

Projecto de Sistemas Activos de Controlo de Fumos

Hermínio Duarte-Ramos
Prof. Dr. Eng. Electrotécnico (DEE/FCT/UNL)

1. Projecto de instalações activas

Os sistemas activos de controlo de fumos por varrimento forçado podem ser projectados com entrada de ar natural ou insuflada mecanicamente, mas a extracção é sempre mecânica. Por isso, a concepção dos sistemas natural-mecânico e mecânico-mecânico costuma ser baseada no dimensionamento das condutas e dos extractores de fumo.

Assim, as condutas de insuflação de ar e os respectivos insufladores caracterizam-se em consequência das características da estrutura que executa a extracção do fumo para o exterior do edifício em caso de incêndio.

Por isso, dá-se especial atenção aos critérios de controlo da camada de fumo com implicações no dimensionamento daqueles equipamentos fundamentais: condutas e bocas, extractores e insufladores.

Para o efeito, observam-se as seguintes situações paradigmáticas: espaços extensos em grandes e médios volumes industriais ou com público; circulações horizontais, ou corredores de passagem das pessoas que são evacuadas dos volumes recebendo público; circulações verticais, ou escadas de evacuação das pessoas em caso de incêndio, particularmente em edifícios de grande altura.

2. Caudal de ar e de fumo

Num **edifício extenso**, o regulamento prescreve o caudal máximo de extracção igual a $1 \text{ m}^3/\text{s}$ por 100 m^2 da área em planta à volta de cada boca, quer dizer, deve-se verificar $Q_{\text{min}} = 1 \text{ m}^3/\text{s}$ em 100 m^2 do sector de extracção das bocas.

Deste modo, o **caudal de extracção** mecânica num sector com área A_{sec} , expresso por $Q_{\text{ext}} \geq Q_{\text{min}} \cdot A_{\text{sec}} / 100$, satisfaz a relação

$$Q_{\text{ext}} \geq \frac{A_{\text{sec}}}{100} \text{ [m}^3/\text{s]}$$

em obediência às prescrições regulamentares. Nestas condições, um sector de extracção máximo, cuja área é $A_{\text{sec}} = 320 \text{ m}^2$, o caudal de extracção será $Q_{\text{ext}} \geq 3,2 \text{ m}^3/\text{s}$.

Note-se que num volume inferior ao máximo sector de extracção por boca, portanto referente a um espaço com área $A < 320 \text{ m}^2$, o caudal de extracção não deve ser menor que $5000 \text{ m}^3/\text{h}$, correspondente a $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$, pois uma hora contém 3600 s . Por exemplo, numa loja com 100 m^2 tem que se optar por $Q_{\text{ext}} \geq 1,5 \text{ m}^3/\text{s}$, embora a fórmula anterior deixe calcular $Q_{\text{ext}} \geq 1 \text{ m}^3/\text{s}$.

Num sistema mecânico-mecânico, o **caudal de insuflação** Q_{ins} calcula-se a partir do caudal de extracção através da relação

$$Q_{\text{ins}} = 0,60 Q_{\text{ext}} \text{ [m}^3/\text{s]}$$

para não desestratificar a camada de fumo. Quer dizer, convém ter um caudal de insuflação de ar reduzido a 60% do caudal de extracção de fumo. Nestas circunstâncias, deduz-se $Q_{\text{ext}} = 1,66 Q_{\text{ins}}$, quer dizer, o caudal de extracção resulta aproximadamente 60% maior que o caudal de insuflação, isto é, $Q_{\text{ext}} \approx 1,60 Q_{\text{ins}}$.

Os **corredores** caracterizam-se pela chamada *unidade de passagem* U_p , definida pela largura do corredor L_{cor} segundo as seguintes condições:

- $U_p = 1$ se $L_{\text{cor}} = 0,90 \text{ m}$;
- $U_p = 2$ se $L_{\text{cor}} = 1,40 \text{ m}$;
- $U_p = N$ se $L_{\text{cor}} = N \cdot 0,60 \text{ m}$, com $N \geq 3$.

Note-se que a *largura dos corredores* depende do número de pessoas previstas para passar nas circulações:

- 1 a 19 pessoas: 1 corredor de $U_p = 1$;
- 20 a 50 pessoas: 2 corredores de $U_p = 1$;
- 51 a 100 pessoas: 2 corredores de $U_p = 1$ ou 1 corredor de $U_p = 2$;
- 100 a 500 pessoas: 2 corredores de $U_p = 1$ por 100 pessoas;
- mais de 500 pessoas: 1 corredor suplementar por fracção de 500 pessoas e aumentar $U_p = 1$ por 100 pessoas.

No corredor de um local recebendo público, o **caudal de extracção** terá um valor mínimo condicionado pela largura do corredor (unidades de passagem U_p) e pela extensão do corredor (número n_B de bocas de extracção):

- $Q_{\text{ext}} \geq \frac{U_p}{2} \text{ [m}^3/\text{s]}$
- $Q_{\text{ext}} \geq \frac{n_B}{2} \text{ [m}^3/\text{s]}$

devendo-se satisfazer o mínimo de $1 \text{ m}^3/\text{s}$ numa extensão de corredor de 15 m (onde se prevêm 2 bocas de extracção).

Por exemplo, numa clínica médica, um corredor recto com a largura de $2,40 \text{ m}$ e a extensão de 50 m define: por um lado, as 4 unidades de passagem do corredor (pois $4 \cdot 0,60 \text{ m} = 2,40 \text{ m}$) dão $Q_{\text{ext}} \geq 2 \text{ m}^3/\text{s}$; por outro lado, as 5 bocas de extracção possíveis (porque $50 \text{ m}/10 \text{ m} = 5$) indicam $Q_{\text{ext}} \geq 2,5 \text{ m}^3/\text{s}$; então opta-se por $Q_{\text{ext}} = 2,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

3. Bocas das condutas

Num **edifício extenso**, as condutas são percorridas por um fluido: ar na insuflação e fumo na extracção. Em ambos os casos, o caudal Q (em m^3/s) define-se pelo volume de fluido V (em m^3) que passa numa boca por unidade de tempo, ou seja, $Q = V/t$, sendo t a variável tempo (expressa em segundos). Mas esse volume equivale a uma extensão da conduta no espaço e preenchido com o fluido que passou pela boca no intervalo de tempo considerado. Portanto, se A_{UB} for a área útil da boca, o volume será $V = A_{UB} \cdot e$. Assim, obtém-se a expressão $Q = A_{UB} \cdot e/t$, e como o espaço percorrido pelo fluido por unidade de tempo define a respectiva velocidade v de propagação, resulta

$$Q = A_{UB} \cdot v \quad [m^3/s]$$

fórmula que permite calcular a área das bocas a partir de um valor arbitrado para a velocidade e uma vez conhecido o caudal (podendo, obviamente, resolve-se também o problema inverso).

Da relação anterior deduz-se a **área das bocas** de extracção do fumo, pois verifica-se

$$A_{UB} = \frac{Q_{ext}}{v_F} \quad [m^2]$$

onde o caudal Q_{ext} já se sabe determinar e a velocidade do fumo v_F não pode exceder o valor máximo de 5 m/s, a fim de evitar a desestratificação da camada de fumo (recomendando-se não exceder 3 m/s).

Então, na hipótese $Q_{ext} = 1 m^3/s$, a velocidade máxima $v_F = 5 m/s$ estabelece a área das bocas $A_{UB} = 0,20 m^2$. Daí que o regulamento estipule a área máxima de 20 dm^2 para as bocas de extracção do fumo, e conseqüentemente para as bocas de insuflação de ar.

Como se sabe, nos **corredores** as bocas de extracção alternam com as bocas de insuflação, estando afastadas entre si no máximo de 10 m em comprimentos rectilíneos e 7 m quando haja mudanças de direcção na circulação. Além disso, as bocas de extracção situam-se acima de 1,80 m e as bocas de insuflação encontram-se abaixo de 1 m.

A **área útil das bocas** das condutas num corredor define-se em função do número de unidades de passagem através da expressão

$$A_{UB} = 0,10 U_p \quad [m^2]$$

com o mínimo de 0,20 m^2 .

No desconhecimento do factor aerodinâmico das bocas λ_B , a área útil das bocas deve ser 50% da sua área geométrica, ou seja, $A_{UB} = 0,5 A_{GB}$, e portanto calcula-se a área geométrica das bocas

$$A_{GB} = 2A_{UB}$$

Além disso, a relação entre as dimensões de uma boca (largura l_B e altura h_B) não deve ser superior a 2, por exemplo, $l_B \leq 2h_B$.

4. Condutas de ar e de fumo

Obtida a área das bocas das condutas, basta ver o número de bocas n_B que servem cada conduta para se obter a **secção das condutas**

$$A_C = n_B A_{UB} \quad [m^2]$$

tendo as bocas a área útil A_{UB} .

Do mesmo modo, a relação entre as dimensões transversais de uma conduta (largura l_C e altura h_C) não pode exceder 2, por exemplo, deve-se verificar $l_C \leq 2h_C$.

Convém notar que o somatório das áreas geométricas das entradas de ar num local não deve ser menor que o somatório das áreas geométricas para saída de fumo.

A diferença de pressão Δp (na unidade física Pa) entre ambos os lados de uma conduta origina um certo **caudal de fugas** Q_f (em m^3/s) devido a dois tipos:

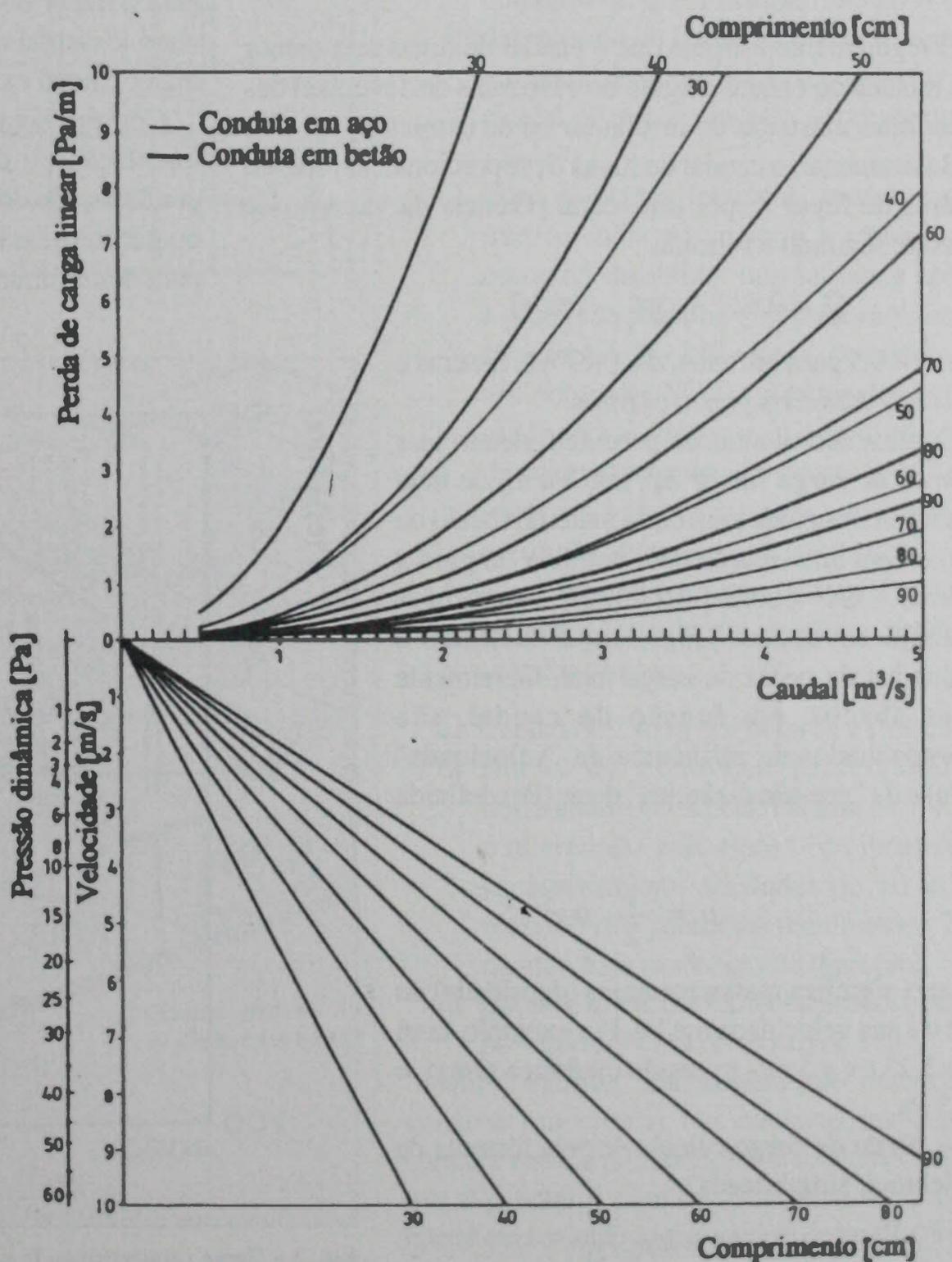


Fig. 1 - Perda de carga em condutores de betão e de aço com 0,60 m de largura e altura entre 0,30 m e 0,90 m.

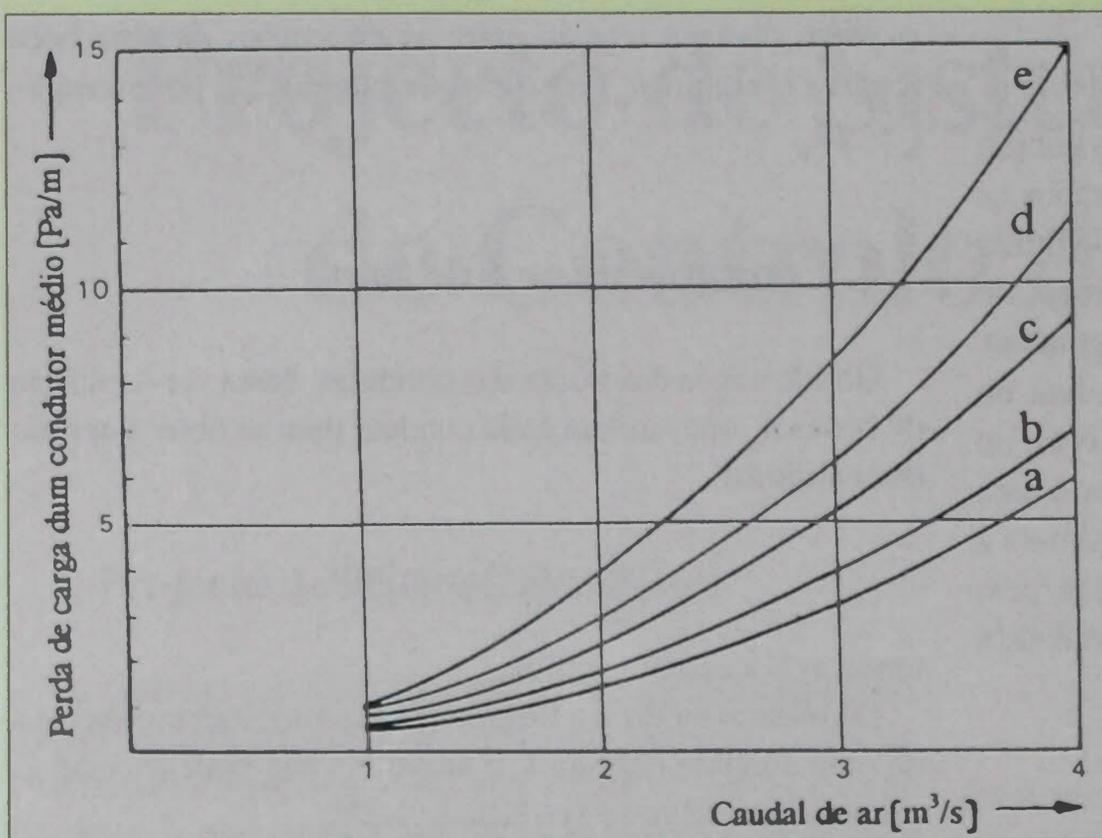


Fig. 2 - Perda de carga linear numa conduta média em função do caudal de ar para diversos materiais: a - chapa galvanizada, b - betão de placas lisas, c - betão ordinário, d - alvenaria, e - betão muito grosseiro.

- Fugas de ar nas fissuras e uniões mal realizadas;
- Fugas de ar devidas à porosidade do material das condutas.

O regulamento estipula que o caudal de fugas seja menor que metade do caudal exigido no caso mais desfavorável das bocas mais afastadas do insuflador ou do extractor.

Basicamente, o caudal de fugas é proporcional ao produto da área de fugas A_f por uma certa potência da variação de pressão, segundo a fórmula

$$Q_f = 0,827 A_f \Delta p^a \quad [m^3/s]$$

com $a = 0,5$ para orifícios, $a = 0,67$ nas fissuras e $a = 1$ em materiais pouco porosos.

Ensaio aerodinâmicos permitem determinar a **perda de carga linear** Δp_l (em Pa/m) de uma conduta, construída num dado material (betão ou aço) e com uma secção bem definida (largura x altura). Os correspondentes resultados estabelecem ábacos (Fig. 1) que facilitam a estimativa da perda de carga total. Geralmente estes ábacos, em função do caudal, são acompanhados da influência da "velocidade" (m/s) e da "pressão dinâmica" do ar (Pa) definida por

$$p_d = \frac{1}{2} \rho v^2$$

onde ρ significa massa volúmica (densidade) do ar e v a sua velocidade média. Por exemplo, com $\rho = 1,23$ e $v = 5$ m/s a pressão dinâmica será $p_d = 15,3$ Pa.

A **perda de carga** calcula-se pela fórmula de Colebrook simplificada

$$\Delta p = \lambda p_d \frac{l}{D_H}$$

com o comprimento l da conduta (m) e o diâmetro hidráulico $D_H = 4A_C/P_C$, sendo A_C a secção da

conduta (m^2) e P_C o seu perímetro (m). O coeficiente de perda de carga repartida λ depende da velocidade v do ar e da rugosidade. Esta rugosidade pode influenciar muito as perdas de carga, sobretudo se o material usado for o betão (Fig. 2).

5. Insufladores e extractores

As características do insuflador de ar ou do extractor de fumo devem permitir vencer as perdas de carga totais, até ao ponto mais afastado nas condutas respectivas.

A "curva característica" de um equipamento electromecânico exprime a pressão em função do caudal (Fig. 3). Logicamente, o funcionamento ideal deve ocorrer no máximo dessa curva.

Num edifício em altura, com vários pisos, esse ponto de operação ideal depende da altura em que o incêndio ocorre (portanto, depende do piso sinistrado).

Cada equipamento electromecânico pode servir, no máximo, dois cantões, caso em que o caudal se dimensiona para o maior dos caudais exigidos pelos cantões servidos. É claro, o caudal mínimo de extracção não deve ser inferior ao maior caudal exigido pelos dois cantões individualmente.

Convém notar que os equipamentos electromecânicos de insuflação ou de extracção, quando aplicados através de condutas, são do tipo centrífugo. Todavia, nos casos em que a operação se faz directamente, quer para ventilar com ar, quer para desenfumar para o exterior, aplica-se o tipo helicoidal.

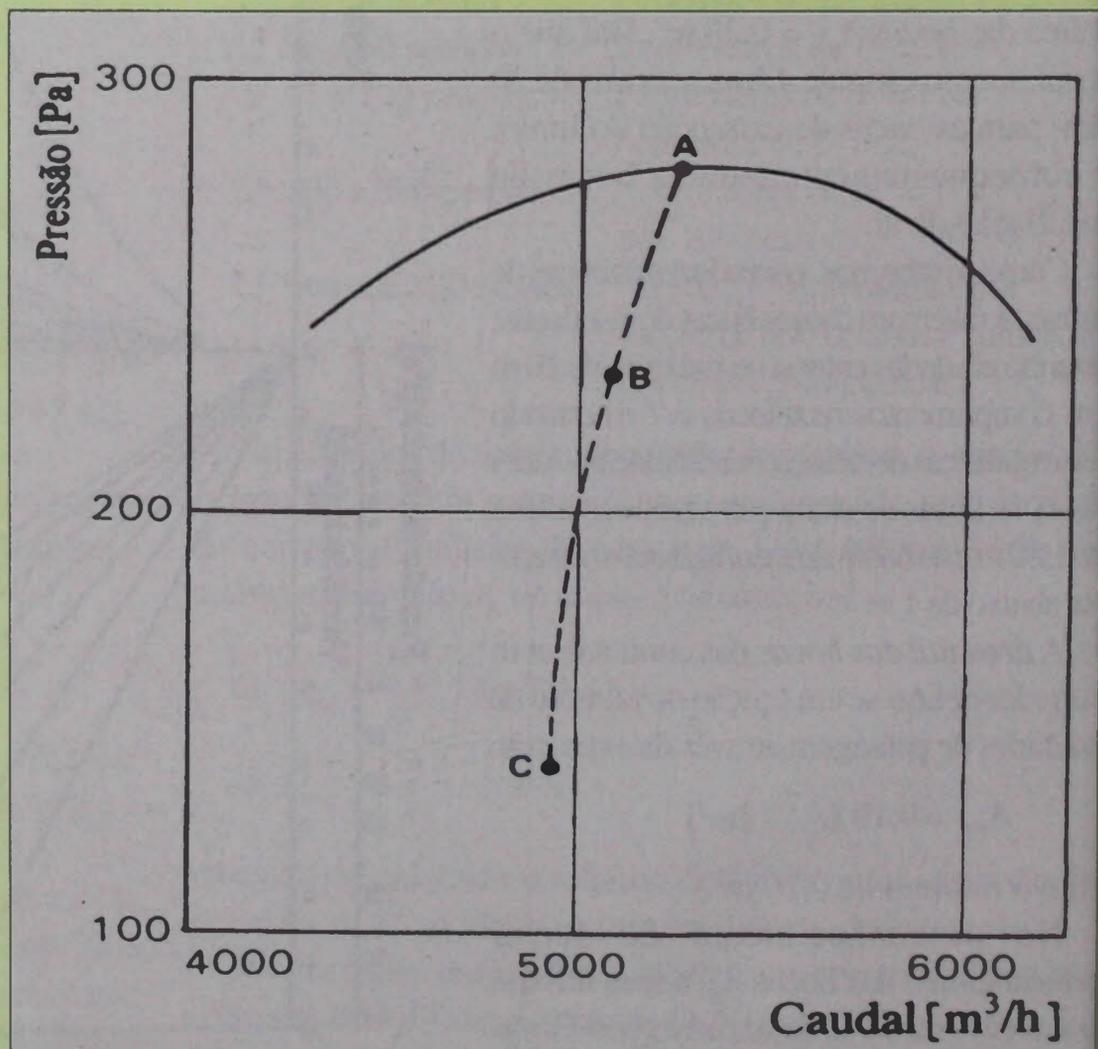


Fig. 3 - Curva característica de um equipamento electromecânico do tipo centrífugo (insuflador ou extractor) e variação do ponto de operação ideal em função da altura do local sinistrado (A - funcionamento num nível baixo, B - funcionamento num nível intermédio, C - funcionamento num nível alto).

6. Edifícios de grande altura

Nos edifícios com mais de 28 m de altura, o problema do controlo de fumos é particularmente sensível, tanto em habitações, como em edifícios com público (como hotéis). Há que tomar medidas adequadas, particularmente nas escadas e corredores em todos os andares.

Em Portugal não há legislação pormenorizada especificamente nas referidas situações. Por isso, apenas se podem apresentar recomendações tecnicamente aceitáveis e que se integrem nos regulamentos já publicados. É claro que são concebíveis diferentes soluções, mais ou menos caras. A título exemplificativo, indica-se um **sistema de referência**, com condutas verticais em comunicação com os respectivos equipamentos electromecânicos, instalados no piso técnico suposto no topo do edifício (Fig. 4).

Quando o sistema de controlo de fumos está em funcionamento a *insuflação de ar nas escadas* deve satisfazer as duas condições seguintes:

- ❑ Criar uma sobrepressão, entre 20 Pa e 80 Pa, em relação às circulações horizontais, estando as portas fechadas, através de um ventilador montado no piso inferior, para que eventuais fumos na escada sejam impelidos para cima.
- ❑ Insuflar um caudal mínimo, de maneira que a velocidade de passagem do ar através das portas abertas no piso sinistrado seja de 0,5 m/s.
- ❑ Com $v_{ar} = 0,5$ m/s, uma porta com $1,60$ m² (aproximadamente $1,80$ m x $0,90$ m) determina o caudal de insuflação $Q = 1,60 \cdot 0,5 = 0,8$ m³/s.

Reforce-se a necessidade de instalar sempre um exutor no topo das escadas, a fim de constituir um meio de socorro se o sistema activo não funcionar.

Por sua vez, a *insuflação de ar na câmara* entre a escada e os corredores dos vários pisos deve originar uma sobrepressão local, que evite a entrada de fumo na câmara e por consequência nas escadas:

- ❑ Com as portas abertas, o caudal de ar insuflado na câmara deve garantir uma velocidade de passagem de 1 m/s entre a câmara e o corredor sinistrado.
- ❑ As bocas da conduta de insuflação dentro da câmara situam-se na parte superior (ao contrário do que é normal), sendo o caudal mínimo de $0,8$ m³/s, que adicionado ao caudal de $0,8$ m³/s da escada perfaz um caudal de passagem pela porta aberta de $1,6$ m³/s.
- ❑ Com as portas fechadas, uma boca de transferência de ar entre a câmara e o corredor sinistrado, normalmente aberta e protegida por uma grelha, deverá fechar se a ventilação falhar, por intermédio de um obturador PC60 (geralmente do tipo guilhotina) devido à acção de um dispositivo térmico que funcione a 70° C (obrigatoriamente colocado na parte superior do obturador que comanda).

A *desenfumagem dos corredores* efectua-se por varrimento forçado em condutas, segundo as prescrições normais:

- ❑ Caudal de 1 m³/s por boca de extracção.
- ❑ Bocas de extracção (em condutas horizontais ou verticais) acima de $1,80$ m e alternando com bocas de insuflação sucessivamente afastadas de 10 m no máximo nos percursos rectilíneos e 7 m quando haja mudanças de direcção.
- ❑ Bocas de insuflação (em condutas horizontais ou verticais) situadas abaixo de 1 m.

Outra solução, mais segura mas mais cara, consiste em montar nas câmaras mais uma conduta vertical de extracção de eventuais fumos que aí penetrem, com bocas na parte superior, a operar em conjunto com a conduta de insuflação de ar na câmara, agora com as bocas de insuflação na parte inferior (como é normal). Pode ser uma concepção boa para edifícios acima de 60 m. **12**

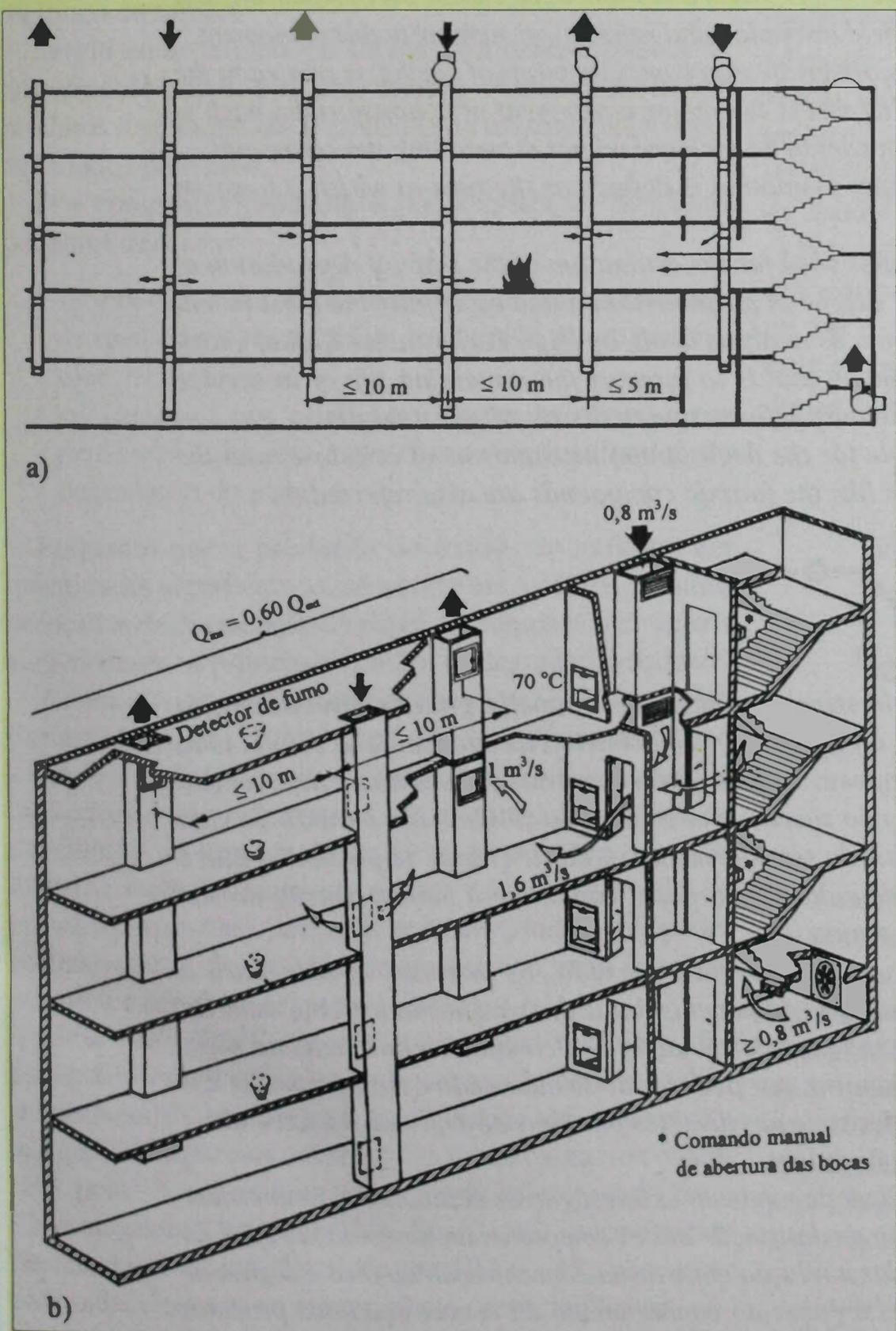


Fig. 4 - Sistema de referência numa instalação de controlo de fumos num edifício de grande altura.

- a) Esquema do sistema.
b) Perspectiva da instalação.