

# **Controlo de Fumos no Edifício de Ampliação do Hospital CUF Descobertas em Lisboa**

Relatório de Estágio apresentado para a obtenção do grau de Mestre em  
Engenharia Mecânica – Especialização em Projecto, Instalação e  
Manutenção de Sistemas Térmicos

**Autor**

**Juliana Gonçalves Marques Loureiro**

**Orientador**

**Prof. Adj. António Manuel de Morais Grade**

Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

**Supervisor**

**Eng.º Paulo Festas**

Climacer, Lda.

**Coimbra, maio, 2018**







## **AGRADECIMENTOS**

Ao longo da realização deste trabalho, foi-me permitido conhecer, colaborar e aprender com várias pessoas e instituições a quem não poderia passar sem deixar a minha palavra de apreço e agradecimento.

Ao Prof. Adj. António Grade, agradeço a colaboração e a disponibilidade para me orientar neste caminho.

À Climacer, Lda., à sua gerência e colaboradores, o meu mais sincero agradecimento pela oportunidade não só de realização do estágio curricular, como também, pela possibilidade de privar com pessoas com excelente carácter e com uma incrível capacidade de partilhar o seu conhecimento.

Um especial obrigado ao Eng.º Paulo Festas, COO da Climacer, Lda., pela orientação, pelos ensinamentos transmitidos, pela disponibilidade para ajudar e por todo o acompanhamento no decorrer do estágio.

Ao Eng.º Rui Madureira agradeço a disponibilidade para leitura e pela sua opinião crítica que me ajudou na parte mais técnica da realização deste trabalho.

A toda a minha família, mãe, irmã, irmão e em especial ao meu pai, pelo apoio e pela oportunidade e incentivo para a realização deste Mestrado.

Ao meu namorado pelo apoio incondicional não só a nível emocional como a nível técnico.



## RESUMO

O controlo de fumos e gases tóxicos provenientes de um fenómeno de incêndio é de extrema importância em edifícios, de forma a garantir a segurança e a possibilidade de proceder à evacuação do edifício com êxito.

Como estratégias para este controlo é utilizada a desenfumagem e a sobrepressão de um local relativamente aos que lhe são adjacentes.

O objecto de estudo deste relatório é o controlo de fumos e gases tóxicos no novo edifício de ampliação do Hospital CUF Descobertas em Lisboa.

Como tal, será efectuada uma análise do sistema de desenfumagem dos pisos subterrâneos, parques de estacionamento e do sistema de sobrepressão das vias de evacuação horizontais e verticais.

**Palavras-Chave:** AVAC, desenfumagem, sobrepressão.



## **ABSTRACT**

The control of smoke and toxic gases generated by a fire incident is extremely important in buildings, in order to guarantee the safety and the possibility evacuate the building successfully.

The smoke extraction and pressurized enclosures strategies are used for this control.

The study object of this report is the control of smoke and toxic gases in the new building of Hospital CUF Descobertas in Lisbon.

Therefore, an analysis of the smoke extraction system of underground floors, car parks, and overpressure system of the horizontal and vertical escape routes will be carried out.

**Key-Words:** HVAC, smoke extraction, overpressure.



---

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. Enquadramento do Tema.....	1
1.2. Principais Objectivos.....	2
1.3. Organização do Relatório .....	2
<b>2. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA.....</b>	<b>3</b>
<b>3. ACTIVIDADES DESENVOLVIDAS NO ESTÁGIO CURRICULAR.....</b>	<b>5</b>
<b>4. CONTROLO DE FUMOS E GASES TÓXICOS EM EDIFÍCIOS .....</b>	<b>7</b>
4.1. Definições.....	7
4.2. Legislação.....	8
4.2.1. Decreto-Lei N.º 220/2008 de 12 de Novembro .....	9
4.2.2. Decreto-Lei n.º 224/2015 de 09 de Outubro .....	9
4.2.3. Portaria n.º 1532/2008 de 29 de Dezembro .....	10
4.2.4. BS 7346 .....	11
4.2.5. NP 4540 .....	11
4.3. Princípios Gerais do Movimento de Fumos .....	11
4.3.1. Impulsão .....	11
4.3.2. Efeito Chaminé .....	13
4.3.3. Efeito de Expansão Térmica .....	14
4.3.4. Efeito da Acção do Vento.....	14
4.4. Meios de Controlo de Fumos.....	15
4.4.1. Controlo por Meios Naturais .....	16
4.4.2. Controlo por Meios Mecânicos.....	17
4.5. Controlo em Vias de Evacuação Horizontais .....	18
4.5.1. Controlo por Desenfumagem Passiva .....	19
4.5.2. Controlo por Meios Mecânicos - Desenfumagem Activa.....	21
4.5.3. Controlo por Meios Mecânicos - Sobrepressão .....	22
4.6. Controlo em Vias de Evacuação Verticais .....	22
4.6.1. Controlo de Fumos por Meios Naturais .....	23
4.6.2. Controlo de Fumos por Meios Mecânicos .....	24

---

<b>5. SISTEMA DE DESENFUMAGEM DO HOSPITAL CUF DESCOBERTAS (EXPANSÃO)</b> .....	<b>27</b>
5.1. Vias de Evacuação Verticais.....	29
5.2. Vias de Evacuação Horizontais .....	34
5.3. Parques de Estacionamento Cobertos .....	37
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E PROPOSTAS DE MELHORIA</b> .....	<b>41</b>
6.1. Vias de Evacuação Verticais.....	41
6.2. Vias de Evacuação Horizontais .....	48
6.3. Parques de Estacionamento Cobertos .....	53
<b>7. CONCLUSÃO</b> .....	<b>55</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>57</b>
<b>9. ANEXOS</b> .....	<b>59</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Fachada da empresa Climacer Lda. em Trouxemil .....	3
Figura 4.1. Exemplo de Efeito Chaminé (CST,2013).....	13
Figura 4.2. Exdutores de fumos (Tria) .....	16
Figura 4.3. Solução recomendada para edifícios de altura não superior a 20 m. ....	19
Figura 4.4. Solução recomendada para edifícios de altura superior a 20 e inferior a 28 m. ....	20
Figura 4.5. Distâncias mínimas entre aberturas de admissão de ar e extracção de fumos – corte longitudinal. ....	21
Figura 4.6. Controlo por meios naturais nas vias verticais com abertura permanente no topo.....	23
Figura 4.7. Controlo por meios naturais nas vias verticais com exutor no topo. ....	24
Figura 5.1. Localização, em planta, do edifício de expansão do HCD .....	27
Figura 5.2. Vista 3D do edifício de expansão do HCD .....	28
Figura 5.3. Esquema de Controlo de Fumos – HCD Expansão.....	29
Figura 5.4. Caixa de escada 1, em planta, do piso -5 – HCD Expansão .....	31
Figura 5.5. Caixa de escada 3, em planta, do piso -5 – HCD Expansão .....	32
Figura 5.6. Caixa de escada 2, em planta, do piso -5 – HCD Expansão.....	32
Figura 5.7. Caixa de escada 2, em planta, no piso 0 – HCD Expansão .....	33
Figura 5.8. Corredor C1OR-48, em planta, do piso -1 – HCD Expansão.....	35
Figura 5.9. Corredor OP-20, em planta, do piso 0 – HCD Expansão .....	37
Figura 5.10. VD-5.1, em planta, no piso -5 – HCD Expansão .....	39
Figura 5.11. VD-5.2, em planta, no piso -5 – HCD Expansão .....	39
Figura 5.12. Planta do piso -5 do HCD .....	40
Figura 6.1. Excerto de folha de cálculo para determinação da perda de carga linear no circuito para o VES01.1	42
Figura 6.2. Excerto de folha de cálculo para cálculo das perdas de carga localizadas e totais do VES01.1.....	42
Figura 6.3. Ábaco das grelhas NOVA-R da Systemair .....	43
Figura 6.4. Excerto de folha de cálculo para determinação da perda de carga linear no circuito para o VE1 .....	44
Figura 6.5. Ábaco das grelhas NOVA-A da Systemair .....	45
Figura 6.6. Excerto de folha de cálculo para cálculo das perdas de carga localizadas e totais do VE1 .....	45
Figura 6.7. Excerto de folha de cálculo para determinação da perda de carga linear no circuito para o VES02.1	46
Figura 6.8. Ábaco das grelhas NOVA-R da Systemair .....	47
Figura 6.9. Excerto de folha de cálculo para cálculo das perdas de carga localizadas e totais do VES02.1.....	47
Figura 6.10. Excerto de folha de cálculo para determinação da perda de carga linear no circuito para o VES-1 .	49
Figura 6.11. Ábaco das grelhas NOVA-A da Systemair .....	49
Figura 6.12. Excerto de folha de cálculo para cálculo das perdas de carga localizadas do VES-1 .....	50
Figura 6.13. Excerto de folha de cálculo para determinação da perda de carga linear no circuito para o EX-1....	50
Figura 6.14. Excerto de folha de cálculo para cálculo das perdas de carga localizadas e totais do EX-1 .....	51
Figura 6.15. Excerto de folha de cálculo para determinação da perda de carga linear no circuito para o VE-14..	52
Figura 6.16. Ábaco das grelhas NOVA-R da Systemair .....	52
Figura 6.17. Excerto de folha de cálculo para cálculo das perdas de carga localizadas do VE-14.....	53



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 5.1. Excerto de folha de cálculo para velocidade do ar nas grelhas NOVA-A .....	35
Tabela 6.1. Excerto de folha de cálculo para velocidade do ar nas grelhas NOVA-R .....	41
Tabela 6.2. Excerto de folha de cálculo para velocidade do ar nas grelhas NOVA-A .....	44
Tabela 6.3. Excerto de folha de cálculo para velocidade do ar nas grelhas NOVA-R .....	46
Tabela 6.4. Excerto de folha de cálculo para velocidade do ar nas grelhas NOVA-A .....	48
Tabela 6.5. Excerto de folha de cálculo para velocidade do ar nas grelhas NOVA-R .....	51



## SIMBOLOGIA

A – Área [ $\text{m}^2$ ]

F – Força [N]

$g$  – Aceleração da gravidade [ $\text{m/s}^2$ ]

h – Altura [m]

P – Pressão [Pa]

Q – Caudal [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

R – Constante do gás perfeito [J/kg.K]

T – Temperatura absoluta [K]

V – Volume [ $\text{m}^3$ ]

v – Velocidade [m/s]

$\rho$  – Massa volúmica do ar [ $\text{kg/m}^3$ ]

$\Delta T$  – Variação da temperatura [K]

$\Delta P$  – Variação da pressão [Pa]



## ABREVIATURAS

ANPC – Autoridade Nacional de Protecção Civil

AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

BS – British Standard

CDI – Central de Detecção de Incêndio

DL – Decreto-Lei

HCD – Hospital CUF Descobertas

IAPMEI – Instituto de Apoio às Pequenas e Médias Empresas e à Inovação

ISEC – Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

MEM – Mestrado em Engenharia Mecânica

NP – Norma Portuguesa

PAP – Pedido de Aprovação de Produtos

PIMST – Projecto, Instalação e Manutenção de Sistemas Térmicos

PME – Pequenas e Médias Empresas

QGBT – Quadro Geral de Baixa Tensão

RFI – Request For Information

SCIE – Segurança Contra Incêndio em Edifícios

TM – Trabalhos a Mais e a Menos

UP – Unidade de Passagem



# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Enquadramento do Tema

Um incêndio é uma ocorrência de fogo não controlado de elevado risco para o ser vivo e para as estruturas.

Existem quatro formas de propagação de incêndio:

- Condução, transporte de energia por contacto;
- Convecção, transporte de energia por movimentação de ar;
- Radiação, transporte de energia através de ondas electromagnéticas;
- Projecção de partículas inflamadas, deslocação de partículas incandescentes.

O risco de incêndio é classificado pelas normas de Protecção de Incêndios tendo em conta o tipo de edifício e as suas características e dependendo de vários factores, tais como:

- Ocupação: Quantidade e qualidade de pessoas;
- Composição: Construção do edifício, materiais, dimensões, etc.;
- Conteúdo: Materiais albergados no edifício, nível de inflamabilidade.

Com o objectivo de extinguir um incêndio existem quatro métodos de extinção:

- Arrefecimento ou redução da temperatura: Método mais utilizado. Consiste em eliminar o calor de forma a que a temperatura do combustível seja inferior à da combustão.
- Carência ou limitação do combustível: Diminuição da quantidade de material passível de se incendiar.
- Limitação do comburente: O principal comburente é o oxigénio. Impedimento do acesso do comburente à superfície do combustível por asfixia ou abafamento.
- Inibição ou rotura da reacção em cadeia: Consiste em impedir ou limitar a formação de radicais livres ou eliminá-los à medida que se formam.

A composição dos materiais combustíveis são o grande determinante da progressão de um incêndio, pelo fornecimento e concentração de oxigénio e pela temperatura de combustão resultante.

Durante a combustão são libertados fumos e gases tóxicos em grandes quantidades.

Para evitar que um edifício se encha de fumo em pouco tempo, são utilizados os sistemas de desenfumagem. Estes sistemas têm como principal objectivo garantir a segurança e a possibilidade de proceder à evacuação do edifício com êxito.

O ar atmosférico tem, em condições normais, uma percentagem volumétrica de 21% de oxigénio. Este oxigénio é consumido durante a combustão, provocando implicações sobre as pessoas.

A redução de visibilidade, provocada pela existência de fumos, influencia, de várias formas, o movimento das pessoas visto que reduz a velocidade de deslocação, aumenta a instabilidade emocional, interrompe o movimento e pode mesmo provocar pânico.

Também os gases tóxicos representam uma ameaça real à vida humana. Estes são os responsáveis directos pela maioria dos acidentes mortais durante os incêndios.

Posto isto, o controlo de fumos em edifícios e, particularmente, nas vias de evacuação, tanto verticais como horizontais, é de extrema importância de modo a garantir que a visibilidade, a concentração de gases tóxicos, os valores da temperatura e da radiação, não coloquem a segurança das pessoas em risco e permitam proceder à evacuação do edifício de forma eficaz.

O controlo de fumos pode ser feito por desenfumagem dos espaços e/ou por sobrepressão de locais relativamente a outros.

## **1.2. Principais Objectivos**

Este relatório é elaborado no âmbito do Estágio Curricular, do segundo ano do Mestrado em Engenharia Mecânica (MEM) – Especialização em Projecto, Instalação e Manutenção de Sistemas Térmicos (PIMST), do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC) realizado na empresa Climacer Lda.

Neste documento foi registado o trabalho desenvolvido no período do estágio, de Novembro de 2016 a Julho de 2017, focando especialmente o tema “Sistema de Desenfumagem do Edifício do Hospital CUF Descobertas – Ampliação – em Lisboa”.

O principal objectivo deste estágio curricular é permitir ao aluno uma integração progressiva e gradual no mercado de trabalho, neste caso na área de AVAC, permitindo assim o conhecimento do processo de funcionamento de uma empresa nesta área específica e a aplicação e aprofundamento dos conhecimentos teóricos adquiridos no primeiro ano do MEM – PIMST.

## **1.3. Organização do Relatório**

O presente relatório inicia-se com a apresentação da empresa onde decorreu o estágio curricular, bem como da descrição das actividades desenvolvidas no decorrer do referido estágio.

De seguida, é apresentada uma listagem de definições que têm como objectivo facilitar a leitura e a análise deste relatório.

Já com as definições sobre o tema presentes é abordada a principal regulamentação relativa a controlo de fumos e gases tóxicos em edifícios. A legislação completa é disponibilizada em anexo.

Posteriormente, numa abordagem teórica, são analisados os princípios gerais do movimento de fumos e descritos os processos e os meios de controlo. Por fim, será analisado pormenorizadamente, o sistema de desenfumagem presente no projecto de ampliação do edifício “Hospital CUF Descobertas” em Lisboa. Nas conclusões serão analisadas as soluções de projecto e possíveis alternativas, bem como propostas de melhoria.

## 2. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA



Figura 2.1. Fachada da empresa Climacer Lda. em Trouxemil

A Climacer, Lda. é uma empresa especializada em projecto, instalação e manutenção de sistemas AVAC, situada em Trouxemil, Coimbra.

Em **1990** inicia a sua actividade direccionada para a área de AVAC e canalizações.

Em **1993** muda as suas instalações para a Zona Industrial da Pedrulha, Coimbra e define novos objectivos de desenvolvimento de projecto, fabrico de condutas e empreitadas de maiores dimensões.

Em **2001** é considerada PME excelência de construção pelo IAPMEI.

Em **2006** constrói novas instalações em Trouxemil, onde se situa à data.

Em **2009** expande-se a nível técnico e obtém reconhecimento de PME Líder.

Em **2015** é adquirida por novos sócios e uma nova gerência que inicia uma nova fase de exploração e mercados.

Em **2016**, ano de início do presente estágio, ganha novas obras, de grandes dimensões e importância.

Em **2017**, ano de conclusão do presente estágio, a empresa conta com uma equipa de Engenharia de excelência, uma equipa técnica de alta qualidade, uma equipa administrativa de extrema competência e uma Administração bastante coesa. Todos juntos e em equipa conseguirão, de certo, dar um novo rumo à Climacer, Lda.



### 3. ACTIVIDADES DESENVOLVIDAS NO ESTÁGIO CURRICULAR

No âmbito do estágio curricular realizado na Climacer, foi possível passar por diversas fases.

Numa fase inicial, com o objectivo de integração no funcionamento da empresa, foram executadas actividades como a análise de catálogos, de projectos e a orçamentação de obras.

Sendo a orçamentação uma tarefa recorrente na empresa, esta foi desenvolvida em todo o decorrer do estágio, permitindo tomar conhecimento sobre diversas aplicações de AVAC, diversos produtos e também diversos clientes/fornecedores.

O processo da orçamentação está bastante bem organizado e regido. Os pedidos chegam aos superiores que tomam a decisão de se orçamentar ou não determinada obra. Caso seja tomada a decisão de orçamentar, o pedido é reencaminhado para os orçamentistas que se encarregam de analisar o processo e orçamentá-lo. Após a recepção de um pedido de orçamento, começamos por abrir os desenhos e os mapas de quantidades para nos inteirmos do processo. Colocamos o mapa de trabalhos num mapa da empresa onde fazemos a estimativa orçamental. Este mapa interno permite-nos trabalhar margens, preços de mão de obra, introduzir preços automaticamente e resumir toda a informação presente no processo por famílias de produtos e preços atribuídos. Concluído o orçamento, este passa novamente para os superiores que avaliam os trabalhos e aprovam o mesmo. Finalizado o processo, estamos em condições de apresentar a proposta ao cliente.

Com a adjudicação da grande obra que é a “Expansão do Hospital CUF Descobertas” à Climacer foi necessário envolver vários elementos neste processo. Como tal, foi-me dada a tarefa de “BackOffice” nesta obra.

Neste âmbito foram desenvolvidas as mais variadas tarefas, como:

- Execução de medições nas várias fases do projecto de AVAC: Contratual, Execução, Revisões;
- Elaboração de “PAP’s”, Pedidos de Aprovação de Produtos, a submeter à Fiscalização;
- Elaboração de mapas comparativos de produtos que permitissem uma análise directa de fase para fase;
- Análise de actas de reuniões de obra e planeamentos semanais;
- Orçamentação para fornecimento de equipamento;
- Mapas de encomendas de materiais;
- Elaboração de “RFI’s”, Request For Information, isto é, pedidos de esclarecimento;
- Análise de “Erros e Omissões” do projecto;
- Elaboração de procedimentos a executar em obra para submeter à aprovação da Fiscalização;
- Elaboração de “TM’s”, isto é, Trabalhos a Mais e a Menos, para apresentar ao Dono de Obra e proceder ao acerto de valores monetários.

Na fase final do estágio iniciei a análise ao sistema de desenfumagem desta obra com o objectivo principal de o analisar no presente relatório.



## 4. CONTROLO DE FUMOS E GASES TÓXICOS EM EDIFÍCIOS

### 4.1. Definições

Serão apresentados alguns conceitos gerais presentes na normalização e regulamentação de segurança contra incêndio (Coelho, 2010, Incêndios em Edifícios), para melhor perceber o tema abordado no presente relatório.

Abertura de cobertura: Abertura de comando manual ou automático, situada na cobertura de um edifício, com o objectivo de evacuar o calor e o fumo.

Abertura de fachada: Abertura de comando manual ou automático, situada na fachada de um edifício, com o objectivo de evacuar o calor ou fumo.

Antecâmara ventilada: Vestíbulo protegido, equipado com meios de ventilação ligados ao ar livre.

Caudal de fuga ( $m^3/s$ ): Caudal de fluido perdido através de fissuras, porosidade de materiais das condutas ou folgas de portas e janelas em sistemas activos de controlo de fumos.

Chamada de ar: Corrente de ar acelerada em direcção ao fogo, fornecendo ar à combustão.

Conduta de desenfumagem: Conduta que serve para a evacuação de fumo em caso de incêndio.

Desenfumagem ou Controlo de fumos: Meios e medidas para controlar a propagação de fumos e gases de combustão num edifício, durante um incêndio.

Desenfumagem mecânica: Controlo de fumos por meios mecânicos.

Desenfumagem natural: Controlo de fumos utilizando as correntes de convecção.

Extracção de fumos: Medidas tomadas para extrair os fumos e gases de um edifício.

Extractor/ Exaustor: Ventilador utilizado para extracção de fumos.

Exutor de fumos: Dispositivo instalado na cobertura de um edifício ou de um espaço e susceptível de abertura em caso de incêndio, permitindo a desenfumagem por meios naturais.

Estratificação de fumos: Acumulação de fumos em camadas num determinado compartimento. Causada pelos efeitos térmicos na ausência de turbulência.

Porta “corta-fumo”: Porta concebida para retardar a propagação de fumos num edifício, durante um incêndio.

Pressurização: Estabelecimento de uma diferença de pressão através de uma barreira para proteger uma escada, um vestíbulo, uma via de evacuação ou um compartimento de um edifício contra a penetração de fumos.

Registo de controlo de fumos: Dispositivo móvel de controlo de fumos aberto ou fechado na sua posição normal, de comando automático ou manual.

Sistema de desenfumagem ou controlo de fumos: Sistema constituído por aberturas de cobertura/fachada, extractores, dispositivos de comando, etc., permanentemente instalado num edifício, para a desenfumagem.

Tomada de ar: Abertura a partir da qual é fornecido ar fresco.

Unidade de Passagem (UP): Unidade teórica utilizada na avaliação da largura necessária à passagem de pessoas no decurso da evacuação. A correspondência em unidades métricas, arredondada por defeito para o número inteiro mais próximo, é a seguinte:

- a) 1 UP = 0,9 m;
- b) 2 UP = 1,4 m;
- c) N UP =  $N \times 0,6$  m (para  $N > 2$ )

## 4.2. Legislação

A legislação sobre segurança contra incêndio em edifícios encontrava-se demasiado dispersa, anteriormente a 2008. Como tal, houve necessidade de harmonizar toda a documentação num só documento que surge como Decreto-Lei n.º 220/2008 de 12 de Novembro, base do presente estudo.

Decorridos sete anos da entrada em vigor do regime jurídico anteriormente referido, vê-se a necessidade de corrigir alguns erros e melhorar alguns dos pontos presentes no mesmo, surgindo o Decreto-Lei n.º 224/2015 de 09 de Outubro.

Conforme definido no Decreto-Lei n.º 220/2008 de 12 de Novembro, e existindo a necessidade de regulamentar por portaria as disposições técnicas gerais e específicas de SCIE, surge a Portaria n.º 1532/2008 de 29 de Dezembro.

Especificamente, para orientação de dimensionamento de controlo de fumos e gases tóxicos em parques de estacionamento cobertos, será presente a norma inglesa BS 7346 e a portuguesa NP 4540.

**4.2.1. Decreto-Lei N.º 220/2008 de 12 de Novembro**

*“Este decreto-lei, que agora é publicado, engloba as disposições regulamentares de segurança contra incêndio aplicáveis a todos os edifícios e recintos, distribuídos por 12 utilizações-tipo, sendo cada uma delas, por seu turno, estratificada por quatro categorias de risco de incêndio. São considerados não apenas os edifícios de utilização exclusiva, mas também os edifícios de ocupação mista.*

*Aproveita-se igualmente este amplo movimento reformador, traduzido no novo regime jurídico, para adoptar o conteúdo das Decisões da Comissão das Comunidades Europeias n.os 2000/147/CE e 2003/632/CE, relativas à classificação da reacção ao fogo de produtos de construção, e n.os 2000/367/CE e 2003/629/CE, respeitantes ao sistema de classificação da resistência ao fogo.*

(...)

*As soluções vertidas no novo regime jurídico vão de encontro às mais avançadas técnicas de segurança contra incêndio em edifícios. Contudo, não se prevê que venham a ter um impacto significativo no custo final da construção, porquanto muitas dessas soluções são já adoptadas na execução dos projectos e na construção dos edifícios que não dispõem de regulamentos específicos de segurança contra incêndio. Tal deve-se largamente ao recurso à regulamentação estrangeira e, por analogia, à regulamentação nacional anterior, quer por exigência das companhias de seguros, quer por decisão do dono da obra e dos projectistas.”*

Anexo I - Decreto-Lei N.º 220/2008 de 12 de Novembro.

**4.2.2. Decreto-Lei n.º 224/2015 de 09 de Outubro**

*“O Decreto-Lei n.º 220/2008, de 12 de novembro, veio consagrar o regime jurídico da segurança contra incêndio em edifícios, tendo o seu artigo 35.º determinado a criação de uma comissão de acompanhamento da respetiva aplicação, presidida pela Autoridade Nacional de Protecção Civil (ANPC) e constituída por peritos representantes do Instituto dos Mercados Públicos, do Imobiliário e da Construção, I. P., do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, I. P., da Associação Nacional de Municípios Portugueses, da Ordem dos Arquitetos, da Ordem dos Engenheiros, da Ordem dos Engenheiros Técnicos, da Associação Portuguesa de Segurança e por um representante de cada um dos governos regionais das regiões autónomas dos Açores e da Madeira. Decorridos cerca de sete anos sobre a data de entrada em vigor do referido regime jurídico, constata-se a necessidade de proceder a alguns ajustamentos, identificados quer pela ANPC e pela referida comissão de acompanhamento, quer através da experiência colhida ao longo daquele período, que passam pela clarificação de alguns aspetos do articulado e pela correção de erros ou gralhas e pela harmonização de requisitos técnicos, tudo sem alterar os aspetos basilares da legislação. As alterações agora introduzidas não*

*dispensam uma revisão mais alargada do regime jurídico em causa, a qual carece de um debate demorado e aberto a entidades externas e a especialistas em matérias específicas sobre aspetos estruturantes do mesmo, como sejam a abordagem à utilização de métodos de análise de risco, conjugada com a existência da prescrição de requisitos mínimos, a adequação da legislação a novos edifícios situados em centros urbanos antigos, devendo ainda ser revisto o método para determinação das categorias de risco, entre outras matérias que têm implicação na revisão geral do regulamento técnico. No entanto, existe desde já 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. Mostra-se igualmente necessário 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, desde que devidamente fundamentadas e aprovadas pela ANPC, assim como a necessidade de alteração do articulado relativo às medidas de autoproteção, clarificando a necessidade de a ANPC emitir parecer sobre as mesmas, representam muitas das alterações e dos ajustamentos que se tornam necessários e que esta alteração vem permitir.”*

Anexo II - Decreto-Lei n.º 224/2015 de 09 de Outubro.

#### **4.2.3. Portaria n.º 1532/2008 de 29 de Dezembro**

*“O Decreto -Lei n.º 220/2008, de 12 de Novembro, que aprovou o regime jurídico de segurança contra incêndio em edifícios (SCIE), determina, no seu artigo 15.º, que sejam regulamentadas por portaria do membro do Governo responsável pela área da protecção civil as disposições técnicas gerais e específicas de SCIE referentes às condições exteriores comuns, às condições de comportamento ao fogo, isolamento e protecção, às condições de evacuação, às condições das instalações técnicas, às condições dos equipamentos e sistemas de segurança e às condições de autoprotecção.*

*Estas disposições técnicas são graduadas em função do risco de incêndio dos edifícios e recintos, para o efeito classificados em 12 utilizações tipo e 4 categorias de risco, considerando não apenas os edifícios e recintos de utilização exclusiva mas também os de ocupação mista.”*

Anexo III - Portaria n.º 1532/2008 de 29 de Dezembro.

#### 4.2.4. BS 7346

Norma Inglesa sobre Componentes para Controlo de Fumos e Calor. No Capítulo 7 da presente norma são especificadas as recomendações funcionais e os métodos de cálculo para Sistemas de Controlo de Fumos e Calor em parques de estacionamento cobertos.

#### 4.2.5. NP 4540

Norma Portuguesa sobre Sistemas de Ventilação de Impulso em Parques de Estacionamento Cobertos não Compartmentados.

### 4.3. Princípios Gerais do Movimento de Fumos

Num determinado espaço fechado, podemos relacionar a pressão  $P$  e o volume  $V$  da massa de ar, a uma determinada temperatura absoluta  $T$ , da seguinte forma:

$$\frac{P.V}{T} = \text{Constante} \quad (1)$$

Se a mesma massa de ar sofrer uma variação de temperatura de  $T_i$  para  $T_f$  à qual corresponde uma variação de pressão de  $P_i$  para  $P_f$ , a relação entre as grandezas é dada por:

$$\frac{P_i.V_i}{T_i} = \frac{P_f.V_i}{T_f} \Leftrightarrow P_f = P_i \cdot \frac{T_f}{T_i} \quad (2)$$

Desta relação facilmente se conclui que um aumento de temperatura num determinado compartimento provoca um aumento de pressão no mesmo. Da mesma forma, o aumento de temperatura gera forças motrizes que, por sua vez, provocarão o movimento de fumos resultantes de um incêndio. Esta situação descrita, resulta na ascensão do gás mais leve no seio de um outro mais pesado. O movimento de fumos, para além de ser governado por acção das forças naturais, pode ainda sofrer acção de forças produzidas por meios mecânicos.

#### 4.3.1. Impulsão

Este fenómeno ocorre quando no mesmo espaço estão presentes fluidos com diferentes massas volúmicas. Tendo o fumo, originado por um incêndio, uma temperatura bastante superior à do

meio ambiente, tende a ascender devido à sua inferior massa volúmica, provocando um aumento de pressão na zona superior e uma depressão na zona inferior.

Devido a este facto, e sempre que haja comunicação franca entre pisos, ocorrerão infiltrações de fumos do local sinistrado para os locais adjacentes.

A variação de pressão com a altura pode ser expressa do seguinte modo:

$$P_i(h) = P_e - \rho_i \cdot g \cdot h \quad (3)$$

$$P_e(h) = P_e - \rho_e \cdot g \cdot h \quad (4)$$

Onde:

$P_i(h)$ : Pressão interior em função da altura, entenda-se interior como o compartimento de incêndio [Pa]

$P_e(h)$ : Pressão exterior em função da altura, entenda-se exterior como o espaço exterior ao compartimento de incêndio [Pa]

$P_e$ : Pressão exterior à cota do pavimento do compartimento em causa [Pa]

$\rho_i$ : Massa volúmica do ar à temperatura interior [ $\text{kg/m}^3$ ]

$\rho_e$ : Massa volúmica do ar à temperatura exterior [ $\text{kg/m}^3$ ]

$g$ : Aceleração da gravidade [ $\text{m/s}^2$ ]

$h$ : Cota relativamente ao plano neutro, plano no qual a pressão interior é igual à exterior [m]

A diferença de pressão que se estabelece entre o interior e o exterior é dada por:

$$\Delta P = g \cdot h \cdot (\rho_e - \rho_i) \quad (5)$$

Uma vez que:

$$\rho_i \cdot T_i = \rho_e \cdot T_e \quad (6)$$

Onde:

$T_i$ : Temperatura interior [K]

$T_e$ : Temperatura exterior [K]

Obtemos:

$$\Delta P = g \cdot \rho_e \cdot h \cdot T_e \left( \frac{1}{T_e} - \frac{1}{T_i} \right) \quad (7)$$

Podemos concluir, desta última expressão, que a diferença de pressão entre dois locais é responsável pela infiltração de fumos nos espaços adjacentes ao compartimento onde ocorre o incêndio, desde que haja uma abertura através da qual essa propagação se possa efectuar, conforme explicado anteriormente.

#### 4.3.2. Efeito Chaminé

O efeito Chaminé é uma consequência do efeito de impulsão, descrito anteriormente. Este efeito é potenciado pela existência de espaços com grande desenvolvimento vertical, como por exemplo, as caixas de escadas e elevadores.

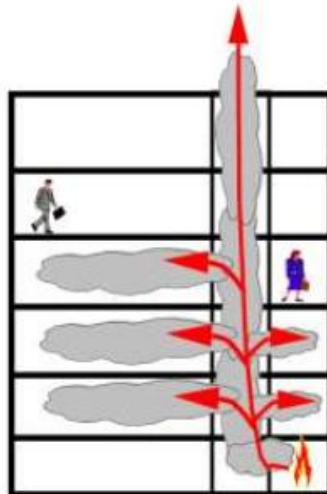


Figura 4.1. Exemplo de Efeito Chaminé (CST,2013)

#### 4.3.3. Efeito de Expansão Térmica

No decorrer de um incêndio num determinado compartimento, dá-se um aumento de temperatura que provoca uma alteração da massa volúmica dos gases e, conseqüentemente, do seu volume.

A variação de pressão no interior desse compartimento depende de dois grandes factores: a temperatura e da permeabilidade do compartimento. Esta questão pode ser traduzida pela seguinte expressão (Coelho, 2010, Incêndios em Edifícios):

$$\Delta P = \frac{P(\Delta T.V)^2}{2R(A_e.C_d)^2.T^3} \quad (8)$$

Onde:

$P$ : Pressão interior do compartimento [Pa]

$\Delta T$ : Aumento da temperatura no intervalo de tempo [K]

$V$ : Volume do compartimento [m<sup>3</sup>]

$R$ : Constante do gás perfeito do ar [J/kg.K]

$A_e$ : Área das aberturas [m<sup>2</sup>]

$C_d$ : Coeficiente de resistência ao escoamento

$T$ : Temperatura absoluta no interior do compartimento [K]

#### 4.3.4. Efeito da Acção do Vento

A acção do vento sobre um edifício origina um perfil de pressões sobre a superfície de incidência que depende de vários factores como: permeabilidade das fachadas, velocidade do vento, dimensões do edifício, etc.

Para relacionar a variação da velocidade do vento com a altura temos a seguinte expressão (Coelho, 2010, Incêndios em Edifícios):

$$V = V_0 \cdot \left(\frac{h}{h_0}\right)^{\frac{1}{\alpha}} \quad (9)$$

Onde:

$V$ : Velocidade do vento à altura  $h$  [m/s]

$V_0$ : Velocidade do vento à altura  $h_0$  [m/s]

$h$ : Altura acima do solo [m]

$h_0$ : Altura em que se deixa de sentir rugosidade do solo [m]

$\alpha$ : Parâmetro que depende da rugosidade do solo

Já o valor da diferença de pressão que se cria entre as fachadas opostas é dada pela seguinte expressão (Coelho, 2010, Incêndios em Edifícios):

$$\Delta P = \frac{V^2}{20,16.T} \quad (10)$$

Onde:

$\Delta P$ : Diferença de pressão [Pa]

$V$ : Velocidade do vento [m/s]

$T$ : Temperatura ambiente [K]

Na prática, os edifícios não possuem fachadas totalmente estanques e ao fim de algum tempo no decorrer de um incêndio dá-se a quebra dos envidraçados devido ao aumento da temperatura interior e da pressão.

Caso o envidraçado se situe numa fachada oposta àquela em que incide o vento, as pressões negativas irão provocar a saída dos fumos, caso contrário, verificar-se-á uma sobrepressão no compartimento, aumentando a possibilidade de penetração de fumos nos espaços adjacentes.

#### **4.4. Meios de Controlo de Fumos**

O controlo de fumos num edifício pode ser feito através de dois métodos, por desenfumagem dos espaços ou sobrepressão de determinados locais relativamente a outros.

A desenfumagem pode ser realizada por meios naturais ou por meios mecânicos e tem como objectivo a remoção dos fumos e dos gases tóxicos num determinado espaço, substituindo o ar viciado por ar novo.

A desenfumagem natural compreende a instalação de aberturas ligadas ao exterior para admissão de ar e evacuação dos fumos. Enquanto que a desenfumagem mecânica utiliza meios mecânicos para extracção dos fumos e admissão de ar por meios naturais ou mecânicos.

A sobrepressão é uma técnica completamente distinta da desenfumagem, pois não tem como objectivo a extracção de fumos e gases. O objectivo da sobrepressão é impedir que os fumos e

gases tóxicos cheguem a determinados espaços considerados vitais para a segurança das pessoas, como sendo as vias de evacuação, criando uma hierarquia de pressões entre espaços permitindo a criação de zonas de fuga/evacuação dos ocupantes de determinado edifício, ou ainda provocando o confinamento do incêndio a uma determinada zona ou piso.

Existem quatro combinações possíveis em relação à natureza dos meios de controlo utilizados:

- Entrada de ar natural / extracção de fumo natural (Desenfumagem passiva)
- Entrada de ar natural / extracção de fumo mecânica (Desenfumagem activa)
- Entrada de ar mecânica / extracção de fumo natural (Sobrepessão)
- Entrada de ar mecânica / extracção de fumo mecânica (Desenfumagem activa)

#### 4.4.1. Controlo por Meios Naturais

O controlo de fumos por meios naturais também denominado de desenfumagem passiva é o método de controlo que assenta na tiragem térmica natural e é constituído por aberturas para admissão de ar, aberturas para saída de fumos e condutas (opcional).

A admissão de ar exterior é feita através de aberturas localizadas estrategicamente de modo a ficarem protegidas do fumo produzido num incêndio e tendo em conta a orientação predominante dos ventos no local.

A saída de fumos pode ser realizada por:

- Vãos dispostos em paredes exteriores;
- Exutores de fumos;
- Bocas de evacuação ligadas por condutas a aberturas exteriores de descarga.



Figura 4.2. Exutores de fumos (Tria)

A localização das aberturas exteriores para descarga de fumos é escolhida estrategicamente de modo a que fiquem a uma distância superior a 8 m de qualquer obstáculo que se encontre a uma cota superior.

Caso existam aberturas para admissão ou evacuação de ar / fumos no interior do edifício, estas deverão cumprir o estado de normalmente fechadas através de obturadores contruídos com materiais da classe A1 e possuir uma resistência E (admissão) ou EI (extracção) de escalão igual ao requerido para as condutas respectivas, a não ser que sirvam condutas exclusivas a um piso apenas ou nas instalações de ventilação e de tratamento de ar que participem no controlo de fumos.

As condutas utilizadas devem ser construídas com materiais de classe A1, de acordo com o Quadro I do Anexo I do DL 220 de 12 de Novembro de 2008. Devem ainda garantir uma classe de resistência ao fogo igual à maior das classes requeridas para os materiais de atravessamento (paredes, tectos, pavimentos), nunca inferior a EI 15, de acordo com o Anexo II do DL 220 de 12 de Novembro de 2008.

Em termos de dimensões, estas condutas devem ter uma secção mínima igual ao somatório das áreas livres das bocas que servem em cada piso e uma relação entre dimensões transversais não superior a 2, exigência também aplicada às bocas que servem.

As condutas verticais não devem fazer mais de 2 desvios e qualquer um destes deve fazer um ângulo máximo de 20° com a vertical. Em comprimento, os troços horizontais de conduta que fazem ligação à vertical, não devem exceder os 2 m, a não ser que essa excepção seja justificada através de cálculo, considerando a temperatura de fumos de 70 °C, o ar exterior à temperatura de 15 °C e a velocidade nula.

#### **4.4.2. Controlo por Meios Mecânicos**

O controlo de fumos por meios mecânicos, pode efectuar a admissão de ar por meios naturais ou mecânicos, mas a extracção é feita por meios mecânicos.

Os meios naturais de admissão de ar podem ser:

- Vãos colocados em paredes exteriores ou em contacto com locais bastante arejados como, por exemplo, as caixas de escadas não enclausuradas;
- Bocas de admissão ligadas a tomadas de ar exterior através de condutas.

Os meios de admissão de ar mecânicos são realizados através de bocas de insuflação ligadas a ventiladores por meio de condutas. A velocidade do ar nas bocas de insuflação não pode ser superior a 5 m/s e o caudal deve ser cerca de 60% do caudal presente nas bocas de extracção do sistema, a uma temperatura de 20 °C.

A altura máxima admissível de instalação destes elementos de insuflação deverá respeitar o indicado na legislação, ponto 3 do Artigo 143.º da Portaria 1532/2008, onde é indicada a cota máxima de 1,0 m desde o pavimento à face superior do elemento terminal de insuflação.

A extracção de fumos é realizada através de bocas de extracção ligadas a ventiladores por meio de condutas.

A altura mínima admissível de instalação destes elementos de extracção deverá respeitar o indicado na legislação, ponto 1 do Artigo 144.º da Portaria 1532/2008, onde é indicada a cota mínima de 1,8 m desde o pavimento à face inferior do elemento terminal de extracção.

As condutas utilizadas para extracção ou insuflação mecânica, devem apresentar um caudal total de fuga inferior a 20% do caudal a exigir no piso mais desfavorável.

#### **4.5. Controlo em Vias de Evacuação Horizontais**

Existem três meios de controlo de fumos em vias horizontais de evacuação:

- Desenfumagem passiva;
- Desenfumagem activa;
- Sobrepressão relativamente ao local onde se situa o foco de incêndio.

No caso dos edifícios com altura superior a 28 metros, o controlo deve ser efectuado por sistemas de desenfumagem activa de arranque automático, conforme ponto 3 do Artigo 135.º da Portaria 1532/2008.

#### 4.5.1. Controlo por Desenfumagem Passiva

##### Edifícios de altura não superior a 20 metros

No caso de edifícios de altura não superior a 20 metros, recorre-se a uma solução de controlo de fumos numa via horizontal de evacuação através de condutas colectivas para entrada de ar e saída de gases e fumos.

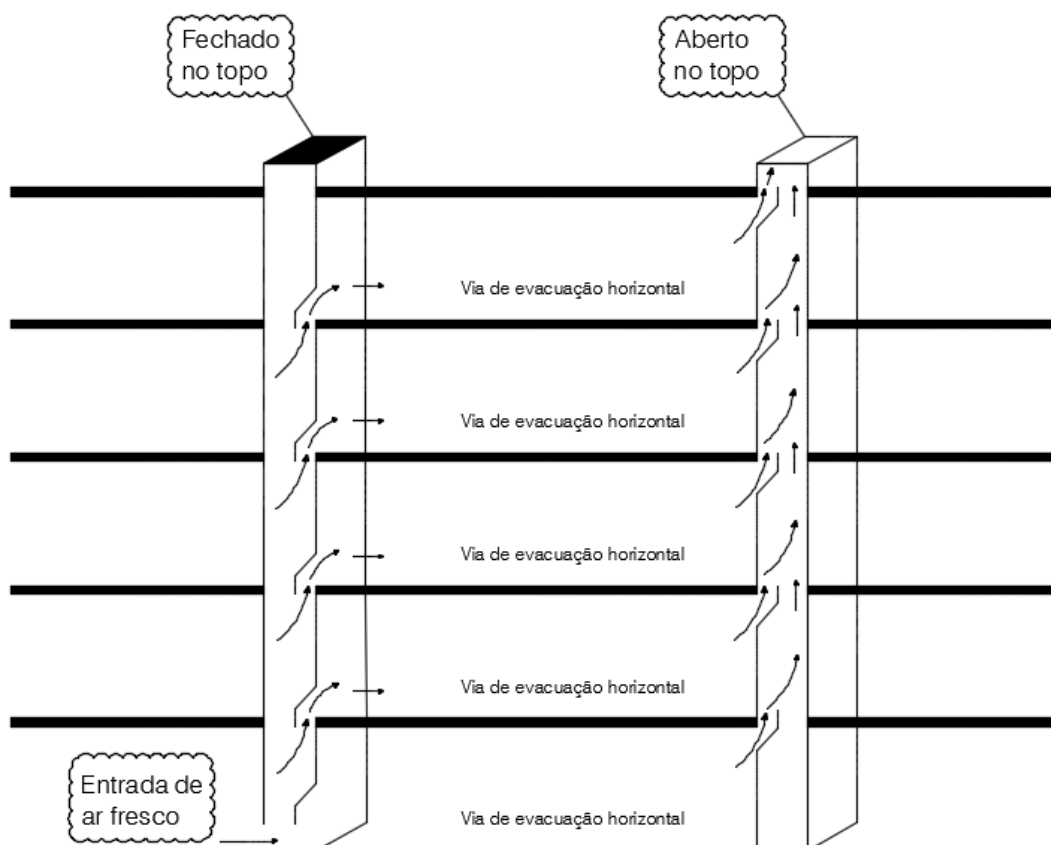


Figura 4.3. Solução recomendada para edifícios de altura não superior a 20 m.

### **Edifícios de altura superior a 20 e inferior a 28 metros**

Uma vez que o sistema anterior começa a apresentar problemas de funcionamento em edifícios com altura superior a 20 metros, então, recorre-se a uma solução com uma única conduta para entrada de ar e uma outra para saída de gases e fumos, estando as bocas de admissão e evacuação fechadas em situação normal.

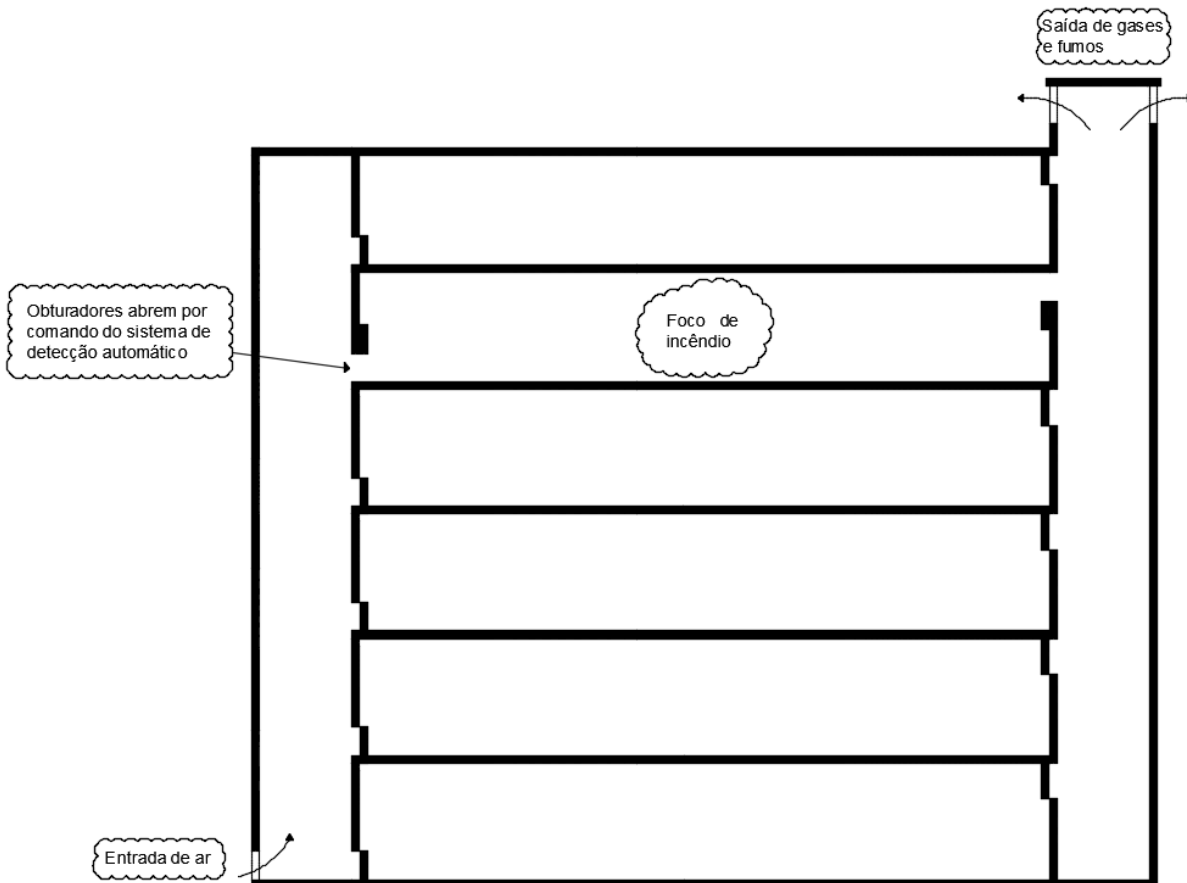


Figura 4.4. Solução recomendada para edifícios de altura superior a 20 e inferior a 28 m.

As aberturas de admissão de ar e de evacuação de fumos devem ser distribuídas alternadamente, cumprindo as seguintes especificações:

- As bocas de evacuação de fumos e gases devem ter a sua parte inferior a, no mínimo, 1,80 metros do pavimento e estarem situadas no terço superior do pé-direito de referência;
- As bocas de admissão de ar devem ter a sua parte superior a menos de 1,00 metros do pavimento;
- A distância máxima entre duas bocas consecutivas de admissão e evacuação não deve ser superior a 10 metros nos percursos em linha recta e 7 metros em outros percursos;
- O número de aberturas de admissão de ar não deve ser inferior às destinadas à evacuação de fumos;

- As aberturas de evacuação de fumos devem ter a área livre mínima de  $0,10 \text{ m}^2$  por unidade de passagem de largura da via.

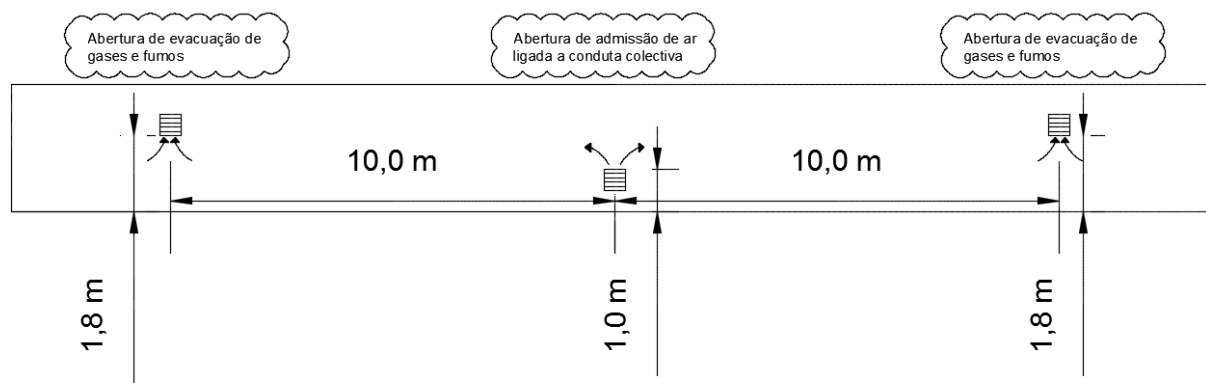


Figura 4.5. Distâncias mínimas entre aberturas de admissão de ar e extracção de fumos – corte longitudinal.

#### 4.5.2. Controlo por Meios Mecânicos - Desenfumagem Activa

Conforme referido anteriormente, na desenfumagem activa, a admissão de ar novo pode ser feita por meios naturais ou mecânicos, enquanto a extracção é feita por meios mecânicos.

A distribuição das bocas de admissão de ar e extracção de fumos, deve ser feita de acordo com as seguintes condições:

- Disposição em paredes exteriores ou confinando com locais amplamente arejados, incluindo escadas não enclausuradas;
- Bocas de admissão ligadas através de condutas a tomadas de ar exteriores;
- Distância máxima entre duas bocas de admissão e evacuação consecutivas de 15 metros em percursos em linha recta e 10 metros nos outros percursos;
- Bocas de evacuação situadas a uma cota mínima de 1,80 m do pavimento, em relação à sua parte inferior, e no terço superior do pé-direito de referência;
- Bocas de admissão situadas a uma cota máxima de 1 m do pavimento, em relação à sua parte superior;
- Em caso de admissão natural nas zonas de circulação, entre uma boca de admissão e uma de extracção, deve haver um varrimento por um caudal de extracção não inferior a  $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$  por unidade de passagem da circulação;
- Em caso de utilização de vãos de parede para admissão de ar, a respectiva área livre considerada deve situar-se na metade inferior do pé-direito de referência;
- Em caso de insuflação mecânica, a admissão de ar deve proceder-se a uma velocidade entre 2 e 5 m/s e o caudal de extracção deve ser 1,3 vezes o da admissão;
- A diferença de pressão entre as vias horizontais e as vias verticais deve ser inferior a 80 Pa, com todas as portas de comunicação fechadas.

#### **4.5.3. Controlo por Meios Mecânicos - Sobrepressão**

O controlo de fumos e gases tóxicos por sobrepressão apenas é possível de executar quando se verifica uma diferença de pressão de aproximadamente 20 Pa entre as vias horizontais enclausuradas e os locais sinistrados.

Em caso de existência de câmaras corta-fogo na comunicação entre as vias, a diferença de pressões deve ser criada na própria câmara, implicando ainda que existam sistemas de desenfumagem na via de evacuação. Se o controlo de fumos e gases tóxicos não for viável de executar por meios passivos, então a câmara corta-fogo deverá ser pressurizada de 20 a 80 Pa com uma velocidade de passagem do ar não inferior a 5 m/s com uma porta aberta.

#### **4.6. Controlo em Vias de Evacuação Verticais**

Quando se faz referência a vias de evacuação verticais, considera-se, por norma, as caixas de escadas dos edifícios que são o último refúgio dos ocupantes em caso de incêndio. Posto isto, torna-se fulcral que as condições ambientais nestes elementos se mantenham dentro do normal durante, pelo menos, o período de tempo de evacuação. Assim, é necessária a existência de um eficiente controlo de fumos nestes espaços.

Este controlo pode ser efectuado através de dois meios: A desenfumagem passiva ou a sobrepressão das caixas de escadas.

Segundo a regulamentação de segurança contra incêndio, a extracção forçada de fumos em via de evacuação verticais é proibida.

#### 4.6.1. Controlo de Fumos por Meios Naturais

Nos casos em que o controlo de fumos é efectuado por meios naturais, ou seja, por desenfumagem passiva, o arejamento da via vertical deve ser feito através de aberturas no topo e na base da via.

As aberturas superiores poderão ser permanentes ou equipada com um exutor de fumos, tendo sempre em conta que a área livre nunca deverá ser inferior a 1 m<sup>2</sup>.

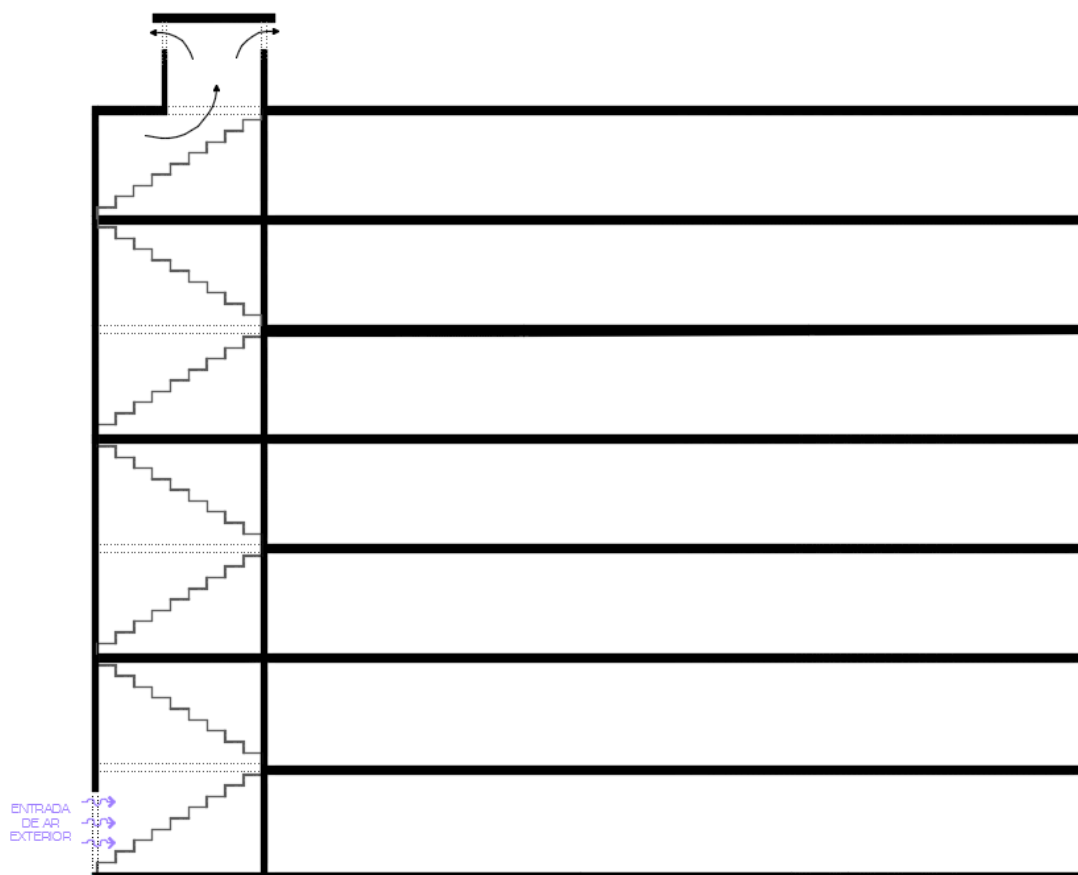


Figura 4.6. Controlo por meios naturais nas vias verticais com abertura permanente no topo.

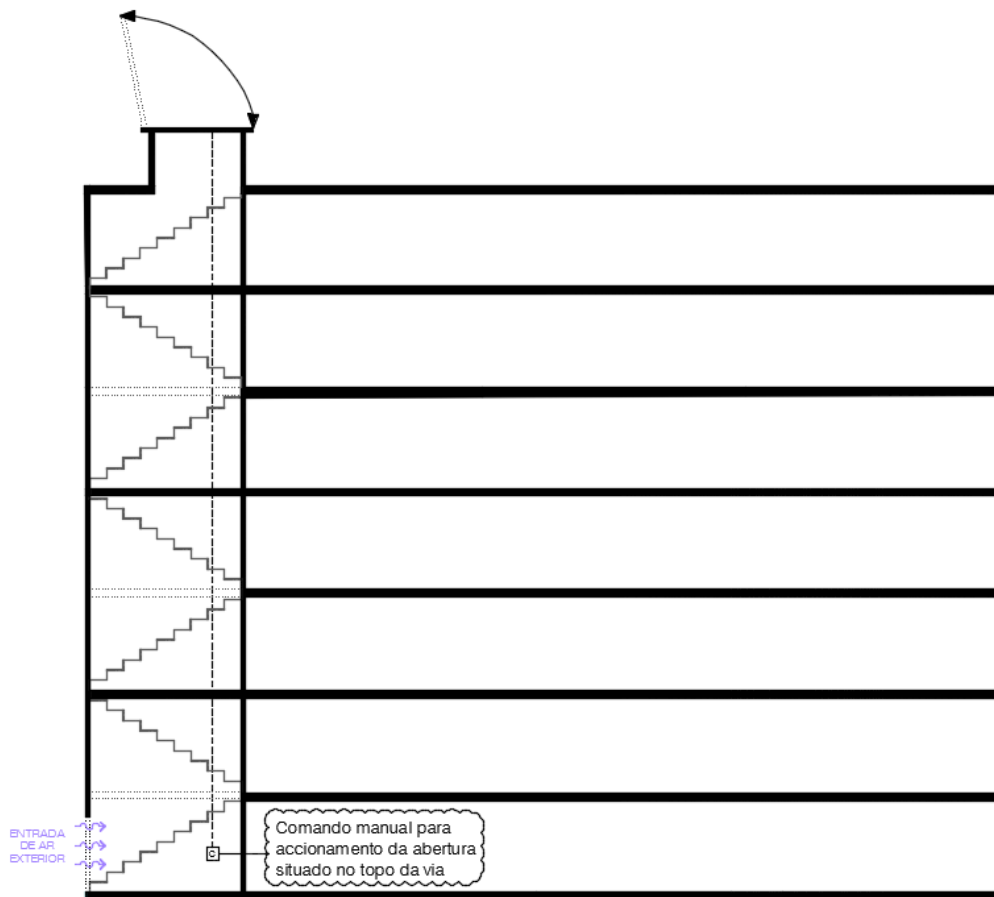


Figura 4.7. Controlo por meios naturais nas vias verticais com exutor no topo.

Quando a via vertical está equipada com exutor de fumos no topo, é necessário haver um comando manual de accionamento instalado no interior da própria via, ao nível de acesso dos bombeiros.

Deve ainda existir uma relação de área entre a abertura superior e a abertura inferior. A abertura inferior deve ter, no mínimo, uma área livre igual à área livre da abertura superior.

No caso de o edifício ter uma altura superior a 20 metros, as soluções anteriormente descritas não são recomendáveis. Recomenda-se, sim, o controlo de fumos por meios mecânicos.

#### 4.6.2. Controlo de Fumos por Meios Mecânicos

Como já foi dito anteriormente, a extracção forçada de fumos das vias de evacuação verticais não deve ser considerada, pois é proibida pela regulamentação de segurança contra incêndio.

Em situações de controlo por sobrepressão a penetração do fumo nestas vias é limitada pelo estabelecimento de uma pressão superior nas mesmas, a qual pode ser realizada através dos seguintes meios, individualmente ou combinados:

- Insuflação de ar na via;
- Insuflação de ar na via com extracção nas vias horizontais de evacuação do piso sinistrado;
- Extracção dos fumos no local sinistrado;

Por exemplo, em edifícios com alturas consideravelmente grandes, o meio utilizado é: Insuflação de ar na via com extracção nas vias horizontais de evacuação do piso sinistrado.

A diferença de pressão entre as vias verticais de evacuação e o piso sinistrado deve ser da ordem dos 20 a 80 Pa, com todas as portas de acesso à caixa de escadas fechadas à excepção da do piso em que ocorre o foco de incêndio, que deverá verificar-se uma velocidade de 0,5 m/s, nos casos em que não exista câmara corta-fogo. Nos casos em que exista câmara corta-fogo, esta velocidade passa a ser de 1 m/s com ambas as portas de acesso da câmara abertas.

A pressão de 20 Pa, é o limite inferior para evitar a penetração de fumos e dos gases na caixa de escadas. O limite superior estabelecido em 80 Pa limita o esforço a desenvolver para abertura da porta em causa. Este limite estabelece-se considerando a força de 128 N como a força necessária e aceitável para abrir uma porta com dimensões regulares de 2,00(A)x0,80(L) metros. Uma vez que:

$$p = \frac{F}{A} \leftrightarrow p = \frac{128}{1,6} = 80 \text{ N/m}^2 = 80 \text{ Pa} \quad (11)$$

Por forma a garantir a segurança, tem que ser prevista uma forma de recurso caso o sistema activo falhe. Assim, associado ao sistema de sobrepressão, deve existir sempre um sistema de desenfumagem passiva de emergência com um exutor no topo da caixa de escadas, cujo comando deve apenas ser facultado ao responsável de segurança do edifício e aos bombeiros.

As câmaras corta-fogo estão pensadas para limitar o inconveniente da abertura permanente das portas de acesso às caixas de escadas durante largos períodos de tempo. Isto é, em casos de edifícios com elevada afluência, numa situação de evacuação total, as portas de acesso das vias horizontais de evacuação às vias verticais irão permanecer abertas durante largos períodos de tempo, o que poderá vir a comprometer o bom funcionamento do sistema de controlo de fumos.

Assim, as câmaras corta-fogo aumentam a eficácia do sistema ao dificultar os percursos de fuga de fumos, permitindo a execução de sistemas menos dispendiosos com menores caudais.

Para obter o caudal de ar de fuga que passa por determinada abertura, é dada a seguinte expressão (Coelho, 2010, Incêndios em Edifícios):

$$Q = 0,827 \cdot A_e \cdot \sqrt[n]{\Delta P} \quad (12)$$

Onde:

$Q$  – Caudal de fuga [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

$A_e$  – Área de escoamento [ $\text{m}^2$ ]

$\Delta P$  – Diferença de pressão [Pa]

$n$  – Parâmetro compreendido ente 1 e 2, utilizando-se, por norma, o valor de 1,6 para fugas de grandeza média

## 5. SISTEMA DE DESENFUMAGEM DO HOSPITAL CUF DESCOBERTAS (EXPANSÃO)

O Hospital CUF Descobertas encontra-se, actualmente, em expansão. Com uma superfície de 2.968 m<sup>2</sup>, o Lote 3.23.01, sito no Parque das Nações em Lisboa, confinando a Nordeste com a Rua Corsário Das Ilhas, a Sudoeste com a Rua do Adeus Português, a Sudeste com o Lote 3.23.02 e a Noroeste com a Rua Mário Botas, é o local de execução da referida obra.



Figura 5.1. Localização, em planta, do edifício de expansão do HCD



Figura 5.2. Vista 3D do edifício de expansão do HCD

Neste relatório será analisado o Sistema de Desenfumagem deste novo edifício. O novo edifício é constituído por 4 pisos destinados a parques de estacionamento (pisos inferiores -5 a -2), 7 pisos hospitalares (pisos -1 a 5) e cobertura técnica.

Para manter as vias de evacuação sem fumos/gases tóxicos no caso de incêndio, o sistema de desenfumagem tem preconizado dois tipos de controlo distintos:

1. Vias de evacuação verticais: Sistemas de sobrepressão;
2. Vias de evacuação horizontais: Sistemas activos de dissipação de fumos.

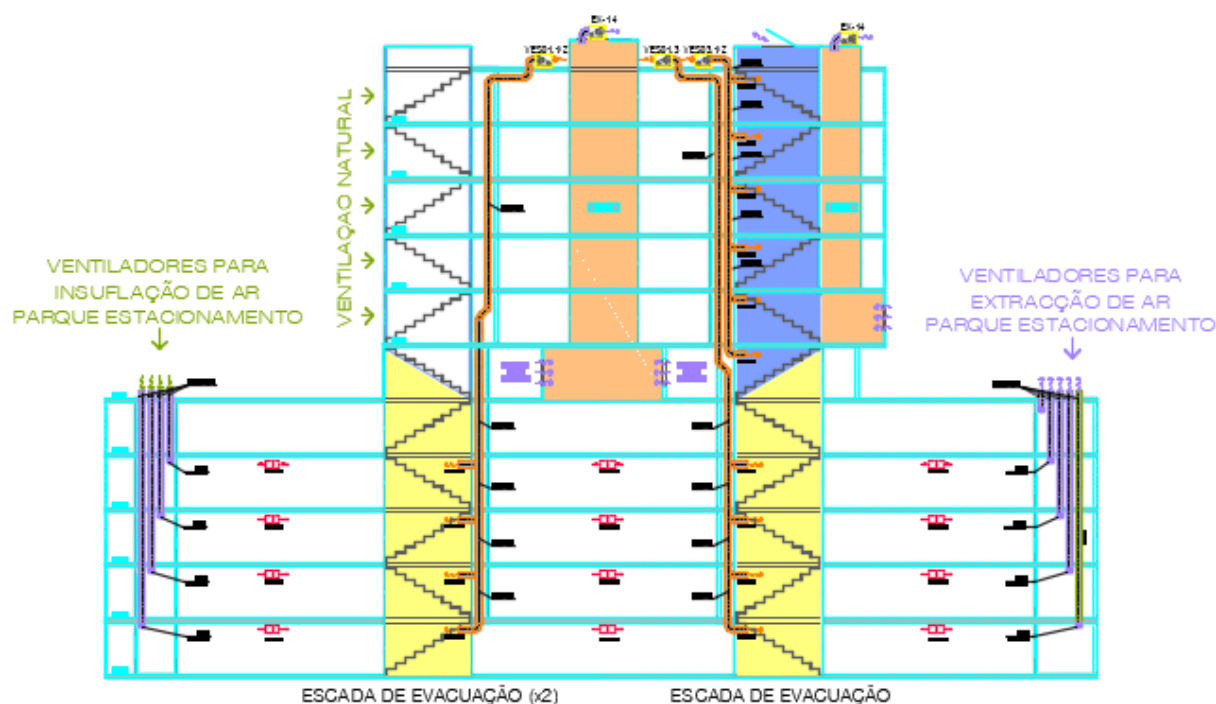


Figura 5.3. Esquema de Controlo de Fumos – HCD Expansão

### 5.1. Vias de Evacuação Verticais

O controlo de fumos nas vias de evacuação verticais poderá ser realizado de duas formas: por desenfumagem passiva ou por sobrepressão relativamente às vias de evacuação horizontais, tal como regulamentado.

As vias de evacuação verticais, tais como as caixas de escadas que servem os pisos -5 a -1, bem como a escada central do piso 5 até ao piso 0, serão pressurizadas relativamente aos locais contíguos. As suas antecâmaras de acesso serão ventiladas à razão de 5 renovações por hora.

Para controlo de fumos nas caixas de escadas enclausuradas será instalado um ventilador de insuflação capaz de impor uma sobrepressão de 20 a 80 Pa com as portas de acesso fechadas, e de garantir uma velocidade do ar não inferior a 0,5 m/s através da porta do piso onde ocorre o incêndio, quando a porta de acesso à escada ou as portas da câmara corta-fogo de acesso à escada nesse piso se encontrarem abertas.

Neste sentido, foi considerada a instalação de um ventilador de pressurização na escada não comunicante com o exterior, cuja admissão de ar será feita a partir do exterior.

Para accionamento destes ventiladores, foram previstos os seguintes processos, por ordem crescente de prioridade:

- Por sinal enviado pela CDI (Central de Detecção de Incêndios);
- Por comando de Bombeiros a partir do Painel de Desenfumagem com instalação prevista junto à porta de entrada.

O sistema de sobrepressão será constituído pelos seguintes elementos:

- Ventilador de insuflação situado no interior de cada caixa de escada, alimentado pelo QGBT (Quadro Geral de Baixa Tensão);
- Condução de transporte de ar;
- Grelhas de insuflação colocadas a nível baixo nas caixas de escadas e a nível alto nas antecâmaras.

As caixas de escadas 1, 2 e 3 servem todos os pisos, ou seja, comunicam do piso -5 até à cobertura do edifício. Em comum têm o facto de serem enclausuradas desde o piso -5 até ao piso 0.

Posto isto, é necessário pressurizar as caixas de escadas dos pisos inferiores para que seja criada a protecção dos utentes do edifício em caso de necessidade de evacuação devido a incêndio nos pisos de estacionamento. Para tal, é utilizado um ventilador de insuflação para cada núcleo (Ficha de selecção no Anexo IV): Caixa de Escada 1 – VES 1.1, Caixa de Escada 3 – VES 1.2. Caixa de Escada 2 – VES 1.3.

Os três ventiladores são dimensionados sob o mesmo princípio:

Conforme o Art.º 161.º da Portaria n.º 1532/2008 de 29 de Dezembro, o caudal de insuflação para a sobrepressão da caixa de escadas deve permitir uma velocidade de passagem do ar ( $v$ ) entre a câmara e os espaços adjacentes do piso sinistrado não inferior a 1 m/s, com ambas as portas abertas.

Das peças desenhadas da especialidade de Arquitectura sabemos que os vãos interiores das caixas de escadas têm uma área ( $A$ ) de 2,1 m<sup>2</sup>.

Com estes dados podemos calcular o caudal de ar a insuflar ( $Q$ ):

$$Q = v \cdot A \leftrightarrow Q = 1 \times 2,1 \leftrightarrow Q = 2,1 \text{ m}^3/\text{s} \quad (13)$$

Ou seja, teremos um caudal de insuflação de 7560 m<sup>3</sup>/h na caixa de escadas e na antecâmara.

Neste caso específico o caudal será insuflado repartido pelos 4 pisos de estacionamento, logo o caudal por piso será de 1890 m<sup>3</sup>/h.

Segundo este ponto, o ventilador de insuflação dimensionado cumpre com a legislação.

Ainda em conformidade com a legislação referida, no caso das caixas de escadas que servem parques de estacionamento em pisos enterrados e com câmaras corta-fogo, estas antecâmaras devem possuir um sistema de ventilação que garanta, no mínimo, 5 renovações por hora.

Das peças desenhadas da especialidade de Arquitectura sabemos que as antecâmaras têm uma área média de 4,32 m<sup>2</sup>. Considerando um pé direito médio de 3,20 m, teremos um volume 13,82 m<sup>3</sup>. Para garantir as 5 renovações por hora teremos que insuflar 69,10 m<sup>3</sup>/h, considerando que

não existem fugas. Porém, conforme explicado no presente relatório poderemos usar a expressão (12) para chegar ao caudal de ar de fuga. Considerando que temos 5 mm de distância da porta ao pavimento e sabendo que a porta tem 1,00 m de largura:

$$Q = 0,827 \cdot 0,005 \cdot \sqrt[2]{80} = 0,037 \text{ m}^3/\text{s} \quad (14)$$

Logo o nosso caudal de ar de fuga, considerando a diferença de pressão máxima, será de 133,20 m<sup>3</sup>/h.

Podemos concluir que o caudal mínimo a insuflar na antecâmara para garantir as 5 renovações hora exigidas na legislação será de 202,30 m<sup>3</sup>/h.

Conforme podemos verificar nas imagens seguintes, Figura 5.4, 5.5 e 5.6, as caixas de escada 1, 3 e 2, respectivamente, que servem os pisos inferiores recebem, cada uma, um caudal de ar de 1739 m<sup>3</sup>/h para garantir a sua sobrepressão da via de evacuação vertical e 216 m<sup>3</sup>/h na antecâmara para garantir as 5 renovações de ar por hora. Esta situação verifica-se nos pisos -5 ao piso -2, inclusive.

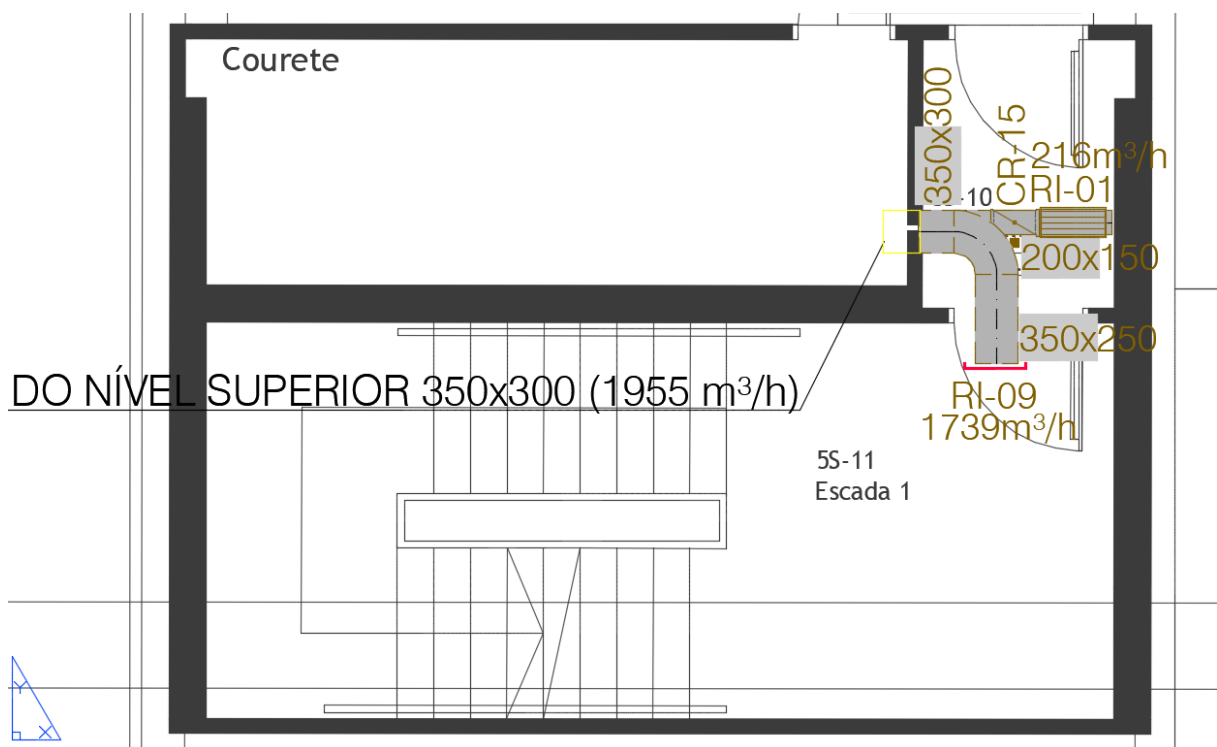


Figura 5.4. Caixa de escada 1, em planta, do piso -5 – HCD Expansão

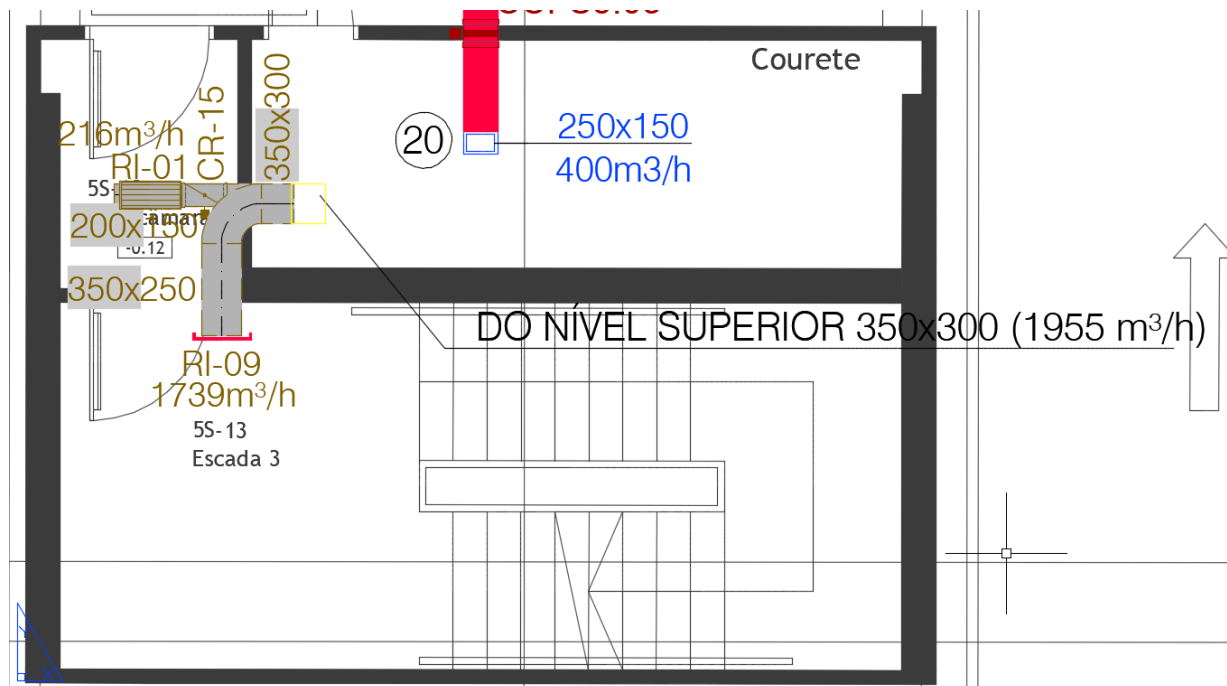


Figura 5.5. Caixa de escada 3, em planta, do piso -5 – HCD Expansão

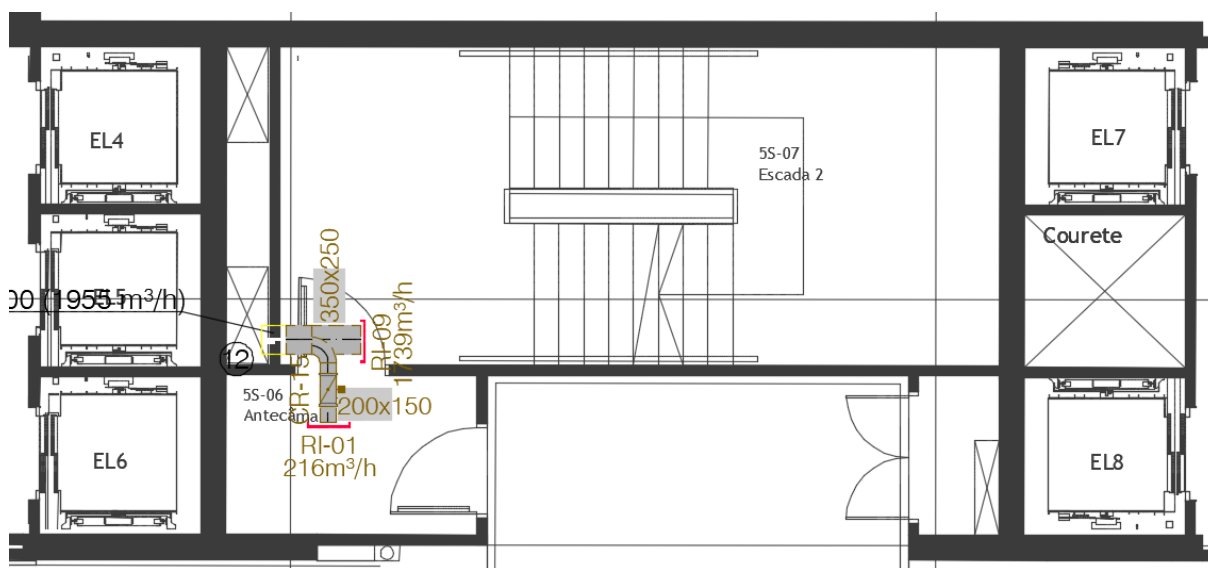


Figura 5.6. Caixa de escada 2, em planta, do piso -5 – HCD Expansão

Enquanto as caixas de escada 1 e 3 têm ventilação natural nos pisos superiores, na caixa de escada 2 o mesmo não acontece, pelo que terá que ser, também, pressurizada para garantir a segurança necessária para a eventual necessidade de evacuação dos utentes do edifício.

Posto isto, os ventiladores para pressurização da caixa de escada 2 nos pisos superiores, VES3.1/2 (Folha de Selecção no Anexo V), terão sido dimensionados seguindo o seguinte princípio:



## 5.2. Vias de Evacuação Horizontais

O controlo de fumos nas vias de evacuação horizontais com necessidade de ventilação será realizado por ventilação forçada.

Conforme dita a legislação em vigor, foram previstas as admissões de ar a nível baixo e as extracções a nível alto.

Para proceder à desenfumagem estão previstos ventiladores, com resistência ao fogo de 2 horas, para uma temperatura de 400 °C, com accionamento feito por sinal enviado pela CDI.

As vias de evacuação horizontais preconizadas, com necessidade de ventilação, são:

### **Corredor C1OR-48 no piso -1**

Os ventiladores preconizados para o controlo desta via são: Insuflação - VES 12; Extracção – EX-20 (Folhas de selecção no Anexo VI e VII, repectivamente).

O caudal a insuflar deverá cumprir 0,5 m<sup>3</sup>/s por Unidade de Passagem. As Unidades de Passagem são calculadas através da seguinte fórmula:

$$UP = Largura \div 0,6 \quad (16)$$

Tendo o corredor C1OR-48 uma largura de 2,0354 m, conforme Figura 5.8., calculamos as UP:

$$UP = 2,0354 \div 0,6 = 3,3923 \cong 4 UP \quad (17)$$

Sendo o caudal a insuflar de 0,5 m<sup>3</sup>/s por UP, calculamos o caudal de insuflação para este corredor:

$$Q_{ins} = UP \times 0,5 = 4 \times 0,5 = 2 m^3/s \quad (18)$$

Assim sendo, o caudal a insuflar neste corredor seria de 7200 m<sup>3</sup>/h e não 3600 m<sup>3</sup>/h.

Conforme o Artigo 157.º da Portaria nº 1532/2008 de 29 de Dezembro, as bocas de admissão e de extracção de fumos deverão cumprir uma distância máxima entre elas, medida segundo o eixo da circulação, de 15 metros nos percursos em linha recta.

No caso de insuflação mecânica, a velocidade de admissão deve estar compreendida entre 2 a 5 m/s e o caudal de extracção deverá ser igual a 1,3 vezes o de admissão.

Sabendo que as grelhas de insuflação RI-03 têm 400x200 mm e são de simples deflexão, percebemos que a velocidade nesta grelha para um caudal de 1800 m<sup>3</sup>/h é de 9,08 m/s, conforme poderemos ver na Tabela 5.1.

Área		Área	Caudal		Velocidade		
mm	mm	% útil	real	m <sup>3</sup> /h	m/s		
Largura x Altura		m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>				
400	x	200	0,08	69%	0,0550	1800	9,08

Tabela 5.1. Excerto de folha de cálculo para velocidade do ar nas grelhas NOVA-A

Para um caudal de insuflação preconizado de 3600 m<sup>3</sup>/h, o caudal de extracção nunca deveria ser de 3600 m<sup>3</sup>/h, mas sim 4680 m<sup>3</sup>/h.

Posto isto, podemos verificar na Figura 5.8. que as distâncias legais são cumpridas.

Contudo, o caudal de insuflação, a velocidade de admissão de ar e o caudal de extracção não cumprem com o legislado.

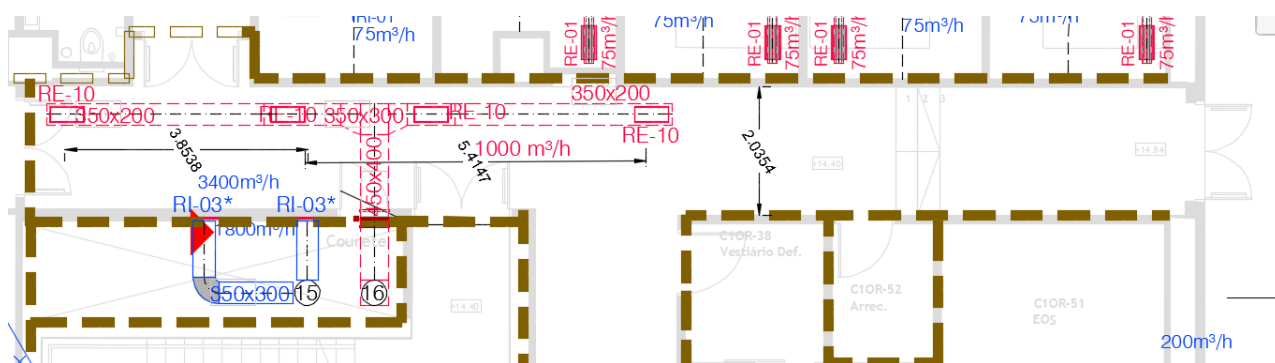


Figura 5.8. Corredor C1OR-48, em planta, do piso -1 – HCD Expansão

### **Corredor OP-20 no piso 0**

O ventilador preconizado para o controlo desta via é: Insuflação - VE 14 (Folha de selecção no Anexo VIII). Trata-se, portanto, de um sistema de sobrepressão de uma via de evacuação horizontal.

Neste caso específico, terá sido considerado o corredor como uma câmara corta-fogo, na figura 5.9 percebemos que o corredor foi seccionado por portas e selagens corta-fogo, podendo assim ser considerado como câmara.

Conforme o Art.º 158.º da Portaria n.º 1532/2008 de 29 de Dezembro, “3 - *Quando exista uma câmara corta-fogo a interligar dois locais e não possa ser desenfumada por meios passivos nos termos deste regulamento, a câmara deve ser pressurizada entre 20 e 80 Pa relativamente aos referidos locais e garantida uma velocidade de passagem do ar não inferior a 0,5 m/s com uma porta aberta.*”, posto isto, o caudal de insuflação deve permitir uma velocidade de passagem do ar ( $v$ ) entre o local e os espaços adjacentes não inferior a 0,5 m/s, com uma porta aberta.

Das peças desenhadas da especialidade de Arquitectura sabemos que o vão interiores mais desfavorável, ou seja, com maior área, afecto a este local tem 2,94 m<sup>2</sup>.

Com estes dados podemos calcular o caudal de ar a insuflar ( $Q$ ):

$$Q = v.A \leftrightarrow Q = 0,5 \times 2,94 \leftrightarrow Q = 1,47 \text{ m}^3/\text{s} \quad (19)$$

Ou seja, o caudal será 5242 m<sup>3</sup>/h.

O caudal de ar de fuga, considerando que temos 5 mm de distância de cada porta ao pavimento e sabendo que existem 4 portas de 1,40 m de largura e 2 portas de 0,90 m de largura, teremos uma área de escoamento de 0,037, usando a expressão (12):

$$Q = 0,827. 0,037. \sqrt[2]{80} = 0,27 \text{ m}^3/\text{s} \quad (20)$$

Logo o nosso caudal de ar de fuga, considerando a diferença de pressão máxima de 80 Pa, será de 972 m<sup>3</sup>/h.

Ou seja, teremos um caudal de insuflação total de 6214 m<sup>3</sup>/h no corredor OP-20.

Estando preconizada uma insuflação de 1800 m<sup>3</sup>/h, percebemos que, aparentemente o caudal preconizado não se encontra de acordo com o legislado na Portaria n.º 1532/2008 de 29 de Dezembro.

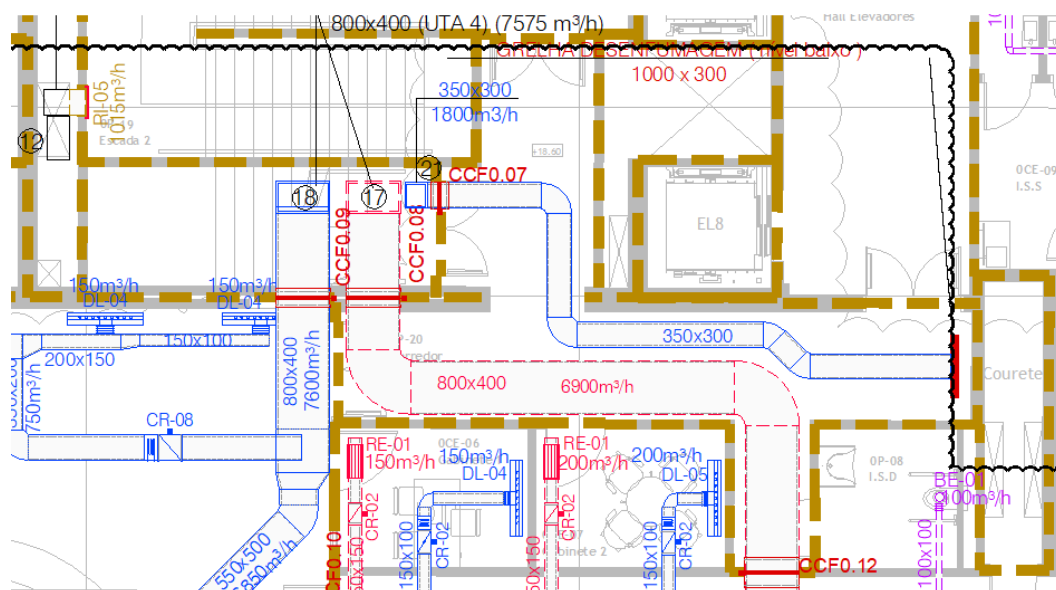


Figura 5.9. Corredor OP-20, em planta, do piso 0 – HCD Expansão

### 5.3. Parques de Estacionamento Cobertos

O controlo de fumos nos parques de estacionamento subterrâneos será feito pelo mesmo sistema de ventilação que servirá para a remoção de gases tóxicos/asfixiantes – despoluição.

De acordo com o Artigo 154.º da Portaria nº 1532/2008 de 29 de Dezembro, nos pisos dos parques de estacionamento cobertos fechados a extracção de fumo em caso de incêndio deve ser activada com um caudal de 600 m<sup>3</sup>/h por veículo no compartimento corta-fogo sinistrado. Ainda de acordo com o mesmo Artigo a insuflação deve ser parada no compartimento corta-fogo sinistrado e ser accionada nos compartimentos corta-fogo adjacentes que comuniquem com o sinistrado, com caudais iguais a 60% da extracção do piso sinistrado. O sistema de controlo de fumo pode recorrer ao sistema de ventilação para controlo de poluição por meios activos referido no artigo 183.º, desde que disponha das características exigidas pelo regulamento para o controlo de fumo.

No Artigo 183.º da Portaria nº 1532/2008 de 29 de Dezembro, pode ler-se que o sistema de ventilação por meios activos para controlo da poluição deve garantir: Em espaços cobertos fechados afectos à utilização-tipo II «Estacionamentos», caudais de extracção mínimos de 300 m<sup>3</sup>/h por veículo ou 600 m<sup>3</sup>/h por veículo, respectivamente para concentrações de monóxido de carbono de 50 ppm e 100 ppm. As instalações de ventilação mecânica devem ser accionadas automaticamente por activação da central de controlo de monóxido de carbono e manualmente por comando, bem protegido e sinalizado, situado no posto de segurança.

Neste projecto os caudais considerados cumprem os requisitos de caudal mínimo para a ventilação normal:

- Extracção de 300 m<sup>3</sup>/h por veículo para concentrações de CO de 50 ppm;
- Extracção de 600 m<sup>3</sup>/h por veículo para concentrações de CO de 100 ppm.

Posto isto, o sistema é composto pelos seguintes elementos:

- Ventiladores de extracção, activados automaticamente pelos detectores de fumos/monóxido de carbono, que encaminharão os fumos para um ponto afastado do edifício;
- Ventiladores de insuflação de ar novo para compensação do ar extraído.

Para efeitos de dimensionamento foi tida em conta a situação mais desfavorável para este sistema. Esta situação corresponderá ao funcionamento para controlo de fumos (desenfumagem), pois requer caudais mais elevados do que o funcionamento para despoluição.

Para o dimensionamento do caudal de base, para este sistema, foram assumidas 10 ren/h, no seguimento do descrito na norma BS 7346-7 e considerando um varrimento unidireccional dos sectores do parque de estacionamento.

Esta solução foi considerada válida devido ao facto de a distância entre qualquer foco de incêndio que possa surgir e a exaustão do parque ser inferior a 80 m, tal como recomendado na prNP4540.

Os ventiladores de impulso, com resistência ao fogo de 400 °C/2h, apenas terão a sua localização e orientação finalmente definida após validação e afinação da matriz de controlo do sistema através de ensaios de fumos.

Para exaustão de fumos será prevista a instalação de ventiladores axiais homologados para funcionamento a 400 °C durante 2 horas.

Como protecção para a evacuação segura dos utentes do edifício os ventiladores de extracção, insuflação e impulso terão o seu arranque faseado com períodos de atraso entre eles.

Os ventiladores preconizados para a extracção de fumos e gases tóxicos do parque de estacionamento subterrâneo e insuflação de ar novo são ventiladores axiais reversíveis com capacidade de funcionar tanto em modo de extracção como em modo de insuflação (Folhas de selecção nos Anexos IX a XIV). Para efeitos de dimensionamento, como vimos anteriormente a situação mais desfavorável corresponde a um caudal de 600 m<sup>3</sup>/h por veículo em cada piso.

Analisando o piso -5 e pressupondo que os restantes pisos terão tido a mesma base de dimensionamento, obtemos das peças desenhadas a informação da existência de 70 lugares de estacionamento neste piso.

$$600 \times 70 = 42\,000 \text{ m}^3/\text{h} \quad (20)$$

O ventilador seleccionado para o efeito foi o VD-5.1/2 com um caudal de 50 000 m<sup>3</sup>/h.

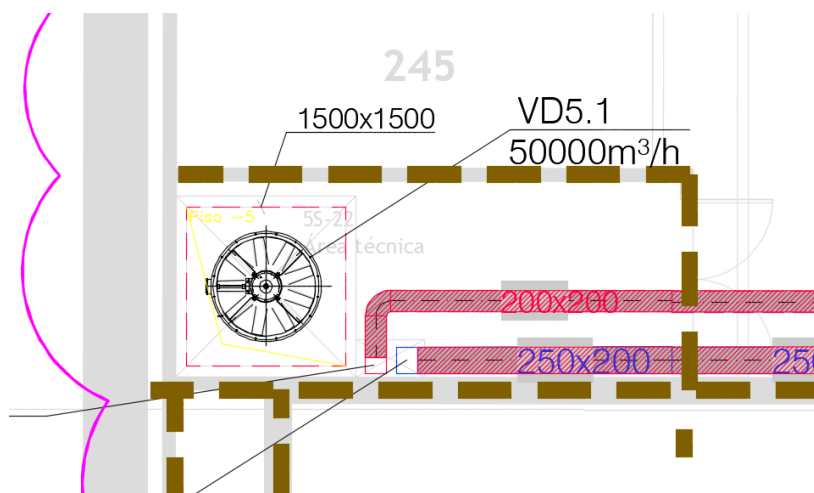


Figura 5.10. VD-5.1, em planta, no piso -5 – HCD Expansão

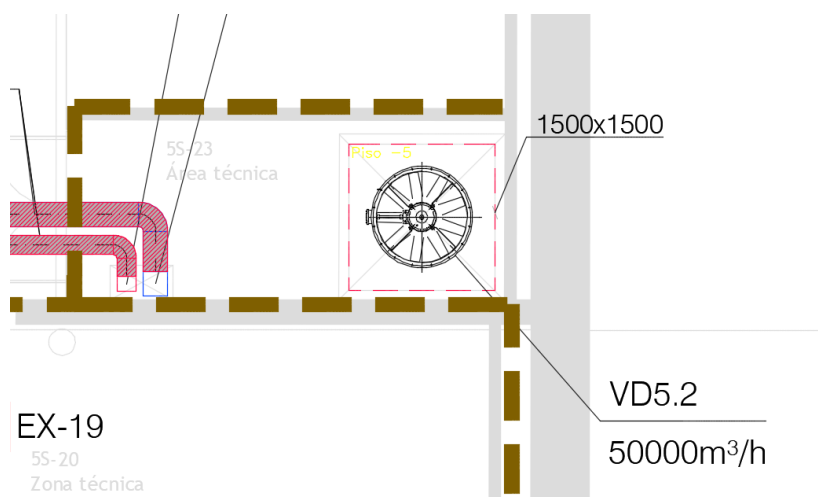


Figura 5.11. VD-5.2, em planta, no piso -5 – HCD Expansão

Para condução do ar, tanto na insuflação como na extracção, terão sido previstas condutas em Promatec 120, ou seja, condutas com resitência ao fogo de 120 minutos.

Estas condutas, tal como os próprios ventiladores de desenfumagem, situam-se nos denominados “Poços de Ventilação”, presentes um de cada lado do edifício.

Conforme podemos verificar na Figura 5.12, foram preconizados 3 ventiladores de impulso por piso.

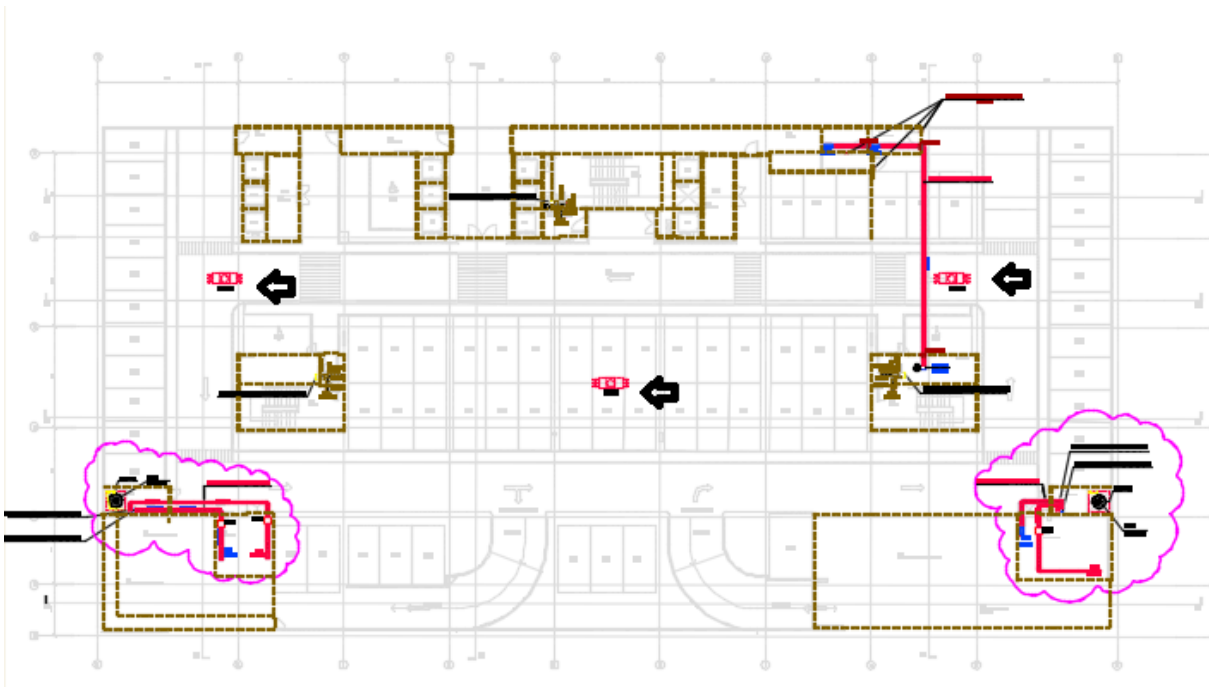


Figura 5.12. Planta do piso -5 do HCD

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E PROPOSTAS DE MELHORIA

### 6.1. Vias de Evacuação Verticais

A desenfumagem das vias verticais de evacuação, como podemos verificar no capítulo anterior, foram dimensionadas em consonância com a legislação.

Uma eventual proposta seria proceder à sobrepressão da caixa de escadas de forma independente das câmaras corta-fogo.

Usaríamos para tal uma conduta única a insuflar o caudal total necessário à sobrepressão da caixa de escadas na base da mesma, uma vez que estas são comunicantes. Garantiríamos assim a sobrepressão na sua totalidade.

Conforme calculado no capítulo anterior o caudal total a insuflar será de 7560 m<sup>3</sup>/h. Considerando uma velocidade do ar de 5 m/s teríamos um tubo Spiro de diâmetro 750 mm a insuflar a totalidade do caudal na base da caixa de escadas, ou seja, no piso -5, através de duas grelhas NOVA-R, da Systemair, de 800x700 mm.

		Área	Área	Caudal	Velocidade
			% útil	real	
mm	mm	m <sup>2</sup>		m <sup>3</sup> /h	m/s
<b>Largura × Altura</b>					
<b>800</b>	<b>x</b>	<b>700</b>	<b>0,56</b>	<b>42%</b>	<b>0,2352</b>
				<b>3780</b>	<b>4,46</b>

Tabela 6.1. Excerto de folha de cálculo para velocidade do ar nas grelhas NOVA-R

Utilizando uma folha de cálculo auxiliar para calcular a pressão estática do ventilador, teremos uma perda de carga linear no circuito de 23,99 Pa.

Tipologia Troço	Projecto			Verificação de Redes Ar				Perda Carga (Ventilador)	
	Caudal [m <sup>3</sup> /h]	L [m]	Spiro [Ø]	Velocidade [m/s]	ΔP [Pa/m]	Verificação		Assinalar Troço	ΔP [Pa]
						Velocidade	Perda Carga		
Cobertura	7 560	10,0	750	4,75	0,34	OK	OK	x	4,45
P									
Courete									
P	7 560	42,9	750	4,75	0,34	OK	OK	x	19,10
Piso -5									
P									
P	7 560	1,0	750	4,75	0,34	OK	OK	x	0,45
<b>Q Total</b>	<b>7 560</b>							<b>TOTAL</b>	<b>23,99</b>

Figura 6.1. Excerto de folha de cálculo para determinação da perda de carga linear no circuito para o VES01.1

Para as perdas de carga localizadas, considerando as duas grelhas propostas teríamos 61,76 Pa.

VES01.1			
Lista de Acessórios / Equipamentos	ΔP (mm.c.a)	Qta	Perda Carga [mm.c.a.]
Grelha 800x700	2,55	2	5,10
Bico de Pato	1,2	1	1,20
<b>TOTAL Perdas Carga Localizadas [mm.c.a.]:</b>			<b>6,30</b>
<b>TOTAL Perdas Carga Conduas [Pa]:</b>			<b>23,99</b>
<b>TOTAL Perdas Carga Conduas [mm.c.a.]:</b>			<b>2,45</b>
<b>TOTAL [mm.c.a.]:</b>			<b>8,75</b>
20% Segurança)			<b>10,50</b>

Figura 6.2. Excerto de folha de cálculo para cálculo das perdas de carga localizadas e totais do VES01.1

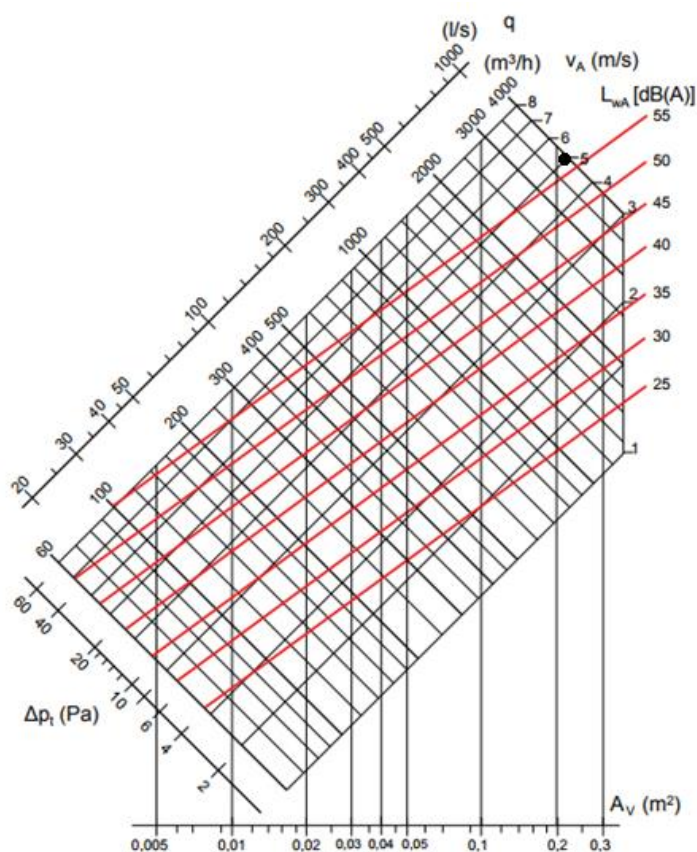


Figura 6.3. Ábaco das grelhas NOVA-R da Systemair

Necessitaríamos, nesta situação, de um ventilador com um caudal de  $7560 \text{ m}^3/\text{h}$  e uma pressão estática de  $110 \text{ Pa}$ . Conclusão, poderíamos manter o ventilador preconizado.

A situação analisada seria válida para as três caixas de escada.

Dado este caso, teríamos que garantir as renovações de ar necessárias nas antecâmaras de forma independente.

Para um caudal de  $202,30 \text{ m}^3/\text{h}$ , calculado no capítulo anterior, aplicaríamos uma margem de 10% passaria a  $222,50 \text{ m}^3/\text{h}$ . necessitaríamos do seguinte circuito para distribuição de ar nas antecâmaras:

Tipologia Troço	Projecto			Verificação de Redes Ar				Perda Carga (Ventilador)	
	Caudal [m <sup>3</sup> /h]	L [m]	Spiro [Ø]	Velocidade [m/s]	ΔP [Pa/m]	Verificação		Assinalar Troço	ΔP [Pa]
						Velocidade	Perda Carga		
Cobertura									
P	890,0	5,0	300	3,50	0,64	OK	OK	x	4,15
Courete									
P	890,0	30,0	300	3,50	0,64	OK	OK	x	24,91
P	667,5	4,0	250	3,78	0,93	OK	OK	x	4,85
P	445,0	4,0	200	3,93	1,35	OK	OK	x	7,00
P	222,5	4,0	150	3,50	1,57	OK	OK	x	8,18
Piso -2									
P	222,5	1,0	150	3,50	1,57	OK	OK	x	2,04
Piso -3									
P	222,5	1,0	150	3,50	1,57	OK	OK	x	2,04
Piso -4									
P	222,5	1,0	150	3,50	1,57	OK	OK	x	2,04
Piso -5									
P	222,5	1,0	150	3,50	1,57	OK	OK	x	2,04
<b>Q Total</b>	<b>890</b>							<b>TOTAL</b>	<b>57,27</b>

Figura 6.4. Excerto de folha de cálculo para determinação da perda de carga linear no circuito para o VE1

Tal circuito provocaria uma perda de carga no circuito de 57,27 Pa.

Para seleccionar a grelha indicada, definimos uma velocidade máxima de 5 m/s:

		Área	Área		Caudal	Velocidade
			% útil	real		
mm	mm	m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /h	m/s
<b>Largura</b>	x	<b>Altura</b>				
<b>200</b>	x	<b>150</b>	<b>0,03</b>	<b>63%</b>	<b>0,0190</b>	<b>222,5</b>
						<b>3,25</b>

Tabela 6.2. Excerto de folha de cálculo para velocidade do ar nas grelhas NOVA-A

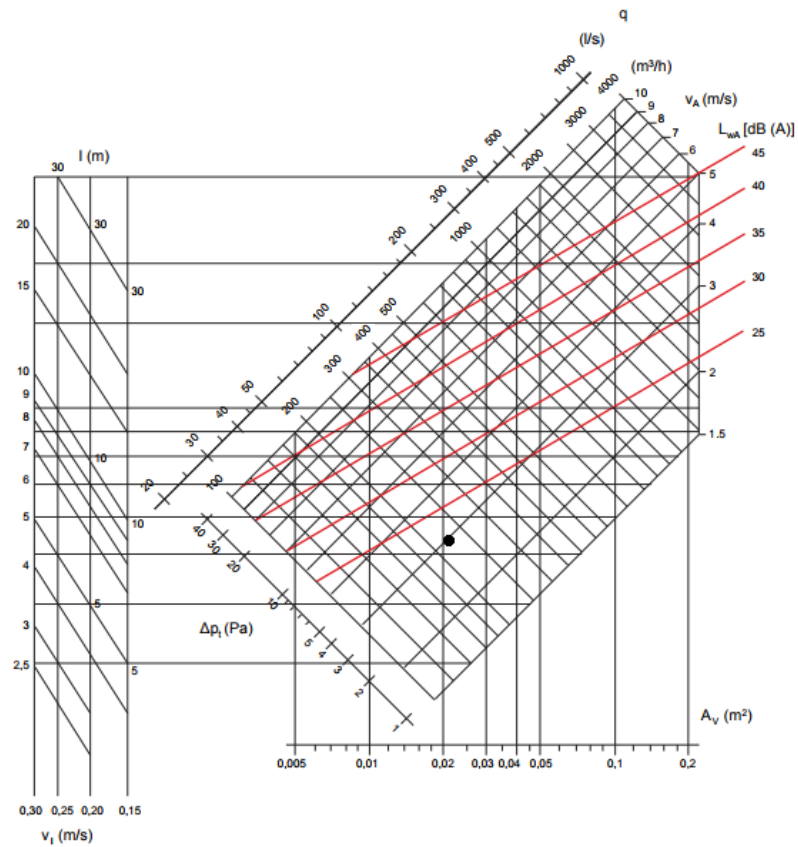


Figura 6.5. Ábaco das grelhas NOVA-A da Systemair

VE1			
Lista de Acessórios / Equipamentos	ΔP (mm.c.a)	Qta	Perda Carga [mm.c.a.]
Grelha 200x150	0,36	4	1,43
Bico de Pato	1,2	1	1,20
TOTAL Perdas Carga Localizadas [mm.c.a.]:			<b>2,63</b>
TOTAL Perdas Carga Conduas [Pa]:			<b>57,27</b>
TOTAL Perdas Carga Conduas [mm.c.a.]:			<b>5,84</b>
TOTAL [mm.c.a.]:			<b>8,47</b>
20%	Segurança)		<b>10,17</b>

Figura 6.6. Excerto de folha de cálculo para cálculo das perdas de carga localizadas e totais do VE1

Para as perdas de carga localizadas, considerando grelhas NOVA-A de 200x150 mm teríamos 25,76 Pa.

Necessitaríamos, nesta situação, de um ventilador com um caudal de 890 m<sup>3</sup>/h e uma pressão estática de 100 Pa.

A situação analisada seria válida para as três antecâmaras.

Para a **caixa de escada 2** que, ao contrário das caixas de escada 1 e 3, não apresenta ventilação natural nos pisos superiores, foi dimensionado, no capítulo anterior um caudal de insuflação de 5292 m<sup>3</sup>/h na caixa de escadas. Neste caso específico, o troço de conduta para distribuição de ar deveria ser o seguinte:

VES02.1									
Tipologia Troço	Projecto			Verificação de Redes Ar				Perda Carga (Ventilador)	
	Caudal [m <sup>3</sup> /h]	L [m]	Spiro [Ø]	Velocidade [m/s]	ΔP [Pa/m]	Verificação		Assinalar Troço	ΔP [Pa]
						Velocidade	Perda Carga		
Cobertura	5 292	1,0	500	7,49	1,34	OK	OK	x	1,75
P									
Courete	5 292	22,0	500	7,49	1,34	OK	OK	x	38,44
P									
Piso 0	5 292	1,0	500	7,49	1,34	OK	OK	x	1,75
P									
<b>Q Total</b>	<b>5 292</b>							<b>TOTAL</b>	<b>41,94</b>

Figura 6.7. Excerto de folha de cálculo para determinação da perda de carga linear no circuito para o VES02.1

Tal circuito provocaria uma perda de carga linear no circuito de 41,94 Pa.

Para seleccionar a grelha indicada, definimos uma velocidade máxima de 5 m/s:

		Área	Área		Caudal	Velocidade
			% útil	real		
mm	mm	m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /h	m/s
<b>Largura × Altura</b>						
<b>2000</b>	<b>400</b>	<b>0,80</b>	<b>43,500%</b>	<b>0,348000</b>	<b>5292</b>	<b>4,22</b>

Tabela 6.3. Excerto de folha de cálculo para velocidade do ar nas grelhas NOVA-R

Neste caso, uma vez que não existe NOVA-R com as dimensões necessárias, faz-se uma associação de grelhas com 2 grelhas 1000x400 mm.

Repartindo o caudal pelas duas grelhas, teremos 2646 m<sup>3</sup>/h em cada grelhas.

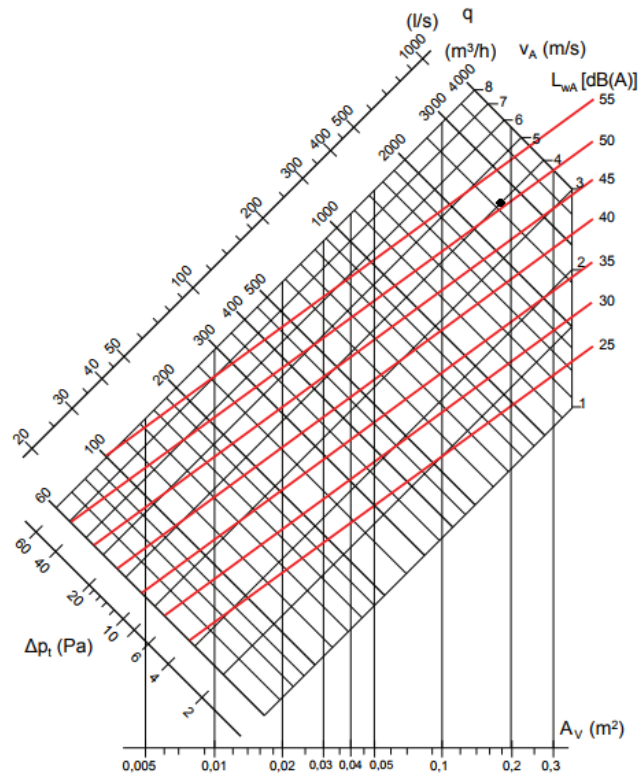


Figura 6.8. Ábaco das grelhas NOVA-R da Systemair

Para as perdas de carga localizadas teríamos:

VES02.1			
Lista de Acessórios / Equipamentos	ΔP (mm.c.a)	Qta	Perda Carga [mm.c.a.]
Grelha 2000x400	1,5	2	3,06
Bico de Pato	1,2	1	1,20
<b>TOTAL Perdas Carga Localizadas [mm.c.a.]:</b>			<b>4,26</b>
<b>TOTAL Perdas Carga Conduas [Pa]:</b>			<b>41,94</b>
<b>TOTAL Perdas Carga Conduas [mm.c.a.]:</b>			<b>4,28</b>
<b>TOTAL [mm.c.a.]:</b>			<b>8,54</b>
20% Segurança)			<b>10,25</b>

Figura 6.9. Excerto de folha de cálculo para cálculo das perdas de carga localizadas e totais do VES02.1

Para a perda de carga total teríamos 100,43 Pa. Necessitaríamos, nesta situação, de um ventilador com um caudal de 5292 m<sup>3</sup>/h e uma pressão estática de 100 Pa.

Conforme o Artigo 161.º da Portaria 1532/2008, nesta via de evacuação seria conveniente prever uma abertura no topo da mesma, com exutor de fumos de 1 m<sup>2</sup> de área útil, com abertura facultada, única e exclusivamente, aos delegados de segurança e bombeiros. O seu comando deveria ser instalado no nível de acesso à caixa de escadas, no seu interior.

## 6.2. Vias de Evacuação Horizontais

A desenfumagem das vias horizontais de evacuação, como podemos verificar no capítulo anterior, não foram dimensionadas em consonância com a legislação.

Enquanto a disposição das bocas de admissão de ar e de extracção de fumos cumprem uma distância máxima entre elas, medida segundo o eixo da circulação, de 15 metros nos percursos em linha recta, no caso da insuflação de ar a velocidade de admissão não está compreendida entre 2 a 5 m/s e os caudais tanto de insuflação como de extracção não estão dimensionados de acordo com o legislado.

No caso do **Corredor C10R-48 no piso -1**, considerando o caudal a insuflar, conforme calculado no capítulo anterior, de 7200 m<sup>3</sup>/h seria, de todo, conveniente distribuí-lo por 4 bocas de admissão, com 4 grelhas NOVA-A da Systemair, possuindo um caudal unitário de 1800 m<sup>3</sup>/h.

		Área	Área			Caudal	Velocidade
			% útil	real			
mm	mm	m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /h		m/s
<b>Largura × Altura</b>							
<b>500</b>	<b>x</b>	<b>300</b>	<b>0,15</b>	<b>73%</b>	<b>0,1091</b>	<b>1800</b>	<b>4,59</b>

Tabela 6.4. Excerto de folha de cálculo para velocidade do ar nas grelhas NOVA-A

Percebemos, pela tabela anterior, que a grelha mais adequada a instalar seria uma 500x300 mm.

O caudal de extracção deveria ser alterado para 9360 m<sup>3</sup>/h para cumprir o requisito de 1,3 vezes o caudal de insuflação. Neste caso, seria vantajoso, dividir o caudal por 5 grelhas de extracção, ficando com 1872 m<sup>3</sup>/h em cada uma das bocas de evacuação.

Para o caudal calculado, poderíamos manter as grelhas 500x300 mm, conforme Tabela 6.3.

O circuito necessário para a distribuição de ar neste sistema, seria o seguinte:

VES-1									
Tipologia Troço	Projecto			Verificação de Redes Ar				Perda Carga (Ventilador)	
	Caudal [m³/h]	L [m]	Spiro [Ø]	Velocidade [m/s]	ΔP [Pa/m]	Verificação		Assinalar Troço	ΔP [Pa]
						Velocidade	Perda Carga		
Cobertura									
P	7 200	10,0	560	8,12	1,35	OK	OK	x	17,53
Courete									
P	7 200	27,0	560	8,12	1,35	OK	OK	x	47,32
P									
Piso -1									
P	7 200	1,0	560	8,12	1,35	OK	OK	x	1,75
P	3 600	1,0	450	6,29	1,12	OK	OK	x	1,45
P	1 800	1,0	315	6,42	1,84	OK	OK	x	2,39
<b>Q Total</b>	<b>7 200</b>							<b>TOTAL</b>	<b>70,44</b>

Figura 6.10. Excerto de folha de cálculo para determinação da perda de carga linear no circuito para o VES-1

Este circuito, conforme podemos ver na Figura 6.10, induziria uma perda de carga linear de 70,44 Pa.

Para as perdas de carga localizadas teríamos:

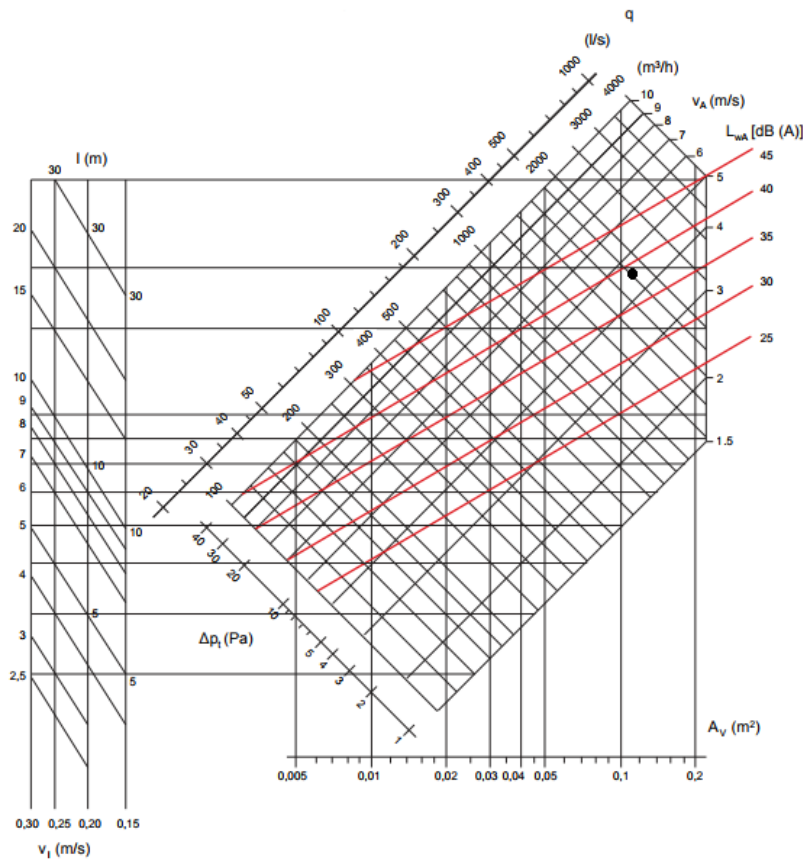


Figura 6.11. Ábaco das grelhas NOVA-A da Systemair

VES-1			
Lista de Acessórios / Equipamentos	$\Delta P$ (mm.c.a.)	Qta	Perda Carga [mm.c.a.]
Grelha 500x300	0,82	2	1,63
Bico de Pato	1,2	1	1,20
<b>TOTAL Perdas Carga Localizadas [mm.c.a.]:</b>			<b>2,83</b>
<b>TOTAL Perdas Carga Conduitas [Pa]:</b>			<b>70,44</b>
<b>TOTAL Perdas Carga Conduitas [mm.c.a.]:</b>			<b>7,19</b>
<b>TOTAL [mm.c.a.]:</b>			<b>10,02</b>
20% Segurança)			<b>12,02</b>

Figura 6.12. Excerto de folha de cálculo para cálculo das perdas de carga localizadas do VES-1

No total teríamos uma perda de carga de 117,84 Pa. Para este sistema, teríamos que seleccionar um ventilador com um caudal de insuflação de 7200 m<sup>3</sup>/h e uma perda de carga de 120 Pa.

Para a extracção do corredor, teríamos o seguinte circuito:

Tipologia Troço	Projecto			Verificação de Redes Ar				Perda Carga (Ventilador)	
	Caudal [m <sup>3</sup> /h]	L [m]	Spiro [Ø]	Velocidade [m/s]	$\Delta P$ [Pa/m]	Verificação		Assinalar Troço	$\Delta P$ [Pa]
						Velocidade	Perda Carga		
Cobertura									
P	9 360	10,0	630	8,34	1,22	OK	OK	x	15,80
Courete									
P	9 360	27,0	630	8,34	1,22	OK	OK	x	42,66
P									
Piso -1									
P	9 360	1,0	630	8,34	1,22	OK	OK	x	1,58
P	5 616	1,0	500	7,95	1,50	OK	OK	x	1,95
P	3 744	1,0	450	6,54	1,20	OK	OK	x	1,56
P	1 872	1,0	315	6,67	1,98	OK	OK	x	2,57
<b>Q Total</b>	<b>9 360</b>							<b>TOTAL</b>	<b>66,13</b>

Figura 6.13. Excerto de folha de cálculo para determinação da perda de carga linear no circuito para o EX-1

Este circuito, conforme podemos ver na Figura 6.13, induziria uma perda de carga de 66,13 Pa.

Para as perdas de carga localizadas teríamos:



VE-14									
Tipologia Troço	Projecto			Verificação de Redes Ar				Perda Carga (Ventilador)	
	Caudal [m <sup>3</sup> /h]	L [m]	Spiro [Ø]	Velocidade [m/s]	ΔP [Pa/m]	Verificação		Assinalar Troço	ΔP [Pa]
						Velocidade	Perda Carga		
Cobertura									
P	6 300	2,0	630	5,61	0,58	OK	OK	x	1,52
Courete									
P	6 300	23,0	630	5,61	0,58	OK	OK	x	17,47
Piso 0									
P	6 300	12,0	630	5,61	0,58	OK	OK	x	9,12
<b>Q Total</b>	<b>6 300</b>							<b>TOTAL</b>	<b>28,11</b>

Figura 6.15. Excerto de folha de cálculo para determinação da perda de carga linear no circuito para o VE-14

Este circuito, conforme podemos ver na Figura 6.15, induziria uma perda de carga de 28,11 Pa. Para as perdas de carga localizadas teríamos:

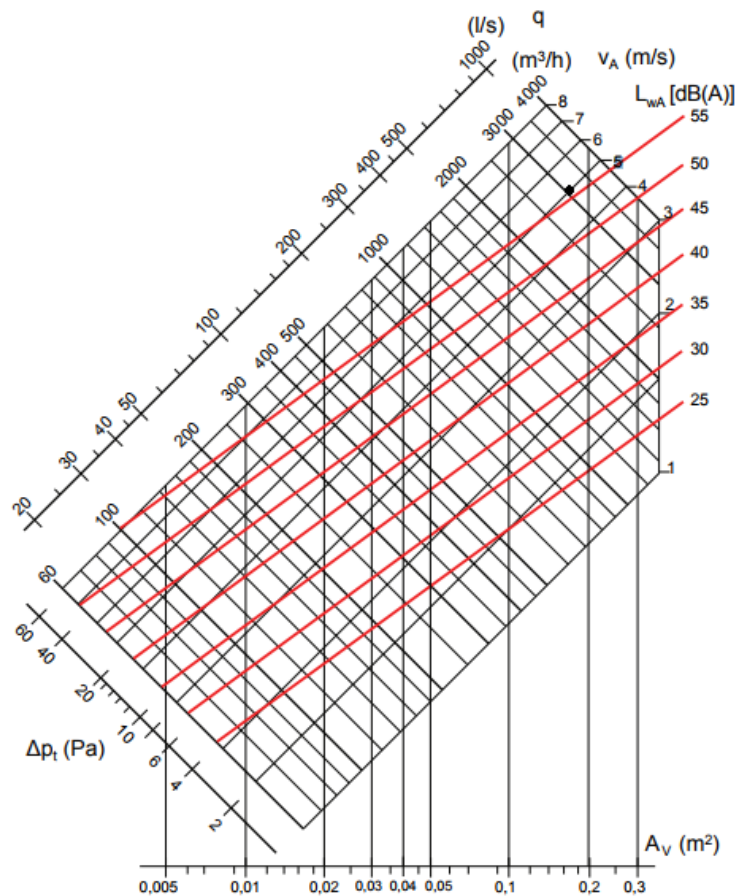


Figura 6.16. Ábaco das grelhas NOVA-R da Systemair

VE-14			
Lista de Acessórios / Equipamentos	$\Delta P$ (mm.c.a)	Qta	Perda Carga [mm.c.a.]
Grelha 800x500	2,55	2	5,10
Bico de Pato	1,2	1	1,20
<b>TOTAL Perdas Carga Localizadas [mm.c.a.]:</b>			<b>6,30</b>
<b>TOTAL Perdas Carga Conduas [Pa]:</b>			<b>28,11</b>
<b>TOTAL Perdas Carga Conduas [mm.c.a.]:</b>			<b>2,87</b>
<b>TOTAL [mm.c.a.]:</b>			<b>9,17</b>
20% Segurança)			<b>11,00</b>

Figura 6.17. Excerto de folha de cálculo para cálculo das perdas de carga localizadas do VE-14

No total teríamos uma perda de carga de 107,84 Pa. Para este sistema, teríamos que seleccionar um ventilador com um caudal de insuflação de 6300 m<sup>3</sup>/h e uma perda de carga de 110 Pa.

### 6.3. Parques de Estacionamento Cobertos

Após análise do capítulo 5.3 podemos concluir que o caudal dos ventiladores cumpre com a legislação. Seria possível diminuir o seu caudal para os 43000 m<sup>3</sup>/h, considerando um factor de segurança de 1000 m<sup>2</sup>/h.

Também a disposição dos equipamentos está feita de forma viável. A insuflação de ar novo nos pisos é feita pelo lado oposto à extracção de fumos ou gases tóxicos.

Para garantir o varrimento unidirecional dos pisos são utilizados os ventiladores de impulso, dimensionados de acordo com a norma inglesa BS 7346 à qual não temos acesso, depreendemos, no entanto, que estarão a cumprir com a legislação.

Relativamente às condutas preconizadas, sabemos que, de acordo com a legislação, apenas as condutas de extracção de fumos deverão ter resistência ao fogo de 120 minutos, ou seja, as condutas para insuflação de ar novo não necessitariam de ser em Promatec 120, poderiam ser em chapa galvanizada.

Poder-se-ia, ainda, colocar a hipótese de utilizar condutas em alvenaria em substituição do Promatec 120, com o intuito de reduzir custos associados a material.

Uma opção que também poderia ser viável, seria utilizar insuflação natural. Para tal, necessitaríamos de alterar a Arquitectura, para substituir o poço de ventilação pelo chamado “poço tipo inglês”. O “poço tipo inglês” é um poço idêntico ao poço de ventilação preconizado, com a diferença de possuir abertura no topo a nível térreo. Este permite a entrada de ar natural, que é conduzido aos pisos inferiores entrando em contacto com as paredes do poço. Aí, dar-se-á transferência de calor, fazendo com que a temperatura do ar insuflado se aproxime mais da temperatura do ar ambiente dos pisos enterrados.

## 7. CONCLUSÃO

Findo o período de estágio curricular na Climacer Lda., conclui-se que os objectivos propostos foram atingidos, sempre com o máximo empenho e dedicação.

Conseguiu-se tornar o trabalho de orçamentação, que inicialmente tinha que ser supervisionado com a maior atenção, num trabalho credível e autónomo.

Percebeu-se todo o funcionamento de preparação e execução de uma obra de grandes dimensões, assim como o trabalho que está por detrás de uma empreitada e todas as dificuldades, sempre ultrapassadas, da parte burocrática e de fiscalização.

Estabeleceu-se uma relação de proximidade com o mercado de trabalho, essencialmente, na área de AVAC.

Adquiriu-se o máximo conhecimento possível na integração da equipa, que sempre teve tanto para oferecer, nunca se opondo a dar a conhecer e a ensinar sobre qualquer assunto que surgisse.

Fundamentalmente, percebeu-se a necessidade e a importância de um sistema de desenfumagem bem dimensionado, pois é deste que dependerá a vida dos utentes de um edifício, no caso de incêndio. Nunca esquecendo que, neste assunto, a responsabilidade de quem dimensiona e executa o sistema de desenfumagem num determinado edifício não se limita, única e exclusivamente, a ventilar espaços, provocar sobrepressões ou deslocções de ar, mas sim, em primeira instância, está a responsabilidade de proteger vidas humanas.

Sempre com a mesma filosofia “Ser Bom não Chega”, conclui-se o estágio curricular com a sensação de dever cumprido e com a certeza de que foi a melhor opção para finalizar o Mestrado em Engenharia Mecânica – Especialização em Projecto, Instalação e Manutenção de Sistemas Térmicos.



## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Coelho, A. Leça (2010). *Incêndios em Edifícios*.

Wikipedia <https://pt.wikipedia.org/wiki/Inc%C3%AAndio>.

AHBVM [http://www.ahbvm.pt/intervencao\\_em\\_incendios.htm](http://www.ahbvm.pt/intervencao_em_incendios.htm). Associação Humanitária de Bombeiros Voluntários Madeirenses, Portugal.

DH <http://www.dh-portugal.pt/desenfumagem.htm>. DH Portugal, Portugal.

Instruel <http://www.instruel.pt/pdf/desenfumagem.pdf>. Instruel, Portugal.

Petaproj [http://www.petaproj.pt/desenf\\_principios.html](http://www.petaproj.pt/desenf_principios.html). Petaproj, Portugal.

PGDL [http://www.pgdlisboa.pt/leis/lei\\_mostra\\_articulado.php?nid=1949&tabela=leis](http://www.pgdlisboa.pt/leis/lei_mostra_articulado.php?nid=1949&tabela=leis). Procuradoria-Geral Distrital de Lisboa, Portugal.

CST (2013) <http://www.cursosegurancadotrabalho.net/2013/09/A-propagacao-do-fogo-e-as-fases-de-um-incendio.html>. Curso de Segurança do Trabalho.

SCI (2012) <http://segurancacontraincendio.pt/images/DecretoLei224.2015.pdf>. Segurança Contra Incêndio, Portugal.

SCI (2012) <http://segurancacontraincendio.pt/images/DecretoLei220.2008SCIE.pdf>. Segurança Contra Incêndio, Portugal.

Metec [http://www.metec.pt/pdf\\_plymovent\\_ventilacao/HBP\\_IPVF-9010-Perda-de-carga\\_041201\\_PT.pdf](http://www.metec.pt/pdf_plymovent_ventilacao/HBP_IPVF-9010-Perda-de-carga_041201_PT.pdf). Metec, Portugal.

Ventilnorte [http://www.ventilnorte.com/index-imagens/calculo\\_ventilador.htm](http://www.ventilnorte.com/index-imagens/calculo_ventilador.htm). Ventilnorte, Portugal.

RA <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/58803/1/000129209.pdf>. Repositório Aberto, Portugal.

Systemair [https://www.systemair.com/globalassets/downloads/leaflets-and-catalogues/english/e2287\\_nova.pdf](https://www.systemair.com/globalassets/downloads/leaflets-and-catalogues/english/e2287_nova.pdf). Systemair.



## 9. ANEXOS

Anexo I - Decreto-Lei N.º 220/2008 de 12 de Novembro

Anexo II - Decreto-Lei n.º 224/2015 de 09 de Outubro

Anexo III - Portaria n.º 1532/2008 de 29 de Dezembro

Anexo IV – Ficha de Selecção VES1.1/2/3

Anexo V – Ficha de Selecção VES3.1/2

Anexo VI – Ficha de Selecção VES12

Anexo VII – Ficha de Selecção EX-20

Anexo VIII – Ficha de Selecção VE-14

Anexo IX – Ficha de Selecção VD2.1

Anexo X – Ficha de Selecção VD2.2

Anexo XI – Ficha de Selecção VD3.1/2 e 4.1

Anexo XII – Ficha de Selecção VD4.2

Anexo XIII – Ficha de Selecção VD5.1

Anexo XIV – Ficha de Selecção VD5.2