O cálculo das velocidades de evacuação é feito de acordo com o descrito em seguida e representado na Figura 3.13.

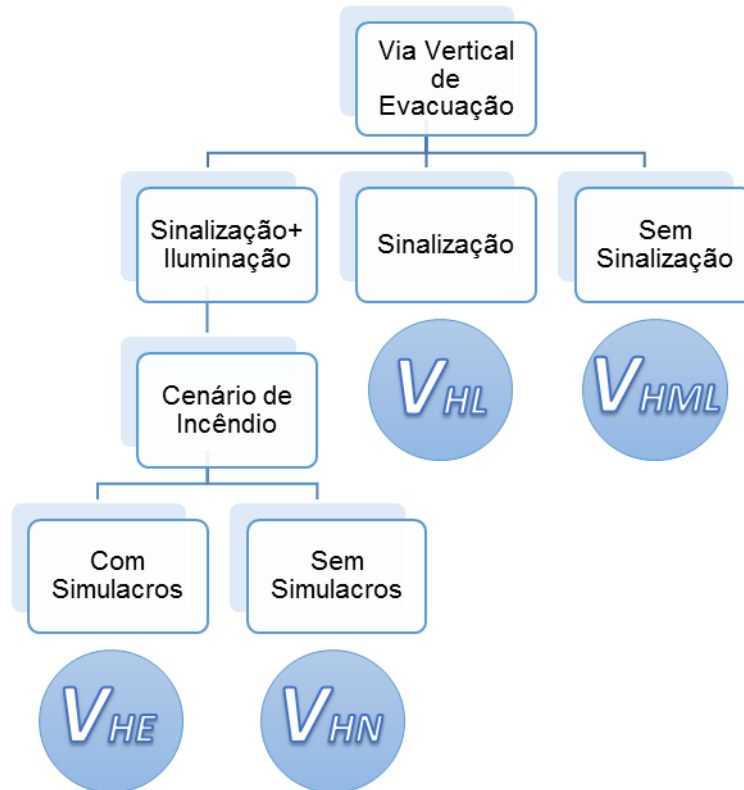


Fig. 3.13 – Esquema para cálculo das velocidades de evacuação nas VVE

A velocidade descendente de evacuação depende da existência, ou não, dos seguintes descritores nas vias verticais de evacuação:

- Sinalização de emergência;
- Iluminação de emergência;
- Realização de simulacros pelos ocupantes do edifício.

Assim, o Método CHICHORRO 2.0 considera 4 velocidades descendentes de evacuação diferentes:

#### Velocidade descendente para condições normais de movimento ( $V_{DN}$ )

Esta velocidade é considerada nas vias verticais de evacuação com sinalização e iluminação de emergência. É calculada, através do método de Predtechenskii-Milinskii [28]; equação 3.56.

$$V_{DN} = [0,775 + 0,44e^{-0,39Da} \times \text{sen}(5,61Da - 0,224)] \times V_{HN} \quad (3.56)$$

Em que:

- $V_{DN}$  - Velocidade descendente para condições normais de movimento (m/s);

- $V_{HN}$  – Velocidade horizontal para condições normais de movimento (m/s), definida pela equação 3.20;
- $D_a$  – Densidade adimensional ( $0,125\text{m}^2/\text{m}^2$ ).

### **Velocidade descendente para condições de movimento de emergência ( $V_{DE}$ )**

Esta velocidade é considerada nas vias verticais de evacuação com sinalização e iluminação de emergência e em que são realizados simulacros por parte dos ocupantes do edifício. É calculada através do método de Predtechenskii-Milinskii [28]; equação 3.57.

$$V_{DE} = 1,21 \times V_{DN} \quad (3.57)$$

Em que:

- $V_{DE}$  – Velocidade descendente para condições de movimento de emergência (m/s);
- $V_{DN}$  – Velocidade descendente para condições normais de movimento (m/s).

### **Velocidade descendente para condições de movimento lento (VDL)**

Esta velocidade é considerada nas vias verticais de evacuação com, apenas, sinalização de emergência. É calculada através da equação 3.58.

$$V_{DL} = 0,5 \times V_{DN} \quad (3.58)$$

Em que:

- $V_{DL}$  – Velocidade descendente para condições de movimento lento (m/s);
- $V_{DN}$  – Velocidade descendente para condições normais de movimento (m/s).

### **Velocidade descendente para condições de movimento muito lento (VDML)**

A sinalização de emergência é fundamental para a segurança dos ocupantes, não existindo qualquer razão para que não seja implementada numa operação de reabilitação.

Assim, no método proposto, caso não exista sinalização de emergência a velocidade de deslocamento reduz-se em 90%; equação 3.59.

$$V_{DML} = 0,1 \times V_{DN} \quad (3.59)$$

Em que:

- $V_{DML}$  – Velocidade descendente para condições de movimento muito lento (m/s);
- $V_{DN}$  – Velocidade descendente para condições normais de movimento (m/s).

Assim, o tempo de evacuação nas VVE é calculado pela equação 3.60.

$$T_{vVVE} = \frac{D_{VVE}}{V_D} \quad (3.60)$$

Em que:

- $T_{ev VVE}$  – Tempo de evacuação da VVE (s);
- $D_{VVE}$  – Distância percorrida pelos ocupantes nas VVE (m);
- $V_D$  – Velocidade descendente de evacuação (m/s).

#### 3.5.4.7. Definição dos valores atribuídos ao Fator Parcial $CPI_{VVEF}$

Conforme anteriormente exposto, o valor do Fator Parcial  $CPI_{VVEF}$  resulta da comparação do tempo de referência com o tempo de evacuação dos locais. Este contempla, assim, o perigo e a exposição relativos à presença de fumo nas vias verticais de evacuação.

Através do quociente entre o tempo limite de fumo e o tempo de evacuação, é estabelecida uma correspondência para atribuição do respetivo valor do Fator Parcial  $CPI_{VVEF}$ ; Quadro 3.15.

Quadro 3.15 – Valores do  $CPI_{VVEF}$

$t_{lim}/t_{per}$	Fator	Fator corrigido
$\leq 0$	1,6	1,18
]0;0,1]	1,5	1,15
]0,1;0,25]	1,4	1,12
]0,25;0,5]	1,3	1,09
]0,5;0,75]	1,2	1,06
]0,75;1]	1,1	1,03
]1;2]	1,0	1,0
]2;3]	0,9	0,97
$> 3$	0,8	0,94

Na atribuição de valores a este fator é necessário considerar que a exposição ao fumo, no cenário de incêndio, é mais gravosa do que nas VVE. Os valores presentes no Quadro 3.15 são, assim, corrigidos através da equação 3.61, por forma a obter um valor máximo deste fator de 1,18.

$$CPI_{VVEFCorrigido} = 1 + (CPI_{VVEF} - 1) \times 0,3 \quad (3.61)$$

Em que:

$CPI_{VVEFCorrigido}$  – Fator Parcial,  $CPI_{VVEF}$ , devidamente corrigido;

$CPI_{VVEF}$  – Fator Parcial sem correção.

### 3.5.4.8. Definição do fator de consequências de incêndio associado aos materiais de revestimento

Os materiais de revestimento das vias verticais de evacuação podem aumentar o perigo potencial do incêndio se não for assegurada uma qualificação mínima.

A legislação em vigor estabelece a qualificação mínima a que devem obedecer os materiais de revestimento das VVE. No entanto, dado que essa qualificação mínima foi estabelecida para edifícios novos, esta não foi considerada no método agora proposto. Isto porque a legislação atual é bastante mais exigente no que concerne à qualificação mínima de reação ao fogo dos materiais de revestimento do que a legislação que vigorava antes de 2009. A consideração destas qualificações mínimas, no Método CHICHORRO 2.0, implicaria um agravamento excessivo do Risco de Incêndio dos edifícios construídos antes desse ano.

Assim foram admitidas, para os tetos, paredes e pavimentos das VVE, qualificações mínimas menos exigentes de reação ao fogo dos materiais de revestimento; Quadros 3.16 e 3.17.

Quadro 3.16 – Classes de reação ao fogo dos materiais de revestimento dos tetos e paredes das VVE

Locais	Ao ar livre	No interior dos edifícios	
		Pequena e média altura	Grande e muito grande altura
Classes exigidas	B-s3 d0	A2-s1 d0	A1
Classes admitidas	C-s3 d0	B-s1 d0	A2-s1 d0

Quadro 3.17 – Classes de reação ao fogo dos materiais de revestimento de pavimentos das VVE

Locais	Ao ar livre	No interior dos edifícios	
		Pequena e média altura	Grande e muito grande altura
Classes exigidas	C <sub>FL</sub> -s3	C <sub>FL</sub> -s1	C <sub>FL</sub> -s1
Classes admitidas	E <sub>FL</sub> -s2	C <sub>FL</sub> -s2	C <sub>FL</sub> -s2

Como tal, os descritores considerados no fator  $CPI_{VVEMR}$  são os seguintes:

- Respeita ou não as classes admitidas;
- A diferença entre classes, caso não respeite.

Os valores do fator  $CPI_{VVEMR}$  são apresentados no Quadro 3.18.

Quadro 3.18 – Valores do  $CPI_{VVEMR}$ 

	Teto/Paredes	Pavimento
Melhor do que as classes admitidas	0,9	0,9
Respeita classes admitidas	1	1
≤ 1 Classe	1,05	1
≤ 2 Classes	1,15	1,05
≤ 3 Classes	1,3	1,1
≤ 4 Classes	1,4	1,15

O valor do fator  $CPI_{VVEMR}$  resulta do máximo das três combinações. Por exemplo, quando o teto, as paredes e o pavimento não respeitam as classes admitidas e a diferença entre classes é de 2, o valor do fator é 1,15.

O teto é o elemento construtivo com maior importância no caso de incêndio, pelo que os seus materiais de revestimento devem garantir uma reação ao fogo que permita a evacuação segura dos ocupantes do edifício. Assim, uma variação de classes de reação ao fogo para os tetos conduz a maiores valores do fator  $CPI_{VVEMR}$  relativamente aos valores assumidos para uma variação de classes de reação ao fogo dos restantes elementos; Quadro 3.18.

### 3.6. FATOR GLOBAL – DESENVOLVIMENTO E PROPAGAÇÃO DO INCÊNDIO (DPI)

#### 3.6.1. INTRODUÇÃO

Este fator global pretende traduzir a contribuição das características inerentes ao edifício para evitar o desenvolvimento e propagação do incêndio ao restante edifício. Este fator estabelece como critério primordial a preservação do património edificado, ao contrário do fator global de consequências totais de incêndio onde a salvaguarda da vida humana é o objetivo basilar.

Este fator é, assim, definido pela equação 3.62.

$$DPI = \frac{DPI_{REIC} + DPI_{EI} + DPI_{AV} + DPI_{PE} + DPI_{OGS}}{5} \quad (3.62)$$

Em que:

- $DPI$  – Fator Global – Desenvolvimento e propagação de incêndio;
- $DPI_{REIC}$  – Fator Parcial – Proteção, resistência, estanquidade e isolamento dos locais e das VVE;
- $DPI_{EI}$  – Fator Parcial – Proteção estanquidade e isolamento das paredes e portas do local de incêndio;
- $DPI_{AV}$  – Fator Parcial – Afastamento entre vãos exteriores da mesma prumada;
- $DPI_{PE}$  – Fator Parcial – Proteção das paredes exteriores;
- $DPI_{OGS}$  – Fator Parcial – Organização e gestão de segurança.

Quando qualquer dos fatores parciais se torna igual a zero implica que no cálculo da média se reduza correspondentemente o denominador.

Apresentam-se na Figura 3.14 todos os fatores parciais do Fator Global DPI e todos os valores que estes podem assumir.

Fator Parcial	Limites dos valores parciais								
DPI <sub>REIC</sub> - Proteção isolamento e proteção REI do CI e VVE		0,00	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50	
DPI <sub>EI</sub> - Proteção isolamento e proteção EI das paredes e portas do CI	0,00	0,50	1,00	1,20	1,40				
DPI <sub>AV</sub> - Afastamento entre vãos exteriores da mesma prumada		0,00	1,00	1,20					
DPI <sub>PE</sub> - Proteção das paredes exteriores e guarda-fogo		0,00	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,30	1,40
DPI <sub>OGS</sub> - Organização e gestão da segurança - Planos de emergência	0,00	0,80	1,00	1,10	1,20				

Fig. 3.14 – Resumo dos valores dos Fatores Parciais do DPI

Considerando a possibilidade de todos os fatores parciais serem aplicáveis ao edifício em análise, o Fator Global DPI assume como valor mínimo 0,86 e como valor máximo 1,34. O valor de 1,00, destacado na Figura 3.14, representa o cumprimento regulamentar dos respetivos fatores parciais. Os fatores parciais são zero, quando estes não se aplicam ao caso.

### 3.7. FATOR GLOBAL – EFICÁCIA DE SOCORRO E COMBATE AO INCÊNDIO (ESCI)

#### 3.7.1. INTRODUÇÃO

Este fator traduz a eficácia do combate ao incêndio, podendo este ser feito não só por parte dos bombeiros, mas também pelos próprios ocupantes e pelos corpos de bombeiros privados.

Este fator global, constituído por 7 fatores parciais, é obtido pela equação 3.63.

$$ESCI = \frac{ESCI_{GP} + ESCI_{SID} + ESCI_{AE} + ESCI_{HE} + ESCI_{EXT} + ESCI_{RIA} + ESCI_{CPB}}{7} \quad (3.63)$$

Em que:

- ESCI – Fator Global – Eficácia de socorro e combate ao incêndio;
- ESCI<sub>GP</sub> – Fator Parcial – Grau de prontidão dos bombeiros;
- ESCI<sub>SID</sub> – Fator Parcial – Sinalização, iluminação e deteção nas zonas comuns;
- ESCI<sub>AE</sub> – Fator Parcial – Vias de acesso ao edifício;
- ESCI<sub>HE</sub> – Fator Parcial – Hidrantes exteriores;
- ESCI<sub>EXT</sub> – Fator Parcial – Extintores;
- ESCI<sub>RIA</sub> – Fator Parcial – Redes de incêndio armada;
- ESCI<sub>CPB</sub> – Fator Parcial – Corpo privado de bombeiros.

Quando qualquer dos fatores parciais se torna igual a zero implica que no cálculo da média se reduza correspondentemente o denominador.

Apresentam-se na Figura 3.15 todos os fatores parciais do Fator Global ESCI, bem como todos os valores que estes podem assumir.

Fator Parcial	Limites dos valores parciais															
ESCI <sub>GP</sub> - Grau de prontidão									1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50		
ESCI <sub>SID</sub> - Sinalização Iluminação e detecção	0,00	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,30					
ESCI <sub>AE</sub> - Acessibilidade ao edifício									1,00	1,05	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60
ESCI <sub>HE</sub> - Hidrantes exteriores							0,00	1,00	1,05	1,20	1,30	1,40	1,60			
ESCI <sub>EXT</sub> - Extintores				0,00	0,70	0,80	0,90	1,00	1,05	1,10	1,20					
ESCI <sub>RIA</sub> - Redes de incêndio armadas				0,00	0,70	0,80	0,90	1,00	1,05	1,10	1,20					
ESCI <sub>CPB</sub> - Corpo privado de bombeiros						0	0,50	1,00	1,50							

Fig. 3.15 – Resumo dos valores dos Fatores Parciais do ESCI

Considerando a possibilidade de todos os fatores parciais serem aplicáveis ao edifício em análise, o Fator Global ESCI assume como valor mínimo 0,73 e como valor máximo 1,41. O valor de 1,00, destacado na Figura 3.15, representa o cumprimento regulamentar dos respectivos fatores parciais. Os fatores parciais são 0, quando estes não se aplicam ao caso.

### 3.8. TIPOLOGIA DOS EDIFÍCIOS NO MÉTODO CHICHORRO 2.0

#### 3.8.1. INTRODUÇÃO

Numa segunda fase do desenvolvimento do método foi feita uma simplificação com o objetivo de simular valores para centenas de casos, permitindo assim calibrar as expressões analíticas e o efeito destas variações, de forma a não ter de calcular individualmente situações repetidas. Para isso, o método distingue várias tipologias de acordo com a taxa de desenvolvimento de um incêndio,  $t_a$ , acrescida de uma subdivisão de acordo com as características construtivas típicas de cada edificado. Com o objetivo de auxiliar a calibração do método foram analisados 576 casos característicos.

#### 3.8.2. TIPOLOGIAS

Segundo a NP EN 1991-1-2 [35] a evolução da potência calorífica libertada durante o incêndio é dada por uma curva de crescimento parabólico. Ainda de acordo com a NP EN 1991-1-2 [35], apresenta-se no Quadro 3.1 a correspondência das curvas características com as respetivas Utilizações-Tipo (UT). Consta ainda do Quadro 3.1 o valor de  $t_a$  para cada uma das curvas, bem como a taxa máxima de libertação de calor produzida por 1m<sup>2</sup> de área de compartimento.

Existem assim três grandes grupos de tipologias de edifícios associados às Utilizações-Tipo neste método, tendo em conta, de acordo com o EC1, parte 1.2 [35] a taxa de desenvolvimento de um incêndio:

- Tipologia “A” com  $t_a = 300$  segundos;
- Tipologia “B” com  $t_a = 150$  segundos;
- Tipologia “C” com  $t_a = 75$  segundos.

Na Tipologia “A” são considerados dois grupos de edifícios:

- A1 (Habitacionais, Administrativos e Hoteleiros);
- A2 (Escolas/ Infantários, Lares, Hospitais e Enfermarias).

A Tipologia “B” pode ser dividida dois grupos de edifícios:

- B1 (Restaurantes);
- B2 (Espetáculos, Bibliotecas).

Da Tipologia “C” fazem parte apenas os Armazéns.

A razão da subdivisão em cada tipologia corresponde à necessidade de caracterizar os edifícios de forma fácil e intuitiva atendendo às suas especificidades. Para cada grupo procurar-se-á classificar um número de características que seja representativo das especificações dessas Utilizações-Tipo e um número suficiente que permita verificar o equilíbrio do Método CHICHORRO 2.0.

No esquema da Figura 3.16 estão representadas as várias tipologias existentes, e os casos que foram estudados para cada uma dessas tipologias.

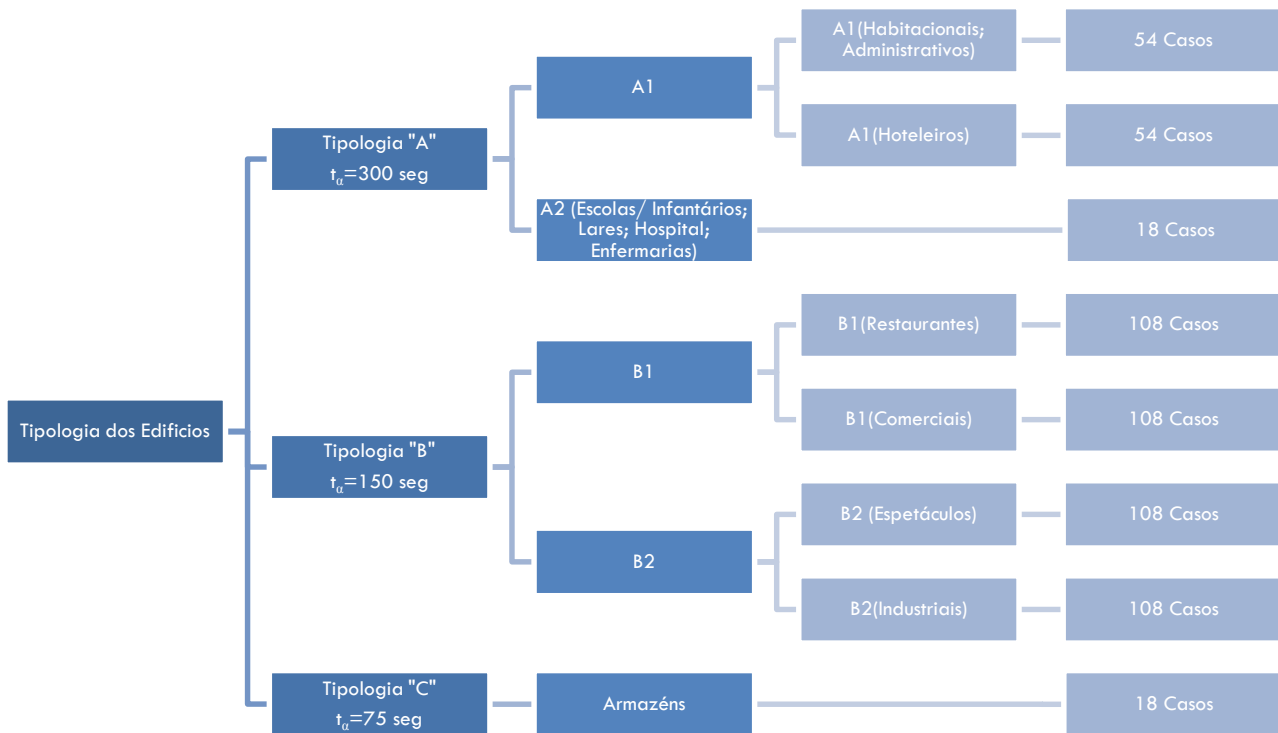


Figura 3.16 – Esquema das Tipologias de Edifícios

Nos seguintes subcapítulos é dada uma descrição de cada tipologia. De forma a não sobrecarregar o presente subcapítulo com um excesso de quadros, vão ser apresentados apenas os quadros e respetivos valores dos fatores parciais de cada fator global da tipologia A1, sendo que os restantes quadros relativos às outras tipologias estarão no Anexo A para consulta, em formato informático.

### 3.8.3. DESCRIÇÃO DA TIPOLOGIA A1 (HABITACIONAL, ADMINISTRATIVA E HOTELEIRA)

#### 3.8.3.1. Introdução

Nesta tipologia foram estudados 54 casos característicos deste tipo de edifício, e assumiu-se um cenário de incêndio para todos os casos de 120m<sup>2</sup> e um efetivo de 3 pessoas.

#### 3.8.3.2. Descrição do Fator Global – Probabilidade de Ocorrência de Incêndio, POI

O POI neste caso-tipo apresenta valores fixos, dependendo se o edifício tem um “bom”, “médio” ou “mau” estado de conservação. Os valores de cada POI estão patentes no Quadro 3.19, onde se podem encontrar também os fatores parciais.

Quadro 3.19 – Valores do Fator Global POI para a Tipologia A1

	A1 (Bom)	A1 (Médio)	A1 (Mau)
POI <sub>CC</sub>	1,1	1,4	1,7
POI <sub>EE</sub>	1,0	1,3	1,6
POI <sub>IA</sub>	1,05	1,35	1,8
POI <sub>ICONFA</sub>	1,0	1,4	1,6
POI <sub>ICONSA</sub>	1,0	1,1	1,1
POI <sub>IVCA</sub>	1,0	1,2	1,3
POI <sub>ILGC</sub>	1,0	1,2	1,4
POI <sub>EF</sub>	1,0/1,1/1,2	1,0/1,1/1,2	1,0/1,1/1,2
POI <sub>EA</sub>	1,1	1,3	1,3
POI <sub>FA</sub>	1,0	1,0	1,1
POI <sub>PPP</sub>	1,2	1,2	1,4
POI <sub>AT</sub>	1,0	1,0	1,0
POI	1,04/1,05/1,06	1,20/1,21/1,22	1,36/1,37/1,38

Analisando o Quadro 3.19 pode-se afirmar que o POI varia entre 1,04 e 1,38, sendo que logicamente o valor mais baixo é relativo ao estado de conservação “bom” e o mais elevado a um estado de conservação “mau”.

#### 3.8.3.3. Descrição do Fator Global – Consequências Totais do Incêndio, CTI

Nesta tipologia é assumido que não existem sistemas de sinalização, iluminação e deteção no interior das frações pelo facto de este tipo de tecnologia não ser mandatário para a Utilização-Tipo Habitacionais. Procedeu-se da mesma forma no caso da Utilização-Tipo Hotéis porque se considerou que estes sistemas normalmente não estão operativos.

Quadro 3.20 – Valores do Fator Global CTI para a Tipologia A1

	Bom	Médio	Mau
CPI <sub>CIP</sub>	0,7	0,7	0,7
CPI <sub>CIF</sub>	1,2	1,20	1,2
CPI <sub>CIMR</sub>	1,0	1,05	1,30
CPI <sub>VHEF</sub>	1,12	1,15	1,15
CPI <sub>VHEMR</sub>	1,0	1,05	1,30
CPI <sub>VVEF</sub>	0,94	1,18	1,18
CPI <sub>VVEMR</sub>	1,0	1,05	1,30
CTI	0,95	0,99	1,05

Analisando o Quadro 3.20 pode-se afirmar que o CTI varia entre 0,95 e 1,05 sendo que logicamente o valor mais baixo é relativo ao estado de conservação “bom” e o mais elevado a um estado de conservação “mau”.

#### 3.8.3.4. Descrição do Fator Global – Desenvolvimento e Propagação do Incêndio, DPI

O DPI neste caso-tipo apresenta valores fixos, dependendo somente se o edifício está em “bom”, “médio” ou “mau” estado de conservação. Os valores de cada DPI estão patentes no Quadro 3.21 onde se podem encontrar também os fatores parciais que lhe deram origem.

Quadro 3.21 – Valores do Fator Global DPI para a Tipologia A1

	A1 (Bom)	A1 (Médio)	A1 (Mau)
DPI <sub>REIC</sub>	1,1	1,4	1,5
DPI <sub>EI</sub>	0	0	0
DPI <sub>AV</sub>	1,0	1,2	1,2
DPI <sub>PE</sub>	1,0	1,1	1,2
DPI <sub>OGS</sub>	1,2	1,2	1,2
DPI	1,08	1,23	1,28

Analisando o Quadro 3.21 pode-se afirmar que o DPI varia entre 1,08 e 1,28, sendo que logicamente o valor mais baixo é relativo ao estado de conservação “bom” e o mais elevado a um estado de conservação “mau”.

### 3.8.3.5. Descrição do Fator Global – Eficácia e Socorro no Combate de Incêndio, ESCI

Para o cenário de incêndio considerado, o ESCI vai ter um valor fixo dependendo somente do fator parcial relativo aos hidrantes exteriores e do fator parcial relativo à acessibilidade ao edifício.

No Quadro 3.22 estão representados os valores para a tipologia A1 relativos às habitações e edifícios administrativos.

Quadro 3.22 – Valores do Fator Global ESCI para a Tipologia A1 (Habitação e Administrativos)

	H < 9 m	H =18 m	
	Bom / Médio / Mau	Bom / Médio	Mau
ESCI <sub>GP</sub>	1,2	0,8	1,2
ESCI <sub>SID</sub>	0,8	0,7	0
ESCI <sub>AE</sub>	1,0/1,3/1,6	1,1/1,3	1,6
ESCI <sub>HE</sub>	1,0/1,3/1,6	1,0/1,2	1,4
ESCI <sub>EXT</sub>	1,05	1,05	1,2
ESCI <sub>RIA</sub>	0	1,05	1,2
ESCI <sub>CPB</sub>	0	0	0
ESCI	1,01/1,13/1,25	0,95/1,01	1,32

Após uma análise de sensibilidade foi feita uma alteração de todos os Casos-Tipo desenvolvidos por Martins [2], de forma a traduzir de uma melhor forma a relação entre estado de conservação, as Utilizações-Tipo e, por consequência, o valor do Risco de Incêndio. Desta forma todos os valores dos descritores para os 576 Casos-Tipo foram alterados, havendo diferenças significativas no valor do Risco de Incêndio, principalmente para os edifícios em “bom” estado de conservação.

No Capítulo 6 é feita uma comparação entre os valores do Risco de Incêndio para os Casos-Tipo de Martins [2], com os valores do Risco de Incêndio dos Casos-Tipo desenvolvidos na presente dissertação, de forma a clarificar as principais diferenças.

Os valores dos fatores globais da Tipologia A1 Hoteleiros são apresentados no Anexo A.

No Quadro 3.23 está patente uma síntese das combinações que podem ser feitas para atingir os valores de Risco de Incêndio dos 54 casos retratados.

Quadro 3.23 – Casos-Tipo A1

A1 – Habitação e Administrativos (H<9 m ou H=18m)			
H ≤ 9m ou 9m < H ≤ 18m	Bom estado de conservação	Acesso Possível	Hidrantes < 30m
			Hidrantes > 30m
			Não Existem
		Acesso a VLCI	Hidrantes < 30m
			Hidrantes > 30m
			Não Existem
		Sem Acesso	Hidrantes < 30m
			Hidrantes > 30m
			Não Existem
		Acesso Possível	Hidrantes < 30m
			Hidrantes > 30m
			Não Existem
	Acesso a VLCI	Hidrantes < 30m	
		Hidrantes > 30m	
		Não Existem	
	Sem Acesso	Hidrantes < 30m	
		Hidrantes > 30m	
		Não Existem	
	Acesso Possível	Hidrantes < 30m	
		Hidrantes > 30m	
		Não Existem	
	Acesso a VLCI	Hidrantes < 30m	
		Hidrantes > 30m	
		Não Existem	
	Sem Acesso	Hidrantes < 30m	
		Hidrantes > 30m	
		Não Existem	

#### 3.8.4. TIPOLOGIA A2 (ESCOLAS, HOSPITAIS E LARES)

Nesta tipologia foram estudados 18 casos característicos deste tipo de edifícios.

O CTI é fixo considerando um cenário de incêndio de 50m<sup>2</sup> ou 125m<sup>2</sup> e um efetivo de 20 ou 50, respetivamente. Também foi considerado que nesta tipologia todos os casos possuíam sinalização, iluminação e extintores, já que é obrigatório por lei que tal aconteça neste tipo de edifícios.

A altura é fixa, sendo que é sempre considerada a altura de nove metros. Isto deve-se ao facto de normalmente este tipo de edifícios não possuírem alturas mais elevadas.

O POI nesta tipologia apresenta valores fixos, sendo que neste caso, este não depende do estado de conservação, já que só são considerados os edifícios de “médio” estado de conservação.

O DPI nesta tipologia é fixo, e não varia com nada, já que apenas é considerado o estado de conservação.

No ESCI, só variam os valores dos fatores parciais relativos aos Hidrantes Exteriores (ESCI<sub>HE</sub>), e à Acessibilidade aos Edifícios (ESCI<sub>AE</sub>).

#### 3.8.5. TIPOLOGIA B1 (RESTAURANTES, COMERCIAIS)

Nesta tipologia integrou-se a Restauração, Cafês e Comércio. Para as tipologias “B” considerou-se o edifício só com o rés do chão. Isto deve-se ao facto de que na realidade os serviços em geral localizam-se no rés do chão dos edifícios e o resto costuma ser habitacional. Nesta tipologia foram considerados 216 casos característicos.

Para o Cenário de Incêndio e Efetivo há duas situações possíveis a serem consideradas:

- CI = 50m<sup>2</sup> e Efetivo = 20;
- CI = 100m<sup>2</sup> e Efetivo = 40.

O CTI e ESCI variam de acordo com as seguintes variáveis:

- Extintor, Sinalização e Iluminação;
- Extintor, Sinalização, Iluminação e Detecção;
- Sem nada.

O POI e o DPI, neste caso-tipo, apresentam valores fixos, dependendo somente se o edifício está em “bom”, “médio” ou “mau” estado de conservação e da distância entre edifícios fronteiros refletida no POI<sub>EF</sub>.

O ESCI, neste caso-tipo, apresenta valores fixos, dependendo dos fatores relativos à acessibilidade, aos hidrantes exteriores e à sinalização, iluminação e detecção nas zonas comuns.

Relativamente às diferenças que existem entre os valores do B1 (Restaurantes) e B1 (Comerciais) devem-se somente ao POI ter valores diferentes dado que no B1 (Restaurantes) é considerado o POI relativo às instalações de confeção de alimentos (POI<sub>ICONFA</sub>) e de conservação de alimentos (POI<sub>ICONSA</sub>).

#### 3.8.6. TIPOLOGIA B2 (SALAS DE ESPETÁCULOS, MUSEUS, BIBLIOTECAS E INDÚSTRIA)

Nesta tipologia estão integrados as salas de Espetáculos, Museus, Bibliotecas e Indústria. Neste caso-tipo não vão ser explicados todos os parâmetros já que o POI, ESCI e o DPI são iguais ao do B1.

O único parâmetro que se diferencia do Caso-Tipo B1 é o CTI, sendo este calculado através de cenários de incêndio e efetivos diferentes, sendo estes:

- CI = 100m<sup>2</sup> e Efetivo = 20;
- CI = 200m<sup>2</sup> e Efetivo = 100.

Os cenários de incêndio e efetivos são considerados maiores devido às características particulares deste caso-tipo, que normalmente se caracteriza por espaços relativamente grandes.

As diferenças que existem entre os valores do B2 (Salas de Espetáculo e Bibliotecas) e B2 (Indústria) devem-se ao facto de o POI ter valores diferentes dado que no B2 (Indústria) é considerado o POI relativo às instalações de líquidos e gases combustíveis (POI<sub>ILGC</sub>).

### 3.8.7. TIPOLOGIA C (ARMAZÉNS)

Nesta tipologia estão representados os Armazéns. Foram considerados 18 casos característicos deste tipo de edifícios. Sendo que só foram considerados os edifícios com características de conservação “Médio” ou “Mau”, além de ser considerado um cenário de incêndio de 100m<sup>2</sup> e um efetivo de 20 pessoas, cenário considerado realista para este tipo de edifícios.

O POI e o DPI neste caso-tipo apresentam valores fixos, dependendo somente se o edifício está em “médio” ou “mau” estado de conservação.

O CTI é fixo de acordo com as características do cenário de incêndio estipulado.

O ESCI neste caso-tipo apresenta valores fixos dependendo dos fatores relativos à acessibilidade e aos hidrantes exteriores.

## 3.9. MEDIDAS PROPOSTAS PELO MÉTODO CHICHORRO 2.0 PARA A INTERVENÇÃO NOS EDIFÍCIOS

### 3.9.1. INTRODUÇÃO

Na implementação do método também se estudaram as intervenções que possam diminuir o Risco de Incêndio calculado. De acordo com o estado de conservação do edificado fez-se uma síntese das intervenções-tipo de cada classificação:

- **Bom**, não sendo necessário intervir nas soluções e sistemas construtivos principais, precisando de pequenas obras de reparação e/ou beneficiação dos edifícios. Não obriga a realojamentos, podendo ser efetuadas sem comprometer o dia a dia dos ocupantes;
- **Médio**, que apresentam um estado de degradação superior ao anterior, exigindo obras significativas de construção civil e em que se pressupõe a manutenção dos pavimentos. Para além dos trabalhos referidos para as intervenções ligeiras, inclui:
  - Substituição das instalações elétricas e hidráulicas e a beneficiação das partes comuns;
  - Melhoria das condições funcionais, ambientais e formais dos espaços, particularmente cozinha e casas de banho, onde se incluem sistemas de ventilação, abastecimento/escoamento de águas e equipamentos, procurando o cumprimento da legislação de SCIE em vigor;
  - Reparação/substituição das carpintarias e caixilharias;

- Reparação/reforço de alguns elementos estruturais;
  - Reparação generalizada dos revestimentos da cobertura e paredes.
- 
- **Mau**, que exige intervenção em zona extremamente degradada, que pode incidir sobre um único edifício ou atingir a totalidade de um quarteirão. Este tipo de alterações implica demolições e reconstruções, no âmbito da estrutura, das circulações verticais e horizontais, dos revestimentos e acabamentos das construções, obrigando à natural coexistência de diferentes sistemas e materiais.

Além disso, também se classificaram as intervenções a efetuar nos edifícios, em três níveis diferentes: G1, G2 e G3. De seguida detalha-se a que corresponde cada uma dessas nomenclaturas:

- **G1-Intervenção de Nível Ligeiro** – Intervenção no edifício sem necessidade de demolição: Deteção, Iluminação, Extintores, Sinalética.
- **G2-Intervenção de Nível Médio** – Necessidade de demolição ou abertura nas paredes, instalação elétrica; colocação de portas corta-fogo, compartimentação geral e hidrantes.
- **G3-Intervenção de Nível Profundo** – Alteração da arquitetura, enclausuramento de caixas de escadas.

### 3.9.2. APLICABILIDADE DAS INTERVENÇÕES NA PORTARIA N.º 1532/2008

Na escolha das medidas de intervenção começou-se por analisar o Decreto-Lei n.º 220/2008 de 12 de novembro, alterado e republicado pelo Decreto-Lei n.º 224/2015 de 9 de outubro, cujo artigo 15.º determina que sejam regulamentadas por portaria do membro do governo responsável pela área da proteção civil, Portaria n.º 1532/2008 de 29 de dezembro, as disposições técnicas gerais e específicas de SCIE referentes às condições exteriores comuns, às condições de comportamento ao fogo, isolamento e proteção, às condições de evacuação, às condições das instalações técnicas, às condições dos equipamentos e sistemas de segurança e às condições de autoproteção [34].

Para a presente dissertação foi necessário classificar com um grau de dificuldade de concretização das condições e disposições técnicas do documento que podem ser aplicadas no caso dos edifícios relativos à área em que se enquadra o estudo, o Centro Histórico do Porto. Propôs-se, a leitura da dissertação de Martins [2], onde se clarificam os graus das intervenções bem como os âmbitos particulares.

### 3.9.3. INTERVENÇÕES PROPOSTAS

#### 3.9.3.1. Introdução

Neste subcapítulo expõem-se as intervenções escolhidas e qual dos fatores globais incluídos no Método CHICHORRO 2.0 (POI, CTI, DPI e ESCI) é o mais condicionante em cada intervenção. Por sua vez, a redução que se previa, para cada intervenção, provocará a redução de cada fator, pelo que o Método CHICHORRO 2.0 foi desenvolvido também tendo em conta o impacto destas intervenções no método. Os resultados deste estudo estão presentes na Figura 3.17.

Intervenção		Fator parcial condicionante			Custo €/m <sup>2</sup>	
<b>Ativas</b>	1	Extintores	ESCI ext		1	
	2	Sinalização nas zonas comuns	CPI	ESCI sid	POI fa	1
	3	Iluminação nas zonas comuns	CPI	ESCI sid	POI fa	5
	4a	Deteção dentro das frações com média fiabilidade - Detetor termo-velocimétrico	CPI	ESCI gp		3
	4b	Deteção dentro das frações com grande fiabilidade - Detetor óptico	CPI	ESCI gp		3
	5	Deteção nas zonas comuns	ESCI sid	POI fa		2
	6	OGS - Plano prevenção + Formação	ESCI ext / ria	POI ppp / ivca		5
	7	Controlo de fumo - claraboias regulamentares e entrada de ar passivo nas zonas comuns	CPI	DPI reic		7
	8	Rede de intervenção armada	ESCI ria			25
	9	Hidrantes exteriores <30m do edifício	ESCI he			50
	10	Controlo de fumo - CI	CPI			50
	11	Sinalização e iluminação - CI	CPI			10
	12	Sprinklers - CI	CPI			150
	13	OGS - Plano emergência + Simulacro	CPI	ESCI ext / ria / sid	DPI ogs	5
14	Redução do estacionamento condicionado pela Camara	ESCI ae	POI ef		20	
<b>Passivas</b>	15	Redução infiltrações	POI cc			50
	16	Pinturas e acabamentos nos CHE e CVE	CPI	POI cc		20
	17	Revisão da instalação elétrica	POI ie			20
	18	Revisão da instalação gás	POI ilgc			5
	19	Revisão da instalação AVAC	POI ivca			5
	20a	Revisão pequena da instalação aquecimento	POI ia			5
	20b	Revisão da instalação aquecimento grande	POI ia			2
	21	Revisão da instalação de confeção e conservação alimentos	POI iconfa / iconsa			10
	22	Compartimentação - Portas CF nos CI	DPI ei			15
	23	Proteção dos vãos para edifícios fronteiros	POI ef	DPI av		20
	24	Proteção cobertura e empena para edifícios vizinhos	POI ea	DPI pe		7
	25	Selagem dos ductos piso a piso	POI fa	DPI reic		100
	26	Compartimentação - Enclausuramento caixa de escadas	DPI reic			50
	27	Compartimentação - RF lajes	DPI reic			10
	28	Acesso à cave por acesso distinto do resto do edifício ou proteção porta CF ou CCF	POI fa	DPI ei		15
29	Instalação ou reparação de escadas de salvação	CPI	ESCI sid		50	

Fig. 3.17 – Medidas de Intervenção Ativas e Passivas

### 3.9.4. COMBINAÇÕES DAS INTERVENÇÕES NO MÉTODO CHICHORRO 2.0

De modo a reduzir o Risco de Incêndio nos edifícios foram combinadas as intervenções da Figura 3.17 por graus de intervenção, G1, G2 e G3, sendo G1 intervenções mais “leves” e G3 intervenções de raiz no edifício.

No presente subcapítulo são apresentadas na Figura 3.18, possíveis combinações das intervenções representadas na Figura 3.17, que pressupunha o orientador como aquelas que faziam, numa fase inicial, mais sentido para a redução do Risco de Incêndio. Contudo, do ponto de vista das intervenções (obras) nos edifícios, o autor teve oportunidade de nos inúmeros cálculos que fez, verificar a adequabilidade destes conjuntos.

		Combinções Intervenções possíveis		
			Ativas	Passivas
<b>A1</b> ( $\tau\alpha=300$ )	Habitação, Escritórios, Hotéis	<b>BASE</b> [1-72]	-	-
		<b>G1</b>	1+2+3+6 ii+4a	15+17 ii+21
		<b>G2</b>	iii+4b+5+7 iv+9	iii+16+18+19+20a iv+22+23
		<b>G3</b>	v+8 vi+10+13+14	v++24+29 vi+20b+25+26+27
<b>A2</b> ( $\tau\alpha=300$ )	Escolas, Hospitais, Lares	<b>BASE</b> [1-72]	-	-
		<b>G1</b>	1+2+3+6 ii+4a	15+17 ii+21
		<b>G2</b>	iii+4b+5+7 iv+9	iii+16+18+19+20a iv+22+23
		<b>G3</b>	v+8 vi+10+13+14	v++24+29 vi+20b+25+26+27
<b>B1</b> ( $\tau\alpha=150$ )	Restaurantes	<b>BASE</b> [1-216]	-	-
		<b>G1</b>	1+4+6+11	15+16+17+21
		<b>G2</b>	ix+8+9+10	ix+18+19+20a+22+23
		<b>G3</b>	x+7+12+13+14	x+20b+24+25+26+27+28
<b>B1</b> ( $\tau\alpha=150$ )	Comércio	<b>BASE</b> [1-216]	-	-
		<b>G1</b>	1+4+6+11	15+16+12
		<b>G2</b>	ix+8+9+10	ix+18+19+20a+22+23
		<b>G3</b>	x+7+12+13+14	x+20b+24+25+26+27+28
<b>B1</b> ( $\tau\alpha=150$ )	Bibliotecas	<b>BASE</b> [1-216]	-	-
		<b>G1</b>	1+4+6+11	15+16+17
		<b>G2</b>	ix+8+9+10	ix+18+19+20a+22+23
		<b>G3</b>	x+12+13+14	x+20b+24+25+27+28
<b>B1</b> ( $\tau\alpha=150$ )	Indústrias	<b>BASE</b> [1-216]	-	-
		<b>G1</b>	1+4+6+11	15+16+17
		<b>G2</b>	ix+8+9+10	ix+18+19+20a+22+23
		<b>G3</b>	x+12+13+14	x+20b+24+25+27+28
<b>C</b> ( $\tau\alpha=75$ )	Armazéns	<b>BASE</b> [1-18]	-	-
		<b>G2</b>	1+4+6+10+11	15+17+18+22+23
		<b>G3</b>	xiv+7+8+9+12+13+14	xiv+24+25+26+27+28+29

Fig. 3.18 – Combinções de intervenções possíveis

### 3.10. ESCALA DE CLASSIFICAÇÃO DO MÉTODO CHICHORRO 2.0

É importante que os resultados obtidos sejam refletidos numa escala de valores para um melhor entendimento do leitor, fazendo um tratamento e enquadramento dos dados numa escala qualitativa, sendo que a sensibilidade de resultados é mais alargada.

Esta proposta de classificação dos edifícios (Figura 3.18) consiste numa escala dividida em 12 classes de acordo com o Risco de Incêndio, respetivamente A++, A+, A, B+, B, B-, C+, C, C-, D, E, e F

correspondendo a primeira a um Risco de Incêndio igual ou inferior a 0,9, a última a um Risco de Incêndio superior a 1,7 e as restantes a intervalos de valores intermédios, sendo que a classificação é pelo menos A, desde que o  $RI \leq 1,0$ .

Em relação ao Método MARIEE, a escala do Método CHICHORRO 2.0 apresenta mais cinco classes que aquele, de forma que a classificação seja mais adequada e válida tendo em conta o ajuste que se fez ao método e à data possível de construção do edifício em análise.



Fig. 3.19 – Escala de classificação de Riscos de Incêndio do Método CHICHORRO 2.0

No parque edificado português, nomeadamente nos centros históricos, predominam os edifícios construídos antes do aparecimento do betão como material estrutural dominante, recorrendo a materiais e tecnologias tradicionais como a madeira, a pedra, a areia, a cal, o barro e a terra.

A diferenciação entre estes tipos de edifícios baseia-se não só na época de construção, mas essencialmente pela presença ou ausência de materiais e elementos estruturais de madeira. A existência destes elementos é muito importante no sentido de permitir a caracterização do comportamento de cada edifício face ao desenvolvimento e propagação do incêndio. Existem outros aspetos relevantes tais como: instalações elétricas e de gás natural e a caixas de escada enclausuradas.

As instalações elétricas representam, muito provavelmente, o maior perigo para o início do incêndio através do curto-circuito. Antes de 1975, em Portugal, a lei não previa regime de neutro (ligação das massas à terra), condutores isolados, descarregador de sobretensões e aparelhos diferenciais.

Em 1990 através do Decreto-Lei 64/1990, passou a vigorar a obrigatoriedade de caixas de escada enclausuradas, nos edifícios com mais de um piso destinados a habitação, com o objetivo de limitar o risco de ocorrência e desenvolvimento de incêndio, facilitar a evacuação dos ocupantes e favorecer a intervenção dos bombeiros.

Assim, foi proposto também o Quadro 3.24 no sentido de expor correções que se refletem no valor do fator máximo de incêndio aceitável dependendo do ano em que o edifício foi construído.

Quadro 3.24 – Valor máximo aceitável do Risco de Incêndio

Ano de construção ou reabilitação do edifício a intervir	Valor máximo do Risco de Incêndio aceitável
Depois de 2008	1,00
Entre 1991 a 2008	1,05
Entre 1975 a 1990	1,10
Entre 1968 a 1974	1,15
Entre 1951 a 1967	1,20
Anterior a 1951	1,25

O Risco de Incêndio mínimo aceitável deverá ser diferente consoante o ano de construção do edifício, evidenciando claramente que um edifício mais antigo, com as vulnerabilidades inerentes à tipologia construtiva dominante à época, assume um maior Risco de Incêndio.



# 4

## DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO NUMÉRICO PARA APLICAÇÃO DO MÉTODO CHICHORRO 2.0

### 4.1. INTRODUÇÃO

De acordo com o anteriormente exposto, o principal objetivo desta dissertação consiste no desenvolvimento numérico de um método de análise de Risco de Incêndio para que no futuro este sistema possa vir a tornar-se um instrumento intuitivo e de fácil utilização.

Devido ao elevado número de parâmetros envolvidos no cálculo do Risco de Incêndio, através da aplicação do Método CHICHORRO 2.0, e do facto de os métodos existentes serem relativamente expeditos, torna-se imperativo o desenvolvimento de um modelo numérico que possibilite ao utilizador uma aplicação deste sistema para todo o tipo de edifícios, possibilitando o cálculo do Risco de Incêndio em poucos minutos.

O modelo numérico foi concebido em VB (*Visual Basic*) com a utilização do *software Visual Studio*, com cerca de 20 mil linhas de código e encontra-se, no CD anexo à tese, o ficheiro executável que permite a sua utilização em qualquer plataforma *Windows*.

Todos os anexos encontram-se disponíveis no CD anexo à dissertação (devidamente identificado).

### 4.2. ESTRUTURA DO MODELO NUMÉRICO

#### 4.2.1. ESTRUTURA GERAL

O modelo numérico apresenta-se ao utilizador organizado em quatro painéis: Introdução de dados de forma simplificada; Introdução de dados de forma pormenorizada (subdividido em separadores relacionados com os fatores globais do Método CHICHORRO 2.0); Resultados do Risco de Incêndio para o edifício em análise e, por fim, um painel final de Intervenções e Risco de Incêndio intervencionado.

Nos subcapítulos subsequentes apresentam-se todos os painéis, para os quais se faz uma breve descrição dos respetivos fatores e descritores, sendo que os descritores representam as diferentes hipóteses com que o projetista poderá ser confrontado na avaliação do edifício.

De forma a não tornar o presente capítulo demasiado exaustivo, no painel de dados pormenorizados dispensou-se a apresentação de alguns subseparadores, bem como de alguns descritores, dada a analogia com que aqueles vão ser apresentados.

O fluxograma da Figura 4.1 representa o funcionamento do programa.

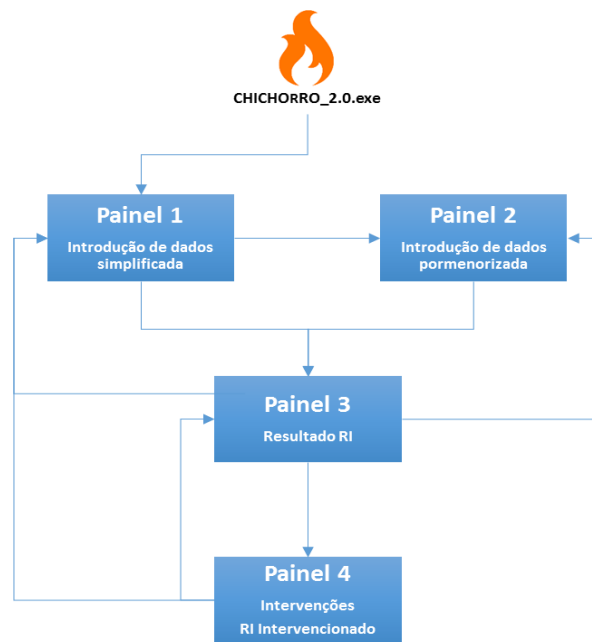


Fig. 4.1 – Fluxograma de funcionamento do software desenvolvido

O modelo encontra-se organizado da seguinte forma:

**Painel 1:**

- Introdução simplificada de dados.

**Painel 2:**

- Introdução pormenorizada de dados:
  - Probabilidade de ocorrência de incêndio (POI):
    - Caracterização da construção (POI<sub>CC</sub>);
    - Instalações de energia elétrica (POI<sub>IEE</sub>);
    - Instalações de aquecimento (POI<sub>IA</sub>);
    - Instalações de confeção de alimentos (POI<sub>ICONFA</sub>);
    - Instalações de conservação de alimentos (POI<sub>ICONSA</sub>);
    - Instalações de ventilação e condicionamento de ar (POI<sub>IVCA</sub>);
    - Instalações de líquidos e gases combustíveis (POI<sub>ILGC</sub>);
    - Edifícios fronteiros (POI<sub>EF</sub>);
    - Frações adjacentes (POI<sub>FA</sub>);
    - Edifícios adjacentes (POI<sub>EA</sub>);
    - Procedimentos ou planos de prevenção (POI<sub>PPP</sub>);
    - Atividade (POI<sub>ATIV</sub>).
  - Consequências totais no cenário de incêndio (CTI):
    - Consequências no cenário de incêndio (CPI<sub>CI</sub>);
    - Consequências nas vias horizontais de evacuação (CPI<sub>VHE</sub>);
    - Consequências nas vias verticais de evacuação (CPI<sub>VVE</sub>).
  - Desenvolvimento e propagação do incêndio (DPI):
    - Proteção, resistência, estanquidade e isolamento do CI e VVE (DPI<sub>REIC</sub>);
    - Proteção, estanquidade e isolamento das paredes e portas do CI (DPI<sub>EI</sub>);

- Afastamento entre vãos exteriores da mesma prumada ( $DPI_{AV}$ );
- Proteção das paredes exteriores ( $DPI_{PE}$ );
- Organização e gestão da segurança ( $DPI_{OGS}$ ).
- Socorro e combate ao incêndio ( $ESCI$ ):
  - Grau de prontidão dos bombeiros ( $ESCI_{GP}$ );
  - Vias de acesso ao edifício ( $ESCI_{AE}$ );
  - Hidrantes exteriores ( $ESCI_{HE}$ );
  - Extintores ( $ESCI_{EXT}$ );
  - Rede de incêndio armada ( $ESCI_{RIA}$ );
  - Corpo privado dos bombeiros ( $ESCI_{CPB}$ ).

### Painel 3:

- Resultado do Risco de Incêndio.

### Painel 4:

- Intervenções e Risco de Incêndio intervencionado.

Os botões que permitem efetuar o cálculo do Risco de Incêndio aparecem em todos os quatro painéis.

No Painel 1 existe um botão “*Calcular RI*” que, apesar de ser também comum aos Painéis 2 e 4, efetua diferentes funções em cada um deles, assumindo a mesma designação também no Painel 2. O cálculo do Risco de Incêndio apresenta-se no Painel 3 através da execução do botão “*Calcular RI*” nos Painéis 1 ou 2. Neste painel pode-se encaminhar o cálculo no sentido de melhorar o valor do Risco de Incêndio do edifício em análise através da execução do botão com a designação “*Intervenções*”, que leva ao Painel 4, e assim, depois da escolha das intervenções pode-se recalcular o Risco de Incêndio executando o botão com a designação “*Calcular RI c/intervenções*”.

Nos Painéis 1 e 2 existe a possibilidade de alternar entre a introdução de dados simplificada (Painel 1) e a introdução de dados pormenorizada (Painel 2), através de dois botões representados por “setas em sentidos opostos”, estando no Painel 1 no canto superior esquerdo,  $\triangleright$ , e, no Painel 2, no canto inferior direito,  $\triangleleft$ .

Nos Painéis 3 e 4 está presente também o botão “Voltar” que, permite passar para o painel imediatamente anterior. Existem ainda, nestes painéis, dois botões “Home”,  $\uparrow$ , no canto superior direito, que permitem um rápido acesso ao Painel 1.

Em cada subseparador do Painel 2 existem dois botões de comando: o botão “Calcular”, que permite calcular individualmente os fatores parciais consoante os dados introduzidos e, o “Reset”, que permite apagar todos os dados do subseparador e, a introdução de novos dados.

Existem ainda dois botões com a função de “Reset”, um no Painel 1, permitindo apagar todos os dados introduzidos e, outro no Painel 4, representado por um “X”,  $\otimes$ , no interior do separador “*Risco de Incêndio Intervencionado*”, permitindo apagar todas as intervenções selecionadas, bem como o Risco de Incêndio calculado para estas intervenções.

Por fim, no Painel 4 existem seis botões que correspondem a conjuntos de intervenções com o nome “*Conjunto*”, seguido da sua numeração. Estes botões permitem que os conjuntos referidos no Parágrafo 3.9.4, sejam selecionados de forma rápida, calculando automaticamente o Risco de Incêndio intervencionado, bem como o custo estimado associado a essas intervenções. Neste painel existe ainda a possibilidade de ser selecionada qualquer intervenção desejada. Para isso estão presentes 31 “*checkboxes*”, representando todas as intervenções, ativas e passivas, possíveis.

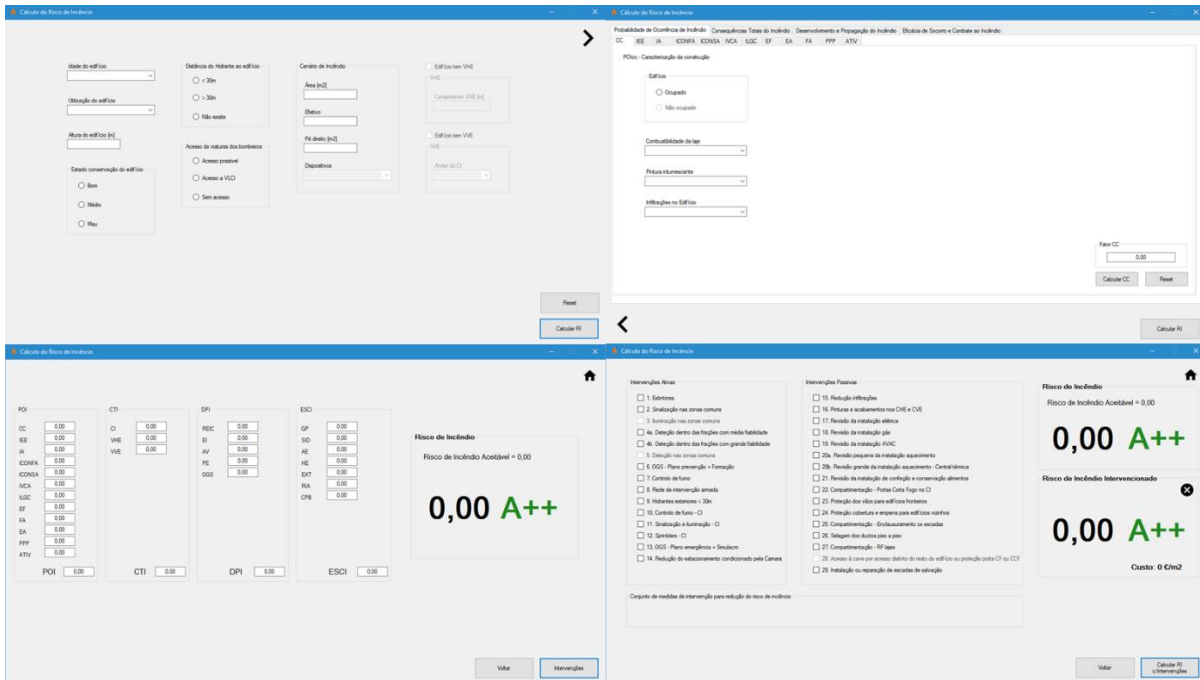


Fig. 4.2 – Painéis 1 e 2 em cima, Painéis 3 e 4 em baixo

#### 4.2.2. PAINEL 1

O Painel 1 consiste numa folha de rosto na qual, após introdução das características do edifício em análise, torna-se possível, através de uma base de dados pré-selecionada de casos de estudo tipo, referidos no Capítulo 3, proceder ao cálculo do Risco de Incêndio do edifício; Figura 4.3.

As características do edifício a introduzir são:

- Idade do edifício;
- Utilização do edifício;
- Altura do edifício;
- Estado de conservação do edifício;
- Distância do hidrante ao edifício;
- Acesso às viaturas dos bombeiros;
- Área do cenário de incêndio;
- Efetivo do cenário de incêndio;
- Altura do pé-direito do cenário de incêndio;
- Dispositivos presentes no cenário de incêndio;
- Se existem e qual o comprimentos das VHE;
- Se existem VVE e qual o andar do cenário de incêndio.

As diferentes Utilizações-Tipo não requerem a introdução do mesmo tipo de características e, assim, conforme a escolha da Utilização-Tipo serão desbloqueadas, ou bloqueadas, opções de introdução de dados.

Fig. 4.3 – Painel 1 do modelo numérico

Após a introdução dos dados, muitos dos valores dos fatores parciais são calculados baseando-se nos Casos-Tipo referidos no Parágrafo 3.8.

Relativamente aos dados que são pedidos refere-se que são os estritamente necessários para uma primeira abordagem de cálculo do Risco de Incêndio atendendo à consulta de dados e elementos relativos ao edifício em análise consoante a melhoria da informação, normalmente após uma visita ao mesmo, é possível e desejável que se passe ao Painel 2 e se afine a avaliação do Risco de Incêndio do edifício em análise.

Interessa pois fazer algumas reflexões com respeito a esta informação mínima a fornecer ao modelo:

- Idade do edifício – este dado corresponderá, aproximadamente, ao intervalo de construção ou da última reabilitação a que o edifício foi submetido e tem como objetivo no final do cálculo classificar o designado Risco de Incêndio Aceitável em função da idade do edifício como referido no Parágrafo 3.10. Interessa também quando, promovendo intervenções no sentido da redução do Risco de Incêndio, saber o limite que interessa alcançar;
- Todos os restantes elementos são importantes para enquadrar o Caso-Tipo na base de dados existente e em particular a utilização e altura do edifício na Utilização-Tipo e potencial categoria de risco face à legislação portuguesa;
- O estado de conservação do edifício é o elemento diferenciador do Fator Global POI;
- A distância do hidrante ao edifício e acesso às viaturas dos bombeiros será fundamental para o enquadramento do valor do Fator Global ESCI;
- Os restantes parâmetros, desde a área do cenário de incêndio até ao facto de existir VVE e qual o andar do cenário de incêndio são fundamentais para o cálculo e consideração do Fator Global CTI.

### 4.2.3. PAINEL 2

#### 4.2.3.1. Introdução

Este painel torna possível uma introdução de dados pormenorizada fornecendo-se os parâmetros de cada fator parcial. O utilizador é convidado a introduzir os descritores do edifício para todos os fatores parciais, ao contrário do método utilizado no Painel 1. Alternativamente, e tirando partido de uma situação existente (Caso-Tipo), poderá começar-se a introduzir os dados iniciais através do Painel 1, alterando posteriormente apenas alguns dos fatores parciais consoante o caso do edifício, de forma a complementar a introdução simplificada.

#### 4.2.3.2. Separador relativo ao Fator Global – Probabilidade de ocorrência de incêndio (POI)

A título de exemplo apresentam-se, na Figura 4.4, os descritores associados ao Fator Parcial "Caracterização da Construção" ( $POI_{CC}$ ).

As características a introduzir neste subseparador são:

- Ocupação do edifício (na presente dissertação apenas de consideraram edifícios ocupados, mesmo assim, o presente código já considera uma futura implementação para edifícios não ocupados);
- Combustibilidade da laje;
- Existência de pinturas intumescentes;
- Existência de infiltrações no edifício.

Podem ser considerados 7 valores diferentes para o  $POI_{CC}$ , correspondendo a cada uma das combinações de todos os descritores do  $POI_{CC}$ .

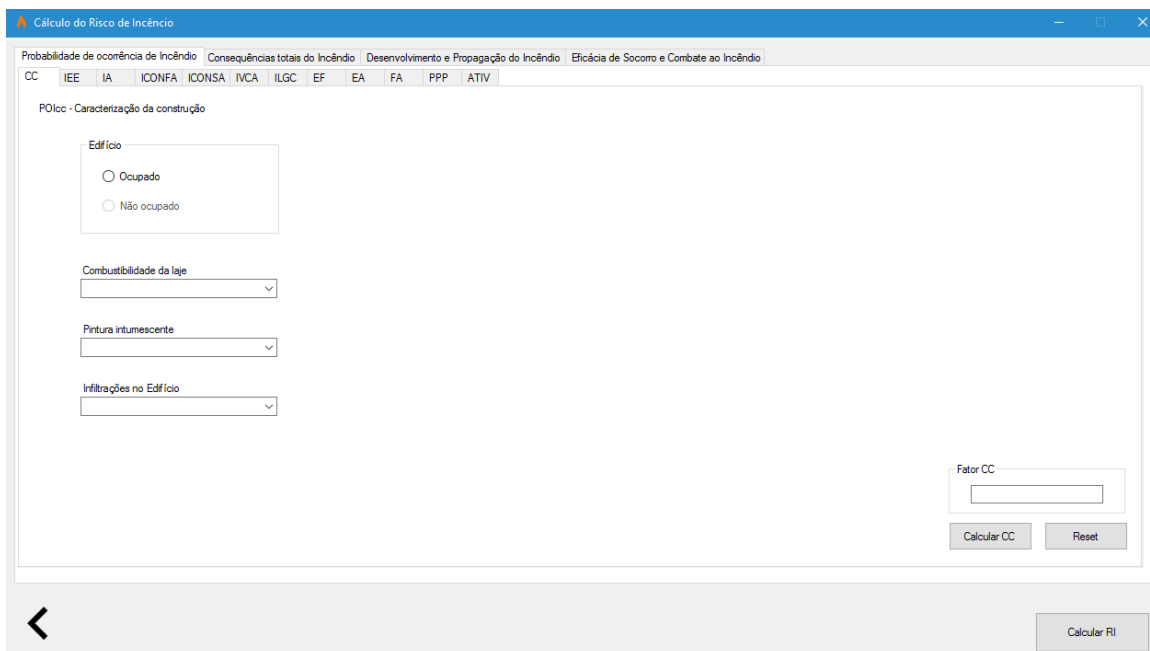


Fig. 4.4 – Subseparador  $POI_{CC}$  relativo ao Painel 2

Os 12 fatores parciais do POI são calculados recorrendo a funções específicas de cada fator e através de um conjunto de descritores específicos de cada um. Excertos do código serão apresentados no Parágrafo 4.4.1.

As figuras ilustrativas dos restantes descritores encontram-se no Anexo B.

#### 4.2.4. SEPARADORES RELATIVOS AO FATOR GLOBAL – CONSEQUÊNCIAS TOTAIS DE INCÊNDIO (CTI)

##### 4.2.4.1. Introdução

Conforme anteriormente exposto, o Fator Global – Consequências Totais de Incêndio (CTI) foi dividido em 3 subseparadores: Consequências no Cenário de Incêndio ( $CPI_{CI}$ ), Consequências nas Vias Horizontais de Evacuação ( $CPI_{VHE}$ ) e Consequências nas Vias Verticais de Evacuação ( $CPI_{VVE}$ ).

##### 4.2.4.2. Subseparador relativo às consequências parciais no cenário de incêndio ( $CPI_{CI}$ )

Apresentam-se, na Figura 4.5, os descritores associados à potência libertada no cenário de incêndio ( $CPI_{CIP}$ ), ao fumo produzido ( $CPI_{CIF}$ ) e aos materiais de revestimento ( $CPI_{CIMR}$ ).

As características a introduzir para o cálculo destes 3 fatores são:

- Utilização-tipo do edifício;
- Área do CI;
- Altura do pé-direito do CI;
- Efetivo no CI;
- Dispositivos presentes no CI;
- Existência, e tipo, de sistema de deteção automática no CI;
- Existência de sistema de extinção automática no CI;
- Existência de sistema ativo de controlo de fumo no CI;
- Reação ao fogo dos materiais de construção, nos tetos/paredes e pavimento.

Fig. 4.5 – Subseparador  $CTI_{CI}$  relativo ao Painel 2

Para além do cálculo do Fator Parcial  $CPI_{CI}$ , são ainda apresentados os cálculos realizados para o  $CPI_{CIP}$ , o  $CPI_{CIF}$ , o  $CPI_{CIMR}$ , caso o utilizador deseje, através da execução do botão “Mostrar cálculos realizados”, permitindo uma maior compreensão para os valores apresentados e sensibilidade da análise.

A sequência dos cálculos realizados foi apresentada na Figura 3.9 do capítulo anterior.

#### 4.2.4.3. Subseparador relativo às consequências parciais na via horizontal de evacuação ( $CPI_{VHE}$ )

Apresentam-se, na Figura 4.6, os descritores associados ao fumo presente na via horizontal de evacuação ( $CPI_{VHEF}$ ) e aos materiais de revestimento ( $CPI_{VHEMR}$ ).

As características a introduzir para o cálculo destes 3 fatores são:

- Largura da VHE;
- Comprimento da VHE;
- Reação ao fogo dos materiais de construção, nos tetos/paredes e pavimento.

Há ainda a possibilidade de não existir VHE no edifício e, assim, a opção “Não se aplica”, atribui automaticamente o valor 0 ao fator  $CPI_{VHE}$ .

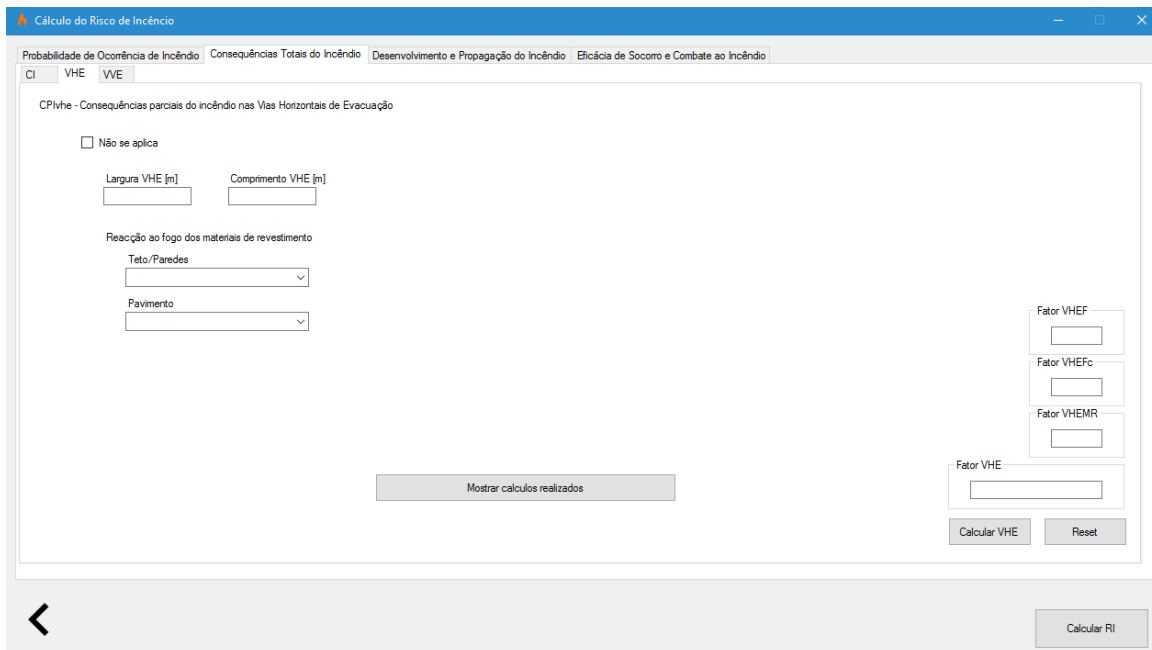


Fig. 4.6 – Subseparador  $CTI_{VHE}$  relativo ao Painel 2

Tal como no subseparador CI, podem ser apresentados todos os fatores e cálculos realizados pelo modelo numérico, através do botão “Mostrar cálculos realizados”, sendo também apresentado o valor de  $CPI_{VHEFc}$ , que representa o  $CPI_{VHEF}$ , corrigido pela equação 3.42.

A sequência dos cálculos realizados foi apresentada na Figura 3.11 do capítulo anterior.

#### 4.2.4.4. Subseparador relativo às consequências parciais na via vertical de evacuação ( $CPI_{VVE}$ )

Apresentam-se, na Figura 4.7, os descritores associados ao fumo presente na via vertical de evacuação ( $CPI_{VVEF}$ ) e aos materiais de revestimento ( $CPI_{VVEMR}$ ).

As características a introduzir para o cálculo destes 3 fatores são:

- Largura da VVE;
- Número de pisos abaixo do CI;
- Número de pisos acima do CI;
- Área da claraboia da VVE;
- Reação ao fogo dos materiais de construção, nos tetos/paredes e pavimento.

Existe ainda a possibilidade de não existir VVE no edifício e, assim, a opção “Não se aplica”, atribui automaticamente o valor 0 ao fator  $CPI_{VVE}$ .

Fig. 4.7 – Subseparador  $CTI_{VVE}$  relativo ao Painel 2

Tal como nos subseparadores anteriores, podem ser apresentados todos os fatores e cálculos realizados pelo modelo numérico, através do botão “*Mostrar cálculos realizados*”, sendo também apresentado o valor de  $CPI_{VVEFc}$ , que representa o  $CPI_{VVEF}$ , corrigido pela equação 3.61.

#### 4.2.5. SEPARADOR RELATIVO AO FATOR GLOBAL – DESENVOLVIMENTO E PROPAGAÇÃO DO INCÊNDIO (DPI)

##### 4.2.5.1. Subseparador relativo ao Fator Parcial – Proteção resistência, estanquidade e isolamento dos locais e vias de evacuação verticais ( $DPI_{REIC}$ )

Apresentam-se, na Figura 4.8, os descritores associados ao Fator Parcial – Proteção, resistência, estanquidade e isolamento dos locais e vias de evacuação verticais ( $DPI_{REIC}$ ).

As características a introduzir para o cálculo  $DPI_{REIC}$  são:

- Construção do edifício anterior ou posterior a 1990;
- Existência de claraboia nas VVE;
- Resistência do fogo da caixa de escada cumpre, ou não, a LR;
- Resistência do fogo da estrutura e laje no CI.

O botão “Não se aplica”, presente no subseparador REIC, atribui automaticamente o valor 0 ao fator  $DPI_{REIC}$ .

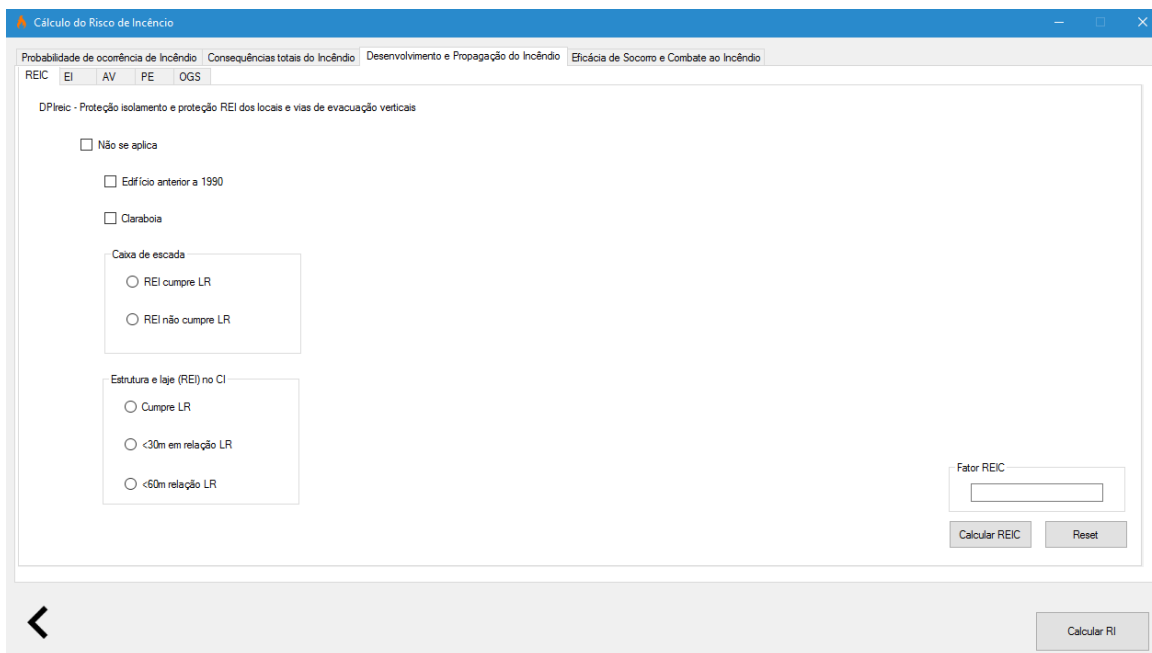


Fig. 4.8 – Subseparador  $DPI_{REIC}$  relativo ao Painel 2

Os 5 fatores parciais do DPI são calculados recorrendo a funções específicas de cada fator dependendo dos descritores específicos de cada um como referido no Parágrafo 3.6. Excertos do código serão apresentados no Anexo B.

As figuras ilustrativas dos restantes descritores encontram-se no Anexo B.

#### 4.2.6. SEPARADOR RELATIVO AO FATOR GLOBAL – EFICÁCIA E SOCORRO DE COMBATE AO INCÊNDIO (ESCI)

##### 4.2.6.1. Subseparador relativo ao Fator Parcial associado ao grau de prontidão dos bombeiros ( $ESCI_{GP}$ )

Apresentam-se, na Figura 4.9, os descritores do fator parcial associado ao grau de prontidão dos bombeiros ( $ESCI_{GP}$ ).

As características a introduzir para o cálculo  $ESCI_{GP}$  são:

- Distância dos bombeiros ao edifício superior, ou inferior, a 10 quilómetros;
- Tempo de chegada dos bombeiros ao edifício;
- Existência de deteção e alerta no edifício.

Fig. 4.9 – Subseparador  $ESCI_{GP}$  relativo ao Painel 2

Os 7 fatores parciais do  $ESCI$  são calculados recorrendo a funções específicas de cada fator dependendo dos descritores específicos de cada um como referido no Parágrafo 3.7. Excertos do código serão apresentados no Anexo B.

As figuras ilustrativas dos restantes descritores encontram-se no Anexo B.

#### 4.2.7. PAINEL 3

Uma vez introduzidos todos os dados do edifício, pelo método simplificado ou pelo método pormenorizado, é então apresentado o painel de resultados; Figura 4.10.

Neste painel é possível, pela primeira vez, verificar qual o Risco de Incêndio do edifício em análise, qual a sua classificação e, o Risco de Incêndio aceitável, atendendo à idade do edifício. Para uma melhor interpretação e análise dos dados e resultados, dentro da escala definida no Parágrafo 3.10, é ainda possível analisar todos os fatores parciais e os respetivos fatores globais calculados.

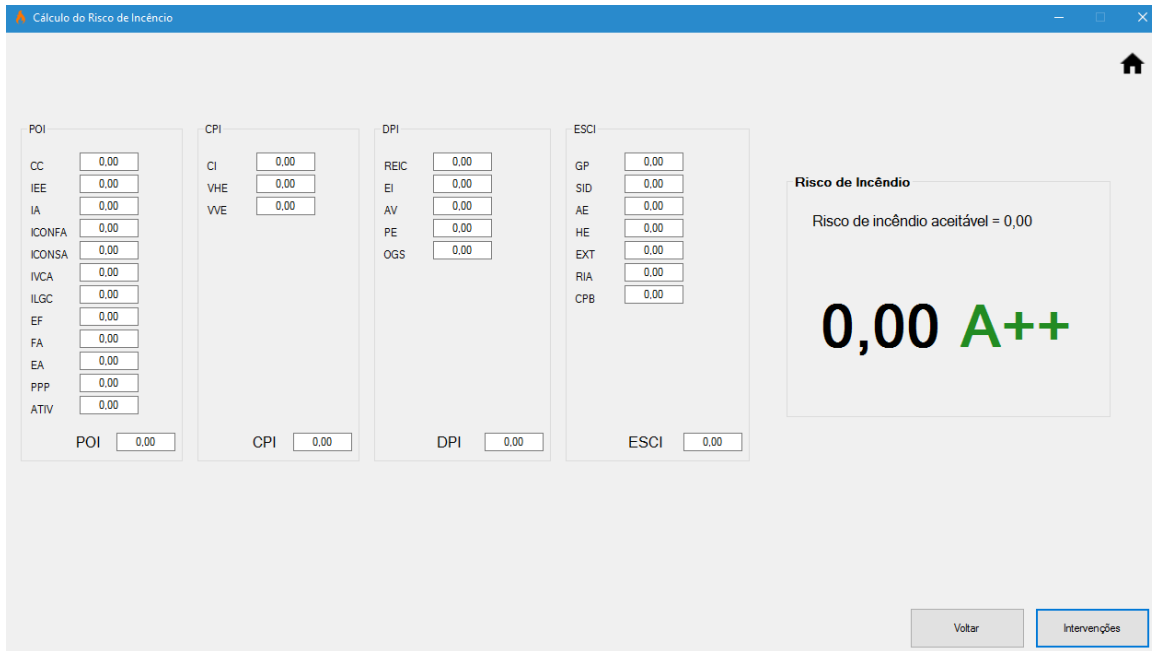


Fig. 4.10 – Painel 3 – Resultados do Risco de Incêndio

#### 4.2.8. PAINEL 4

Por fim, o valor do Risco de Incêndio pode ser reduzido através de intervenções no edifício, podendo essas ser escolhidas no Painel 4 de Intervenções; Figura 4.11.

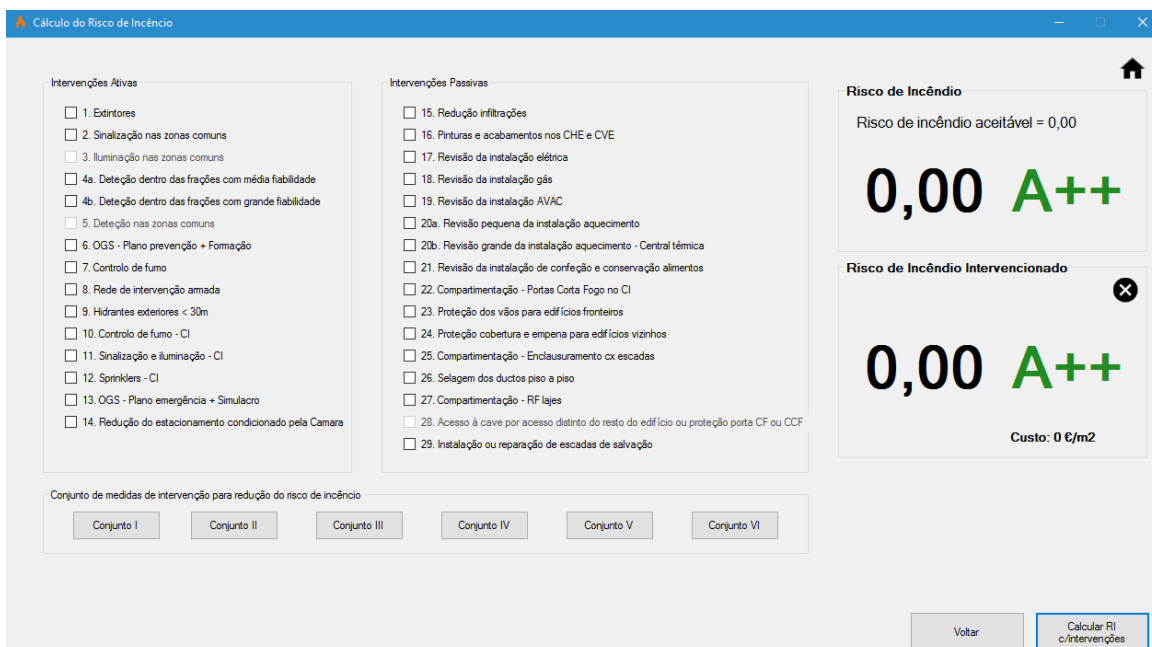


Fig. 4.11 – Painel 4 – Intervenções possíveis no edifício

Neste painel torna-se possível a redução do Risco de Incêndio através da escolha de intervenções (obras) a fazer no edifício. Assim o utilizador pode escolher entre as 31 intervenções ou optar por um dos conjuntos pré-definidos, I a VI. Refira-se que os conjuntos de intervenções referem-se a crescentes graus de intervenção assim como os custos respetivos. Os conjuntos referidos correspondem a associações de medidas ativas e passivas que o autor assume como fazendo sentido e explicitadas no Parágrafo 3.8. Finalmente, o Risco de Incêndio Intervencionado é calculado e a sua classificação apresentada.

Este processo deseja-se iterativo pelo que o programa permite automaticamente, através deste Painel 4, as simulações de iterações, partindo de conjuntos iniciais, retirando ou acoplando mais intervenções ativas ou passivas, de forma a obter o Risco de Incêndio Intervencionado que respeite o Risco de Incêndio Aceitável para o edifício em análise. Durante a análise permite-se ainda avaliar a evolução potencial dos custos/m<sup>2</sup> do conjunto de intervenções definido.

### 4.3. CÓDIGO DO MODELO NUMÉRICO

#### 4.3.1. INTRODUÇÃO

O código do modelo numérico foi realizado em linguagem VB (*Visual Basic*), com recurso à ferramenta *Visual Studio*, consistindo num formulário que, através da introdução das características do edifício em análise calcula todos os fatores, parciais e globais, o respetivo Risco de Incêndio. Permite ainda a introdução de medidas de intervenção no edifício de forma a reduzir o valor do Risco de Incêndio para valores aceitáveis.

Refira-se que a 2.<sup>a</sup> parte do acrónimo CHICHORRO significa “Habilitada Otimização da sua Redução (Risco de Incêndio) com Obras” e é exatamente este aspeto iterativo que o programa permite, de forma muito intuitiva e fácil, enriquecer muitíssimo a sua funcionalidade.

A totalidade do código é constituída por 19556 linhas das quais se apresentam, em seguida, apenas alguns excertos correspondentes a diferentes aspetos de funcionamento do modelo.

Sinteticamente, o modelo pode ser iniciado de duas formas, introdução de dados de forma simplificada, presente no Painel 1, ou introdução de dados de forma pormenorizada, introduzindo todos os descritores no Painel 2.

Uma vez feita a introdução dos valores, é realizado o cálculo de todos os fatores parciais associados aos fatores globais. Tal como referido no Capítulo 3, o método simplificado de introdução de resultados resulta da consideração prévia dos dados de 576 Casos-Tipo e que, uma vez introduzidos, o modelo automaticamente preenche os dados em função do caso-tipo e utiliza o código do método pormenorizado de introdução de dados. Podendo, no entanto, e em qualquer altura, o utilizador alterar qualquer um dos descritores.

Após o cálculo do RI, é possível ao utilizador definir e efetuar várias medidas de intervenção no edifício calculando o novo Risco de Incêndio.

É feita a apresentação das diferentes formas de funcionamento do modelo numérico nos subcapítulos posteriores. No entanto, é necessário fazer um breve comentário às instruções necessárias ao funcionamento dos botões presentes no programa, pois a sua utilização é fundamental na utilização do *software*.

Assim, será apresentado o código referente aos seguintes botões:

- Botão “*Calcular RI*”;
- Botão “*Voltar*”;

- Botão “Home”;
- Botão “Troca de métodos”;
- Botão “Reset”.

#### 4.3.2. CÓDIGO DO MODELO NUMÉRICO REFERENTE AO BOTÃO “CALCULAR RI”

Conforme mencionado anteriormente, o botão “*Calcular RI*” é comum a vários painéis, apesar da sua execução efetuar diferentes funções.

Existem ainda vários botões “*Calcular*” nos subseparadores do painel de introdução de dados pormenorizada, que são apresentados nos subcapítulos subsequentes.

Ilustra-se na Figura 4.12 o código referente ao botão “*Calcular RI*”, presente nos quatro painéis.

```

74 'Botao Calcular RI
75 Private Sub Button1_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button1.Click
76     If Panel2.Visible = True Then
77         Panel2.Visible = False
78         Panel1.Visible = True
79         Button58.Visible = True
80         Button57.Visible = False
81         Button1.Text = "Intervenções"
82         calculateRI()
83     ElseIf Panel5.Visible = True Then
84         Panel5.Visible = False
85         Panel1.Visible = True
86         Button58.Visible = True
87         Button1.Text = "Intervenções"
88         resetAllTabs()
89         calculateRI2()
90         calculateRI()
91     ElseIf Panel1.Visible = True Then
92         Panel1.Visible = False
93         Panel4.Visible = True
94         Button58.Visible = True
95         Button1.Text = "Calcular RI c/intervenções"
96         disableintervp()
97         disableinterva()
98         conjuntosvis()
99         changehints()
100        Label127.Text = Label124.Text
101        Label134.Text = Label133.Text
102        Label139.Text = Label137.Text
103        Label134.ForeColor = Label133.ForeColor
104     ElseIf Panel4.Visible = True Then
105         resetAllTabs()
106         calculateRI2()
107         RICIntervp()
108         RICInterva()
109         calculateRI()
110         costs()
111        Label131.Text = Label124.Text
112        Label135.Text = Label133.Text
113        Label135.ForeColor = Label133.ForeColor
114     End If
115 End Sub

```

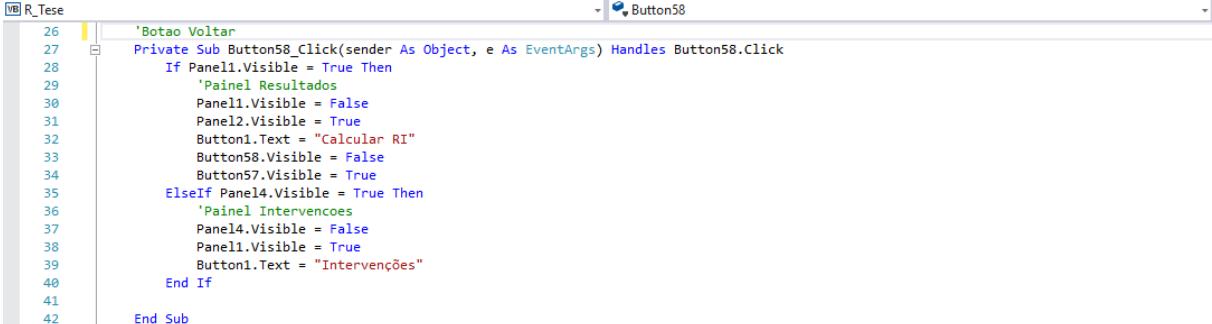
Fig. 4.12 – Código referente ao botão “*Calcular RI*”

Este botão tem como principal função a execução de várias funções do código, bem como efetuar a troca de painéis, nomeadamente do Painel 1 para o Painel 2, do Painel 2 para o Painel 3 e do Painel 3 para o Painel 4.

#### 4.3.3. CÓDIGO DO MODELO NUMÉRICO REFERENTE AO BOTÃO “VOLTAR”

Conforme mencionado anteriormente neste capítulo, o botão “*Voltar*” é comum aos Painéis 3 e 4.

Ilustra-se na Figura 4.13 o código referente ao botão “*Voltar*”.



```

VB R_Tese
'Botao Voltar
26
27 Private Sub Button58_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button58.Click
28     If Panel1.Visible = True Then
29         'Painel Resultados
30         Panel1.Visible = False
31         Panel2.Visible = True
32         Button1.Text = "Calcular RI"
33         Button58.Visible = False
34         Button57.Visible = True
35     ElseIf Panel4.Visible = True Then
36         'Painel Intervencoes
37         Panel4.Visible = False
38         Panel1.Visible = True
39         Button1.Text = "Intervenções"
40     End If
41
42 End Sub

```

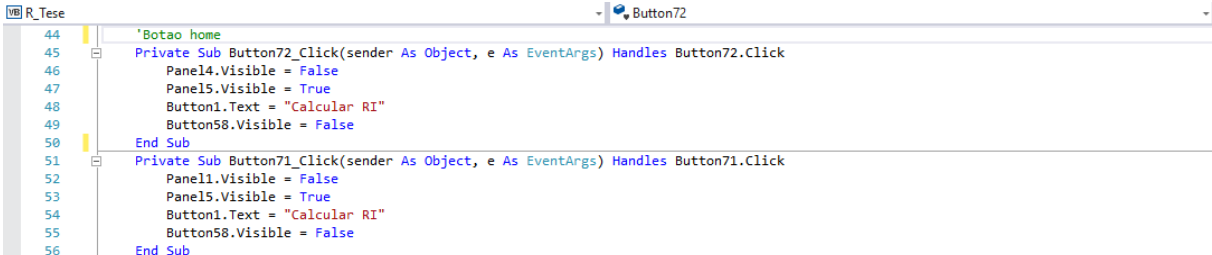
Fig. 4.13 – Código referente ao botão “Voltar”

No caso de o utilizador pressionar este botão, o programa voltará ao painel imediatamente anterior.

#### 4.3.4. CÓDIGO DO MODELO NUMÉRICO REFERENTE AO BOTÃO “HOME”

Tal como o botão anteriormente mencionado, o botão “Home” é comum aos Painéis 3 e 4.

Ilustra-se na Figura 4.14 o código referente ao botão “Home”.



```

VB R_Tese
'Botao home
44
45 Private Sub Button72_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button72.Click
46     Panel4.Visible = False
47     Panel5.Visible = True
48     Button1.Text = "Calcular RI"
49     Button58.Visible = False
50 End Sub
51
52 Private Sub Button71_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button71.Click
53     Panel1.Visible = False
54     Panel5.Visible = True
55     Button1.Text = "Calcular RI"
56     Button58.Visible = False
57 End Sub

```

Fig. 4.14 – Código referente ao botão “Home”

No caso de o utilizador acionar este botão, o programa voltará ao Painel 1.

#### 4.3.5. CÓDIGO DO MODELO NUMÉRICO REFERENTE AO BOTÃO “TROCA DE MÉTODOS”

Conforme mencionado anteriormente neste capítulo, o botão “Troca de Métodos” é comum aos Painéis 1 e 2 e é representado por uma seta, “>” ou “<”, respetivamente, em cada painel.

Ilustra-se na Figura 4.15 o código referente ao botão “Troca de Métodos”, presente no painel inicial.

```

VB R_Tese - Button56
58 'Botao mudanca de metodo
59 Private Sub Button56_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button56.Click
60     Panel15.Visible = False
61     Panel12.Visible = True
62     Button57.Visible = True
63     Button56.Visible = False
64     Button58.Visible = False
65 End Sub
66 Private Sub Button57_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button57.Click
67     Panel15.Visible = True
68     Panel12.Visible = False
69     Button57.Visible = False
70     Button56.Visible = True
71     Button58.Visible = False
72 End Sub

```

Fig. 4.15 – Código referente ao botão “Troca de Métodos”

No caso de o utilizador acionar este botão no Painel 1, o programa irá para o Painel 2 e vice versa, caso este seja acionado no Painel 2.

#### 4.3.6. CÓDIGO DO MODELO NUMÉRICO REFERENTE AO BOTÃO “RESET”

Conforme mencionado anteriormente neste capítulo, o botão “Reset” está presente nos Painéis 1, 2 e 4, sendo que em cada painel as funções de cada botão são ligeiramente diferentes.

Ilustra-se na Figura 4.16 o código referente à função “Reset”, referente ao Painel 2. O código das variantes desta função é ilustrado no Anexo B.

```

VB R_Tese - Form1
3618 'Funcao reset
3619 Function ResetTab(tab As TabPage) As Integer
3620     For Each b As GroupBox In tab.Controls.OfType(Of GroupBox)()
3621         For Each c As RadioButton In b.Controls.OfType(Of RadioButton)()
3622             If c.Checked = True Then
3623                 c.Checked = False
3624             End If
3625         Next
3626     Next
3627
3628     For Each b As CheckBox In tab.Controls.OfType(Of CheckBox)()
3629         If b.Checked = True Then
3630             b.Checked = False
3631         End If
3632     Next
3633
3634     For Each b As CheckedListBox In tab.Controls.OfType(Of CheckedListBox)()
3635         For i As Integer = 0 To b.Items.Count - 1
3636             b.SetItemChecked(i, False)
3637         Next
3638     Next
3639
3640     For Each b As ComboBox In tab.Controls.OfType(Of ComboBox)()
3641         For i As Integer = 0 To b.Items.Count - 1
3642             b.SelectedIndex = -1
3643         Next
3644     Next
3645
3646     For Each b As Object In tab.Controls
3647         b.Enabled = True
3648     Next
3649
3650     For Each b As Control In tab.Controls
3651         If TypeOf b Is TextBox Then
3652             CType(b, TextBox).Text = String.Empty
3653         End If
3654     Next
3655     Return 1
3656 End Function

```

Fig. 4.16 – Código referente à função “Reset” do Painel 2

Este botão tem como principal objetivo uma rápida limpeza de todos os dados introduzidos.

#### 4.4. CÓDIGO DO MODELO NUMÉRICO DO PAINEL INICIAL

##### 4.4.1. CÓDIGO DO MODELO NUMÉRICO REFERENTE AO CÁLCULO DO RI PELO MÉTODO SIMPLIFICADO

Uma das prioridades desta dissertação foi a introdução de dados no modelo de cálculo de uma forma mais simplificada e, deste modo, o método simplificado, foi programado de forma a interagir com o método pormenorizado, solicitando ao utilizador apenas a introdução dos descritores necessários para os Casos-Tipo, referidos no Capítulo 3.

Na Figura 4.17 ilustra-se o código referente à função “*POIf1*”, correspondente a um Caso-Tipo A1, ou seja, uma habitação com menos de nove metros de altura, em bom estado de conservação, com acesso possível por parte dos veículos pesados dos bombeiros e tendo os hidrantes exteriores a uma distância inferior a 30 metros do edifício. Tal como o nome indica, esta função calcula o valor do Fator Global POI.

Este tipo de função seleciona automaticamente as opções dos descritores do método pormenorizado, segundo os Casos-Tipo explicados no Capítulo 3. Apesar de acrescer ao código cerca de 4000 linhas de código, torna possíveis vários conjuntos diferentes de associações destas funções, permitindo de forma rápida o cálculo do Risco de Incêndio para o edifício em análise.



```

3728 'A1 Hab e Admin Funcoes
3729 Private Sub POIf1()
3730 'CC
3731 RadioButton81.Checked = True
3732 ComboBox2.SelectedIndex = 1
3733 ComboBox3.SelectedIndex = 0
3734 ComboBox4.SelectedIndex = 1
3735 'IEE
3736 ComboBox5.SelectedIndex = 0
3737 ComboBox6.SelectedIndex = 0
3738 RadioButton1.Checked = True
3739 'IA
3740 CheckBox4.Checked = True
3741 'ICONFA
3742 RadioButton7.Checked = True
3743 ComboBox1.SelectedIndex = 1
3744 ComboBox10.SelectedIndex = 0
3745 'ICONSA
3746 RadioButton75.Checked = True
3747 'IVCA
3748 ComboBox22.SelectedIndex = 1
3749 ComboBox21.SelectedIndex = 0
3750 'ILGC
3751 ComboBox24.SelectedIndex = 1
3752 ComboBox23.SelectedIndex = 0
3753 'EF
3754 CheckBox10.Checked = True
3755 CheckBox11.Checked = True
3756 'EA
3757 RadioButton82.Checked = True
3758 RadioButton85.Checked = True
3759 'FA
3760 RadioButton17.Checked = True
3761 ComboBox9.SelectedIndex = 0
3762 RadioButton53.Checked = True
3763 'PPP
3764 RadioButton13.Checked = True
3765 'ATIV
3766 If ComboBox25.SelectedIndex = 0 Then
3767     ComboBox7.SelectedIndex = 26
3768 ElseIf ComboBox25.SelectedIndex = 4 Then
3769     ComboBox7.SelectedIndex = 0
3770 ElseIf ComboBox25.SelectedIndex = 2 Then
3771     ComboBox7.SelectedIndex = 27
3772 End If
3773 End Sub

```

Fig. 4.17 – Código referente à função “*POIf1*”

Foram programadas 95 funções semelhantes à da Figura 4.17 que são ilustradas no Anexo B.

Após a introdução de dados, o programa faz uma filtragem, encaminhando o cálculo pelo tipo de caso escolhido, tal como se ilustra na Figura 4.18.

```

VB R_Tese Form1
7157 'Funcao calcular RI metodo 2 - A1Hab9
7158 Private Sub calculateRIA1Hab9()
7159     If ComboBox25.SelectedIndex = 0 Or ComboBox25.SelectedIndex = 4 Then
7160         If TextBox97.Text = "" Then
7161             MsgBox("ERRO")
7162         ElseIf TextBox97.Text <= 9 Then
7163             'Bom estado de conservacao
7164             If RadioButton86.Checked = True Then
7165
7166                 'Acesso possivel
7167                 If RadioButton95.Checked = True Then
7168
7169                     'Hidrante < 30m
7170                     If RadioButton92.Checked = True Then
7171                         POIf1()
7172                         DPIf1()
7173                         ESCIf1()
7174                         CPIbase()
7175                         CPIf1()
7176
7177                     'Hidrante > 30m
7178                     ElseIf RadioButton91.Checked = True Then
7179                         POIf1()
7180                         DPIf1()
7181                         ESCIf2()
7182                         CPIbase()
7183                         CPIf1()
7184
7185                     'Nao existe hidrante
7186                     ElseIf RadioButton90.Checked = True Then
7187                         ONTF1()

```

Fig. 4.18 – Excerto do código referente à função “calculateRIA1Hab9”

Mais uma vez, o código referente as estas funções é bastante extenso, cerca de 5500 linhas de código.

Foram programadas 19 funções semelhantes à da Figura 4.18 que são ilustradas no Anexo B.

Para um funcionamento correto do modelo e de forma a facilitar ao utilizador a introdução de dados, existem ainda outras funções paralelas. A relevância destas funções para a sequência de cálculo é reduzida mas são indispensáveis para o melhoramento da *interface*, facilitando todos os passos do utilizador.

Por fim, a função “calculateRI2” acumula todas as funções anteriores de forma a reduzir o já extenso código.

O código da função de cálculo é o ilustrado na Figura 4.19.

```

VB R_Tese Form1
3703 'Funcao calcular RI metodo 2
3704 Private Sub calculateRI2()
3705     calculateRIA1Hab9()
3706     calculateRIA1Hab18()
3707     calculateRIA1Hoth9()
3708     calculateRIA1Hoth18()
3709     calculateRIA2()
3710     calculateRIB1RestBom()
3711     calculateRIB1RestMed()
3712     calculateRIB1RestMau()
3713     calculateRIB1ComBom()
3714     calculateRIB1ComMed()
3715     calculateRIB1ComMau()
3716     calculateRIB2SalasBom()
3717     calculateRIB2SalasMed()
3718     calculateRIB2SalasMau()
3719     calculateRIB2IndBom()
3720     calculateRIB2IndMed()
3721     calculateRIB2IndMau()
3722     calculateRIC1()
3723     conjuntosvis()
3724     'Idade
3725     ComboBox28.SelectedIndex = ComboBox30.SelectedIndex
3726 End Sub

```

Fig. 4.19 – Código referente à função “calculateRI2”

Esta função é utilizada pelo botão “Calcular RI”.

## 4.5. CÓDIGO DO MODELO NUMÉRICO DO PAINEL 2

### 4.5.1. INTRODUÇÃO

Em alternativa à introdução de dados simplificados, o Risco de Incêndio pode ser calculado através da introdução de dados pormenorizados. Este é, na realidade, a base do modelo numérico em análise nesta dissertação. A introdução de todos os descritores de cada fator parcial pode ser feita pelo utilizador nos vários separadores e subseparador deste painel.

### 4.5.2. CÓDIGO DO MODELO NUMÉRICO REFERENTE AO CÁLCULO DOS FATORES GLOBAIS POI, DPI E ESCI

Ilustra-se na Figura 4.20 um excerto do código referente aos descritores e cálculo do Fator Parcial – Caracterização da Construção ( $POI_{CC}$ ).

```

315 'INICIO CC
316 Function calculateCC()
317 Dim flag As Integer = 0
318 Dim CC As Single
319 Dim numbers = {1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512}
320
321 'Ocupada
322 If RadioButton81.Checked Then
323     flag = flag + numbers(0)
324 End If
325 'Nao ocupada
326 If RadioButton78.Checked Then
327     flag = flag + numbers(1)
328 End If
329 'Sup. combustivel
330 If ComboBox2.SelectedIndex = 0 Then
331     flag = flag + numbers(2)
332 End If
333 'Sup. incombustivel
334 If ComboBox2.SelectedIndex = 1 Then
335     flag = flag + numbers(3)
336 End If
337 'Sem interv. pinturas
338 If ComboBox3.SelectedIndex = 0 Then
339     flag = flag + numbers(4)
340 End If
341 'Com interv. pinturas
342 If ComboBox3.SelectedIndex = 1 Then
343     flag = flag + numbers(5)
344 End If
345 'Ha infiltracoes
346 If ComboBox4.SelectedIndex = 0 Then
347     flag = flag + numbers(6)
348 End If
349 'Nao ha infiltracoes
350 If ComboBox4.SelectedIndex = 1 Then
351     flag = flag + numbers(7)
352 End If
353
354 Select Case flag
355     Case 169
356         CC = 1.0
357     Case 153
358         CC = 1.1
359     Case 165
360         CC = 1.2
361     Case 149, 105

```

Fig. 4.20 – Excerto do código referente ao  $POI_{CC}$

Para o cálculo dos vários fatores parciais e tendo em conta o elevado número de possibilidades, foi utilizado um sistema de “*flags*” que, baseado em potências do número dois, possibilita uma correlação entre os descritores, e por sua vez, a obtenção do correspondente fator parcial.

As figuras ilustrativas dos restantes fatores parciais dos Fatores Globais POI, DPI e ESCI, encontram-se no Anexo B.

### 4.5.3. CÓDIGO DO MODELO NUMÉRICO REFERENTE AO CÁLCULO DOS FATORES PARCIAIS DO CTI

#### 4.5.3.1. Introdução

O modelo permite o cálculo do valor dos fatores parciais do CTI, através da execução de instruções diferentes das utilizadas no cálculo dos fatores parciais do POI, DPI e ESCI. Para o cálculo destes foi necessário prever, nas instruções presentes no código, as diferentes possibilidades de escolha dos descritores e o correspondente valor do fator parcial.

Pelo contrário, no cálculo dos fatores parciais associados ao CTI, mediante a escolha dos descritores, o modelo executa o cálculo matemático, como demonstrado no Capítulo 3. Esta é uma das evoluções em relação ao modelo anterior, no sentido em que, não será necessário recorrer a folhas de cálculo do *Microsoft Excel*, sendo elas na ordem das centenas de milhares de linhas, tornando assim, o novo *software* totalmente independente. Complementarmente possibilita ao utilizador a introdução de qualquer valor nos descritores, tornando o modelo contínuo e não discreto, como por exemplo, a área do cenário de incêndio pode ser um valor qualquer em vez de várias hipóteses no modelo precedente.

Nos subcapítulos subsequentes são apresentados e comentados excertos do código correspondentes ao cálculo dos valores do  $CPI_{CI}$ , do  $CPI_{VHE}$  e do  $CPI_{VVE}$ .

#### 4.5.3.2. Cálculo do valor do Fator Parcial $CPI_{CI}$

Ilustra-se na Figura 4.21 um excerto do código da função de cálculo do valor do  $CPI_{CI}$  sendo este uma combinação dos fatores  $CPI_{CIP}$ ,  $CPI_{CIF}$  e  $CPI_{CIMR}$ .

```

R_Tese Form1
'Funcao calculo CI
2552 Public Function calculateCI()
2553 Dim up, sa, m, pf, Qc, T, Vf, Vff, Vext, Qlim, Qat, tlim1, tat, d, tdetCI, tperCI, tav, tevCI, vhn, vdn, veld, velh, da, ls, rCIP, dpe:
2554
2555
2556 If TextBox1.Text = "" Then
2557     MsgBox("ERRO! Área não preenchida!")
2558 Else
2559     area = Decimal.Parse(TextBox1.Text)
2560 End If
2561
2562 If TextBox4.Text = "" Then
2563     MsgBox("ERRO! Pé Direito não preenchido!")
2564 Else
2565     z = Decimal.Parse(TextBox4.Text)
2566 End If
2567
2568 If TextBox2.Text = "" Then
2569     MsgBox("ERRO! Efetivo não preenchido!")
2570 Else
2571     ef = Decimal.Parse(TextBox2.Text)
2572 End If
2573
2574 'Area > 0
2575 If area <= 0 Or ef <= 0 Then
2576     MsgBox("ERRO Área!")
2577 Else
2578     d = area ^ 0.5 / 2
2579     da = (0.125 * ef) / area
2580 End If
2581 Label128.Text = "d = " + Str(FormatNumber(d, 2)) + " m"
2582
2583 'talfa
2584 Select Case ComboBox15.SelectedIndex
2585     Case 9
2586         talfa = 75
2587     Case 3, 6, 7, 10, 11, 12
2588         talfa = 150
2589     Case 0, 1, 2, 4, 5
2590         talfa = 300
2591     Case 8
2592         talfa = 600
2593 End Select
2594 Label130.Text = "ta = " + Str(FormatNumber(talfa, 0)) + " s"
2595
2596 'Potencia limite
2597 Qlim = (2.5 * 4 * Math.PI * d ^ 2) / 0.3
2598 Label140.Text = "Qlim = " + Str(FormatNumber(Qlim, 2)) + " kW"

```

Fig. 4.21 – Excerto do código referente ao  $CPI_{CI}$

A função “*calculateCI*” conta com cerca de 400 linhas de código e é executada pelos botões “*Calcular*”, presentes nos subseparadores do CI do Painel 2.

#### 4.5.3.3. Cálculo do valor do Fator Parcial $CPI_{VHE}$

Ilustra-se na Figura 4.22 um excerto do código da função de cálculo do valor do  $CPI_{VHE}$  sendo este uma combinação dos fatores  $CPI_{VHEP}$ ,  $CPI_{VHEF}$  e  $CPI_{VHEMR}$ .

```

2968 'Funcao calculo VHE
2969 Public Function calculateVHE()
2970 Dim dVHE, sa, VHEMR, vhemrpa, vhemrt, VHE, VHEFc, VHEF, t1, lVHE, cVHE, tdetCI, tperCI, tlimfCI, velh, tevCI, tav, t0, z, vlimfVHE, Ve
2971
2972 'Valores da tab CI
2973 tdetCI = TextBox3.Text
2974 tperCI = TextBox5.Text
2975 tlimfCI = TextBox6.Text
2976 velh = TextBox9.Text
2977 tevCI = TextBox8.Text
2978 tav = TextBox7.Text
2979 z = TextBox14.Text
2980 Vext = TextBox10.Text
2981 talfa = TextBox13.Text
2982
2983 'Calculo t0
2984 t0 = Math.Max((tdetCI + tperCI), tlimfCI)
2985 Label158.Text = "t0 = " + Str(FormatNumber(t0, 2)) + " s"
2986
2987 If TextBox12.Text = "" Then
2988     MsgBox("ERRO! Largura VHE não preenchida!")
2989 Else
2990     lVHE = Decimal.Parse(TextBox12.Text)
2991 End If
2992
2993 If TextBox11.Text = "" Then
2994     MsgBox("ERRO! Comprimento VHE não preenchida!")
2995 Else
2996     cVHE = Decimal.Parse(TextBox11.Text)
2997 End If
2998
2999 'Area total da VHE
3000 'Calculo volume limite fumo na VHE
3001 vlimfVHE = lVHE * cVHE * (z - 2)
3002 Label159.Text = "VlimfVHE = " + Str(FormatNumber(vlimfVHE, 2)) + " m3"
3003
3004 'Distancia percorrida na VHE
3005 If ComboBox15.SelectedIndex = 1 Or ComboBox15.SelectedIndex = 2 Then
3006     If cVHE <= 10 Then
3007         sa = 1
3008     ElseIf cVHE > 10 Then
3009         sa = 2
3010     End If
3011 Else
3012     If cVHE <= 10 Then
3013         sa = 1
3014     ElseIf cVHE > 10 Then
3015         sa = 2
3016     End If
3017 End If
3018 Label180.Text = "sa = " + Str(FormatNumber(sa, 0))
3019

```

Fig. 4.22 – Excerto do código referente ao  $CPI_{VHE}$

A função “*calculateVHE*” conta com cerca de 400 linhas de código e é executada pelo botão “*Calcular*”, presente no subseparador VHE do Painel 2.

#### 4.5.3.4. Cálculo do valor do Fator Parcial $CPI_{VVE}$

Ilustra-se na Figura 4.23 um excerto do código da função de cálculo dos valores do  $CPI_{VVE}$  sendo este uma combinação dos fatores o  $CPI_{VVEP}$ ,  $CPI_{VVEF}$  e  $CPI_{VVEMR}$ .

```

3265 'INICIO VVE
3266 'Funcao calculo VVE
3267 Function calculateVVE()
3268 Dim vhn, vdn, dP, VextC, Vvent, VEMR, WVEFc, vvemrt, vvemrpa, WVEF, tlimfVVE, rVVE, ttol, tevVVE, Vff, tsoma, Vsoma, VVE, tdetCI, tpe
3269
3270 tdetCI = TextBox28.Text
3271 tperCI = TextBox27.Text
3272 tlimfCI = TextBox26.Text
3273 tevCI = TextBox24.Text
3274 tav = TextBox23.Text
3275 z = TextBox22.Text
3276 talfa = TextBox21.Text
3277 Vext = TextBox20.Text
3278
3279 'Calculo t0
3280 t0 = Math.Max((tdetCI + tperCI), tlimfCI)
3281 Label156.Text = "t0 = " + Str(FormatNumber(t0, 2)) + " s"
3282
3283 If TextBox19.Text = "" Then
3284     MsgBox("ERRO! Área clara não preenchida!")
3285 Else
3286     areacl = Decimal.Parse(TextBox19.Text)
3287 End If
3288
3289 If TextBox17.Text = "" Then
3290     MsgBox("ERRO! Número de pisos acima não preenchido!")
3291 Else
3292     npc = Decimal.Parse(TextBox17.Text)
3293 End If
3294
3295 If TextBox18.Text = "" Then
3296     MsgBox("ERRO! Número de pisos abaixo não preenchido!")
3297 Else
3298     npb = Decimal.Parse(TextBox18.Text)
3299 End If
3300
3301 If TextBox16.Text = "" Then
3302     MsgBox("ERRO! Largura VVE não preenchida!")
3303 Else
3304     bVVE = Decimal.Parse(TextBox16.Text)
3305 End If
3306
3307 'dpiso
3308 dpiso = 2.5 * 2 + 0.5 * 2 + 4 * bVVE
3309 Label157.Text = "dpiso = " + Str(FormatNumber(dpiso, 2)) + " m"
3310
3311 'dvVE
3312 dvVE = dpiso * npb
3313 Label165.Text = "dvVE = " + Str(FormatNumber(dvVE, 2)) + " m"
3314
3315 'aVVE
3316 aVVE = (bVVE * 2 + 2.5) * (bVVE * 2 + 0.5)
3317 Label166.Text = "aVVE = " + Str(FormatNumber(aVVE, 2)) + " m"

```

Fig. 4.23 – Excerto do código referente ao  $CPI_{VVE}$ 

A função “*calculateVVE*” conta com cerca de 300 linhas de código e é executada pelos botões “*Calcular*”, presentes nos subseparadores do VVE do Painel 2.

## 4.6. CÓDIGO DO MODELO NUMÉRICO DO PAINEL 3

### 4.6.1. CÓDIGO DO MODELO NUMÉRICO DO CÁLCULO DO RI

Após a introdução de todos os descritores é efetuado o cálculo por funções, devolvendo um valor do fator parcial em cada uma delas. Deste modo é possível proceder ao cálculo do Risco de Incêndio, como se ilustra na Figura 4.24.

```

244 'Funcao calcular RI
245 Dim POIarray, DPIarray, ESCIarray As Array
246
247 POIarray = {CC, IEE, IA, ICONFA, ICONSA, IVCA, ILGC, EF, FA, EA, PPP, ATIV}
248 DPIarray = {REIC, EI, AV, PE, OGS}
249 ESCIarray = {GP, SID, AE, HE, EXT, RIA, CPB}
250
251 countpoi = 0
252 countdpi = 0
253 countesci = 0
254
255 For i = 0 To POIarray.Length - 1
256     If POIarray.GetValue(i) > 0 Then
257         countpoi = countpoi + 1
258     End If
259 Next
260 For i = 0 To DPIarray.Length - 1
261     If DPIarray.GetValue(i) > 0 Then
262         countdpi = countdpi + 1
263     End If
264 Next
265 For i = 0 To ESCIarray.Length - 1
266     If ESCIarray.GetValue(i) > 0 Then
267         countesci = countesci + 1
268     End If
269 Next
270
271 'Calculo POI
272 If countpoi = 0 Then
273     POI = 0
274 Else
275     POI = (CC + IEE + IA + ICONFA + ICONSA + IVCA + ILGC + EF + FA + EA + PPP + ATIV) / countpoi
276 End If
277 TextBox56.Text = FormatNumber(POI, 2)
278
279 'Calculo DPI
280 If countdpi = 0 Then
281     DPI = 0
282 Else
283     DPI = (REIC + EI + AV + PE + OGS) / countdpi
284 End If
285 TextBox57.Text = FormatNumber(DPI, 2)
286
287 'Calculo ESCI
288 If countesci = 0 Then
289     ESCI = 0
290 Else
291     ESCI = (GP + SID + AE + HE + EXT + RIA + CPB) / countesci
292 End If
293 TextBox58.Text = FormatNumber(ESCI, 2)
294
295 'Calculo CTI
296 If 1/POI > 0 And 1/DPI > 0 Then

```

Fig. 4.24 – Excerto do código da função “*calculateRI*”

Esta é a função principal de cálculo, englobando todas as funções anteriores. Mais uma vez, apresenta-se na Figura 4.24 apenas um excerto da função, contando esta com cerca de 200 linhas de código.

#### 4.6.2. CÓDIGO DO MODELO DE CLASSIFICAÇÃO RI

Ilustra-se na Figura 4.25 um excerto do código da função de classificação do RI, bem como as cores a atribuir a cada classificação, sendo tanto o valor do RI, como a sua classificação exibida através de duas “*label's*” no Painel 3.

```

117 'Funcao classificacao e cores RI
118 Private Sub classRI()
119     Dim RI
120
121     RI = Label124.Text
122     If RI <= 0,9 Then
123         Label133.Text = "A++"
124         Label133.ForeColor = Color.ForestGreen
125     ElseIf RI > 0,9 And RI <= 0,95
126         Label133.Text = "A+"
127         Label133.ForeColor = Color.Chartreuse
128     ElseIf RI > 0,95 And RI <= 1
129         Label133.Text = "A"
130         Label133.ForeColor = Color.GreenYellow
131     ElseIf RI > 1 And RI <= 1,05
132         Label133.Text = "B+"
133         Label133.ForeColor = Color.Goldenrod
134     ElseIf RI > 1,05 And RI <= 1,1
135         Label133.Text = "B"
136         Label133.ForeColor = Color.Goldenrod
137     ElseIf RI > 1,1 And RI <= 1,15
138         Label133.Text = "B-"
139         Label133.ForeColor = Color.Goldenrod
140     ElseIf RI > 1,15 And RI <= 1,2
141         Label133.Text = "C+"
142         Label133.ForeColor = Color.DarkOrange
143     ElseIf RI > 1,2 And RI <= 1,25
144         Label133.Text = "C"
145         Label133.ForeColor = Color.DarkOrange

```

Fig. 4.25 – Excerto do código referente à função “classRI”

Neste painel é também exibido o RI aceitável para o edifício; Figura 4.26. Tal código é ilustrado no Anexo B.

A título de exemplo, apresenta-se, na Figura 4.26, um exemplo do Painel 3 após o cálculo do RI.

POI	CPI	DPI	ESCI
CC: 1,10	CI: 1,15	REIC: 1,30	GP: 1,20
IEE: 1,00	VHE: 1,12	EI: 0,00	SID: 1,00
IA: 1,20	VVE: 1,12	AV: 1,00	AE: 1,00
ICONFA: 1,30		PE: 1,00	HE: 1,00
ICONSA: 1,00		OGS: 1,20	EXT: 0,00
IVCA: 1,10			RIA: 0,00
ILGC: 1,10			CPB: 0,00
EF: 1,00			
FA: 1,00			
EA: 1,10			
PPP: 1,20			
ATIV: 1,00			
<b>POI: 1,09</b>	<b>CPI: 1,14</b>	<b>DPI: 1,13</b>	<b>ESCI: 1,05</b>

**Risco de Incêndio**

Risco de incêndio aceitável = 1,10

1,35 D

Fig. 4.26 – Exemplo do Painel 3

#### 4.7. CÓDIGO DO MODELO NUMÉRICO DO PAINEL 4

Após o cálculo do RI, o *software* possibilita a sua redução através de várias medidas de intervenção no edifício. No Painel 4 são apresentadas ao utilizador 15 intervenções ativas e 16 passivas, sendo ainda propostos vários conjuntos pré-definidos de intervenções, bem como o custo total por metro quadrado; Figura 3.17 do capítulo anterior, associado a determinados conjuntos de intervenções.

Ilustra-se na Figura 4.27 o código da função das possíveis intervenções ativas, existindo ainda uma função semelhante para as intervenções passivas, sendo um excerto ilustrado no Anexo B.

```

13181 'Intervencoes Ativas
13182 Private Sub RICInterva()
13183 'Extintores
13184 If CheckBox12.Checked = True Then
13185 'EXT
13186 ResetTab(RadioButton46.Parent.Parent)
13187 RadioButton46.Checked = True
13188 RadioButton37.Checked = True
13189 End If
13190
13191 'Sinalizacao
13192 If CheckBox41.Checked = True Then
13193 'Iluminacao
13194 If CheckBox42.Checked = False Then
13195 'Detecao
13196 If CheckBox45.Checked = False Then
13197 'SID
13198 ComboBox11.SelectedIndex = 2
13199 'FA
13200 ComboBox9.SelectedIndex = 1
13201 ElseIf CheckBox45.Checked = True Then
13202 'SID
13203 ComboBox11.SelectedIndex = 0
13204 'FA
13205 ComboBox9.SelectedIndex = 2
13206 End If
13207 ElseIf CheckBox42.Checked = True Then
13208 'Detecao
13209 If CheckBox45.Checked = False Then
13210 'SID
13211 ComboBox11.SelectedIndex = 1
13212 'FA
13213 ComboBox9.SelectedIndex = 1
13214 ElseIf CheckBox45.Checked = True Then
13215 'SID
13216 ComboBox11.SelectedIndex = 0
13217 'FA
13218 ComboBox9.SelectedIndex = 2
13219 End If
13220 End If
13221 End If
13222
13223 'Detecao med e detecao elevada
13224 If CheckBox43.Checked = True And CheckBox44.Checked = True Then
13225 ComboBox12.SelectedIndex = 1
13226 RadioButton73.Checked = True
13227 ElseIf CheckBox43.Checked = True Then
13228 ComboBox12.SelectedIndex = 2

```

Fig. 4.27 – Excerto do código da função “RICInterva”

A necessidade de intervenções pode não estar presente em todos os edifícios, porque as intervenções pré-definidas estão associadas aos tipos de edifícios como se introduziu na Figura 3.18, do Capítulo 3. Desse modo, a função “*disableinterva*” permite desabilitar várias intervenções, caso não seja possível melhorar as mesmas. Ilustra-se na Figura 4.28 um excerto do código dessa função.

```

VB R_Tese Form1
13374 'Disable Intervencoes ativas
13375 Private Sub disableinterv()
13376     'Extintores
13377     If RadioButton46.Checked = True Then
13378         CheckBox12.Enabled = False
13379     End If
13380
13381     'Sinalizacao
13382     If CheckBox9.Checked = False Then
13383         If ComboBox11.SelectedIndex = 0 Or ComboBox11.SelectedIndex = 1 Or ComboBox11.SelectedIndex = 2 Then
13384             If ComboBox9.SelectedIndex = 1 Or ComboBox9.SelectedIndex = 2 Then
13385                 CheckBox41.Enabled = False
13386             End If
13387         Else
13388             CheckBox41.Enabled = True
13389         End If
13390     ElseIf CheckBox9.Checked = True Then
13391         If ComboBox11.SelectedIndex = 0 Or ComboBox11.SelectedIndex = 1 Or ComboBox11.SelectedIndex = 2 Then
13392             CheckBox41.Enabled = False
13393         End If
13394     Else
13395         CheckBox41.Enabled = True
13396     End If
13397
13398     'Detecao med e detecao elevada
13399     If ComboBox12.SelectedIndex = 2 Then
13400         CheckBox43.Enabled = False
13401     ElseIf ComboBox12.SelectedIndex = 1 Or ComboBox12.SelectedIndex = 0 Then
13402         CheckBox43.Enabled = False
13403         CheckBox44.Enabled = False
13404     Else
13405         CheckBox43.Enabled = True
13406         CheckBox44.Enabled = True
13407     End If
13408
13409     'OGS - plano prevencao
13410     If RadioButton38.Checked = True And RadioButton48.Checked = True Then
13411         If ComboBox22.SelectedIndex = 0 And ComboBox21.SelectedIndex = 0 Then
13412             If RadioButton19.Checked = True Then
13413                 CheckBox51.Enabled = False
13414             End If
13415         End If
13416     Else
13417         CheckBox51.Enabled = True
13418     End If
13419

```

Fig. 4.28 – Excerto do código da função “disableinterva”

Tal como referido no Parágrafo 3.9.4, foram conjugadas várias intervenções de forma crescente de exigência técnica e custos de implementação, tendo em conta o grau de intervenção. São apresentados ao utilizador vários conjuntos de intervenções sob a forma de botões. Ilustra-se na Figura 4.29 um excerto do código referente ao botão “Conjunto I”.

```

VB R_Tese Button61
13742 'Conjunto medidas - botão 1
13743 Private Sub Button61_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button61.Click
13744     Button70.PerformClick()
13745     resetcheck()
13746     Select Case ComboBox7.SelectedIndex
13747     Case 26, 29, 27, 0, 18
13748         'Ativas
13749         If CheckBox12.Enabled = True Then
13750             CheckBox12.Checked = True
13751         End If
13752         If CheckBox41.Enabled = True Then
13753             CheckBox41.Checked = True
13754         End If
13755         If CheckBox42.Enabled = True Then
13756             CheckBox42.Checked = True
13757         End If
13758         If CheckBox51.Enabled = True Then
13759             CheckBox51.Checked = True
13760         End If
13761         'Passivas
13762         If CheckBox58.Enabled = True Then
13763             CheckBox58.Checked = True
13764         End If
13765         If CheckBox56.Enabled = True Then
13766             CheckBox56.Checked = True
13767         End If
13768

```

Fig. 4.29 – Excerto do código do botão “Conjunto I” do Painel 4

Na Figura 4.30 apresenta-se o resultado do cálculo do Risco de Incêndio de uma habitação. Após o cálculo do RI e tendo este sido maior que o aceitável, foram realizadas intervenções de forma interativa e iterativa, de forma a obter um valor do Risco de Incêndio inferior a 1,10, valor para o qual o Risco de Incêndio é aceitável neste edifício com data de construção entre 1974 e 1990. Neste caso o “Conjunto III” foi o que permitiu ao Risco de Incêndio diminuir de 1,35 para 0,93, passando da classificação D para A+. De igual forma, é apresentado o custo estimado por metro quadrado para as intervenções escolhidas; Figura 4.30.

Fig. 4.30 – Exemplo do Painel 4



# 5

## **CASO DE ESTUDO: APLICAÇÃO DO MÉTODO CHICHORRO 2.0 A UM QUARTEIRÃO DO CENTRO HISTÓRICO DO PORTO**

### **5.1. INTRODUÇÃO**

Neste capítulo será efetuada a aplicação do método de análise de Risco de Incêndio proposto, CHICHORRO 2.0, a um quarteirão do centro histórico do Porto (CHP).

O Método CHICHORRO 2.0 é aplicado a dez edifícios localizados no quarteirão das Aldas, tendo eles estados de conservação diferentes, bem como Utilizações-Tipo diferentes. Algumas das características dos edifícios, assumidas no presente estudo, resultam com base nos respetivos Documentos Estratégicos para Unidade de Intervenção da Porto Vivo [40], bem como na dissertação de Diogo Cunha [42].

Segundo a SRU-Porto Vivo [40], no centro urbano antigo do Porto existem 30% de edifícios construídos antes de 1919, 30% antes de 1945 e 40% após 1945. Este documento classifica ainda os edifícios segundo o seu estado de conservação: bom, médio, médio/mau, mau, mau/devoluto, ruína e obra.

### **5.2. CENTRO HISTÓRICO DO PORTO**

O Centro Histórico do Porto deve o seu desenvolvimento urbano à sua privilegiada localização geográfica, próxima do Vale do Douro e do Oceano Atlântico, ficando, portanto, na confluência de diversas rotas internacionais, atraindo desta forma inúmeras atividades económicas.

No século XX, o Centro Histórico conheceu um declínio, cujo estado de conservação do edificado e a marginalização social constituem as faces mais visíveis. Acompanhando a expansão urbana, as atividades financeiras transferiram-se para a “Baixa” e, posteriormente, para a zona da Boavista. A construção do Porto de Leixões e o encerramento da Alfândega impulsionaram a transferência de serviços relacionados com estes setores para outros concelhos. O comércio ficou reduzido a pequenos estabelecimentos.

Na última década tem-se vindo a assistir a uma política oposta, com uma crescente dinamização do centro histórico. Tal facto deve-se, sobretudo, ao aumento exponencial do turismo na cidade, que desencadeou outra dinâmica na urbe, traduzindo-se num maior investimento no setor da reabilitação de imóveis e no aparecimento de novos hotéis e hostels. Por outro lado, a criação de atividades de lazer ligadas à vida noturna do Porto, para satisfação dos turistas e residentes locais, tornou o CHP num dos mais dinâmicos e atrativos da Europa.

Na Figura 5.1 ilustra-se um panorama da parte do CHP em análise na presente dissertação.

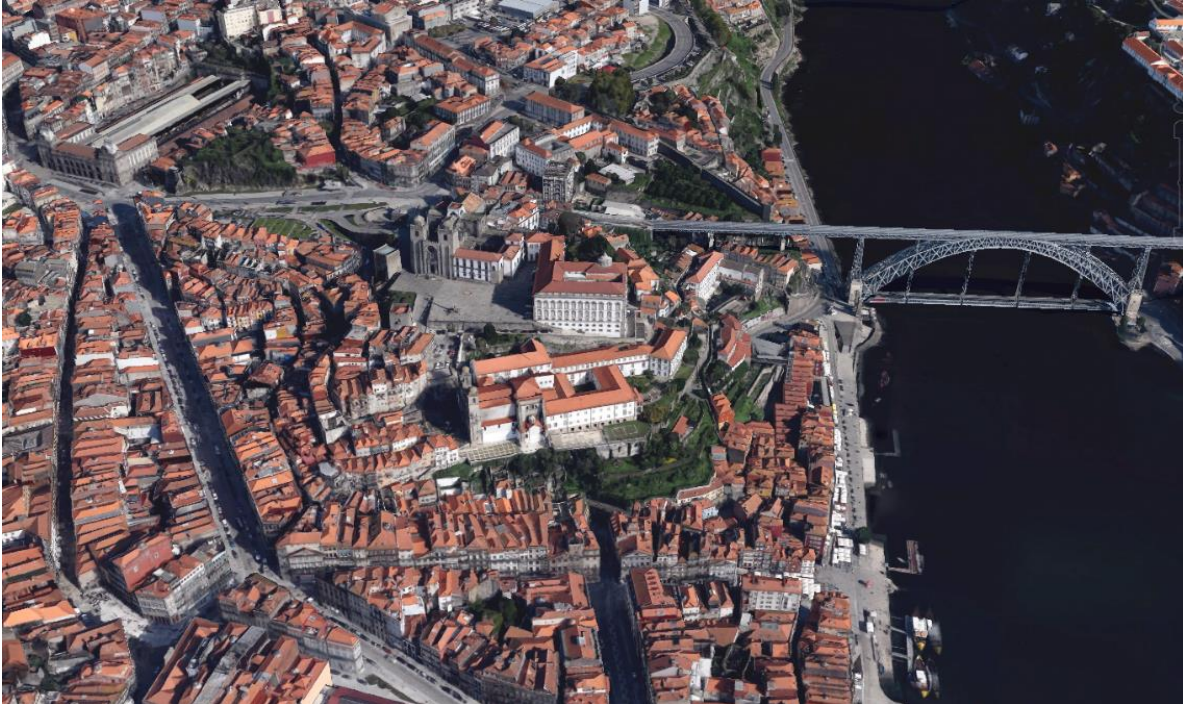


Fig. 5.1 – Centro Histórico do Porto [41]

### 5.3. QUARTEIRÃO DAS ALDAS

#### 5.3.1. ENQUADRAMENTO NO CENTRO HISTÓRICO DO PORTO

O Quarteirão das Aldas, construído nas décadas de 1950/1960, localiza-se no interior do Bairro da Sé, muito próximo do Terreiro da Sé o qual é ladeado por monumentos e edifícios carismáticos como a Sé Catedral, Casa do Cabido, Paço Episcopal, Casa da Câmara e ainda o Seminário Maior do Porto e a Igreja de São Lourenço, encontrando-se também inserido na área classificada pela UNESCO como Património Mundial da Humanidade (1996).

### 5.4. EDIFÍCIOS EM ANÁLISE

#### 5.4.1. INTRODUÇÃO

No quarteirão das Aldas é notório o carácter histórico da zona onde se insere, as ruas são sinuosas e bastante estreitas, o aglomerado urbano é bastante denso, os edifícios estão construídos em banda e possuem um número de pisos muito aproximado entre eles.

Fazem parte do quarteirão das Aldas 10 edifícios, ocupando uma área de 666,14m<sup>2</sup> de implantação, com uma área bruta de construção de 2.339,90m<sup>2</sup>. O quarteirão é dotado de infraestruturas de abastecimento de água e gás, de saneamento básico, de drenagem de águas pluviais, de distribuição de rede elétrica e de telecomunicações.

Na Figura 5.2 ilustra-se, em maior pormenor, o quarteirão das Aldas.



Fig. 5.2 – Quarteirão das Aldas, demilitado pelo tracejado verde, adaptada [41]

Como se pode observar na Figura 5.2, não existe espaço suficiente na via pública para o acesso por parte dos veículos pesados dos bombeiros, sendo este apenas possível por Veículos Ligeiros de Combate a Incêndio (VLCI).

#### 5.4.2. ESTADO DE CONSERVAÇÃO

O quarteirão das Aldas é constituído por 10 edifícios. Constatou-se que três dos edifícios se encontram em mau estado de conservação, representando  $708,02\text{m}^2$  de área bruta construída, seis estão em médio estado de conservação que corresponde a  $1513,64\text{m}^2$  de área bruta construída, e apenas um edifício com  $118,24\text{m}^2$  de área bruta de construção em bom estado de conservação.

Na Figura 5.3 ilustra-se o estado de conservação do quarteirão das Aldas.

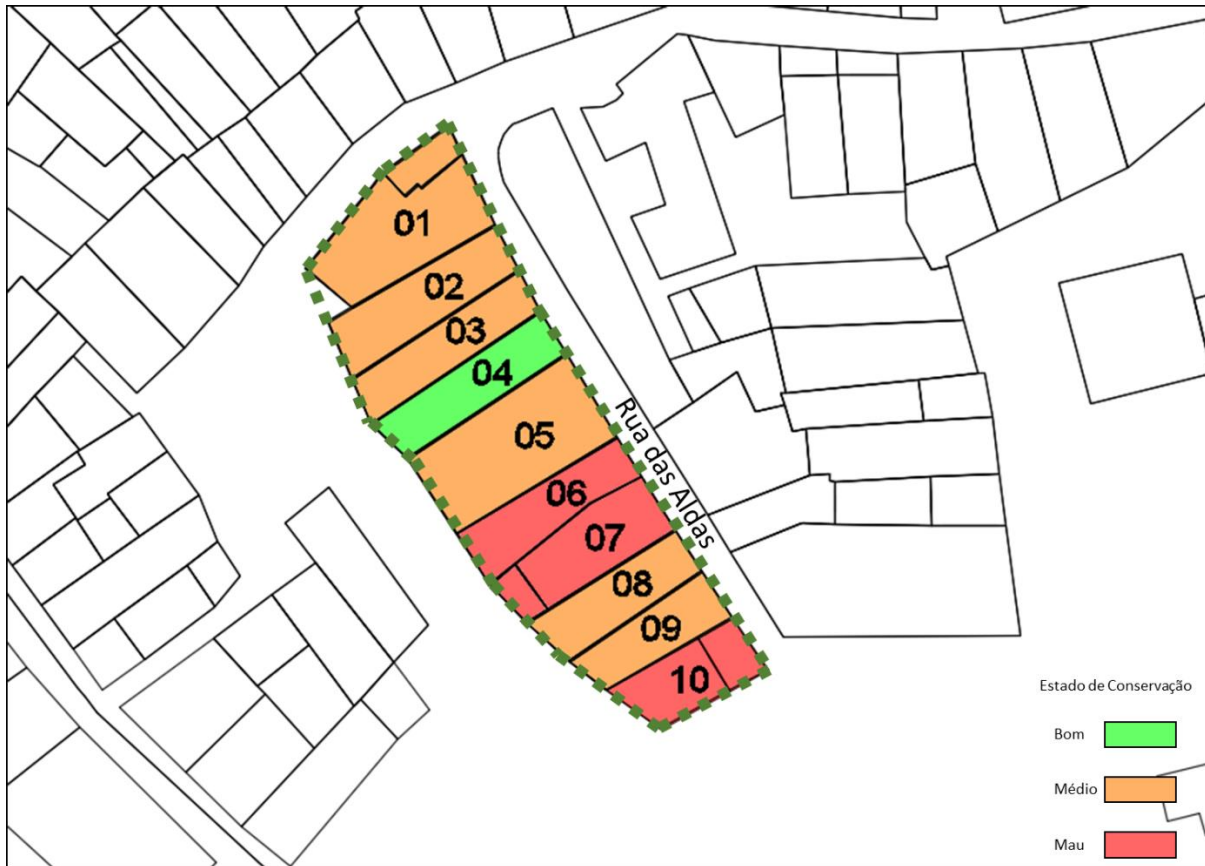


Fig. 5.3 – Estado de conservação do quarteirão das Aldas

#### 5.4.3. CARACTERIZAÇÃO CONSTRUTIVA

Segundo Cunha [42], as 10 parcelas que constituem este quarteirão, são de propriedade privada e estão inteiramente ocupadas pelas respectivas construções que têm duas frentes urbanas, exceto as parcelas 1 e 10 que têm três frentes.

A estrutura vertical é de granito, bem como as paredes exteriores que também são de granito com reboco pintado. Alguns edifícios têm pisos recuados e empenas laterais revestidas a chapa zincada.

As estruturas horizontais são constituídas, regra geral, por vigamento em madeira, onde assenta o soalho, no entanto, os pisos da cave e r/c têm estrutura de betão.

Regra geral, os edifícios possuem pavimentos de madeira. Contudo, há também a aplicação de pavimentos em linóleo e cerâmicos sobre lajetas de betão assentes no soalho, com maior incidência nas zonas das cozinhas e das casas de banho. Esta situação provoca um aumento da sobrecarga no pavimento, impede a ventilação e, conseqüentemente, promove a degradação e deformação dos pavimentos.

Os acessos verticais de origem são constituídos por escadas de estrutura de madeira apoiadas nas paredes de meação, não havendo, regra geral, a existência de paredes estruturais de suporte às caixas de escadas, transversais ao edifício.

De uma forma global, as infraestruturas encontram-se em mau estado de conservação. No entanto, existem infraestruturas aparentes de abastecimento de água e eletricidade, no interior das parcelas, colocadas posteriormente e que se encontram em bom estado.

As coberturas são predominantemente inclinadas, com quatro águas e revestidas a telha cerâmica, tipo Marselha, de cor natural. Algumas das coberturas possuem claraboias ou lanternins que, devido à sua degradação, foram substituídos por elementos dissonantes, de chapas plásticas ou telhas de vidro.

As divisórias interiores são predominantemente paredes de tabique de madeira rebocadas e pintadas de ambos os lados e revestimentos cerâmicos nos compartimentos.

Ilustra-se na Figura 5.4 a rua das Aldas que atravessa o quarteirão em análise.



Fig. 5.4 – Rua das Aldas [40]

#### 5.4.4. DESCRITORES DOS EDIFÍCIOS EM ANÁLISE

Caracterizam-se, na tabela da Figura 5.5, todos os descritores necessários para a utilização do modelo de cálculo do Risco de Incêndio desenvolvido e implementado nesta dissertação, pelo método simplificado.

Edifício	Ano Construção	UT Condicionante	Altura (m)	Estado de Conservação	Distância Hidrantes	Acesso Bombeiros	Área do Fogo (m <sup>2</sup> )	Efetivo	Andar Cl	Pé-direito Andar (m)
1	1951-1967	Habitação	6	Médio	<30m	VLCI	139,44	3	R/C	3
2	1951-1967	Habitação	6	Médio	<30m	VLCI	53,54	4	1º	3
3	1951-1967	Habitação	6	Médio	<30m	VLCI	114,68	5	R/C	3
4	1991-2008	Habitação	6	Bom	<30m	VLCI	118,24	2	1º	3
5	1951-1967	Comércio	6	Médio	<30m	VLCI	107,61	22	RC	3
6	1951-1967	Habitação	6	Mau	<30m	VLCI	55,97	1	1º	3
7	1951-1967	Armazém	12	Mau	<30m	VLCI	30	6	RC	3
8	1951-1967	Habitação	9	Médio	<30m	VLCI	105,16	1	2º	3
9	1951-1967	Habitação	9	Médio	<30m	VLCI	106,12	2	2º	3
10	1951-1967	Habitação	12	Mau	<30m	VLCI	50,32	1	R/C	3

Fig. 5.5 – Dados de introdução no *software* de Cálculo do Risco de Incêndio

Para nove dos dez edifícios pertencentes ao quarteirão em estudo foi escolhido o intervalo 1951-1967 para o ano de construção pois grande parte da zona em análise foi contruída nas décadas de 1950 e 1960. Para o Edifício 5 foi escolhido o intervalo 1991-2008 devido a este ter sido reabilitado no ano 2008.

Devido à semelhança das características de vários dos fogos em análise, alguns edifícios serão analisados em conjunto, de forma a não estender em demasia o presente capítulo. Os edifícios foram divididos da seguinte forma:

- **Caso 1:** Edifícios 1, 3, 8 e 9, habitações em médio estado de conservação e área acima de 100m<sup>2</sup>;
- **Caso 2:** Edifício 2, habitação em médio estado de conservação e área abaixo de 100m<sup>2</sup>;
- **Caso 3:** Edifício 4, habitação em bom estado de conservação;
- **Caso 4:** Edifício 5, mercearia em médio estado de conservação;
- **Caso 5:** Edifícios 6 e 10, habitações em mau estado de conservação;
- **Caso 6:** Edifício 7, armazém em mau estado de conservação;

## 5.5. CASO DE ESTUDO 1

### 5.5.1. DESCRIÇÃO GERAL DO EDIFÍCIO 1

O Edifício 1, com 214,21m<sup>2</sup> de área de construção, trata-se de uma habitação multifamiliar, no qual existem duas frações independentes. A parcela é constituída por cave, r/c e 1.º andar, encontra-se em médio estado de conservação e possui um hidrante exterior a uma distância inferior a 30 metros. A fração condicionante para o cálculo do Risco de Incêndio é da tipologia T1+2, com 139,44m<sup>2</sup> de área bruta de construção, distribuídos por cave e r/c e, é habitada por 3 inquilinos.

### 5.5.2. INTRODUÇÃO DE DADOS NO SOFTWARE DE CÁLCULO DO RI

De forma a proceder ao cálculo do Risco de Incêndio são introduzidos, no Painel 1, todos os parâmetros necessários do método simplificado; Figura 5.6.

- Idade do edifício:
  - 1951 - 1967.
- Tipo de utilização:
  - Habitação.

- Altura do edifício:
  - 6 m.
- Estado de conservação do edifício:
  - Médio estado de conservação.
- Distância do hidrante ao edifício:
  - Inferior a 30 m.
- Acesso às viaturas dos bombeiros:
  - Acesso a viaturas ligeiras de combate a incêndio (VLCI).
- Área do CI:
  - 139,44m<sup>2</sup>.
- Efetivo do CI:
  - 3 pessoas.
- Pé-direito do CI:
  - 3m.
- Andar do CI:
  - r/c.

The screenshot shows a software window titled "Cálculo do Risco de Incêndio". The interface is organized into several sections with input fields and radio buttons:

- Idade do edifício:** A dropdown menu showing "1951 - 1967".
- Utilização do edifício:** A dropdown menu showing "Habitação".
- Altura do edifício [m]:** A text input field containing "6".
- Estado conservação do edifício:** Radio buttons for "Bom", "Médio" (selected), and "Mau".
- Distância do Hidrante ao edifício:** Radio buttons for "< 30m" (selected), "> 30m", and "Não existe".
- Acesso às viaturas dos bombeiros:** Radio buttons for "Acesso possível", "Acesso a VLCI" (selected), and "Sem acesso".
- Cenário de Incêndio:** A section containing:
  - Área [m<sup>2</sup>]:** Text input field with "139,44".
  - Efetivo:** Text input field with "3".
  - Pé direito [m<sup>2</sup>]:** Text input field with "3".
  - Dispositivos:** A dropdown menu.
- Edifício tem VHE:** A checkbox that is unchecked. Below it is a "VHE" section with a "Comprimento VHE [m]" text input field.
- Edifício tem VVE:** A checkbox that is checked. Below it is a "VVE" section with an "Andar do CI" dropdown menu showing "RC".

At the bottom right, there are two buttons: "Reset" and "Calcular RI".

Fig. 5.6 – Introdução de dados para o Edifício 1

### 5.5.3. RISCO DE INCÊNDIO – EDIFÍCIO 1

Após a introdução de dados é apresentado o Painel 3, com os respetivos valores dos fatores parciais, fatores totais, bem como o valor do Risco de Incêndio calculado para o Edifício 1.

Na Figura 5.7 ilustra-se o resultado obtido através do *software* de cálculo do Risco de Incêndio.

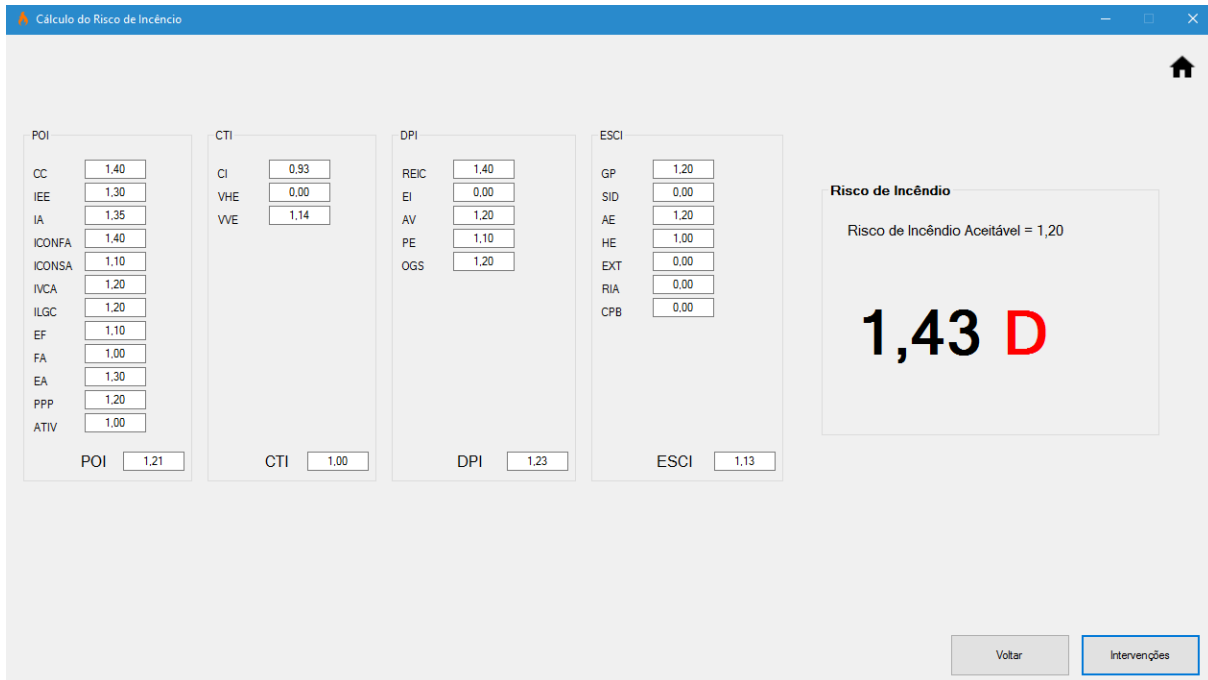


Fig. 5.7 – Resultado do Risco de Incêndio do Edifício 1

Como é possível observar, este valor do Risco de Incêndio, 1,43, corresponde a uma classificação de Risco de Incêndio “D”, na escala de classificações, explicada no Capítulo 3. Este valor é superior ao valor do Risco de Incêndio Aceitável para o Edifício 1, 1,20 e, assim passa-se para o Painel 4, de Intervenções, no sentido de verificar que intervenções são necessárias para atingir o Risco de Incêndio aceitável de 1,20.

#### 5.5.4. INTERVENÇÕES – EDIFÍCIO 1

Neste Painel 4 é feita, através da implementação de várias medidas de intervenção ativas e passivas no edifício, uma redução do valor Risco de Incêndio, tendo como objetivo um valor inferior ao valor do Risco de Incêndio Aceitável para o Edifício 1.

Desta forma, ilustram-se na Figura 5.8 as opções selecionadas, “Conjunto II”, bem como o valor do Risco de Incêndio Intervencionado.

Foram selecionadas 8 medidas de intervenção possíveis pelo botão “Conjunto II”:

- 1. Extintores;
- 2. Sinalização nas zonas comuns;
- 3. Iluminação nas zonas comuns;
- 4a. Detecção dentro das frações com média fiabilidade;
- 6. OGS – Plano de prevenção + Formação;
- 15. Redução das infiltrações;
- 17. Revisão da instalação elétrica;
- 21. Revisão da instalação de confeção e conservação de alimentos.

Fig. 5.8 – Risco de Incêndio Intervencionado para o Edifício 1

Neste caso, o “Conjunto II” permite a redução do valor do Risco de Incêndio para o valor de 1,08, passando de uma classificação “D” para “B”. Este valor já satisfaz a condição explicada anteriormente, de reduzir o Risco de Incêndio para um valor inferior ao valor do Risco de Incêndio Aceitável, neste caso 1,20.

O conjunto proposto de intervenções a realizar no Edifício 1 compreende a instalação de extintores, sinalização e iluminação nas zonas comuns, detetor ótico dentro da fração, realização de um plano de prevenção, redução de infiltrações no edifício, revisão da instalação elétrica e revisão da instalação de confeção e conservação de alimentos, tendo um custo estimado de 95€/m<sup>2</sup>.

Os valores do Risco de Incêndio para os Edifícios 3, 8 e 9 são apresentados em pormenor no Anexo C.

## 5.6. CASO DE ESTUDO 2

### 5.6.1. DESCRIÇÃO GERAL DO EDIFÍCIO 2

O edifício 2, com 253,79m<sup>2</sup> de área de construção, corresponde a uma habitação multifamiliar, no qual existem cinco frações independentes. A parcela é constituída por cave, r/c e 1.º andar, encontra-se em médio estado de conservação e possui um hidrante exterior a uma distância inferior a 30 metros. A fração condicionante para o cálculo do Risco de Incêndio é da tipologia T1, com 53,54m<sup>2</sup> de área bruta de construção, distribuídos por r/c e 1.º andar e é habitada por 4 inquilinos.

### 5.6.2. INTERVENÇÕES – EDIFÍCIO 2

O valor do Risco de Incêndio do Edifício 2 é de 1,58, um valor bastante acima do valor do Risco de Incêndio Aceitável, 1,20.

Ilustra-se, na Figura 5.9, o valor do Risco de Incêndio, o valor do Risco de Incêndio Intervencionado, bem como todas as intervenções selecionadas no *software* para o Edifício 2.

Foram selecionadas 13 medidas de intervenção possíveis pelo botão “Conjunto II”:

- 1. Extintores;
- 2. Sinalização nas zonas comuns;
- 3. Iluminação nas zonas comuns;
- 4b. Detecção dentro das frações com grande fiabilidade;
- 5. Detecção nas zonas comuns;
- 6. OGS – Plano de prevenção + Formação;
- 7. Controlo de fumo;
- 15. Redução de infiltrações;
- 16. Pinturas e acabamentos nos CHE e CVE;
- 17. Revisão da instalação elétrica;
- 18. Revisão da instalação de gás;
- 19. Revisão da instalação AVAC;
- 20a. Revisão pequena da instalação de aquecimento;
- 21. Revisão da instalação de confeção e conservação de alimentos.

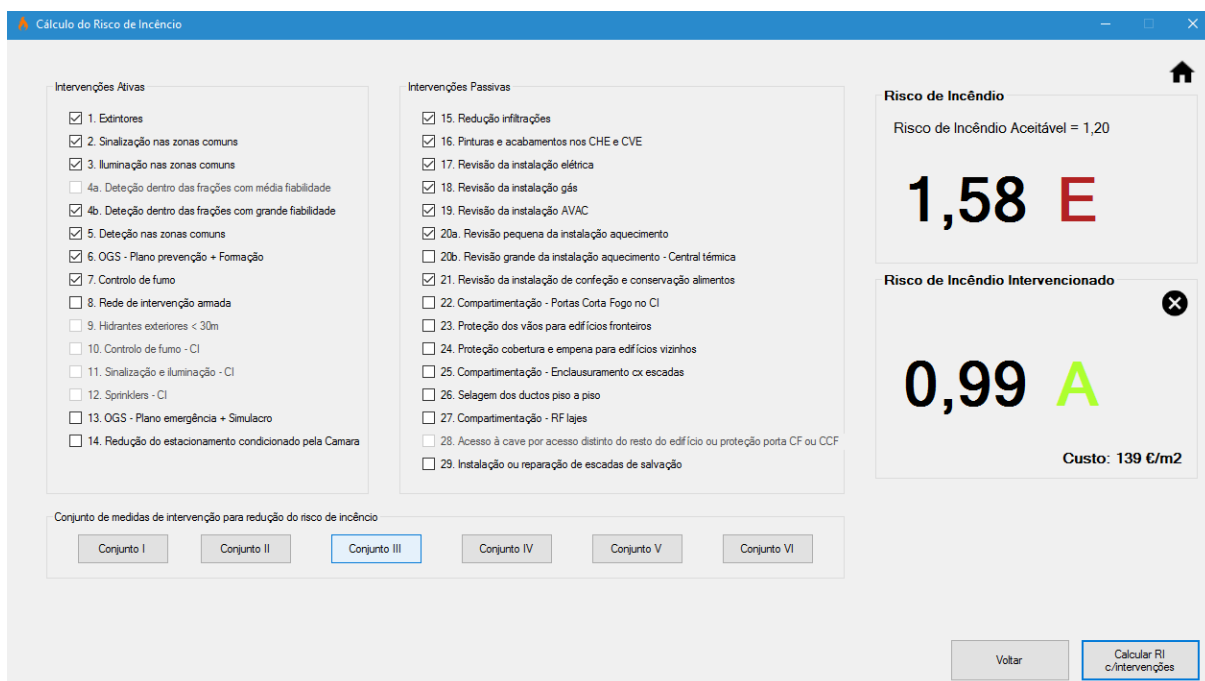


Fig. 5.9 – Risco de Incêndio Intervencionado para o Edifício 2

Assim, o “Conjunto II” permite uma redução para 0,99, passando de uma classificação “E” para “A”.

As intervenções propostas para o Edifício 2 incluem, extintores, sinalização e iluminação nas zonas comuns, detetor ótico, deteção nas zonas comuns, plano de prevenção, dispositivos de controlo de fumo, redução das infiltrações, pinturas intumescentes nas vias de evacuação, revisão das instalações de AVAC, gás, elétrica e de aquecimento e, por fim, revisão da instalação de confeção e conservação de alimentos, tendo um custo estimado de 139€/m<sup>2</sup>.

## 5.7. CASO DE ESTUDO 3

### 5.7.1. DESCRIÇÃO GERAL DO EDIFÍCIO 4

O edifício 4, com 118,24m<sup>2</sup> de área de construção, corresponde a uma habitação unifamiliar. A parcela é constituída por r/c e 1.º andar, encontra-se em bom estado de conservação e possui um hidrante exterior a uma distância inferior a 30 metros. A fração em análise é da tipologia T3 sendo habitada por 2 moradores.

### 5.7.2. INTERVENÇÕES – EDIFÍCIO 4

O valor calculado do Risco de Incêndio do Edifício 4 é 1,04, correspondendo a uma classificação “B+”. Este valor do Risco de Incêndio é já dentro do aceitável.

Ilustram-se na Figura 5.10 as opções selecionadas, “Conjunto I”, bem como o valor do Risco de Incêndio Intervencionado.

Foram selecionadas 3 medidas de intervenção possíveis pelo botão “Conjunto I”:

- 2. Sinalização nas zonas comuns;
- 3. Iluminação nas zonas comuns;
- 6. OGS – Plano de prevenção + Formação;

The screenshot displays the 'Cálculo do Risco de Incêndio' application. It features two main columns for selecting interventions: 'Intervenções Ativas' and 'Intervenções Passivas'. In the 'Ativas' column, items 2, 3, and 6 are selected with checkmarks. The 'Passivas' column is currently empty. On the right, a summary box shows the 'Risco de Incêndio' starting at 1,04 (B+) and being reduced to 0,97 (A) after interventions, with a cost of 11 €/m². At the bottom, a row of buttons labeled 'Conjunto I' through 'Conjunto VI' is visible, with 'Conjunto I' highlighted. There are also 'Voltar' and 'Calcular RI c/intervenções' buttons.

Fig. 5.10 – Risco de Incêndio Intervencionado para o Edifício 4

Ainda que o valor do Risco de Incêndio já seja aceitável, foram aplicadas as 3 medidas de intervenção referidas anteriormente de forma a baixar o Risco de Incêndio para 0,97, subindo então para a classe “A”.

As intervenções realizadas no Edifício 4, que correspondem a sinalização e iluminação nas zonas comuns e plano de prevenção, tendo um custo estimado de 11€/m<sup>2</sup>.

## 5.8. CASO DE ESTUDO 4

### 5.8.1. DESCRIÇÃO GERAL DO EDIFÍCIO 5

O edifício 5, com 462,72m<sup>2</sup> de área de construção, é constituído por seis habitações e uma mercearia. A parcela é constituída por cave, r/c, 1.º e 2.º andar, encontra-se em médio estado de conservação e possui um hidrante exterior a uma distância inferior a 30 metros. A fração condicionante para o cálculo do Risco de Incêndio é a mercearia, com 100m<sup>2</sup> de área bruta de construção no r/c do edifício. De acordo com a Portaria 1532, o efetivo máximo da mercearia é de 22 pessoas.

### 5.8.2. INTERVENÇÕES – EDIFÍCIO 5

O valor calculado do Risco de Incêndio do Edifício 5 é 1,72, correspondendo a uma classificação “F”, valor este muito acima do aceitável, 1,20.

Ilustram-se na Figura 5.11 as opções selecionadas, “Conjunto I”, bem como o valor do Risco de Incêndio Intervencionado.

Foram selecionadas 5 medidas de intervenção possíveis pelo botão “Conjunto I”:

- 4b. Detecção dentro das frações com grande fiabilidade;
- 6. OGS – Plano de prevenção + Formação;
- 11. *Sprinklers* – CI;
- 16. Pinturas e acabamentos nos CHE e CVE;
- 17. Revisão da instalação elétrica.

Fig. 5.11 – Risco de Incêndio Intervencionado para o Edifício 5

Assim, são aplicadas 5 intervenções, através da seleção do “Conjunto I”, permitindo reduzir o valor do Risco de Incêndio para 0,96 passando para a classificação “A”.

As intervenções realizadas no Edifício 5 correspondem à colocação de detetor ótico, plano de prevenção, colocação de *sprinklers* no cenário de incêndio, pinturas intumescentes nas vias de evacuação e revisão da instalação elétrica, tem um custo estimado de 58€/m<sup>2</sup>.

## 5.9. CASO DE ESTUDO 5

### 5.9.1. DESCRIÇÃO GERAL DO EDIFÍCIO 6

O edifício 6, com 111,94m<sup>2</sup> de área de construção, corresponde a uma habitação multifamiliar, no qual existem três frações independentes. A parcela é constituída por r/c e 1.º andar, encontra-se em mau estado de conservação e possui um hidrante exterior a uma distância inferior a 30 metros. A fração condicionante para o cálculo do Risco de Incêndio é da tipologia T1, com 55,97m<sup>2</sup> de área bruta de construção, situa-se no 1.º andar e é habitada por 1 única moradora.

### 5.9.2. INTERVENÇÕES – EDIFÍCIO 6

O valor calculado do Risco de Incêndio do Edifício 6 é 1,91, correspondendo a uma classificação “F”, valor muito acima do máximo aceitável, 1,20.

Ilustram-se na Figura 5.12 as opções selecionadas, “Conjunto III”, bem como o valor do Risco de Incêndio Intervencionado.

Foram selecionadas 14 medidas de intervenção possíveis pelo botão “Conjunto III”:

- 1. Extintores;
- 2. Sinalização nas zonas comuns;
- 3. Iluminação nas zonas comuns;
- 4b. Detecção dentro das frações com grande fiabilidade;
- 5. Detecção nas zonas comuns;
- 6. OGS – Plano de prevenção + Formação;
- 7. Controlo de fumo;
- 15. Redução das infiltrações;
- 16. Pinturas e acabamentos nos CHE e CVE;
- 17. Revisão da instalação elétrica;
- 18. Revisão da instalação de gás;
- 19. Revisão da instalação AVAC;
- 20a. Revisão pequena da instalação de aquecimento;
- 21. Revisão da instalação de confeção e conservação de alimentos.

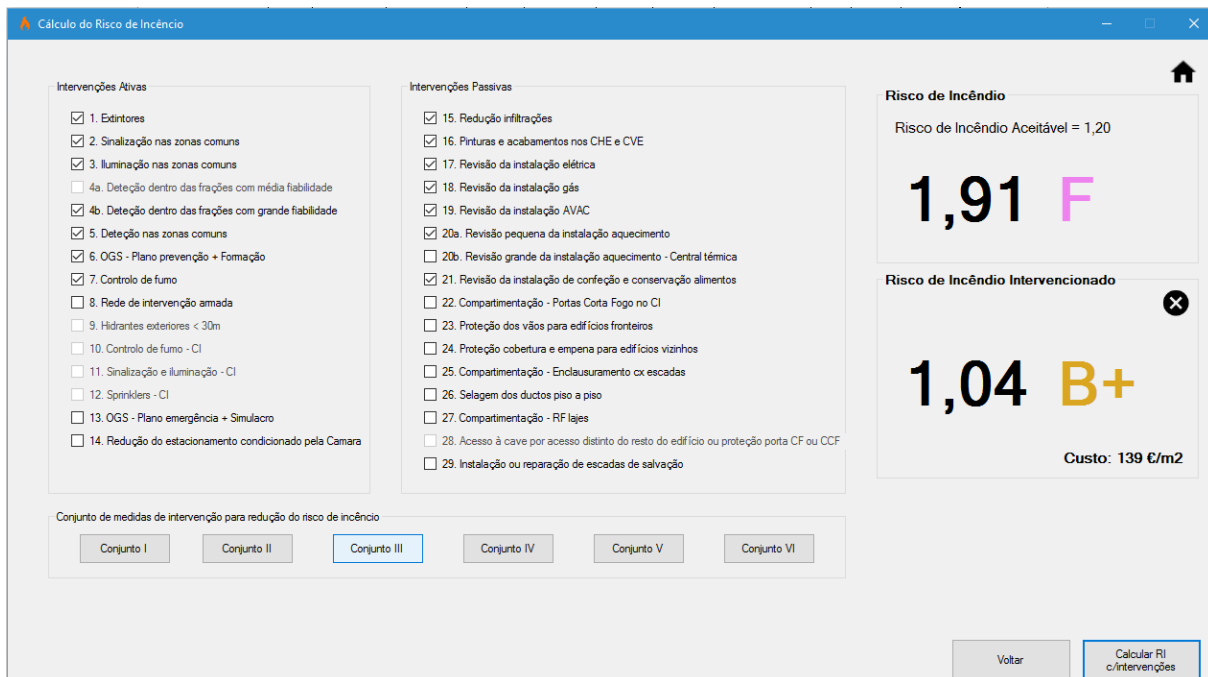


Fig. 5.12 – Risco de Incêndio Intervencionado para o Edifício 6

Assim, são aplicadas 14 intervenções, através da seleção do “Conjunto III”, permitindo reduzir o valor do Risco de Incêndio para 1,04 e passando para a classificação “B+”.

As intervenções realizadas no Edifício 6 são constituídas por instalação de extintores, sinalização e iluminação e deteção nas zonas comuns, detetor ótico na fração, plano de prevenção, sistemas de controlo de fumo, redução das infiltrações, pinturas intumescentes nas vias de evacuação, revisão das instalações de gás, elétrica, AVAC e confeção e conservação de alimentos, tendo um custo estimado de 139€/m<sup>2</sup>.

O valor do Risco de Incêndio para o Edifício 10 é apresentado em pormenor no Anexo C.

## 5.10. CASO DE ESTUDO 6

### 5.10.1. DESCRIÇÃO GERAL DO EDIFÍCIO 7

O Edifício 7, com 410,64m<sup>2</sup> de área de construção, é constituída por seis habitações e um armazém. A parcela é constituída por cave, r/c, 1.º, 2.º e 3.º andar, encontra-se em mau estado de conservação e possui um hidrante exterior a uma distância inferior a 30 metros. A fração condicionante para o cálculo do Risco de Incêndio é o armazém, com 30m<sup>2</sup> de área bruta de construção no r/c do edifício. De acordo com a Portaria 1532, o efetivo máximo do armazém é de 6 pessoas.

### 5.10.2. INTERVENÇÕES – EDIFÍCIO 7

O valor calculado do Risco de Incêndio do Edifício 7 é 2,03, correspondendo a uma classificação “F”, mais uma vez, valor este muito acima do máximo aceitável.

Ilustram-se na Figura 5.13 as opções seleccionadas, “Conjunto I”, bem como o valor do Risco de Incêndio Intervencionado.

Foram selecionadas 9 medidas de intervenção possíveis pelo botão “Conjunto I”:

- 1. Extintores;
- 4b. Detecção dentro das frações com grande fiabilidade;
- 10. Controlo de fumo – CI;
- 11. Sinalização e iluminação – CI;
- 15. Redução das infiltrações;
- 17. Revisão da instalação elétrica;
- 18. Revisão da instalação de gás;
- 22. Compartimentação – Porta corta-fogo no CI;
- 23. Proteção de vãos para edifícios fronteiros.

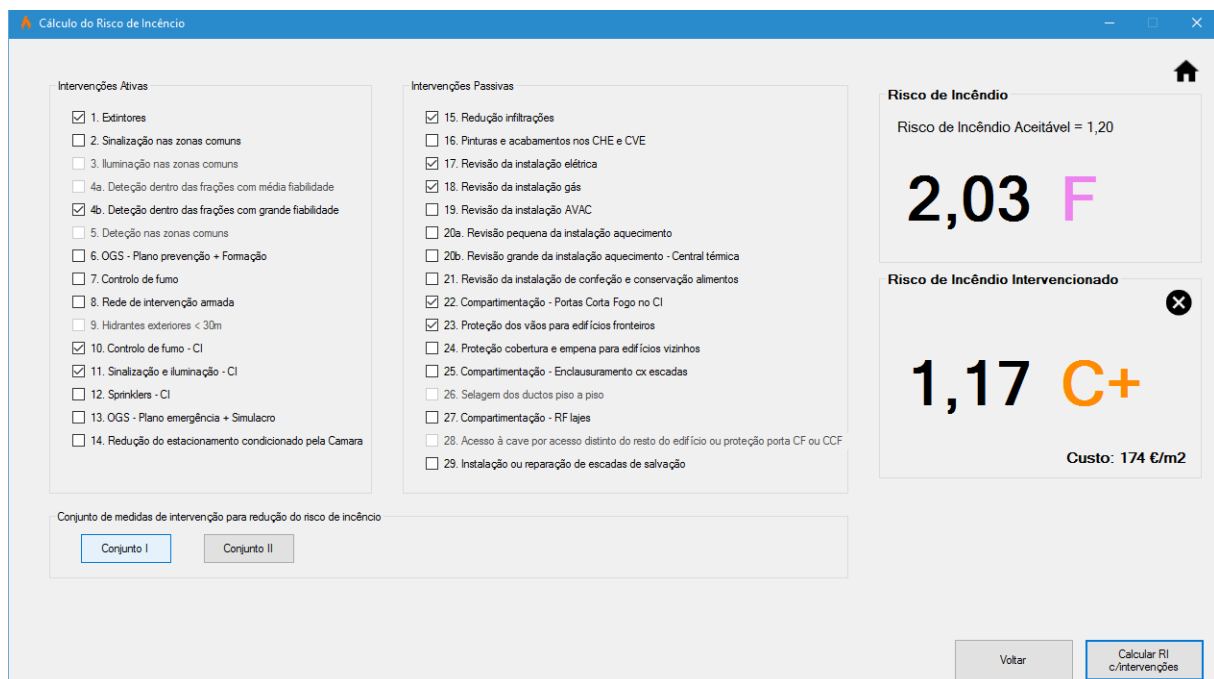


Fig. 5.13 – Risco de Incêndio Intervencionado para o Edifício 6

São propostas 9 intervenções, através da seleção do “Conjunto I”, permitindo reduzir o valor do Risco de Incêndio para 1,17 e passando para a classificação “A”.

As intervenções realizadas no Edifício 6 incluem a instalação de extintores, detetor ótico dentro da fração, sistemas de controlo de fumo no CI, sinalização e iluminação no CI, redução das infiltrações no edifício, revisão das instalações de eletricidade e de gás, compartimentação corta-fogo no CI e proteção de vãos para edifícios fronteiros, tendo um custo estimado de 174€/m<sup>2</sup>.

## 5.11. SÍNTESE DE RESULTADOS

Analisados os cinco edifícios, apresenta-se de seguida uma síntese dos resultados obtidos através da aplicação do Método CHICHORRO 2.0; Figura 5.14.

Edifício	RI aceitável	RI calculado	RI c/Conjunto I	RI c/Conjunto II	RI c/Conjunto III	RI c/Conjunto IV	RI c/Conjunto V	RI c/Conjunto VI
1	1,20	1,43	1,22	1,08	0,88	0,84	0,75	0,67
2	1,20	1,58	1,35	1,22	0,99	0,94	0,89	0,80
3	1,20	1,43	1,22	1,08	0,88	0,84	0,75	0,67
4	1,05	1,04	0,97	0,88	0,82	0,81	0,74	0,65
5	1,20	1,72	0,96	0,83	0,74			
6	1,20	1,91	1,59	1,42	1,04	1,00	0,89	0,79
7	1,20	2,03	1,17	0,93				
8	1,20	1,43	1,22	1,08	0,88	0,84	0,75	0,67
9	1,20	1,43	1,22	1,08	0,88	0,84	0,75	0,67
10	1,20	1,96	1,63	1,45	1,12	1,07	0,98	0,86

Fig. 5.14 – Risco de Incêndio dos edifícios em análise

Constata-se que apenas um dos edifícios já se encontra com um Risco de Incêndio aceitável, pois todos os outros tem um RI calculado superior ao RI aceitável. É possível avaliar todos os valores do RI intervencionado para todos os conjuntos de intervenções possíveis e, constata-se que o RI diminui para valores aceitáveis em ordem crescente do número do conjunto. O conjunto de intervenções escolhido para cada edifício é aquele que permite um valor do RI logo abaixo do RI aceitável e que se encontra assinalado na Figura 5.14 com linha dupla a azul claro.

### 5.12. ANÁLISE DE RESULTADOS OBTIDOS

Um dos objetivos da presente dissertação é a realização de um mapa de Risco de Incêndio do CHP, assim, na Figura 5.15, ilustra-se o aspeto do quarteirão das Aldas quando classificado na escala do Risco de Incêndio, para antes e depois de realizadas as intervenções nos edifícios.



Fig. 5.15 – Mapa de Risco de Incêndio antes (esquerda) e depois (direita) de intervencionado

É fácil constatar uma enorme melhoria no Risco de Incêndio do quarteirão em análise através da implementação das intervenções no edificado.

Na Figura 5.16 ilustra-se a percentagem de cada classificação do Risco de Incêndio.

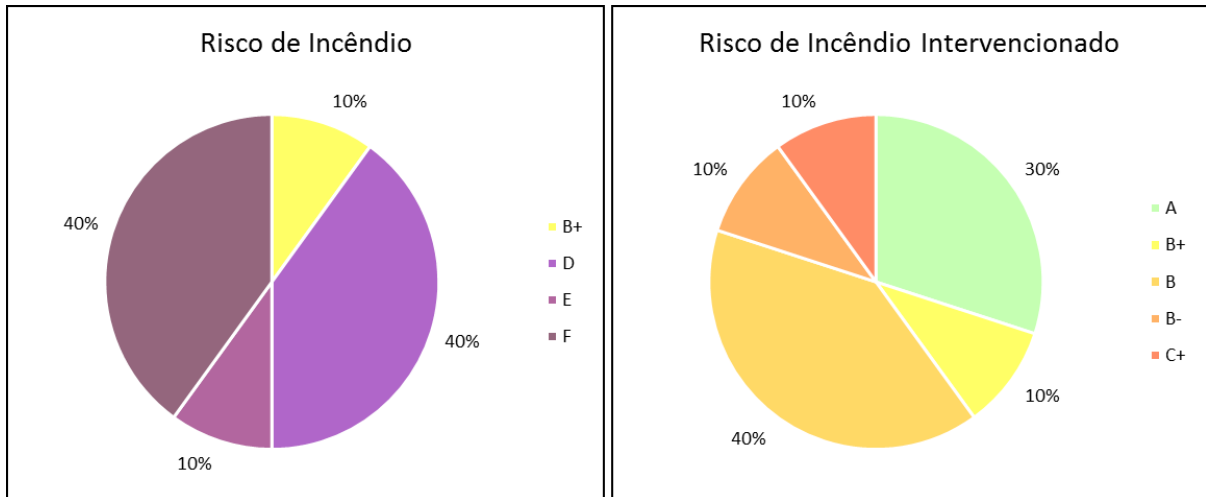


Fig. 5.16 – Percentagem de Classificações do RI antes (esquerda) e depois (direita) de intervencionado

Antes das intervenções o quarteirão das Aldas possuía 40% do total dos edifícios classificados como “F”, a pior classificação possível, 10% como “E”, 40% como “D” e 10% classificado com “D”. Logo, torna-se evidente a necessidade de intervenções nos edifícios e, assim, após intervencionado o quarteirão passaria a contar com 30% do seu edificado com classificação “A”, 10% com classificação “B+”, 40% com classificação “B”, 10% com classificação “B-” e, 10% com classificação “C+”, o que se traduz numa enorme melhoria da segurança para os habitantes e património do quarteirão.

### 5.13. COMPARAÇÃO COM O MÉTODO DE GREENER

De forma a avaliar os resultados anteriores, é feita uma comparação dos mesmos edifícios analisados com o valor do Risco de Incêndio quando aplicado o Método Greener, apresentado sinteticamente no Capítulo 2. Contudo é impossível realizar uma comparação direta de valores do Risco de Incêndio, assim, será apenas comparado o número de edifícios em segurança num e noutro método.

Segundo Cunha [42], pela elaboração do cálculo do Método de Greener aplicado ao edificado em estudo, foram obtidos diversos valores correspondentes a cada uma das parcelas, sendo que alguns edifícios acabam por se encontrar em condições de SCI, aquando da elaboração da dissertação de Cunha, pois apresentam coeficientes iguais ou superiores ao valor mínimo aceitável do Método de Greener ( $\gamma = 1$ ) de segurança contra incêndio.

A Figura 5.17 apresenta os resultados obtidos por Cunha [42], em 2010.

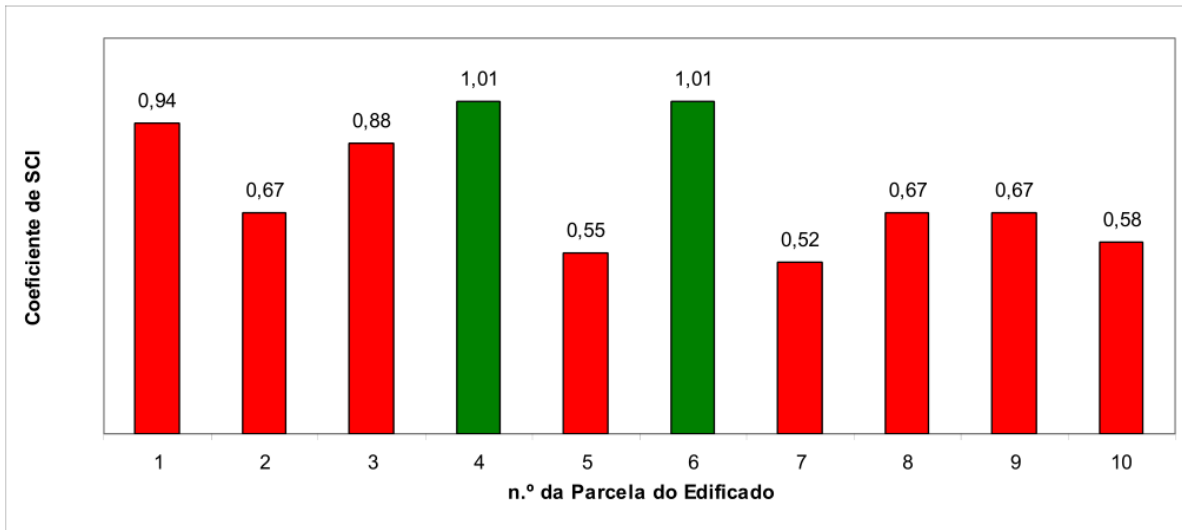


Fig. 5.17 – Coeficientes de Segurança dos edifícios, adaptado de Cunha [42]

Pela análise da Figura 5.4 depreende-se que os edifícios 4 e 6 estão em condições de segurança contra incêndio pelo cálculo do Método de Gretnener.

Como exposto anteriormente, pelo Método CHICHORRO 2.0 apenas o Edifício 4 está em segurança pois, o valor do Risco de Incêndio é de 1,04, sendo que, o valor do Risco de Incêndio Aceitável para o edifício é de 1,05. Todos os outros excedem os respetivos valores do Risco de Incêndio Aceitável.

# 6

## CARTA DE RISCO DE INCÊNDIO DO CENTRO HISTÓRICO DO PORTO

### 6.1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo será apresentada uma Carta de Risco de Incêndio caracterizada pelos resultados do Risco de Incêndio através da aplicação do Método CHICHORRO 2.0.

As Cartas de Risco de Incêndio Urbano são de extrema importância, pois permitem ter uma percepção real do Risco de Incêndio numa determinada zona. As informações obtidas são pertinentes para a elaboração de posteriores trabalhos, como os Planos de Emergência Externos de carácter Municipal e Regional bem como a adoção de medidas necessárias para Gestão de Segurança e Operacionalidade a nível Territorial e Administrativo.

Nesse sentido, as Cartas de Risco de Incêndio Urbano são uma ferramenta importante para desencadear procedimentos de prevenção e emergência, de alerta e mobilização dos meios, para a preparação de medidas mitigadoras, diminuição dos Riscos de Incêndio, elaboração de medidas de autoproteção para a zona em estudo e para a atualização de informações aos serviços de emergência.

### 6.2. PROPOSTA DE CLASSIFICAÇÃO DO EDIFICADO DE ACORDO COM O RISCO DE INCÊNDIO

A aplicação do Método CHICHORRO 2.0 na análise do Risco de Incêndio do edificado na zona em análise permitiu a elaboração de uma Carta de Risco de Incêndio através da utilização de uma folha de *Microsoft Excel* programada para calcular o Risco de Incêndio para Casos-Tipo. Para a concretização dessa carta foi necessário classificar os edifícios com base no respetivo Risco de Incêndio.

A proposta de classificação dos edifícios encontra-se apresentada no Capítulo 3; Figura 3.17.

### 6.3. CARTA DE RISCO DE INCÊNDIO DO CHP

#### 6.3.1. INTRODUÇÃO DE DADOS NO *MICROSOFT EXCEL*

Através dos dados recolhidos nas dissertações de Nuno Pires [43], zona do Eixo Mouzinho-Flores, Ana Louçano [44], zona da Sé do Porto e Daniel Martins [2], zona da Ribeira do Porto, foi possível através de uma folha de *Microsoft Excel*, programar a mesma para calcular o valor do Risco de Incêndio, de acordo com todos os Casos-Tipo.

A Figura 6.1 representa um excerto da folha de introdução de dados e resultados obtidos.

CHICHORRO 2.0 - Ficha de edifícios - PORTO															<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="width: 10px; height: 10px; background-color: red; border: 1px solid black;"></div> - MAU estado de conservação</div> <div style="width: 10px; height: 10px; background-color: yellow; border: 1px solid black;"></div> - MÉDIO estado de conservação	
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Fig. 6.1 – Excerto da folha de Excel: Casos-Tipo

Nesta folha de Excel está já identificada uma grande parte do edificado do CHP, com cerca de 1100 edifícios identificados e classificados.

Porém, devido às restrições de cálculo que o Microsoft Excel apresenta, o valor do Risco de Incêndio, neste Excel, é o determinado pelos Casos-Tipo, independentemente dos valores da área do cenário de incêndio ou do efetivo, ao contrário do software apresentado no Capítulo 4, em que o cálculo é feito para o valor correto dos descritores do edifício. Isto acontece porque não foi possível uma programação integral do Método CHICHORRO 2.0 em Microsoft Excel de forma a ser utilizável por qualquer utilizador. Na dissertação de Correia [31], e Pissarra [32], a macro utilizada para o cálculo do Risco de Incêndio torna muito difícil a utilização por parte de um utilizador que não tenha uma maior experiência na área computacional, sendo este precisamente um dos objetivos da presente dissertação: criar e desenvolver um software que permita a utilização fácil e intuitiva por parte de qualquer utilizador.

### 6.3.2. CARTA DE RISCO DE INCÊNDIO

É apresentada, na Figura 6.2, a Carta de Risco de Incêndio para a zona do Centro Histórico do Porto concebida através da folha de Excel anterior. Com o auxílio do programa Autodesk AutoCAD 2015 foi possível assinalar a classificação do Risco de Incêndio para cada edifício analisado.

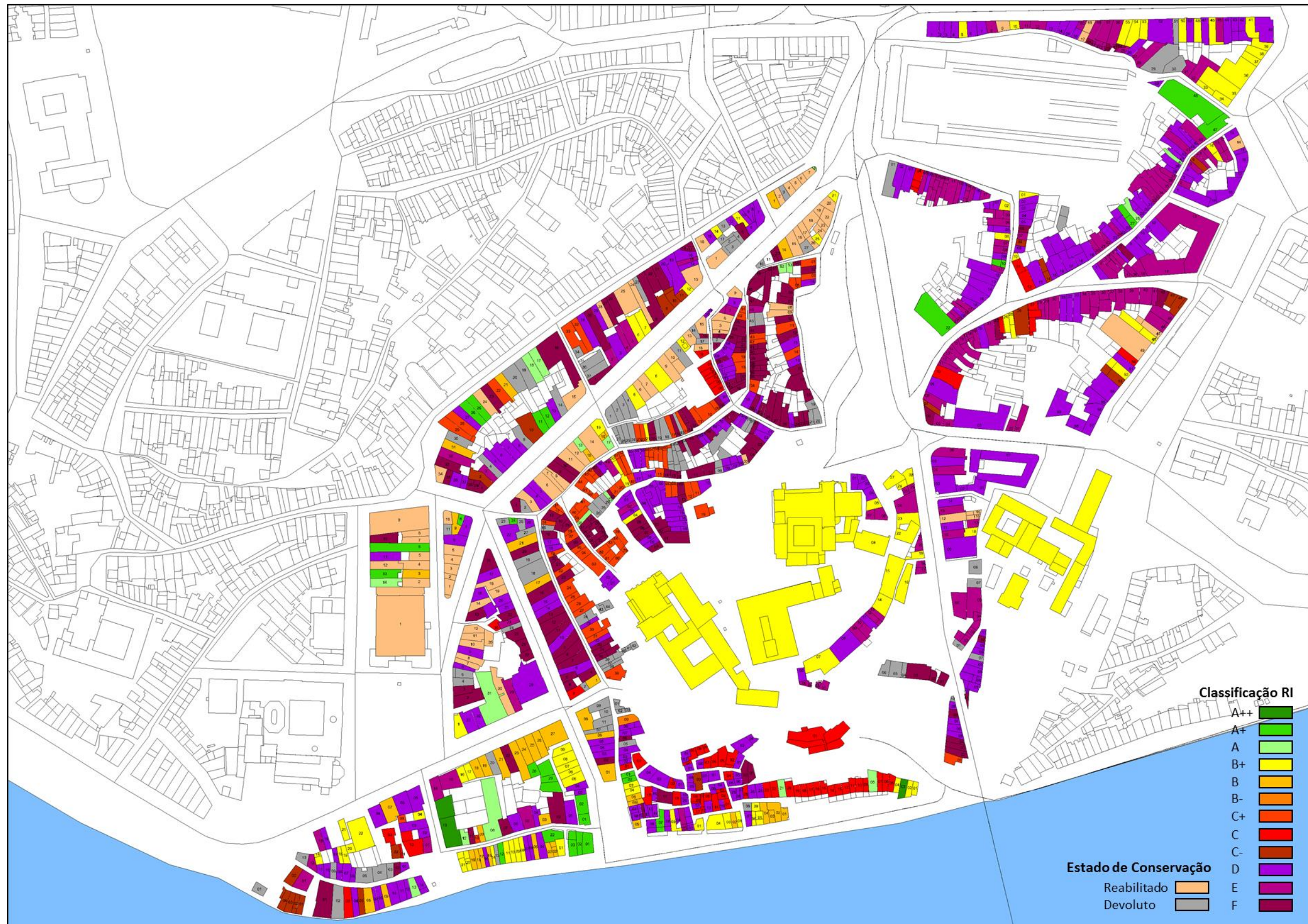


Fig. 6.2 – Carta de Risco de Incêndio do Centro Histórico do Porto



Da análise da Carta de RI da Figura 6.2 é de destacar uma clara mancha de valores de classificação D, E e F, os piores da escala de classificações utilizada. Isto deve-se ao elevado número de edifícios em mau estado de conservação, mas também à existência de muitos locais com acesso reduzido ou nulo, por parte dos bombeiros.

A Carta de RI torna ainda mais claro que é extremamente necessária uma intervenção profunda na maioria do edificado do CHP, devido ao Risco de Incêndio elevado, que torna a zona insegura.

### 6.3.3. ANÁLISE DE DADOS

No total foram analisados 1107 edifícios, dos quais 183 não têm classificação de Risco de Incêndio por se tratarem de edifícios reabilitados, em obras ou devolutos. A Figura 6.3 representa o gráfico de divisão por classes de Risco de Incêndio dos 924 edifícios classificados.

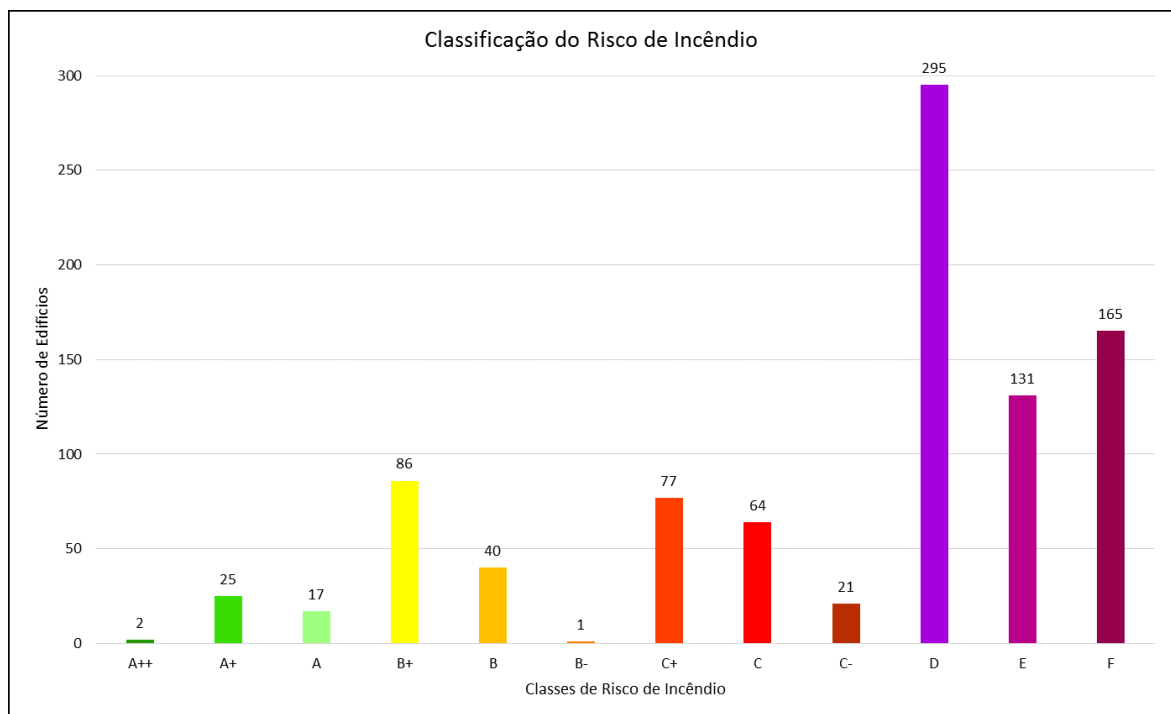


Fig. 6.3 – Classificação do Risco de Incêndio

Da análise do gráfico conclui-se que 591 edifícios têm classificação “D” ou pior, o que corresponde a 64% dos edifícios classificados. Torna-se claro que existe uma grande parte do CHP em grave Risco de Incêndio. A maioria destes edifícios são de Utilização-Tipo I (Habitações) em mau estado de conservação, muitos deles agravados devido ao difícil/nulo acesso por parte dos bombeiros. Por outro lado, existem 44 edifícios de classificação “A”, ou melhor, significando um valor do Risco de Incêndio igual ou inferior a 1,0. Estes edifícios correspondem a apenas 4,8% do edificado classificado na presente dissertação. Nesta classificação estão presentes principalmente edifícios Comerciais e Hoteleiros, todos eles em bom estado de conservação e dotados de sistemas de deteção automática de incêndio.

#### 6.4. COMPARAÇÃO DE CLASSIFICAÇÕES DOS CASOS-TIPO EM ESTUDO

Na dissertação de Martins [2], são apresentados 576 Casos-Tipo para edifícios existentes. No decorrer da presente dissertação e, após inúmeras simulações, foram realizadas alterações a todos esses Casos-Tipo, através da alteração de muitos dos valores dos descritores associados a cada fator parcial, de forma a fazer uma representação mais real dos descritores de cada fator. Isto porque, durante as simulações, os resultados dos valores do Risco de Incêndio para os edifícios eram pouco satisfatórios, principalmente para edifícios em bom estado de conservação, onde os valores do Risco de Incêndio eram muito elevados. E este facto deve-se, não ao método de cálculo mas à anterior escolha dos descritores para cada edifício.

Ilustra-se, na Figura 6.4, as classificações do Risco de Incêndio, usando os Casos-Tipo para todos os 241 edifícios classificados na dissertação de Martins [2], bem como as classificações para os mesmos edifícios, utilizando os Casos-Tipo desenvolvidos na presente dissertação.

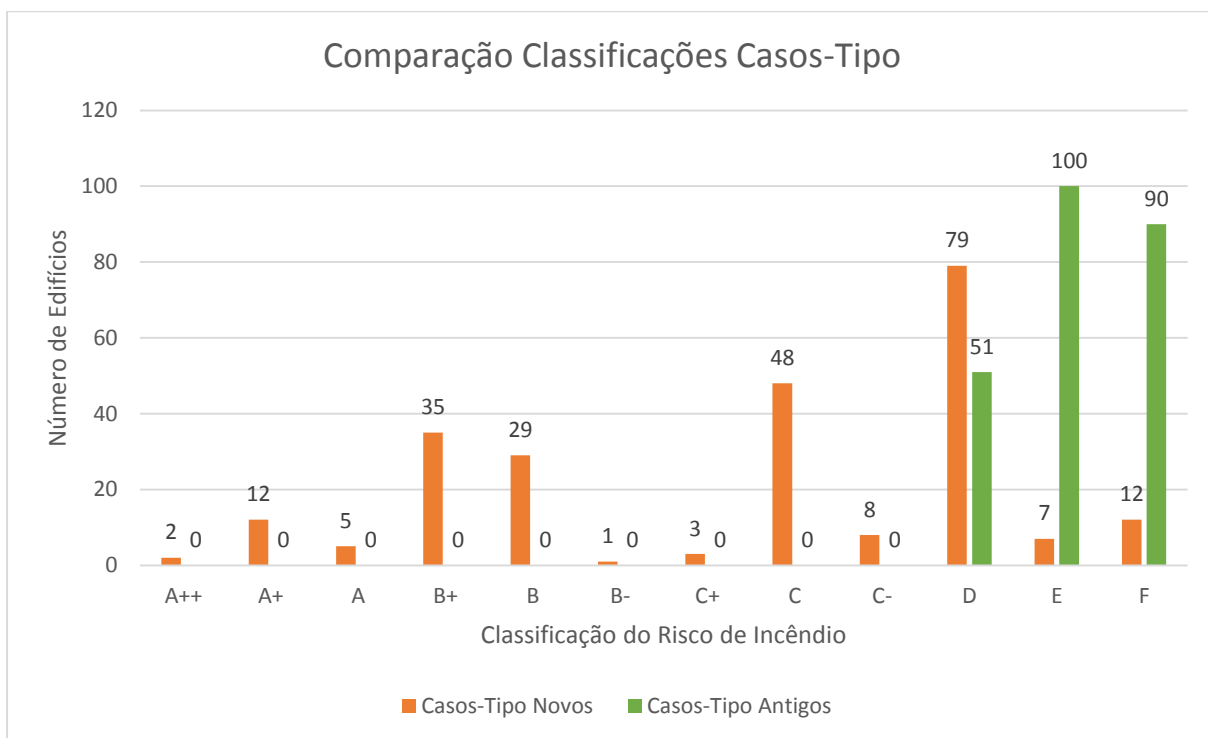


Fig. 6.4 – Número de edifícios por classificação para os Casos-Tipo

Logo à partida pode-se concluir que existe uma evolução quanto à dispersão das classificações, pois para os casos desenvolvidos por Martins [2], apenas estão aglomerados em 3 classificações, “D”, “E” e “F” e, para os Casos-Tipo agora apresentados, existem edifícios em todas as classes de classificação.

Esta alteração traduz melhor a influência do estado de conservação dos edifícios no valor do Risco de Incêndio, visto que, os edifícios em bom estado de conservação colocam-se agora em classificações de Risco de Incêndio mais baixas, enquanto que no método anterior não havia uma razoável diferenciação entre os estados de conservação dos edifícios.

# 7

## CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

### 7.1. CONCLUSÕES

A Segurança Contra Incêndios em Edifícios é de extrema importância, não só para a preservação da vida humana, mas também para a preservação de património imobiliário. Embora se trate de uma temática que tem sofrido uma série de avanços não só tecnológicos mas também legislativos, existe ainda um longo percurso a percorrer.

Nos centros urbanos antigos, como é o caso do CHP, relativo a potenciais incêndios estão associadas possíveis perdas humanas acrescidas de perdas patrimoniais significativas dada a existência de edifícios com alto valor histórico, arquitetónico e cultural para a identidade da cidade. Assim, nestes casos, deve ser dada uma importância redobrada à prevenção dos incêndios, uma vez que os edifícios antigos possuem fracas capacidades de resistência ao fogo, além de que nestas zonas a eficácia do combate ao incêndio é reduzida, dadas as várias dificuldades existentes, como as fracas acessibilidades por parte dos veículos de emergência dos bombeiros aos arruamentos existentes na envolvente e inexistência de hidrantes operacionais.

A presente dissertação consistiu no desenvolvimento e aperfeiçoamento de um método de avaliação de Risco de Incêndio de edifícios existentes, tendo como ponto de partida o método precedente, CHICHORRO, visando uma simplificação e melhoramento da introdução de dados, assim como todo o procedimento do cálculo do Risco de Incêndio. Pode-se dizer que este é um culminar de várias fases de trabalho, ainda que seja possível efetuar melhoramentos no futuro.

Da aplicação do método proposto a 10 edifícios do Centro Histórico do Porto resultaram valores de Risco de Incêndio inaceitável para quase todos (relembre-se que não foram calculados edifícios que sofreram reabilitações a partir de 2009, inclusive). No entanto, implementadas as medidas de intervenção ativa e passiva propostas, nomeadamente nos conjuntos pré-definidos e dependentes daquilo que se considerou de graus de intervenção G1, G2 e G3, verificou-se a efetiva redução daqueles valores. Das medidas de intervenção propostas destaca-se o papel absolutamente decisivo da sinalização e iluminação de emergência (excluindo UT I), do sistema de deteção automática e dos procedimentos ou planos de prevenção, para a redução dos tempos de evacuação dos edifícios.

Os resultados finais foram bastante satisfatórios sendo que, após milhares de simulações foi possível identificar algumas falhas no método e realizar vários ajustes visando o seu aperfeiçoamento, bem como do *software* desenvolvido. Desta forma, é possível afirmar que o Método CHICHORRO 2.0 é uma metodologia com capacidades para melhor entender o panorama das condições do edificado nacional

quanto ao Risco de Incêndio, e permitir uma melhor atuação ao nível da prevenção e do combate ao incêndio.

## 7.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

No sentido de melhorar a metodologia proposta, sugere-se neste subcapítulo algumas propostas para estudos futuros:

- Elaborar uma exaustiva análise de sensibilidade a todos os parâmetros intervenientes no Método CHICHORRO 2.0, de modo a perceber melhor a influência de cada um no valor do Risco de Incêndio;
- Reduzir a subjetividade dos descritores associados aos fatores parciais através da introdução dos diversos fenómenos físicos associados ao fogo;
- O Método CHICHORRO 2.0, conforme proposto e nos casos em que coexistem no edifício, vias horizontais e verticais de evacuação, considera a passagem simultânea de fumo do cenário de incêndio para ambas as vias de evacuação. Tal passagem deveria ser avaliada de forma diferenciada, considerando as várias hipóteses possíveis de passagem de fumo entre cenário de incêndio e vias verticais. A escassez de tempo para a realização desta dissertação, aliada ao elevado número de combinações necessárias para tornar possível a formulação supracitada, impossibilitou a sua consideração no presente estudo;
- Afinação de custos por metro quadrado de cada intervenção, com recurso à plataforma *PRONIC*;
- Análise de uma amostra representativa de edifícios de forma a aferir os valores de RI calculados de todos os Casos-Tipo apresentados;
- Introdução no programa CHICHORRO 2.0 da possibilidade de fazer o *input* de dados a partir da folha de *Excel* existente, bem como, o *output* de resultados para essa mesma folha, de forma a simplificar cada vez mais o processo de cálculo de Risco de Incêndio para um conjunto de vários edifícios, criando uma base de dados interativa;
- Elaborar um *debug* exaustivo à aplicação desenvolvida em *Visual Basic*. Torna-se essencial uma experimentação por parte de diversas entidades de forma a melhorar e resolver problemas que possam ainda existir ao nível da programação;
- Possível interação do programa CHICHORRO 2.0 com os diversos programas relacionados com incêndios em edifícios, nomeadamente o *software* também desenvolvido na FEUP, *Firecheck 2.0* [45];
- Introdução de novos Casos-Tipo, bem como a afinação dos casos existentes.
- Finalizar a análise dos edificadados do CHP de forma a concluir o mapa de Risco de Incêndio da zona.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] [http://www.jn.pt/PaginaInicial/Economia/Interior.aspx?content\\_id=4009860](http://www.jn.pt/PaginaInicial/Economia/Interior.aspx?content_id=4009860), acessido a 20 de janeiro de 2016.
- [2] Martins, Daniel, *Avaliação de Risco de Incêndio com o Método CHICHORRO – Caso de Estudo – Ribeira/Barredo*, dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2015.
- [3] [http://www.jn.pt/paginainicial/pais/concelho.aspx?Distrito=Set%FAbal&Concelho=Almada&Option=Interior&content\\_id=4813950](http://www.jn.pt/paginainicial/pais/concelho.aspx?Distrito=Set%FAbal&Concelho=Almada&Option=Interior&content_id=4813950), acessido a 20 de janeiro de 2016.
- [4] <https://www.publico.pt/local/noticia/incendio-na-ribeira-do-porto-1711764>, acessido a 20 de janeiro de 2016.
- [5] <http://www.tvi24.iol.pt/sociedade/bombeiros/lisboa-incendio-na-rua-augusta>, acessido a 20 de janeiro de 2016.
- [6] [http://www.jn.pt/paginainicial/pais/concelho.aspx?Distrito=Viseu&Concelho=Vouzela&Option=Interior&content\\_id=4853313](http://www.jn.pt/paginainicial/pais/concelho.aspx?Distrito=Viseu&Concelho=Vouzela&Option=Interior&content_id=4853313), acessido a 20 de janeiro de 2016.
- [7] <http://www.tvi24.iol.pt/sociedade/bombeiros/incendio-em-predio-devoluto-em-lisboa>, acessido a 20 de janeiro de 2016.
- [8] <http://www.tvi24.iol.pt/sociedade/lousada/incendio-em-fabrica-de-moveis-durante-a-noite>, acessido a 20 de janeiro de 2016.
- [9] <http://www.tvi24.iol.pt/sociedade/bairro-do-armador/incendio-em-chelas-faz-um-morto>, acessido a 20 de janeiro de 2016.
- [10] [http://www.jn.pt/paginainicial/pais/concelho.aspx?Distrito=Aveiro&Concelho=%CDlhavo&Option=Interior&content\\_id=4906459](http://www.jn.pt/paginainicial/pais/concelho.aspx?Distrito=Aveiro&Concelho=%CDlhavo&Option=Interior&content_id=4906459), acessido a 20 de janeiro de 2016.
- [11] [http://www.jn.pt/paginainicial/pais/concelho.aspx?Distrito=Porto&Concelho=Vila%20Nova%20de%20Gaia&Option=Interior&content\\_id=4918202](http://www.jn.pt/paginainicial/pais/concelho.aspx?Distrito=Porto&Concelho=Vila%20Nova%20de%20Gaia&Option=Interior&content_id=4918202), acessido a 20 de janeiro de 2016.
- [12] [http://www.jn.pt/paginainicial/pais/concelho.aspx?Distrito=Castelo%20Branco&Concelho=Fund%E3o&Option=Interior&content\\_id=4920421](http://www.jn.pt/paginainicial/pais/concelho.aspx?Distrito=Castelo%20Branco&Concelho=Fund%E3o&Option=Interior&content_id=4920421), acessido a 20 de janeiro de 2016.
- [13] [http://www.jn.pt/paginainicial/pais/concelho.aspx?Distrito=Guarda&Concelho=Sabugal&Option=Interior&content\\_id=4946516](http://www.jn.pt/paginainicial/pais/concelho.aspx?Distrito=Guarda&Concelho=Sabugal&Option=Interior&content_id=4946516), acessido a 20 de janeiro de 2016.
- [14] [http://www.jn.pt/paginainicial/pais/concelho.aspx?Distrito=Coimbra&Concelho=Figueira%20da%20Foz&Option=Interior&content\\_id=4951745](http://www.jn.pt/paginainicial/pais/concelho.aspx?Distrito=Coimbra&Concelho=Figueira%20da%20Foz&Option=Interior&content_id=4951745), acessido a 20 de janeiro de 2016.
- [15] <http://observador.pt/2016/01/15/incendio-destroi-apartamento-lisboa/>, acessido a 15 de fevereiro de 2016.
- [16] [http://www.jn.pt/paginainicial/pais/concelho.aspx?Distrito=Set%FAbal&Concelho=Sines&Option=Interior&content\\_id=5001424](http://www.jn.pt/paginainicial/pais/concelho.aspx?Distrito=Set%FAbal&Concelho=Sines&Option=Interior&content_id=5001424), acessido a 15 de fevereiro de 2016.
- [17] <http://www.dn.pt/sociedade/interior/incendio-no-lumiar-obriga-a-hospitalizacao-de-16-pessoas-5007078.html>, acessido a 15 de fevereiro de 2016.
- [18] <http://www.tvi24.iol.pt/sociedade/31-01-2016/incendio-obriga-a-evacuar-predio-em-alges>, acessido a 15 de fevereiro de 2016.

- [19] [http://www.jn.pt/paginainicial/pais/concelho.aspx?Distrito=Viana%20do%20Castelo&Concelho=Ponte%20da%20Barca&Option=Interior&content\\_id=5013804](http://www.jn.pt/paginainicial/pais/concelho.aspx?Distrito=Viana%20do%20Castelo&Concelho=Ponte%20da%20Barca&Option=Interior&content_id=5013804), acessido a 15 de fevereiro de 2016.
- [20] <http://www.guimaraesdigital.com/noticias/63035/brito-incendio-provoca-danos-no-telhado-de-habitacao>, acessido a 15 de fevereiro de 2016.
- [21] [http://www.jn.pt/paginainicial/pais/concelho.aspx?Distrito=Santar%20E9m&Concelho=Abrantes&Option=Interior&content\\_id=5024467](http://www.jn.pt/paginainicial/pais/concelho.aspx?Distrito=Santar%20E9m&Concelho=Abrantes&Option=Interior&content_id=5024467), acessido a 15 de fevereiro de 2016.
- [22] [http://www.jn.pt/paginainicial/pais/concelho.aspx?Distrito=Viseu&Concelho=Viseu&Option=Interior&content\\_id=5028538](http://www.jn.pt/paginainicial/pais/concelho.aspx?Distrito=Viseu&Concelho=Viseu&Option=Interior&content_id=5028538), acessido a 15 de fevereiro de 2016.
- [23] <http://www.segurancaonline.com/noticias/detalhes.php?id=2944>, acessido a 15 de fevereiro de 2016.
- [24] <http://expresso.sapo.pt/internacional/2015-10-31-Incendio-em-discoeca-em-Bucareste-provoca-26-mortos>, acessido a 15 de fevereiro de 2016.
- [25] <http://www.theguardian.com/uk-news/2015/nov/07/100-firefighters-tackle-a-large-warehouse-fire-in-tottenham>, acessido a 15 de fevereiro de 2016.
- [26] <http://expresso.sapo.pt/internacional/2015-12-31-Incendio-em-hotel-no-Dubai-faz-16-feridos>, acessido a 15 de fevereiro de 2016.
- [27] [https://pt.wikipedia.org/wiki/Grande\\_inc%C3%AAndio\\_de\\_Londres](https://pt.wikipedia.org/wiki/Grande_inc%C3%AAndio_de_Londres), acessido a 15 de fevereiro de 2016.
- [28] Coelho, A. Leça. 2010, *Incêndios em edifícios*, 1ª Edição, Edições Orion, Amadora
- [29] Fernandes, Ana, M.S. *Segurança ao Incêndio em Centros Urbanos Antigos*, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 2006.
- [30] Costa, Ana, *Proposta de um novo método de avaliação do Risco de Incêndio para edifícios – Aplicação no centro urbano antigo do Porto*, dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2013.
- [31] Correia, André, *Desenvolvimento e implementação numérica de um modelo de análise de Risco de Incêndio urbano – MARIEE – Edifícios administrativos, escolares, habitacionais, hospitalares e hoteleiros*, dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2014.
- [32] Pissarra, Jorge, *Desenvolvimento e implementação numérica de um modelo de análise de risco e incêndio urbano – MARIEE – Edifícios comerciais, bibliotecas e salas de espetáculo*, dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2014.
- [33] Portugal, Decreto-Lei n.º 220/2008 de 12 de novembro (Regime Jurídico de Segurança Contra Incêndio em Edifícios – RJSCIE), 2008.
- [34] Portugal, Portaria n.º 1532/2008, de 29 de dezembro (Regulamento Técnico de Segurança Contra Incêndio em Edifícios – RTSCIE), 2008.
- [33] Portugal, Decreto-Lei n.º 224/2015 de 23 de novembro (Regime Jurídico de Segurança Contra Incêndio em Edifícios – RJSCIE), 2015.
- [34] NFPA 92, Standard for Smoke Management Systems, 2011 edition.
- [35] Eurocódigo 1, 2010, NP EN 1991-1-2: Eurocódigo 1: Ações em estruturas – Parte 1-2: Ações gerais, Ações em estruturas expostas ao fogo, LNEC, março de 2010.

- [36] SFPE, The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 3 ed. Quincy: National Fire Protection Association, 2002
- [37] Madrzykowski, Daniel, Vettori, Robert L. 1992, A Sprinkler Fire Suppression Algorithm for the GSA Engineering Fire Assessment System, Gaithersburg.
- [38] <https://5cidade.files.wordpress.com/2008/04/detectores-apollo.pdf>, acessido a 1 de dezembro de 2015.
- [39] Department for Communities and Local Government, Fire Statistics United Kingdom, 2007.
- [40] Porto Vivo, SRU – Sociedade de Reabilitação Urbana da Baixa Portuguesa SA, Projeto Base de Documento Estratégico, Unidade de Intervenção, Porto, 2007
- [41] Imagem adaptada do *software Google Earth*.
- [42] Cunha, Diogo, *Análise do Risco de Incêndio de um quarteirão do centro histórico da cidade do Porto – Quarteirão 14052, Aldas – Sé do Porto*, dissertação de Mestrado, Faculdade Engenharia Universidade do Porto, 2010.
- [43] Pires, Nuno, *Avaliação de Risco de Incêndio pelo Método MARIEE no Centro Histórico do Porto – Caso de Estudo do Eixo Mouzinho-Flores*, dissertação de Mestrado, Faculdade Engenharia Universidade do Porto, 2014.
- [44] Louçano, Ana, *Avaliação de Risco de Incêndio em Edifícios pelo Método MARIEE – Caso de Estudo na Freguesia da Sé*, dissertação de Mestrado, Faculdade Engenharia Universidade do Porto, 2014.
- [45] Gouveia, Tiago, *FIREcheck 2.0 – Desenvolvimento e Aplicação do Modelo Informático de Apoio à Realização e Gestão de Vistoria e Inspeções no Âmbito da SCIE*, dissertação de Mestrado, Faculdade Engenharia Universidade do Porto, 2015.
- [46] Primo, Vítor Martins, *Análise estatística dos incêndios em edifícios no Porto, 1996-2006*, dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 2008.



## **Anexo A**

### **Suporte Papel:**

FATORES PARCIAIS DE RISCO DE INCÊNDIO

### **Suporte Informático:**

ANEXO A – *EXCEL* CHICHORRO 2.0

## FATORES PARCIAIS DE RISCO DE INCÊNDIO

### DESCRITORES ASSOCIADOS AO FATOR PARCIAL – CARACTERIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO (POI<sub>CC</sub>)

Este fator pretende traduzir a possível contribuição do estado de conservação do edifício na origem de curto-circuitos, bem como a ocupação anormal do mesmo.

Os descritores considerados neste fator parcial são os seguintes:

- Estado de conservação do edifício: há ou não infiltrações;
- O edifício está ou não ocupado;
- Combustibilidade da laje: combustível ou incombustível;
- Existência de pinturas nas VVE e VHE.

Os valores do Fator Parcial POI<sub>CC</sub> são apresentados no Quadro A.1.

Quadro A.1 – Valores de POI<sub>CC</sub>

		Não há infiltrações		Há infiltrações	
Ocupada	Com	Suporte incombustível	1,0	1,3	
	Pinturas				
	VVE e VHE	Suporte combustível	1,2	1,6	
	Sem	Suporte incombustível	1,1	1,4	
	Pinturas				
	VVE e VHE	Suporte combustível	1,3	1,7	

Analisando o quadro verifica-se que os valores do Fator Parcial POI<sub>CC</sub> variam entre 1,0 e 1,7. Estas variações resultam das diferentes 8 combinações dos descritores considerados neste fator, com que o projetista se pode deparar na avaliação do Risco de Incêndio de um edifício.

Da análise do quadro conclui-se que o valor mais baixo do fator será de 1,0 para um edifício ocupado, com laje incombustível e sem infiltrações. Ao pior cenário, um edifício ocupado, laje combustível e infiltrações, corresponde o valor de 1,7. A definição dos restantes valores deste fator parcial tem por base um critério de agravamento crescente deste, face ao acréscimo de condições perniciosas para o início do incêndio, quer através da verificação de infiltrações ou quer através da existência de lajes constituídas por materiais combustíveis.

### DESCRITORES ASSOCIADOS AO FATOR PARCIAL – INSTALAÇÕES DE ENERGIA ELÉTRICA (POI<sub>IEE</sub>)

As instalações elétricas contribuem muitas vezes para o início do incêndio. Assim, consideram-se como fatores determinantes a proteção dos quadros elétricos, o estado de conservação da aparelhagem e circuitos e, ainda, a relação entre a potência instalada e a potência contratada, determinante para a existência ou não de sobrecarga.

Assim, os descritores considerados neste fator parcial são os seguintes:

- Respeita ou não a regulamentação em vigor;

- Existe ou não instalação de energia elétrica (ou se há uma ligação “pirata”);
- Tipo de proteção dos quadros: disjuntores ou fusíveis;
- Estado de conservação do circuito elétrico (BCC = boas condições do circuito elétrico, MCC = más condições do circuito elétrico);
- Potência Contratada (PC) inferior ou igual à instalada (PI).

Os valores do Fator Parcial  $POI_{IEE}$  são apresentados no Quadro A.2.

Quadro A.2 – Valores de  $POI_{IEE}$

	Disjuntores	Disjuntores	Fusíveis	Fusíveis	Ligação Pirata
	BCC	MCC	BCC	MCC	Não Há IEE
PI=PC	1,0	1,3	1,3	1,4	-
PI>PC	1,3	1,5	1,5	1,6	1,8

Da análise do Quadro A.2, constata-se que o fator  $POI_{IEE}$  pode assumir valores entre 1,0 e 1,8, conforme o estado de conservação das instalações. Da análise destes parâmetros resultam 9 situações possíveis de avaliação por parte do projetista na análise do Risco de Incêndio do edifício.

Ao valor de 1,0 correspondem as instalações elétricas que se encontram em bom estado e cumprem todos os requisitos exigidos pela legislação, enquanto o valor máximo de 1,8 corresponde aos casos em que se tem uma instalação elétrica “pirata”. A definição dos restantes valores deste fator parcial tem por base um critério de agravamento crescente deste face ao acréscimo de condições perniciosas para o início do incêndio, quer através da existência de uma potência instalada excessiva face à contratada quer através da verificação de más condições de conservação do circuito elétrico ou pelo facto da proteção dos quadros elétricos ser assegurada por fusíveis.

#### DESCRITORES ASSOCIADOS AO FATOR PARCIAL – INSTALAÇÕES DE AQUECIMENTO ( $POI_{IA}$ )

Pretende-se com este fator parcial considerar a importância das instalações de aquecimento para o início de um incêndio, pois estas podem funcionar como fontes de ignição da combustão.

Os descritores considerados neste fator parcial são os seguintes:

- Existência de centrais térmicas, aparelhos autónomos elétricos ou catalíticos ou o uso de combustível sólido (lareiras, salamandras e fogões);
- Respeita ou não a regulamentação em vigor;
- Suporte combustível ou incombustível (aquando do uso de combustível sólido);
- Conduta de exaustão para lareiras com dupla parede ou não.

Os valores do Fator Parcial  $POI_{IA}$  são apresentados no Quadro A.3.

Quadro A.3 – Valor de  $POI_{IA}$ 

		Cumprir LR	Não cumprir LR	
Não se aplica	0	-	-	
Não existem instalações de aquecimento	0,85	-	-	
Centrais térmicas		1,0	1,2	
Aparelhos autónomos	Eléctricos	1,05	1,25	
	Catalíticos	1,1	1,35	
Combustível sólido	Sobre suporte incombustível	Conduta dupla Parede + Isolamento	1,2	1,4
		Conduta simples	1,4	1,6
	Sobre suporte combustível	Conduta dupla Parede + Isolamento	1,4	1,6
		Conduta simples	1,6	1,8

Da análise do Quadro A.3, constata-se que o fator  $POI_{IA}$  pode assumir valores entre 0,85 e 1,8. Da análise destes parâmetros resultam 15 situações possíveis de avaliação por parte do projetista.

Este fator assume o valor de 0,85 para o caso de não existir qualquer tipo de instalações de aquecimento. Assume valor 1,0 para o caso das centrais térmicas cumprirem a legislação regulamentar em vigor, sendo este tipo de instalação de aquecimento o que menos contribui para a deflagração do incêndio. Pelo contrário, sistemas de aquecimento que utilizam combustível sólido, como é o caso das lareiras, aumentam o perigo de incêndio pelas chaminés e através da libertação de faúlhas, assumem o valor máximo de 1,8. Os restantes valores deste fator parcial são definidos tendo por base um critério de agravamento crescente deste face ao acréscimo de condições perniciosas para o início do incêndio, como a existência de aparelhos autónomos ou de sistemas de aquecimento que utilizam combustível sólido quer através do incumprimento destes sistemas face ao disposto na legislação regulamentar.

Este fator assume o valor 0 caso não se aplique à situação em causa.

#### DESCRITORES ASSOCIADOS AO FATOR PARCIAL – INSTALAÇÕES DE CONFEÇÃO DE ALIMENTOS ( $POI_{ICONFA}$ )

Neste fator pretende-se refletir sobre a contribuição das instalações de confeção de alimentos para o início de incêndio.

Os descritores considerados neste fator parcial são os seguintes:

- Condições de instalação dos aparelhos;
- Condições de ventilação;
- Condições de extração;
- Tipo de combustível utilizado;
- Respeita ou não a legislação regulamentar em vigor.

Os valores do Fator Parcial  $POI_{ICONFA}$  são apresentados no Quadro A.4.

Quadro A.4 – Valores de  $POI_{CONFA}$ 

		Cumpre LR		Não cumpre LR	
		Outros combustíveis	Combustível Sólido	Outros combustíveis	Combustível Sólido
Não se aplica	0	-	-	-	-
Instalação	-	1,0	1,05	1,1	1,3
Ventilação + Extração	-	1,0	1,1	1,2	1,4
Instalação + Ventilação + Extração	-	1,0	1,2	1,3	1,6

Apesar de os incêndios nas instalações de confeitaria de alimentos serem os mais frequentes não são os que representam maior perigosidade, resultando essencialmente de descuidos durante a confeitaria dos alimentos e não das instalações. Por conseguinte, o valor máximo atribuído a este fator parcial é igual a 1,6, valor mais baixo comparativamente com os valores máximos dos fatores referentes às instalações apresentadas nos parágrafos anteriores.

Da análise do Quadro A.4, constata-se que o Fator Parcial  $POI_{CONFA}$  pode variar entre 1,0 e 1,6, dependendo do cumprimento ou não da legislação em vigor e do tipo de combustível utilizado, assumindo o valor máximo quando se usa combustível sólido (lenha ou carvão). Da análise destes parâmetros resultam 12 situações possíveis de avaliação por parte do projetista, na análise do Risco de Incêndio do edifício.

Quando estas instalações não existem, este fator não é considerado e assume o valor de 0.

#### DESCRIPTORIOS ASSOCIADOS AO FATOR PARCIAL – INSTALAÇÕES DE CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS ( $POI_{CONSA}$ )

Este fator parcial pretende traduzir o possível contributo das instalações de conservação de alimentos para o início do incêndio.

O descritor considerado neste fator é apenas o cumprimento, ou não, face à legislação regulamentar em vigor.

Os valores do Fator Parcial  $POI_{CONSA}$  são apresentados no Quadro A.5.

Quadro A.5 – Valores de  $POI_{CONSA}$ 

	Não se aplica	Cumpre LR	Não cumpre LR
Instalação	0	1,0	1,1

Neste fator, o projetista apenas se pode deparar com os casos em que a instalação cumpre, ou não, a regulamentação em vigor, e com a possibilidade dessa instalação não existir. Nesse caso, este fator não é considerado e assume o valor de 0.

DESCRITORES ASSOCIADOS AO FATOR PARCIAL – INSTALAÇÕES DE VENTILAÇÃO E CONDICIONAMENTO DE AR (POI<sub>IVCA</sub>)

Este fator parcial pretende traduzir o possível contributo das instalações de ventilação e condicionamento de ar para o início do incêndio.

Os descritores considerados neste fator são os seguintes:

- Cumpre ou não a regulamentação em vigor;
- Condições de instalação;
- Condições de utilização.

Os valores do Fator Parcial POI<sub>IVCA</sub> são apresentados no Quadro A.6.

Quadro A.6 – Valores de POI<sub>IVCA</sub>

	Não se aplica	Cumprir LR	Não cumprir LR
Condições de instalação	0	1,0	1,1
Condições de utilização	0	1,0	1,2
Condições de instalação e de utilização	0	1,0	1,3

Da análise do Quadro A.6, constata-se que o fator POI<sub>IVCA</sub> pode assumir valores entre 1,0 e 1,3, tendo por base um critério de agravamento crescente deste face ao acréscimo de condições perniciosas para o início do incêndio, como o incumprimento de tipo de instalações face ao disposto na legislação regulamentar. Da análise destes parâmetros resultam 6 situações possíveis de avaliação por parte do projetista aquando da análise do Risco de Incêndio do edifício.

Quando este tipo de instalação não existe, este fator não é considerado e assume o valor de 0.

DESCRITORES ASSOCIADOS AO FATOR PARCIAL – INSTALAÇÕES DE LÍQUIDOS E GASES COMBUSTÍVEIS (POI<sub>ILGC</sub>)

Este fator pretende traduzir a possível contribuição deste tipo de instalações para o início de um incêndio.

Os descritores considerados neste fator parcial são os seguintes:

- Respeita ou não a legislação em vigor;
- Armazenamento e local;
- Condições de utilização.

Os valores do Fator Parcial POI<sub>ILGC</sub> são apresentados no Quadro A.7.

Quadro A.7 – Valores de POI<sub>ILGC</sub>

	Não se aplica	Cumprir LR	Não cumprir LR
Armazenamento e local	0	1,0	1,1
Condições de Utilização	0	1,0	1,2

Armazenamento e local + condições de utilização	0	1,0	1,4
---	---	-----	-----

Da análise do Quadro A.7, constata-se que o fator  $POI_{ILGC}$  pode assumir valores entre 1,0 e 1,4, tendo por base um critério de agravamento crescente deste face ao acréscimo de condições perniciosas para o início do incêndio, como o incumprimento de tipo de instalações face ao disposto na legislação regulamentar. Da análise destes parâmetros resultam 6 situações possíveis de avaliação por parte do projetista na análise do Risco de Incêndio do edifício.

Quando estas instalações de líquidos e gases não existem, este fator não é considerado e assume o valor de 0.

#### DESCRITORES ASSOCIADOS AO FATOR PARCIAL – EDIFÍCIOS FRONTEIROS ( $POI_{EF}$ )

Este fator pretende traduzir a possível contribuição dos edifícios já em chamas para o início de incêndio, num outro fronteiro, devido à radiação emitida através das aberturas que estão em confronto, decorrente da reduzida largura da rua.

Os descritores considerados neste fator são os seguintes:

- Largura da rua superior ou inferior à exigida pela legislação em vigor;
- Cumpre ou não as exigências relativas às paredes exteriores (paredes, caixilharia, proteção de vãos exteriores).

Os valores do Fator Parcial  $POI_{EF}$  são apresentados no Quadro A.8.

Quadro A.8 – Valores de  $POI_{EF}$

Largura da rua que serve o edifício		Elementos construtivos	
		Cumprir LR	Não cumprir LR
Edifícios isolados	0	-	-
Distância entre edifícios > exigida pela LR	-	1,0	1,05
Distância entre edifícios < exigida pela LR	< 8 metros	-	1,1
	4 metros	-	1,2

Da análise do Quadro A.8, constata-se que o fator  $POI_{EF}$  pode assumir valores entre 1,0 e 1,4, considerando-se maior o Risco de Incêndio nos casos em que a distância entre os edifícios é menor que a exigida pela legislação regulamentar em vigor e os seus elementos não cumprem as exigências regulamentares. Da análise destes parâmetros resultam 6 situações possíveis de avaliação por parte do projetista na análise do Risco de Incêndio do edifício.

No caso do edifício se encontrar isolado, este fator não é considerado e assume o valor de 0.

#### DESCRITORES ASSOCIADOS AO FATOR PARCIAL – EDIFÍCIOS ADJACENTES ( $POI_{EA}$ )

Este fator pretende traduzir a possível contribuição de um edifício para o início de incêndio num outro, devido à passagem do fogo pela parede de empena quando esta não tem a qualificação de resistência ao fogo.

Os descritores considerados neste fator são os seguintes:

- As paredes de empena têm a qualificação de resistência ao fogo exigida na legislação em vigor;
- Distância entre edifícios é superior, ou não, ao exigido pela legislação em vigor.

Os valores do Fator Parcial  $POI_{EA}$  são apresentados no Quadro A.9.

Quadro A.9 – Valores de  $POI_{EA}$

Edifício		Cumpr LR	Não cumpr LR
Sem parede de empena comum	0	-	-
Com parede de empena comum	-	1,0	1,1
Com guarda-fogo	-	1,0	1,2
Com empena comum e guarda-fogo	-	1,0	1,3

Da análise do Quadro A.9, constata-se que o fator  $POI_{EA}$  apenas pode tomar os valores de 1,0 e 1,3.

Nos casos em que não existe parede de empena este fator não é considerado e assume o valor de 0.

#### DESCRITORES ASSOCIADOS AO FATOR PARCIAL – EDIFÍCIOS ADJACENTES ( $POI_{FA}$ )

Pretende traduzir a contribuição que estas frações podem dar para o início de um incêndio num outro devido à passagem do incêndio pela caixa de escadas quando esta não tem qualificação de resistência ao fogo.

Os descritores considerados neste fator são os seguintes:

- As frações vizinhas têm potencialmente um POI maior ou menor que a fração em análise;
- Iluminação, sinalização e deteção nas zonas comuns;
- OGS – Prevenção e Formação;
- Selagem em ductos desde que a caixa de escadas esteja enclausurada.

Os valores do Fator Parcial  $POI_{FA}$  são apresentados no Quadro A.10.

Quadro A.10 – Valores de  $POI_{FA}$

	Zonas comuns	POI das frações vizinhas		
		Melhores	Iguais	Piores
Sem caixa de escada enclausurada	Sem nada	0,9	1,0	1,1
	Iluminação + Sinalização + OGS	0,8	0,9	1,0
	Iluminação + Sinalização + OGS + Deteção	0,7	0,8	0,9
Com caixa de escada enclausurada e selagem de ductos	Sem nada	0,7	0,8	0,9
	Iluminação + Sinalização + OGS	0,6	0,7	0,8
	Iluminação + Sinalização + OGS + Deteção	0,5	0,6	0,7

Da análise do Quadro A.10, constata-se que o fator  $POI_{FA}$  apenas pode tomar valores entre 0,5 e 1,1, considerando-se o maior Risco de Incêndio nos casos em que o edifício não tem caixa de escada enclausurada nem qualquer tipo de dispositivo nas zonas comuns.

#### DESCRITORES ASSOCIADOS AO FATOR PARCIAL – PROCEDIMENTOS OU PLANOS DE PREVENÇÃO ( $POI_{PPP}$ )

Os procedimentos e planos de prevenção pretendem promover a segurança dos ocupantes do edifício. Assim, este fator pretende avaliar a contribuição dos procedimentos e planos de prevenção no evitar do início de incêndio.

Os descritores considerados neste fator parcial são os seguintes:

- Existência de procedimentos e planos de prevenção;
- Cumprimento ou não da legislação em vigor.

Os valores do Fator Parcial  $POI_{PPP}$  são apresentados no Quadro A.11.

Quadro A.11 – Valores de  $POI_{PPP}$

		Cumpre LR	Não cumpre LR
Não se aplica	0	-	-
Existem PPP mas não é necessário	-	0,8	-
Existem PPP	-	1	1,2
Não existem PPP	-	-	1,4

A existência de procedimentos e planos de prevenção pode ser exigida, ou não, pela legislação regulamentar, dependendo da UT e da categoria de risco do edifício.

Da análise do Quadro A.11, constata-se que o valor do Fator Parcial  $POI_{PPP}$  pode variar entre 0,8 e 1,4, tendo por base um critério de agravamento crescente deste face ao acréscimo de condições perniciosas para o início do incêndio, como a inexistência de procedimentos ou planos de prevenção, quando o regulamento o exige, ou o incumprimento destes face ao disposto na legislação regulamentar. Da análise destes parâmetros resultam 5 situações possíveis de avaliação por parte do projetista na análise do Risco de Incêndio do edifício. Este fator assume o valor de 0,8 quando existem PPP, não sendo requerido pela legislação. Por sua vez, quando estes são exigidos regulamentarmente e não existem, o fator assume o valor de 1,4.

Quando não existem PPP e a legislação não o exige, o fator não é considerado e assume o valor de 0.

#### DESCRITORES ASSOCIADOS AO FATOR PARCIAL – ATIVIDADE ( $POI_{ATIV}$ )

Este fator parcial pretende traduzir a importância do tipo de atividade desenvolvida no edifício para o início de incêndio.

Os valores do Fator Parcial  $POI_{ATIV}$  são apresentados no Quadro A.12.

Quadro A.12 – Valores de  $POI_{ATIV}$ 

Atividade	Valor de $POI_{ATIV}$
Habitação, Hospitais, Hotéis, Administrativos e Escolas	1
Restaurantes, Comércio	1,2
Armazéns, Salas de Espetáculos, Bibliotecas e Indústrias	1,4

Da análise do Quadro A.12, constata-se que o Fator Parcial  $POI_{ATIV}$  pode assumir os valores de 1,0 ou 1,4. O Quadro A.12 é apenas uma amostra do total de atividades consideradas.

#### DESCRITORES ASSOCIADOS AO FATOR PARCIAL – PROTEÇÃO, RESISTÊNCIA, ESTANQUIDADE E ISOLAMENTO DOS LOCAIS E DAS VVE ( $DPI_{REIL}$ )

Este fator parcial pretende traduzir o nível de proteção dos locais de incêndio (compartimento de fogo), das vias verticais de evacuação e da estrutura do ponto de vista da resistência ao fogo REI.

Os descritores considerados neste fator são os seguintes:

- Resistência, estanquidade e isolamento (REI) da laje e a resistência da estrutura;
- Resistência, estanquidade e isolamento (REI) da caixa de escadas;
- Respeita ou não a regulamentação.

Os valores do Fator Parcial  $DPI_{REIL}$  são apresentados no Quadro A.31.

Quadro A.31 – Valores do  $DPI_{REIL}$ 

		Estrutura e Laje			
		Não se aplica	Cumpr. LR	< 30 minutos em relação LR	< 60 minutos em relação LR
Com claraboia	Caixa de escada cumpre LR	0	1,0	1,1	1,2
	Caixa de escada não cumpre LR	0	1,1	1,2	1,3
Sem claraboia	Caixa de escada cumpre LR	0	1,2	1,3	1,4
	Caixa de escada não cumpre LR	0	1,3	1,4	1,5

Da análise do Quadro A.31, constata-se que o valor do fator  $DPI_{REIL}$  pode assumir valores entre 1 e 1,5. Da análise destes parâmetros resultam 14 situações possíveis de avaliação por parte do projetista na análise do Risco de Incêndio do edifício.

Considera-se mais gravoso o incumprimento da legislação regulamentar na caixa de escadas que nos outros elementos estruturais, assumindo estas valores superiores relativamente aos outros elementos estruturais. O pior cenário verifica-se quando, não existe claraboia, a caixa de escada e os elementos estruturais não cumprem a legislação assumindo este fator o valor de 1,5.

Quando não existem vias verticais de evacuação, o fator não é considerado e assume o valor de 0.

#### DESCRITORES ASSOCIADOS AO FATOR – PROTEÇÃO ESTANQUIDADE E ISOLAMENTO (EI) DAS PAREDES E PORTAS DO LOCAL DE INCÊNDIO ( $DPI_{EI}$ )

Este fator pretende traduzir o nível de proteção dos locais de incêndio, paredes e porta do ponto de vista de estanquidade e isolamento.

Os descritores considerados neste fator são os seguintes:

- Cumprimento ou não da legislação em relação ao EI das portas e das paredes.

Os valores do Fator Parcial  $DPI_{EI}$  são apresentados, no Quadro A.32.

Quadro A.32 – Valores de  $DPI_{EI}$

	Não se aplica	Existe porta sem ser exigido pela LR	Portas do Local	Paredes do Local	Paredes e portas	Portas Armazém
Cumpre LR	0	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0
Não cumpre LR	0	-	1,2	1,2	1,4	1,4

Da análise do Quadro A.32, constata-se que o valor do fator  $DPI_{EI}$  pode assumir valores entre 0,5 e 1,4. Da análise destes parâmetros resultam 9 situações possíveis de avaliação por parte do projetista, na análise do Risco de Incêndio do edifício. Considera-se como melhor caso quando existe porta com características de estanquidade e isolamento, não sendo exigida pela legislação. Quando nem a porta nem as paredes respeitam a LR o fator assume o valor de 1,4.

#### DESCRITORES ASSOCIADOS AO FATOR – AFASTAMENTO ENTRE VÃOS EXTERIORES DA MESMA PRUMADA ( $DPI_{AV}$ )

Este fator parcial pretende traduzir o perigo do incêndio se propagar pelo exterior devido às condições de afastamento dos vãos do edifício, atendendo ao facto de grande parte das janelas dos centros históricos serem constituídas por madeira e em alguns casos já não se encontrarem em bom estado de conservação.

Os descritores considerados neste fator são os seguintes:

- Cumpre ou não a legislação.

Os valores do Fator Parcial  $DPI_{AV}$  são apresentados no Quadro A.33.

Quadro A.33 – Valores de  $DPI_{AV}$ 

	Não se aplica	Cumpr LR	Não cumpre LR
Afastamento entre vãos exteriores	0	1	1,2

Da análise do Quadro A.33, constata-se que o valor do fator  $DPI_{AV}$  pode assumir os valores 1 ou 1,2, respetivamente no caso de cumprir ou não a legislação.

Quando não existem vãos sobrepostos no edifício, o fator não é considerado e assume o valor de 0.

#### DESCRITORES ASSOCIADOS AO FATOR – PROTEÇÃO DAS PAREDES EXTERIORES ( $DPI_{PE}$ )

Este fator parcial pretende traduzir o nível de proteção das paredes exteriores do ponto de vista da reação ao fogo.

Os descritores considerados neste fator são os seguintes:

- Constituição da parede exterior (Tradicionalis, com ETICS, Ventiladas);
- Reação ao fogo;
- Largura das faixas;
- Guarda-fogo.

Os valores do Fator Parcial  $DPI_{PE}$  são apresentados no Quadro A.34.

Quadro A.34 – Valores de  $DPI_{PE}$ 

Reação ao fogo		Não se aplica	Tradicionalis	ETICS	Ventiladas	Guarda-Fogo
Cumpr LR	Respeita as faixas EI	0	1	1	1	1,0
	Não respeita as faixas EI	0	1,05	1,1	1,15	
Não cumpre LR	Respeita as faixas EI	0	1,1	1,2	1,3	1,3
	Não respeita as faixas EI	0	1,2	1,3	1,4	

Considera-se que a reação ao fogo dos revestimentos das fachadas é mais relevante que o cumprimento da legislação relativamente às larguras das faixas.

Da análise do Quadro A.34, constata-se que o valor do fator  $DPI_{PE}$  pode assumir valores entre 1 e 1,4. Da análise destes parâmetros resultam 15 situações possíveis de avaliação por parte do projetista na análise do Risco de Incêndio do edifício.

Caso não se aplique, o fator  $DPI_{PE}$  assume o valor de 0.

DESCRITORES ASSOCIADOS AO FATOR – ORGANIZAÇÃO E GESTÃO DA SEGURANÇA ( $DPI_{OGS}$ )

Este fator pretende traduzir a contribuição que os planos de emergência podem ter no evitar de incidentes e prejuízos decorrentes do incêndio.

Os descritores considerados neste fator são os seguintes:

- Existência de planos de emergência;
- Cumprimento da legislação.

Os valores do Fator Parcial  $DPI_{OGS}$  são apresentados no Quadro A.35.

Quadro A.35 – Valores  $DPI_{OGS}$ 

	Não se aplica*	Cumpre LR	Não cumpre LR
Existem PE mas não é necessário	0	0,8	-
Existem PE	0	1	1,1
Não Existem PE	0	-	1,2

A existência de planos de emergência pode, ou não, ser exigida pela legislação, dependendo da UT e da categoria de risco do edifício.

Da análise do Quadro A.35, constata-se que o valor de  $DPI_{OGS}$  pode variar entre 0,8 e 1,2. Assume o valor de 0,8 quando existem PE não sendo requerido pela legislação. Quando este é requerido pela legislação e não existe assume o valor de 1,2.

Quando os PE não existem mas também não são exigidos pela legislação, o fator não é considerado e assume o valor de 0.

DESCRITORES ASSOCIADOS AO FATOR PARCIAL – GRAU DE PRONTIDÃO DOS BOMBEIROS ( $ESCI_{GP}$ )

Este fator pretende traduzir o tempo entre o início de incêndio e o começo das ações de combate e salvamento por parte dos bombeiros. Quanto mais tarde ocorrer a intervenção dos bombeiros, mais difícil será.

Os descritores considerados neste fator são os seguintes:

- Detecção e alertas automáticos ou manual;
- Tempo de chegada dos bombeiros;
- Distância dos bombeiros ao local de incêndio.

Os valores do Fator Parcial  $ESCI_{GP}$  são apresentados no Quadro A.36.

Quadro A.36 – Valor de  $ESCI_{GP}$ 

	Inferior a 10 minutos e inferior a 10km	10 a 20 minutos e inferior a 10km	Superior a 20 minutos e inferior a 10km
Não precisa detecção – LR	1,0	1,1	1,2
Deteção e Alerta automáticos	0,8	0,9	1,0
Deteção e Alerta manuais	1,0	1,1	1,2
Ausência de detecção	1,2	1,3	1,4

De acordo com Primo [46], o grau de prontidão dos bombeiros é o principal motivo que impede o desenvolvimento e propagação do incêndio no centro histórico do Porto.

Da análise do Quadro A.36, constata-se que o valor de  $ESCI_{GP}$  varia entre 0,8 e 1,4 consoante o tipo de detecção existente e o tempo de chegada dos bombeiros. Da análise destes parâmetros resultam 12 situações possíveis de avaliação por parte do projetista, na análise do Risco de Incêndio do edifício. Caso a distância dos bombeiros ao local de incêndio seja superior a 10 quilómetros o valor do fator GP sobe 0,1.

Quando a detecção e alerta são automáticos ou são dispensados pela legislação este fator assume os valores mais baixos. O seu valor máximo corresponde ao caso em que não existe detecção e o tempo de chegada é superior a 20 minutos.

#### DESCRITORES ASSOCIADOS AO FATOR PARCIAL – SINALIZAÇÃO, ILUMINAÇÃO, E DETEÇÃO NAS ZONAS COMUNS ( $ESCI_{SID}$ )

A sinalização, iluminação e detecção de um incêndio nas zonas comuns pode representar na salvaguarda da vida humana um fator muito importante, dado que alguns segundos contam aquando do eclodir do incêndio e uma rápida compreensão das saídas de emergência aliada a uma detecção precoce podem fazer a diferença. Este fator também é uma novidade em relação ao método MARIEE.

Para este fator parcial foram associados estes aspetos:

- Deteção, iluminação e sinalização nas zonas comuns;
- Se existe ou não Organização e Gestão de Segurança;
- Se existe ou não caixa de escadas exterior;
- Edifícios com mais ou menos de 9 metros.

Os valores do Fator Parcial  $ESCI_{SID}$  relativamente aos edifícios sem caixa de escadas exterior e com caixa de escadas exterior são apresentados no Quadro A.37 e 3.38, respetivamente.

Quadro A.37 – ESCI<sub>SID</sub> sem caixa de escadas exterior

Sem Caixa de Escada Exterior				
Zonas Comuns	Com OGS		Sem OGS	
	h<9m	h>9m	h<9m	h>9m
Sinal + Ilum + Det	0,5	0,5	0,7	0,8
Sinal + Ilum	0,6	0,7	0,8	1,0
Sinalização	0,8	1,0	0,9	1,2
Ausência	0,9	1,1	0	1,3

Quadro A.38 – ESCI<sub>SID</sub> com caixa de escadas exterior

Com Caixa de Escada Exterior				
Zonas Comuns	Com OGS		Sem OGS	
	h<9m	h>9m	h<9m	h>9m
Sinal + Ilum + Det	0,4	0,4	0,6	0,7
Sinal + Ilum	0,5	0,5	0,7	0,8
Sinalização	0,7	0,8	0,8	1,0
Ausência	0,8	0,9	0,9	1,1

Como é normal os edifícios com caixa de escadas exterior têm fatores parciais com menor impacto, já que estas estão localizadas ao lado dos compartimentos principais e, em caso de incêndio, demora-se menos tempo a chegar às escadas exteriores que a umas interiores.

#### DESCRITORES ASSOCIADOS AO FATOR PARCIAL – VIAS DE ACESSO AO EDIFÍCIO (ESCI<sub>AE</sub>)

As vias de acesso podem dificultar a chegada dos veículos de combate a incêndio ao edifício, dificultando assim a atuação dos bombeiros. Este fator combina as características das vias com as dos meios de intervenção dos bombeiros.

Os descritores considerados neste fator são os seguintes:

- Acesso às viaturas dos bombeiros;
- Altura dos edifícios;
- Acesso possível mas constrangimento de posicionamento do veículo.

Os valores do Fator Parcial ESCI<sub>AE</sub> são apresentados no Quadro A.39.

Quadro A.39 – Valores do  $ESCI_{AE}$ 

	Acesso possível	Acesso a VLCl	Sem acesso
R/C até 3.º andar	1	1,2	1,4
> 3.º andar	1,05	1,3	1,5
> 3.º andar com constrangimento	1,1	1,4	1,6

Da análise do Quadro A.39, constata-se que o valor de  $ESCI_{AE}$  varia entre 1 e 1,6 consoante a altura do edifício e as vias de acesso ao mesmo. Da análise destes parâmetros resultam 9 situações possíveis de avaliação por parte do projetista na análise do Risco de Incêndio do edifício.

A proximidade das viaturas de socorro ao edifício é um fator importante para o combate ao incêndio, no entanto, em centros históricos nem sempre é possível esta proximidade devido às limitações das vias de acesso. Neste fator foram consideradas as possibilidades de o acesso ao edifício ser feito sem qualquer constrangimento, ser apenas possível o acesso por veículos ligeiros de combate a incêndios, o acesso de veículos de socorro ser possível mas existirem constrangimentos quanto à colocação do veículo, e o acesso ao edifício ser impossível para qualquer tipo de veículo de socorro.

#### DESCRITORES ASSOCIADOS AO FATOR PARCIAL – HIDRANTES EXTERIORES ( $ESCI_{HE}$ )

Para o combate ao incêndio é essencial a existência de água, por isso a existência de hidrantes exteriores é fundamental para a eficácia da atuação dos bombeiros.

Os descritores considerados neste fator são os seguintes:

- Existência de hidrantes exteriores;
- Distância a que se encontra o hidrante;
- Funcionamento fiável ou sem fiabilidade.

Os valores do Fator Parcial  $ESCI_{HE}$  são apresentados no Quadro A.40.

Quadro A.40 – Valores do  $ESCI_{HE}$ 

	Não se aplica	Com fiabilidade	Sem fiabilidade
Distância menor que 30m		1	1,2
Distância maior que 30m	0	1,05	1,3
Não existe		-	1,6

Da análise do Quadro A.40, constata-se que o valor de  $ESCI_{HE}$  varia entre 1 e 1,6. Este é igual a 1, no caso do hidrante se encontrar a menos de 30 metros e o seu funcionamento ser fiável, e igual a 1,6, no caso de não existirem hidrantes exteriores nas imediações. A legislação exige que os hidrantes exteriores não sejam colocados a uma distância superior a 30 m de qualquer das saídas que façam parte do caminho de evacuação. Assim, no Método CHICHORRO 2.0 considera-se como distância limite do hidrante os 30 m. O método considera igualmente a fiabilidade dos hidrantes dado que em certas situações a

existência do hidrante não é sinónimo de uma fonte de água para o combate ao incêndio. Estes podem não ter a pressão necessária para o combate às chamas, agravando-se assim o valor do fator.

#### DESCRITORES ASSOCIADOS AO FATOR PARCIAL – EXTINTORES ( $ESCI_{EXT}$ )

Nos momentos iniciais de um incêndio os extintores podem ser um importante meio de extinção. Para que tal aconteça é necessário um correto manuseamento dos mesmos, sendo importante a existência de formação no uso deste meio de intervenção. Por esta razão, o fator está dependente da existência de OGS.

Os descritores considerados neste fator são os seguintes:

- Cumprimento da legislação regulamentar;
- Existência de OGS.

Os valores do Fator Parcial  $ESCI_{EXT}$  são apresentados no Quadro A.41.

Quadro A.41 – Valores do  $ESCI_{EXT}$

	Não se aplica	Existe sem ser exigido ou n.º superior ao exigido	Cumpre LR	Cumpre parcialmente LR	Não cumpre LR
Com OGS (Interv. 13)		0,7	0,9	1,0	
Com OGS (Interv. 6)	0	0,8	1,0	1,05	1,2
Sem OGS (Interv. 6)		0,9	1,05	1,1	

Da análise do Quadro A.41, constata-se que o valor de  $ESCI_{EXT}$  varia entre 0,7 e 1,2. Assume o valor de 0,7 para edifícios com OGS e com mais extintores do que os exigidos pela lei. Por sua vez, assume o valor de 1,2 no caso de não existir OGS e não cumprir a legislação regulamentar.

Da análise destes parâmetros resultam 11 situações possíveis de avaliação por parte do projetista na análise do Risco de Incêndio do edifício.

Considera-se que a legislação é parcialmente cumprida nos casos em que existem extintores mas estes já se encontram fora do prazo, ou quando o agente extintor é impróprio.

Quando não existem extintores no edifício, mas também não são exigidos pela legislação, o fator não é considerado e assume o valor de 0.

#### DESCRITORES ASSOCIADOS AO FATOR PARCIAL – REDE DE INCÊNDIO ARMADA ( $ESCI_{RIA}$ )

Tal como os extintores, as redes de incêndio armada podem representar um importante meio de extinção de incêndio, quando usadas corretamente. Assim a existência de OGS assume novamente um papel importante na definição deste fator.

Os descritores considerados neste fator são os seguintes:

- Cumprimento da legislação regulamentar;
- Existência de OGS.

Os valores do Fator Parcial  $ESCI_{RIA}$  são apresentados no Quadro A.42.

Quadro A.42 – Valores do  $ESCI_{EXT}$

	Não se aplica	Existe sem ser exigido ou n.º superior ao exigido	Cumpr LR	Cumpre parcialmente LR	Não cumpre LR
Com OGS (Interv. 13)		0,7	0,9	1,0	
Com OGS (Interv. 6)	0	0,8	1,0	1,05	1,2
Sem OGS (Interv. 6)		0,9	1,05	1,1	

Da análise do Quadro A.42, constata-se que o valor de  $ESCI_{RIA}$  varia entre 0,7 e 1,2. Assume o valor de 0,7 para edifícios com OGS e com mais redes de incêndio armadas do que as exigidas pela lei. Por sua vez, assume o valor de 1,2 no caso de não existir OGS e não cumprir a legislação regulamentar.

Da análise destes parâmetros resultam 11 situações possíveis de avaliação por parte do projetista na análise do Risco de Incêndio do edifício.

Considera-se que a legislação é parcialmente cumprida quando existem redes de incêndio armadas mas não o número exigido pelo regulamento.

Quando não existem redes de incêndio armadas no edifício, mas também não são exigidas pela legislação, o fator não é considerado e assume o valor de 0.

#### DESCRITORES ASSOCIADOS AO FATOR PARCIAL – CORPO PRIVADO DE BOMBEIROS ( $ESCI_{CPB}$ )

Na eficácia de combate ao incêndio em relação à organização e gestão de segurança, apenas falta considerar a eventual existência de corpo privado de bombeiros.

Os descritores considerados neste fator são os seguintes:

- Existência de CPB;
- Cumprimento da legislação.

Os valores do Fator Parcial  $ESCI_{CPB}$  são apresentados no Quadro A.43.

Quadro A.43 – Valores do  $ESCI_{CPB}$ 

	Não se aplica	Medida compensatória	Cumprir LR	Não Cumprir LR
Existe CPB mas não é necessário		0,5	-	-
Existe CPB e é necessário	0	-	1,0	-
Não Existe CPB		-	-	1,5

Da análise do Quadro A.43, constata-se que o valor de  $ESCI_{CPB}$  varia entre 0,5 e 1,5. Assume, assim, o valor de 0,5 no caso de existir CPB sem ser necessário. Quando existe CPB, sendo exigido pela legislação, o fator assume o valor de 1. Quando não existe CPB, mas este é exigido pela legislação regulamentar, o fator assume o valor de 1,5.

Quando não existe CPB e não é exigido pela legislação, este fator não é considerado e assume o valor de 0.



## **Anexo B**

### **Suporte Papel:**

EXCERTOS CÓDIGO SOFTWARE CHICHORRO2.0

### **Suporte Informático:**

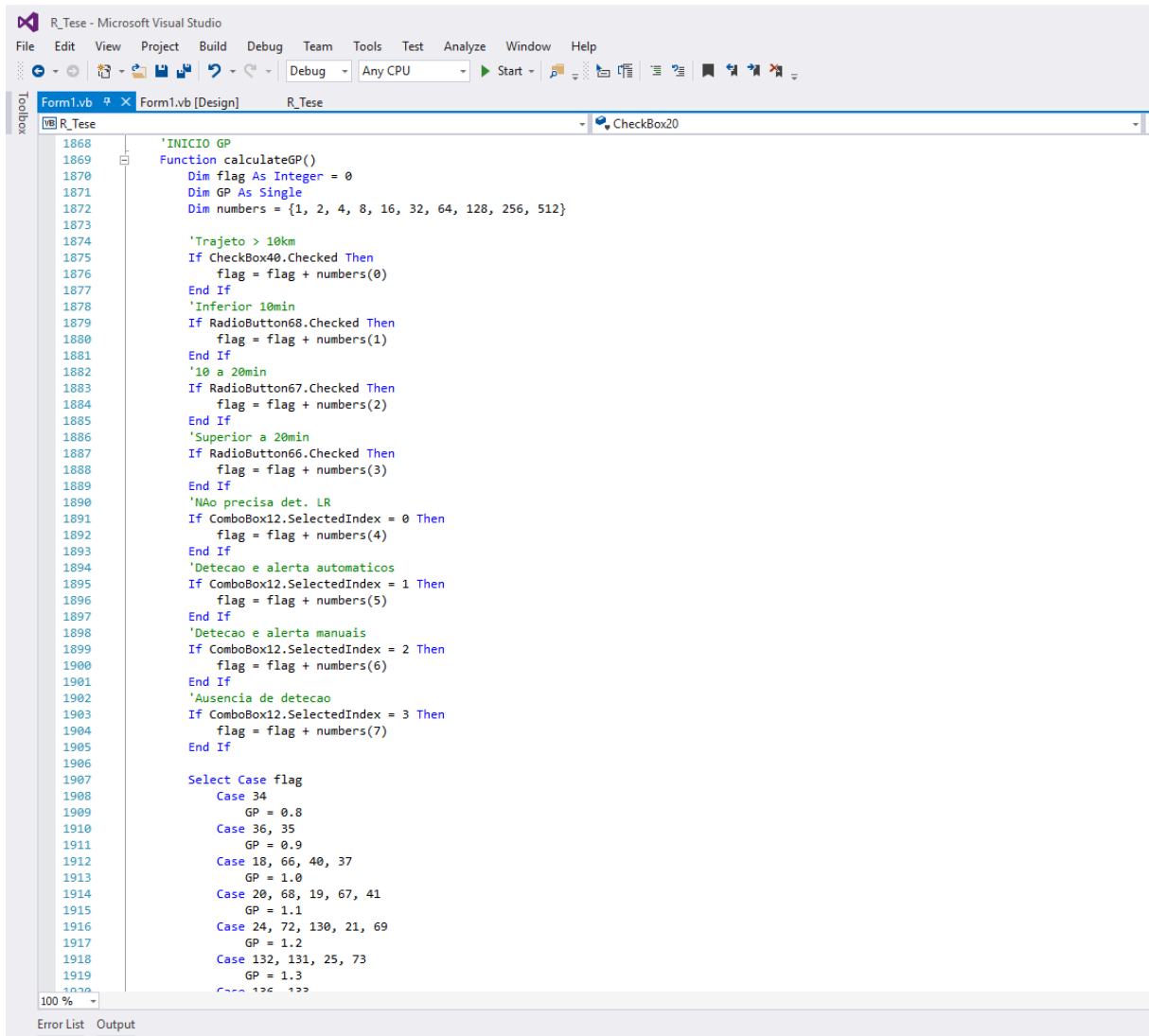
ANEXO B – EXECUTÁVEL CHICHORRO2.0.EXE

## EXCERTOS CÓDIGO SOFTWARE CHICHORRO 2.0

Foram selecionada várias passagem do código fonte do *software* desenvolvido. Devido à sua extensão, cerca de 20mil linhas de código não se apresenta todo o código.

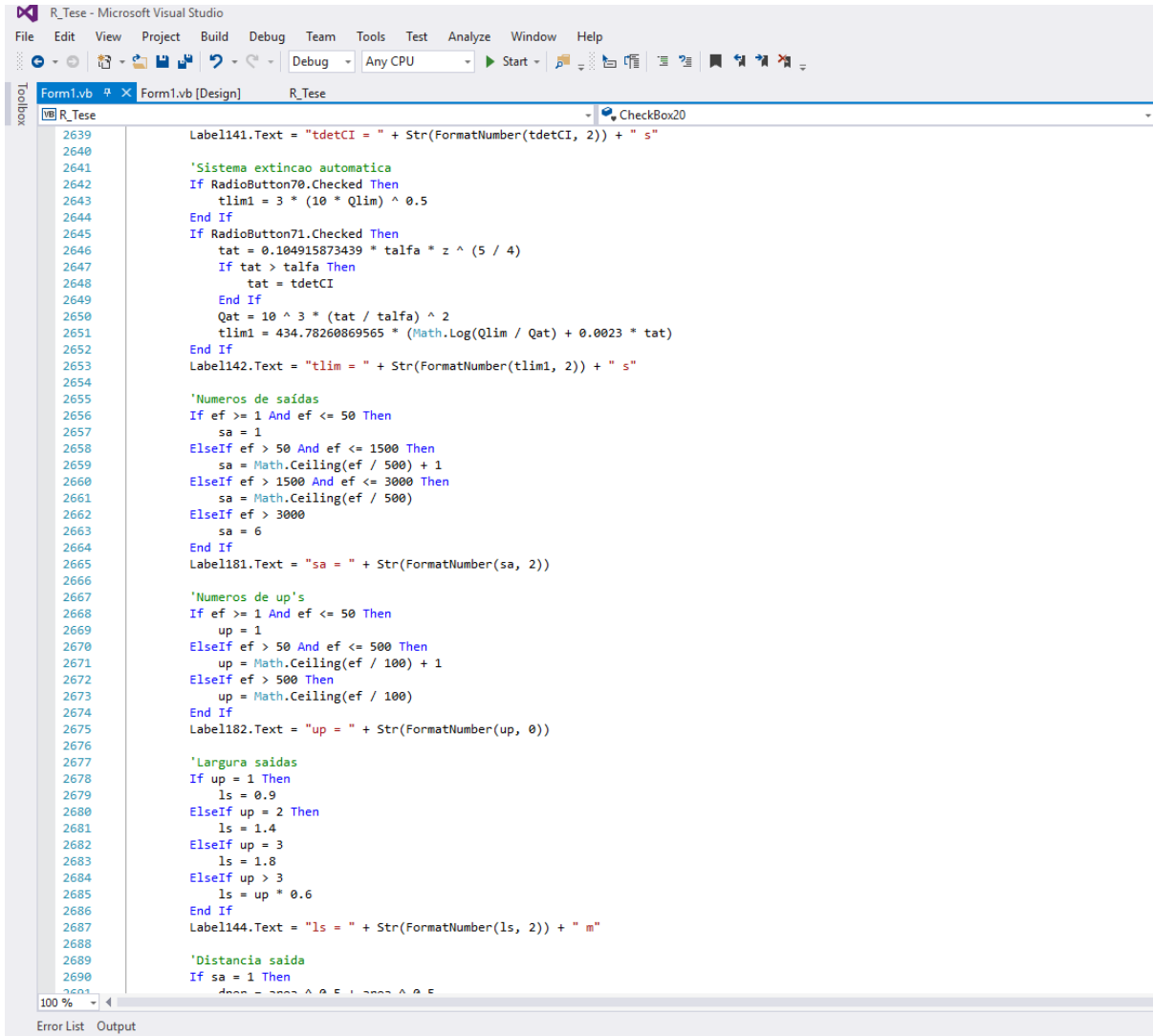
```
1 Public Class Form1
2     'Inicial form load
3     Public Sub Form1_Load(sender As Object, e As EventArgs) Handles MyBase.Load ...
25
26     'Botao Voltar
27     Private Sub Button58_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button58.Click ...
43
44     'Botao home
45     Private Sub Button72_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button72.Click ...
51     Private Sub Button71_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button71.Click ...
57
58     'Botao mudanca de metodo
59     Private Sub Button56_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button56.Click ...
66     Private Sub Button57_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button57.Click ...
73
74     'Botao calcular RI
75     Private Sub Button1_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button1.Click ...
117
118     'Funcao classificacao e cores RI
119     Private Sub classRI() ...
161
162     'Funcao RI aceitavel
163     Private Sub RIaceitavel() ...
184
185     'Funcao calcular RI
186     Private Sub calculateRI() ...
315
316     'INICIO CC
317     Function calculateCC() ...
381
382     'Botao calcular CC
383     Private Sub Button7_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button7.Click ...
386
387     'Reset Button
388     Private Sub Button8_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button8.Click ...
391     ' FIM CC ...
394     Function calculateIEE() ...
460
461     'Botao calcular IEE
462     Private Sub Button2_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button2.Click ...
465
466     'Respeita regulamentacao - Disable All
467     Private Sub CheckBox5_CheckedChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles CheckBox5.CheckedChanged ...
475
476     'Ligacao pirata - Disable All
477     Private Sub CheckBox1_CheckedChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles CheckBox1.CheckedChanged ...
485
486     'Reset Button
487     Private Sub Button5_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button5.Click ...
490     ' FIM IEE ...
493     Function calculateIA() ...
572
573     'Botao calcular IA ...
```

Fig. B. 1 - Excerto de algumas funções do código em modo reduzido



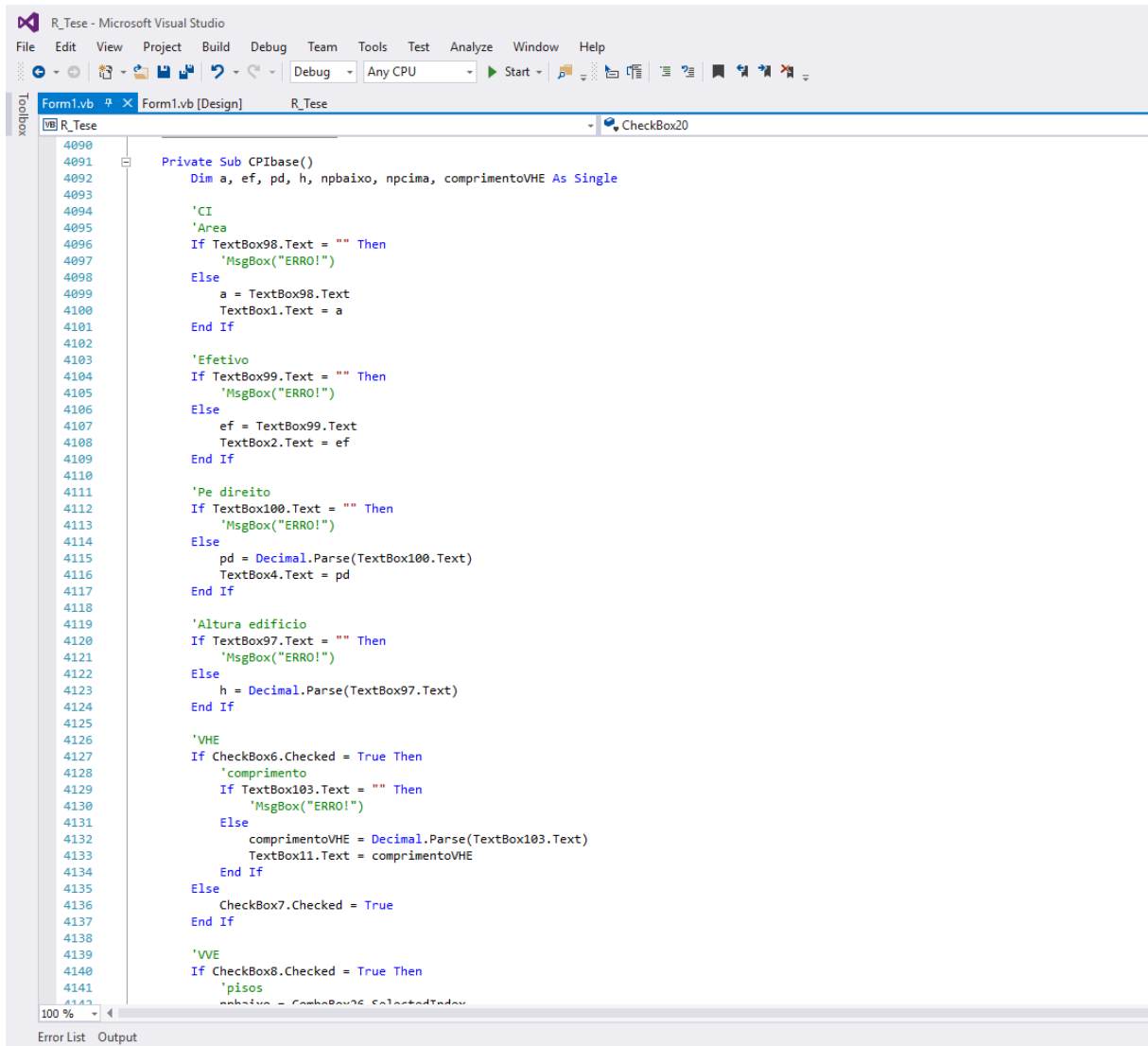
```
1868 'INICIO GP
1869 Function calculateGP()
1870 Dim flag As Integer = 0
1871 Dim GP As Single
1872 Dim numbers = {1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512}
1873
1874 'Trajeto > 10km
1875 If CheckBox40.Checked Then
1876     flag = flag + numbers(0)
1877 End If
1878 'Inferior 10min
1879 If RadioButton68.Checked Then
1880     flag = flag + numbers(1)
1881 End If
1882 '10 a 20min
1883 If RadioButton67.Checked Then
1884     flag = flag + numbers(2)
1885 End If
1886 'Superior a 20min
1887 If RadioButton66.Checked Then
1888     flag = flag + numbers(3)
1889 End If
1890 'NAo precisa det. LR
1891 If ComboBox12.SelectedIndex = 0 Then
1892     flag = flag + numbers(4)
1893 End If
1894 'Detecao e alerta automaticos
1895 If ComboBox12.SelectedIndex = 1 Then
1896     flag = flag + numbers(5)
1897 End If
1898 'Detecao e alerta manuais
1899 If ComboBox12.SelectedIndex = 2 Then
1900     flag = flag + numbers(6)
1901 End If
1902 'Ausencia de detecao
1903 If ComboBox12.SelectedIndex = 3 Then
1904     flag = flag + numbers(7)
1905 End If
1906
1907 Select Case flag
1908     Case 34
1909         GP = 0.8
1910     Case 36, 35
1911         GP = 0.9
1912     Case 18, 66, 40, 37
1913         GP = 1.0
1914     Case 20, 68, 19, 67, 41
1915         GP = 1.1
1916     Case 24, 72, 130, 21, 69
1917         GP = 1.2
1918     Case 132, 131, 25, 73
1919         GP = 1.3
1920     Case 136, 133
```

Fig. B. 2 - Excerto da função que permite o calculo do fator parcial GP



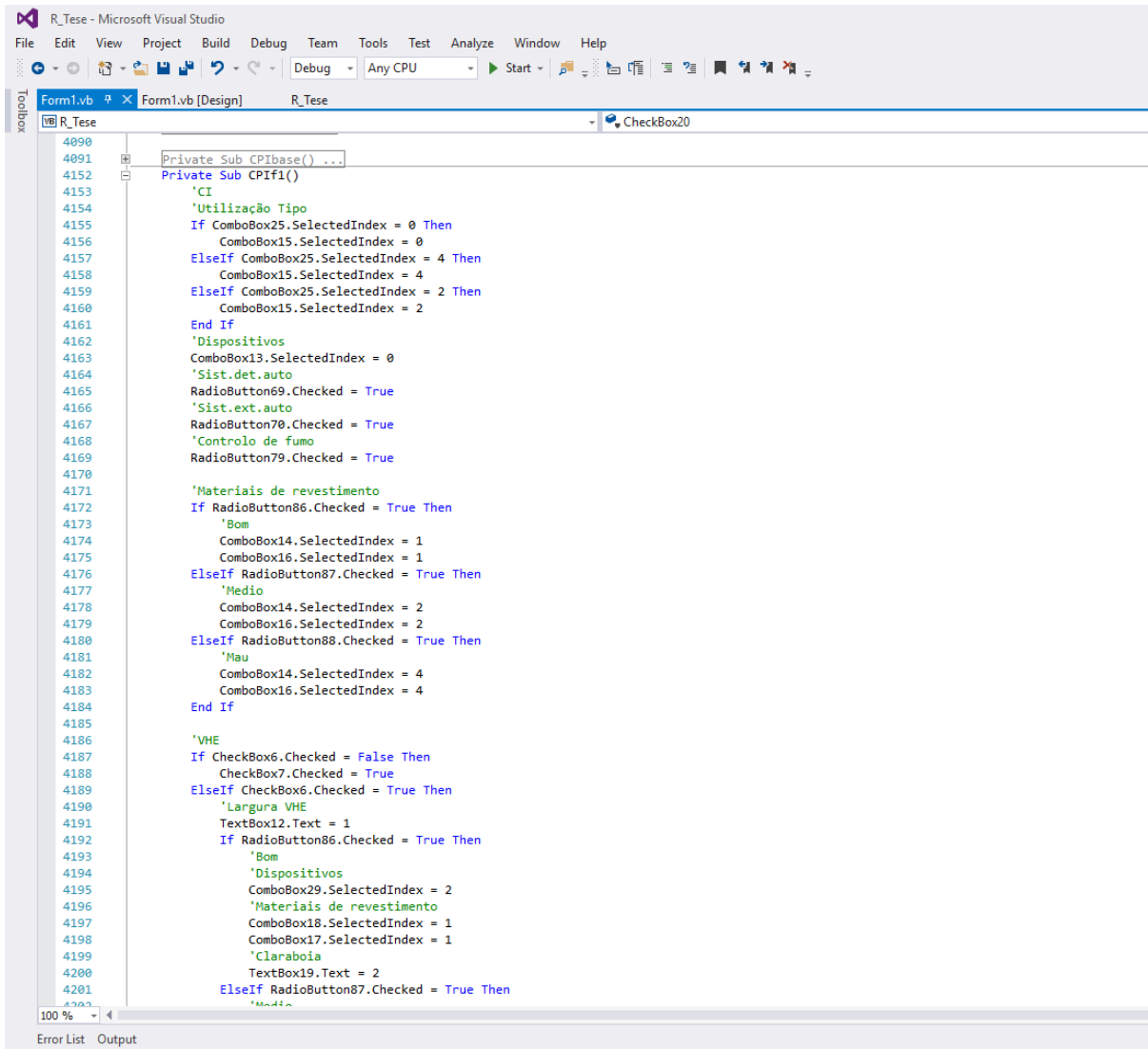
```
2639 Label1141.Text = "tdetCI = " + Str(FormatNumber(tdetCI, 2)) + " s"
2640
2641 'Sistema extincão automática
2642 If RadioButton70.Checked Then
2643     tlim1 = 3 * (10 * Qlim) ^ 0.5
2644 End If
2645 If RadioButton71.Checked Then
2646     tat = 0.104915873439 * talfa * z ^ (5 / 4)
2647     If tat > talfa Then
2648         tat = tdetCI
2649     End If
2650     Qat = 10 ^ 3 * (tat / talfa) ^ 2
2651     tlim1 = 434.78260869565 * (Math.Log(Qlim / Qat) + 0.0023 * tat)
2652 End If
2653 Label1142.Text = "tlim = " + Str(FormatNumber(tlim1, 2)) + " s"
2654
2655 'Numeros de saídas
2656 If ef >= 1 And ef <= 50 Then
2657     sa = 1
2658 ElseIf ef > 50 And ef <= 1500 Then
2659     sa = Math.Ceiling(ef / 500) + 1
2660 ElseIf ef > 1500 And ef <= 3000 Then
2661     sa = Math.Ceiling(ef / 500)
2662 ElseIf ef > 3000
2663     sa = 6
2664 End If
2665 Label1181.Text = "sa = " + Str(FormatNumber(sa, 2))
2666
2667 'Numeros de up's
2668 If ef >= 1 And ef <= 50 Then
2669     up = 1
2670 ElseIf ef > 50 And ef <= 500 Then
2671     up = Math.Ceiling(ef / 100) + 1
2672 ElseIf ef > 500 Then
2673     up = Math.Ceiling(ef / 100)
2674 End If
2675 Label1182.Text = "up = " + Str(FormatNumber(up, 0))
2676
2677 'Largura saídas
2678 If up = 1 Then
2679     ls = 0.9
2680 ElseIf up = 2 Then
2681     ls = 1.4
2682 ElseIf up = 3
2683     ls = 1.8
2684 ElseIf up > 3
2685     ls = up * 0.6
2686 End If
2687 Label1144.Text = "ls = " + Str(FormatNumber(ls, 2)) + " m"
2688
2689 'Distancia saída
2690 If sa = 1 Then
2691     dsa = 3000 / 0.5 + 1000 / 0.5
```

Fig. B. 3 - Excerto da função que permite o cálculo do fator parcial CPI



```
4090 Private Sub CPIbase()  
4091 Dim a, ef, pd, h, npbaixo, npcima, comprimentoVHE As Single  
4092  
4093 'CI  
4094 'Area  
4095 If TextBox98.Text = "" Then  
4096     MsgBox("ERRO!")  
4097 Else  
4098     a = TextBox98.Text  
4099     TextBox1.Text = a  
4100 End If  
4101  
4102 'Efetivo  
4103 If TextBox99.Text = "" Then  
4104     MsgBox("ERRO!")  
4105 Else  
4106     ef = TextBox99.Text  
4107     TextBox2.Text = ef  
4108 End If  
4109  
4110 'Pe direito  
4111 If TextBox100.Text = "" Then  
4112     MsgBox("ERRO!")  
4113 Else  
4114     pd = Decimal.Parse(TextBox100.Text)  
4115     TextBox4.Text = pd  
4116 End If  
4117  
4118 'Altura edificio  
4119 If TextBox97.Text = "" Then  
4120     MsgBox("ERRO!")  
4121 Else  
4122     h = Decimal.Parse(TextBox97.Text)  
4123 End If  
4124  
4125 'VHE  
4126 If CheckBox6.Checked = True Then  
4127     'comprimento  
4128     If TextBox103.Text = "" Then  
4129         MsgBox("ERRO!")  
4130     Else  
4131         comprimentoVHE = Decimal.Parse(TextBox103.Text)  
4132         TextBox11.Text = comprimentoVHE  
4133     End If  
4134 Else  
4135     CheckBox7.Checked = True  
4136 End If  
4137  
4138 'VE  
4139 If CheckBox8.Checked = True Then  
4140     'pisos  
4141     npbaixo = ComboBox26.SelectedIndex
```

Fig. B. 4 - Excerto da função CPI base para os casos tipo geral



```
4090
4091 Private Sub CPIbase() ...
4152 Private Sub CPIf1()
4153     'CI
4154     'Utilização Tipo
4155     If ComboBox25.SelectedIndex = 0 Then
4156         ComboBox15.SelectedIndex = 0
4157     ElseIf ComboBox25.SelectedIndex = 4 Then
4158         ComboBox15.SelectedIndex = 4
4159     ElseIf ComboBox25.SelectedIndex = 2 Then
4160         ComboBox15.SelectedIndex = 2
4161     End If
4162     'Dispositivos
4163     ComboBox13.SelectedIndex = 0
4164     'Sist.det.auto
4165     RadioButton69.Checked = True
4166     'Sist.ext.auto
4167     RadioButton70.Checked = True
4168     'Controlo de fumo
4169     RadioButton79.Checked = True
4170
4171     'Materiais de revestimento
4172     If RadioButton86.Checked = True Then
4173         'Bom
4174         ComboBox14.SelectedIndex = 1
4175         ComboBox16.SelectedIndex = 1
4176     ElseIf RadioButton87.Checked = True Then
4177         'Medio
4178         ComboBox14.SelectedIndex = 2
4179         ComboBox16.SelectedIndex = 2
4180     ElseIf RadioButton88.Checked = True Then
4181         'Mau
4182         ComboBox14.SelectedIndex = 4
4183         ComboBox16.SelectedIndex = 4
4184     End If
4185
4186     'VHE
4187     If CheckBox6.Checked = False Then
4188         CheckBox7.Checked = True
4189     ElseIf CheckBox6.Checked = True Then
4190         'Largura VHE
4191         TextBox12.Text = 1
4192         If RadioButton86.Checked = True Then
4193             'Bom
4194             'Dispositivos
4195             ComboBox29.SelectedIndex = 2
4196             'Materiais de revestimento
4197             ComboBox18.SelectedIndex = 1
4198             ComboBox17.SelectedIndex = 1
4199             'ClaraBoia
4200             TextBox19.Text = 2
4201         ElseIf RadioButton87.Checked = True Then
4202             'Mau
```

Fig. B. 5 - Excerto da função CPI para os casos tipo A1

```

11238 'Funcao calcular RI metodo 2 - B2IndMed
11239 Private Sub calculaRI(B2IndMed)
11240     If ComboBox25.SelectedIndex = 10 Then
11241         If TextBox98.Text = "" Then
11242             MsgBox("ERRO")
11243
11244             'Area < 100
11245             ElseIf TextBox98.Text <= 100
11246
11247                 'CTI sem nada
11248                 If ComboBox27.SelectedIndex = 0 Then
11249
11250                     'Medio estado de conservacao
11251                     If RadioButton87.Checked = True Then
11252
11253                         'Acesso possivel
11254                         If RadioButton95.Checked = True Then
11255
11256                             'Hidrante < 30m
11257                             If RadioButton92.Checked = True Then
11258                                 POIB2f5()
11259                                 DPIB2f2()
11260                                 ESCIB2f2()
11261                                 CPIbase()
11262                                 CPIB1f2()
11263                             'Hidrante > 30m
11264                             ElseIf RadioButton91.Checked = True Then
11265                                 POIB2f5()
11266                                 DPIB2f2()
11267                                 ESCIB2f2()
11268                                 CPIbase()
11269                                 CPIB1f2()
11270                             'Nao existe hidrante
11271                             ElseIf RadioButton90.Checked = True Then
11272                                 POIB2f5()
11273                                 DPIB2f2()
11274                                 ESCIB2f2()
11275                                 CPIbase()
11276                                 CPIB1f2()
11277                             End If
11278
11279                             'Acesso a VLICI
11280                             ElseIf RadioButton94.Checked = True Then
11281
11282                                 'Hidrante < 30m
11283                                 If RadioButton92.Checked = True Then
11284                                     POIB2f5()
11285                                     DPIB2f2()
11286                                     ESCIB2f2()
11287                                     CPIbase()
11288                                     CPIB1f2()
11289                                 'Hidrante > 30m
11290                                 ElseIf RadioButton91.Checked = True Then

```

Fig. B. 6 - Excerto da árvore de execuções dos casos tipo B2

```
12197 '-----
12198
12199 'Intervenções
12200 'Intervenções Ativas
12201 Private Sub RICInterva() ...
12384
12385 'Botão Reset Intervenções
12386 Private Sub Button120 Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button120.Click ...
12396
12397 'Reset checkboxes
12398 Private Sub resetcheck() ...
12408
12409 'Sinalização enable Iluminação
12410 Private Sub CheckBox41 CheckedChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles CheckBox41.CheckedChanged ...
12418
12419 'Iluminação enable Detecção
12420 Private Sub CheckBox42 CheckedChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles CheckBox42.CheckedChanged ...
12428
12429 'Detecção disable
12430 Private Sub CheckBox44 CheckedChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles CheckBox44.CheckedChanged ...
12438
12439 'Enable ductos
12440 Private Sub CheckBox67 CheckedChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles CheckBox67.CheckedChanged ...
12448
12449 'Disable Intervenções ativas
12450 Private Sub disableintervp() ...
12562
12563 'Intervenções Passivas
12564 Private Sub RICIntervp() ...
12679
12680 'Disable Intervenções passivas
12681 Private Sub disableinterva() ...
12792
12793 'Conjuntos de intervenções - visíveis
12794 Private Sub conjuntosvis() ...
12820
12821 'Conjunto medidas - botão 1
12822 Private Sub Button61 Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button61.Click ...
12945
12946 'Conjunto medidas - botão 2
12947 Private Sub Button62 Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button62.Click ...
13055
13056 'Conjunto medidas - botão 3
13057 Private Sub Button63 Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button63.Click ...
13144
13145 'Conjunto medidas - botão 4
13146 Private Sub Button64 Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button64.Click ...
13168
13169 'Conjunto medidas - botão 5
13170 Private Sub Button65 Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button65.Click ...
13192
13193 'Conjunto medidas - botão 6
13194 Private Sub Button66 Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button66.Click ...
13233
13234 'Custos Intervenções
13235 Private Sub costs() ...
13340
13341 'Mudar botões medidas
```

Fig. B. 7 Excerto de algumas funções do código em modo reduzido

## **Anexo C**

### **Suporte Papel:**

RESULTADOS CASOS DE ESTUDO

### **Suporte Informático:**

## INTRODUÇÃO DE DADOS E RESULTADOS DOS CASOS DE ESTUDO

### EDIFÍCIO 2

The screenshot shows the 'Cálculo do Risco de Incêndio' software interface with the following data input fields:

- Idade do edifício:** 1951 - 1967
- Utilização do edifício:** Habitação
- Altura do edifício [m]:** 6
- Estado conservação do edifício:** Médio
- Distância do Hidrante ao edifício:** < 30m
- Acesso às viaturas dos bombeiros:** Acesso a VLCI
- Cenário de Incêndio:**
  - Área [m<sup>2</sup>]: 53,54
  - Efetivo: 4
  - Pé direito [m<sup>2</sup>]: 3
  - Dispositivos: (dropdown menu)
- Edifício tem VHE:** (checkbox, unchecked)
- Edifício tem VVE:** (checkbox, checked)
  - Andar do CI: 1.º Andar

Buttons: Reset, Calcular RI

Fig. C. 1 – Introdução de dados do Edifício 2

The screenshot shows the results of the fire risk calculation for 'Edifício 2'. The interface displays the following partial factors and their values:

POI	CTI	DPI	ESCI
CC: 1,40	CI: 1,09	REIC: 1,40	GP: 1,20
IEE: 1,30	VHE: 0,00	EI: 0,00	SID: 0,00
IA: 1,35	WE: 1,14	AV: 1,20	AE: 1,20
ICONFA: 1,40		PE: 1,10	HE: 1,00
ICONSA: 1,10		OGS: 1,20	EXT: 0,00
IVCA: 1,20			RIA: 0,00
ILGC: 1,20			CPB: 0,00
EF: 1,10			
FA: 1,00			
EA: 1,30			
PPP: 1,20			
ATIV: 1,00			
<b>POI: 1,21</b>	<b>CTI: 1,11</b>	<b>DPI: 1,23</b>	<b>ESCI: 1,13</b>

**Risco de Incêndio**  
Risco de Incêndio Aceitável = 1,20

**1,58 E**

Buttons: Voltar, Intervenções

Fig. C. 2 – Resultados dos fatores parciais e RI do Edifício 2

EDIFÍCIO 3

**Cálculo do Risco de Incêndio**

Idade do edifício: 1951 - 1967

Utilização do edifício: Habitação

Altura do edifício [m]: 6

Estado conservação do edifício:  Médio

Distância do Hidrante ao edifício:  < 30m

Cenário de Incêndio: Área [m<sup>2</sup>]: 114,68; Efetivo: 5; Pé direito [m]: 3; Dispositivos: [ ]

Edifício tem VHE

Edifício tem VVE

Reset

Calcular RI

Fig. C. 3 – Introdução de dados do Edifício 3

**Cálculo do Risco de Incêndio**

**Intervenções Ativas**

- 1. Extintores
- 2. Sinalização nas zonas comuns
- 3. Iluminação nas zonas comuns
- 4a. Detecção dentro das frações com média fiabilidade
- 4b. Detecção dentro das frações com grande fiabilidade
- 5. Detecção nas zonas comuns
- 6. OGS - Plano prevenção + Formação
- 7. Controlo de fumo
- 8. Rede de intervenção armada
- 9. Hidrantes exteriores < 30m
- 10. Controlo de fumo - CI
- 11. Sinalização e iluminação - CI
- 12. Sprinklers - CI
- 13. OGS - Plano emergência + Simulacro
- 14. Redução do estacionamento condicionado pela Câmara

**Intervenções Passivas**

- 15. Redução infiltrações
- 16. Pinturas e acabamentos nos CHE e CVE
- 17. Revisão da instalação elétrica
- 18. Revisão da instalação gás
- 19. Revisão da instalação AVAC
- 20a. Revisão pequena da instalação aquecimento
- 20b. Revisão grande da instalação aquecimento - Central térmica
- 21. Revisão da instalação de confeção e conservação alimentos
- 22. Compartimentação - Portas Corta Fogo no CI
- 23. Proteção dos vãos para edifícios fronteiros
- 24. Proteção cobertura e empena para edifícios vizinhos
- 25. Compartimentação - Enclausuramento ox escadas
- 26. Selagem dos ductos piso a piso
- 27. Compartimentação - RF lajes
- 28. Acesso à cave por acesso distinto do resto do edifício ou proteção porta CF ou CCF
- 29. Instalação ou reparação de escadas de salvação

Conjunto de medidas de intervenção para redução do risco de incêndio

Conjunto I | Conjunto II | Conjunto III | Conjunto IV | Conjunto V | Conjunto VI

**Risco de Incêndio**

Risco de Incêndio Aceitável = 1,20

**1,43 D**

**Risco de Incêndio Intervencionado**

**1,08 B**

Custo: 95 €/m<sup>2</sup>

Voltar | Calcular RI c/intervenções

Fig. C. 4 – Resultado do RI, Intervenções selecionada e RI Intervencionado do Edifício 3

EDIFÍCIO 4

The screenshot shows the 'Cálculo do Risco de Incêndio' software interface with the following input fields and values:

- Idade do edifício:** 1991 - 2008
- Utilização do edifício:** Habitação
- Altura do edifício [m]:** 6
- Estado conservação do edifício:** Bom
- Distância do Hidrante ao edifício:** < 30m
- Acesso às viaturas dos bombeiros:** Acesso a VLCl
- Cenário de Incêndio:**
  - Área [m<sup>2</sup>]: 118,24
  - Efetivo: 2
  - Pé direito [m<sup>2</sup>]: 3
  - Dispositivos: (dropdown menu)
- Edifício tem VHE:** (checkbox unchecked)
- Edifício tem VVE:** (checkbox checked)
  - Andar do Cl: 1.º Andar

Buttons at the bottom right: Reset, Calcular RI.

Fig. C. 5 – Introdução de dados do Edifício 4

The screenshot shows the 'Cálculo do Risco de Incêndio' software interface displaying the results of the risk calculation. The partial risk factors (RI) are:

- POI:** 1.05
- CTI:** 0.93
- DPI:** 1.08
- ESCI:** 1.05

The final result is displayed as:

**Risco de Incêndio**  
Risco de Incêndio Aceitável = 1,05  
**1,04 B+**

Buttons at the bottom right: Voltar, Intervenções.

Fig. C. 6 – Resultados dos fatores parciais e RI do Edifício 4

EDIFÍCIO 5

The screenshot shows the 'Cálculo do Risco de Incêndio' software interface with the following input fields and values:

- Idade do edifício: 1951 - 1967
- Utilização do edifício: Comercial
- Altura do edifício [m]: 6
- Estado conservação do edifício: Médio
- Distância do Hidrante ao edifício: < 30m
- Acesso às viaturas dos bombeiros: Acesso a VLCl
- Cenário de Incêndio:
  - Área [m<sup>2</sup>]: 107.71
  - Efetivo: 22
  - Pé direito [m<sup>2</sup>]: 6
  - Dispositivos: CTI sem nada
- Edifício tem VHE: Não
- Edifício tem VVE: Não

Buttons: Reset, Calcular RI

Fig. C. 7 – Introdução de dados do Edifício 5

The screenshot shows the results of the fire risk calculation for Building 5. The interface displays the following partial factors (POI, CTI, DPI, ESCI) and their values:

POI	CTI	DPI	ESCI
CC: 1,10	CI: 1,31	REIC: 1,20	GP: 1,20
IEE: 1,10	VHE: 0,00	EI: 1,20	SID: 0,00
IA: 1,25	VVE: 0,00	AV: 1,00	AE: 1,20
ICONFA: 0,00		PE: 1,10	HE: 1,00
ICONSA: 0,00		OGS: 1,10	EXT: 1,10
IVCA: 1,20			RIA: 0,00
ILGC: 1,20			CPB: 0,00
EF: 1,10			
FA: 0,00			
EA: 1,20			
PPP: 1,20			
ATIV: 1,20			
<b>POI: 1,17</b>	<b>CTI: 1,31</b>	<b>DPI: 1,12</b>	<b>ESCI: 1,13</b>

**Risco de Incêndio**  
Risco de Incêndio Aceitável = 1,20

**1,72 F**

Buttons: Voltar, Intervenções

Fig. C. 8 – Resultados dos fatores parciais e RI do Edifício 5

EDIFÍCIO 6

The screenshot shows the 'Cálculo do Risco de Incêndio' software interface with the following input fields and values:

- Idade do edifício:** 1951 - 1967
- Utilização do edifício:** Habitação
- Altura do edifício [m]:** 6
- Estado conservação do edifício:** Mau
- Distância do Hidrante ao edifício:** < 30m
- Acesso às viaturas dos bombeiros:** Acesso a VLCl
- Cenário de Incêndio:**
  - Área [m<sup>2</sup>]: 55,97
  - Efetivo: 1
  - Pé direito [m]: 3
  - Dispositivos: (dropdown menu)
- Edifício tem VHE:** (checkbox unchecked)
- Edifício tem VVE:** (checkbox checked)
  - Andar do Cl: 1º Andar

Buttons: Reset, Calcular RI

Fig. C. 9 – Introdução de dados do Edifício 6

The screenshot shows the 'Cálculo do Risco de Incêndio' software interface displaying the following partial risk factors (RI) and their values:

- POI:** 1,37
- CTI:** 1,16
- DPI:** 1,28
- ESCI:** 1,13

The final result is displayed as: **Risco de Incêndio**  
Risco de Incêndio Aceitável = 1,20  
**1,91 F**

Buttons: Voltar, Intervenções

Fig. C. 10 – Resultados dos fatores parciais e RI do Edifício 6

EDIFÍCIO 7

**Cálculo do Risco de Incêndio**

Idade do edifício: 1951 - 1967

Utilização do edifício: Armazém

Altura do edifício [m]: 12

Estado conservação do edifício: Bom, Médio, Mau (selecção)

Distância do Hidrante ao edifício: < 30m (selecção)

Acesso às viaturas dos bombeiros: Acesso possível, Acesso a VLCI (selecção), Sem acesso

Cenário de Incêndio: Área [m2]: 30, Efetivo: 6, Pé direito [m2]: 12, Dispositivos: [selecção]

Edifício tem VHE: [checkbox], VHE Comprimento VHE [m]: [input]

Edifício tem VVE: [checkbox], VVE Andar do CI: [selecção]

Reset, Calcular RI

Fig. C. 11 – Introdução de dados do Edifício 7

**Cálculo do Risco de Incêndio**

POI: CC (1.70), IEE (1.40), IA (0.00), ICONFA (0.00), ICONSA (0.00), IVCA (0.00), ILGC (1.40), EF (1.10), FA (0.00), EA (1.10), PPP (1.20), ATIV (1.40). Total: 1.33

CTI: CI (1.25), VHE (0.00), VVE (0.00). Total: 1.25

DPI: REIC (1.50), EI (1.40), AV (1.20), PE (1.20), OGS (0.00). Total: 1.33

ESCI: GP (1.20), SID (0.00), AE (1.20), HE (1.00), EXT (1.10), RIA (0.00), CPB (0.00). Total: 1.13

Risco de Incêndio: Risco de Incêndio Aceitável = 1,20

**2,03 F**

Voltar, Intervenções

Fig. C. 12 – Resultados dos fatores parciais e RI do Edifício 7

EDIFÍCIO 8

Fig. C. 13 – Introdução de dados do Edifício 8

Fig. C. 14 – Resultado do RI, Intervenções selecionada e RI Intervencionado do Edifício 8

EDIFÍCIO 9

Fig. C. 15 – Introdução de dados do Edifício 9

Fig. C. 16 - – Resultado do RI, Intervenções selecionada e RI Intervencionado do Edifício 9

EDIFÍCIO 10

The screenshot shows the 'Cálculo do Risco de Incêndio' application with the following data entered:

- Idade do edifício:** 1951 - 1967
- Utilização do edifício:** Habitação
- Altura do edifício [m]:** 12
- Estado conservação do edifício:** Mau
- Distância do Hidrante ao edifício:** < 30m
- Acesso às viaturas dos bombeiros:** Acesso a VLCl
- Cenário de Incêndio:**
  - Área [m<sup>2</sup>]: 50,32
  - Efetivo: 1
  - Pé direito [m<sup>2</sup>]: 3
  - Dispositivos: (dropdown menu)
- Edifício tem VHE:** Não
- Edifício tem VVE:** Sim
  - Andar do CI: 3.º Andar

Buttons for 'Reset' and 'Calcular RI' are visible at the bottom right.

Fig. C. 17 – Introdução de dados do Edifício 10

The screenshot shows the results of the risk calculation for Edifício 10:

- Risco de Incêndio:** Risco de Incêndio Aceitável = 1,20
- Resultado:** 1,96 F
- Risco de Incêndio Intervencionado:** 1,12 B-
- Custo:** 139 €/m<sup>2</sup>

Below the results, there are two columns of interventions:

- Intervenções Ativas:**
  - 1. Extintores
  - 2. Sinalização nas zonas comuns
  - 3. Iluminação nas zonas comuns
  - 4a. Detecção dentro das frações com média fiabilidade
  - 4b. Detecção dentro das frações com grande fiabilidade
  - 5. Detecção nas zonas comuns
  - 6. OGS - Plano prevenção + Formação
  - 7. Controlo de fumo
  - 8. Rede de intervenção armada
  - 9. Hidrantes exteriores < 30m
  - 10. Controlo de fumo - CI
  - 11. Sinalização e iluminação - CI
  - 12. Sprinklers - CI
  - 13. OGS - Plano emergência + Simulacro
  - 14. Redução do estacionamento condicionado pela Camara
- Intervenções Passivas:**
  - 15. Redução infiltrações
  - 16. Pinturas e acabamentos nos CHÉ e CVE
  - 17. Revisão da instalação elétrica
  - 18. Revisão da instalação gás
  - 19. Revisão da instalação AVAC
  - 20a. Revisão pequena de instalação aquecimento
  - 20b. Revisão grande de instalação aquecimento - Central térmica
  - 21. Revisão da instalação de conservação e conservação alimentos
  - 22. Compartimentação - Portas Corta Fogo no CI
  - 23. Proteção dos vãos para edifícios fronteiros
  - 24. Proteção cobertura e empena para edifícios vizinhos
  - 25. Compartimentação - Enclausuramento cx escadas
  - 26. Selagem dos ductos piso a piso
  - 27. Compartimentação - RF lajes
  - 28. Acesso à cave por acesso distinto do resto do edifício ou proteção porta CF ou CCF
  - 29. Instalação ou reparação de escadas de salvação

At the bottom, there are buttons for 'Conjunto I' through 'Conjunto VI', with 'Conjunto III' selected. There are also 'Voltar' and 'Calcular RI c/intervenções' buttons.

Fig. C. 18 – Resultado do RI, Intervenções selecionada e RI Intervencionado do Edifício 10

