Princípios dos Sistemas de Controlo de Fumos

Prof. Dr. Eng. Hermínio Duarte-Ramos
Grupo de Eng. Sistémica (DEE/FCT/UNL)

1. Objectivos do controlo de fumos

Na ocorrência de um incêndio num edifício é inevitável a formação de fumo, devido à queima dos materiais existentes nos compartimentos e dos materiais decorativos ou de construção. Para eliminar ou reduzir os respectivos inconvenientes procura-se efectuar o controlo do fumo desencadeado no processo de combustão.

Neste sentido, atende-se fundamentalmente a três objectivos do controlo de fumos:

- ***Utilizabilidade dos espaços***: tornar os locais interiores do edifício utilizáveis pelas pessoas, tanto na evacuação dos ocupantes do edifício, como no combate ao incêndio pelos bombeiros. Para tal, encaminha-se o fumo para zonas sem perigo ou menos inconvenientes em consequênica da sua alta temperatura (acima de 200 °C), opacidade (que dificulta a visibilidade) e toxicidade (letal pelo teor de monóxido de carbono e outros gases asfixiantes ou venenosos).
- ***Salvaguarda dos bens materiais***: evitar a danificação de bens existentes, quer produtos muito valiosos, quer mesmo objectos raros. Daí o encaminhamento do fumo para zonas sem prejuízos avultados, devidos à acção mutilante do fumo quente e corrosivo.
- ***Redução da propagação do fogo***: impedir que o incêndio alastre a zonas com substâncias inflamáveis pelo calor do fumo. Por isso, escolhem-se caminhos de deslocação do fumo que evitem a reprodução de focos de incêndio à distância, resultantes da alta temperatura do fumo e da presença de materiais combustíveis.

O cumprimento destas finalidades básicas exige a conveniente concepção e instalação dos sistemas de controlo de fumo, a par de medidas arquitectónicas que facilitem a operação eficaz desses sistemas.

2. Exigências do controlo de fumos

O bom resultado do controlo de fumos num edifício deve-se, em princípio, à satisfação de algumas condições básicas, umas inseridas na arquitectura da construção e outras consequentes de medidas tecnológicas adicionais.

Entre as condições básicas do controlo de fumos distinguem-se fundamentalmente as seguintes:

- ***Deslocação eficaz do fumo***: criar um varrimento natural ou forçado, por corrente de ar entre o sítio da combustão e a zona de extracção do fumo para o exterior. Desta preocupação decorrem dois métodos tecnológicos de controlo: uma técnica passiva, com intervenção da Natureza no efeito de controlo; e outra activa, pela intervenção exclusiva da Tecnologia na acção controladora.
- ***Estratificação da zona enfumada***: evitar turbulências no escoamento do fumo, para que não surjam resistências consequentes da formação de redemoínhos, que levam à invasão da zona livre de fumos por bolsas de fumo. Nesta perspectiva, a velocidade do fumo não deve ser excessiva, com vista a ter um escoamento tão laminar quanto possível.
- ***Extracção limitada ao fumo***: eliminar a formação de zonas parasitas, onde ocorre o varrimento de ar ambiente (extraído da zona livre de fumos) em vez de fumo (Fig. 1a). Desta exigência recomenda-se que as aberturas de extracção do fumo não tenham dimensões exageradas.
- ***Extracção de fumo próxima do fogo***: extrair o fumo para fora do edifício por meios apropriados tão juntos quanto possível ao sítio do incêndio, no qual se forma o fumo. Resulta então que convém disseminar aberturas de extracção pelo espaço a proteger, o que concorda com a regra anterior: melhor será ter vários exutores pequenos em vários sítios do que apenas um exutor grande (Fig. 1b), o mesmo acontecendo à disseminação de bocas de extracção em condutas de extracção do fumo.
- ***Extracção precoce do fumo***: activar os sistemas de controlo de fumos o mais cedo possível, para eliminar a invasão do fumo em espaços interditos. Atinge-se este comportamento se os equipamentos de controlo do fumo reagirem à sua presença, o que acontece por meio de fusíveis térmicos ou por coordenação automática com o sistema de detecção e alarme de incêndio.

Ainda podem ser consideradas outras condições operacionais importantes para se ter um funcionamento eficaz e eficiente. Por exemplo, deve-se atender à conservação energética, mantendo as condutas de controlo do fumo devidamente fechadas para o exterior enquanto

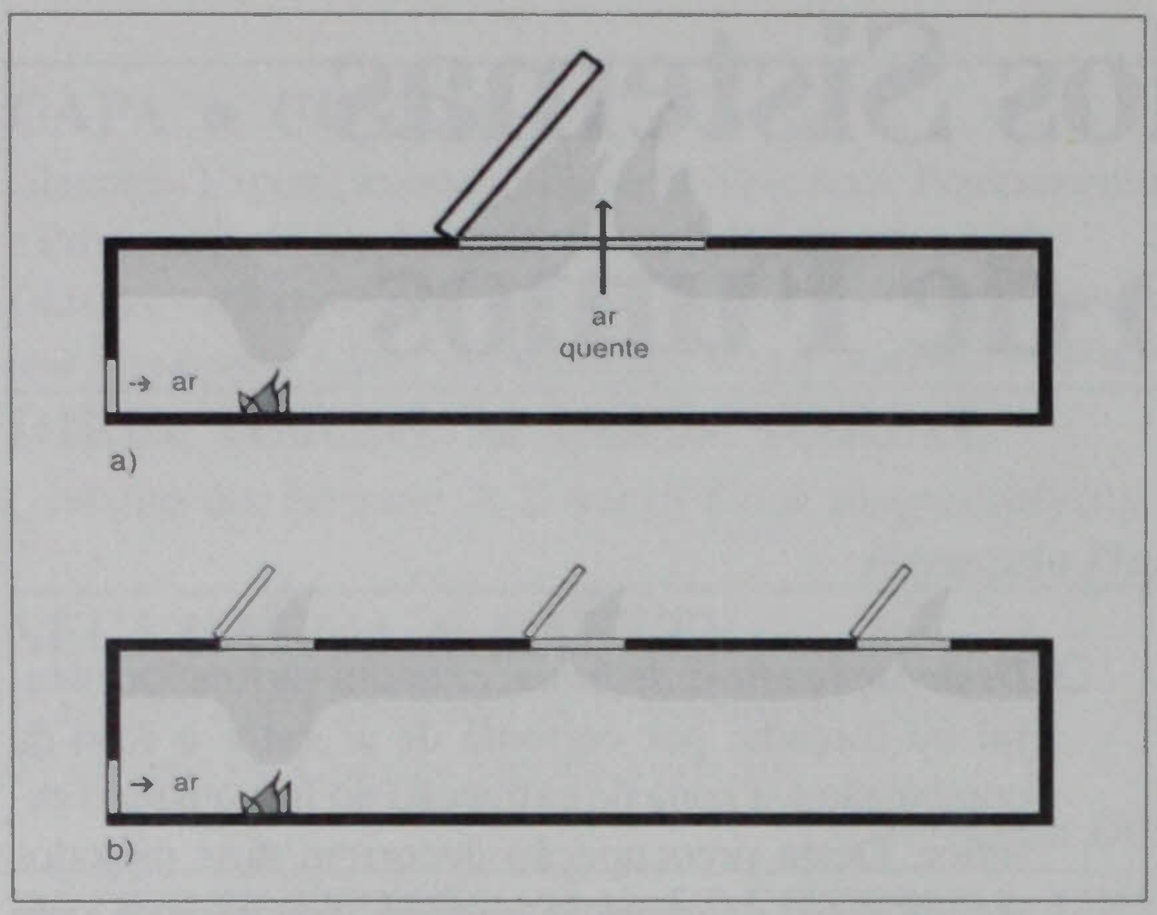

Fig. 1 - Compromisso no dimensionamento dos exutores num determinado espaço.
a) Exutor único com grandes dimensões.
b) Vários exutores de pequenas dimensões.

não existir nenhuma anomalia por incêndio. Realmente, a penetração de ar frio durante o inverno afecta o conforto humano no interior do edifício ou as despesas com aquecimento artificial.

Contudo, as condições apontadas são geralmente as mais significativas.

3. Métodos do controlo de fumos

Percebe-se claramente que existem dois métodos para controlar o fumo nos incêndios de um edifício: por varrimento (natural ou forçado) do fumo e por meio de pressurização dos locais com uma certa hierarquia de pressões (depressão no local de incêndio e sobrepressão nos locais adjacentes).

O ***método de varrimento*** consiste em admitir ar fresco na parte inferior do local sinistrado (ainda que o oxigénio do ar admitido alimente a combustão, mas com o efeito benéfico da queima ser mais completa e portanto de fumo menos perigoso) e extrair o fumo para o exterior na parte superior dos compartimentos, de modo a criar uma certa corrente de ar que impulsione a camada de fumo rente ao tecto nas direcções desejadas.

Este varrimento pode ser passivo, se for natural, executando-se através de entradas de ar, por intermédio de portas ou janelas que dão para fora do edifício, e aberturas de saída do fumo por exutores nas coberturas (Fig. 2a) ou por vãos de fachada e ainda pela saída numa instalação de condutas com bocas e abertura para o exterior (Fig. 2a). Mas pode haver varrimento activo se se forçar mecanicamente o varrimento, usando condutas de extracção e um extractor de fumos (Fig. 2b).

O ***método de pressurização*** é activo, consistindo na criação de uma diferença de pressões entre o local sinistrado (em depressão) e os locais vizinhos (em sobrepressão). Compreende-se, assim, porque razão este método costuma ser designado por "hierarquia de pressões", criando uma coordenação da pressão em diferentes locais, que evite a invasão do fumo em espaços não sinistrados (Fig. 2c). Genericamente, recomenda-se uma sobrepressão[1] com valor entre 20 Pa e 80 Pa.

Sob o ponto de vista estrutural dos edifícios, evidencia-se a diferença conceptual e a respectiva complementaridade entre duas técnicas distintas: a passiva, por acção natural; a activa, através de meios electromecânicos.

A ***técnica passiva*** baseia-se na tiragem térmica do fumo devida a um gradiente da temperatura entre a zona enfumada e o espaço ainda sem fumo. Para o efeito, usam-se aberturas previstas com a intenção de gerar uma corrente de ar impulsionadora do movimento do fumo em direcção à extracção para o exterior.

Este varrimento natural exerce-se entre aberturas na parte inferior do edifício, por onde penetra ar fresco, geralmente

[1] A pressão exprime-se na unidade pascal (de símbolo Pa), equivalente a 1 kg/cm², ou seja, 1 Pa corresponde à pressão exercida por uma força de 1 kg sobre uma superfície com a área de 1 m².

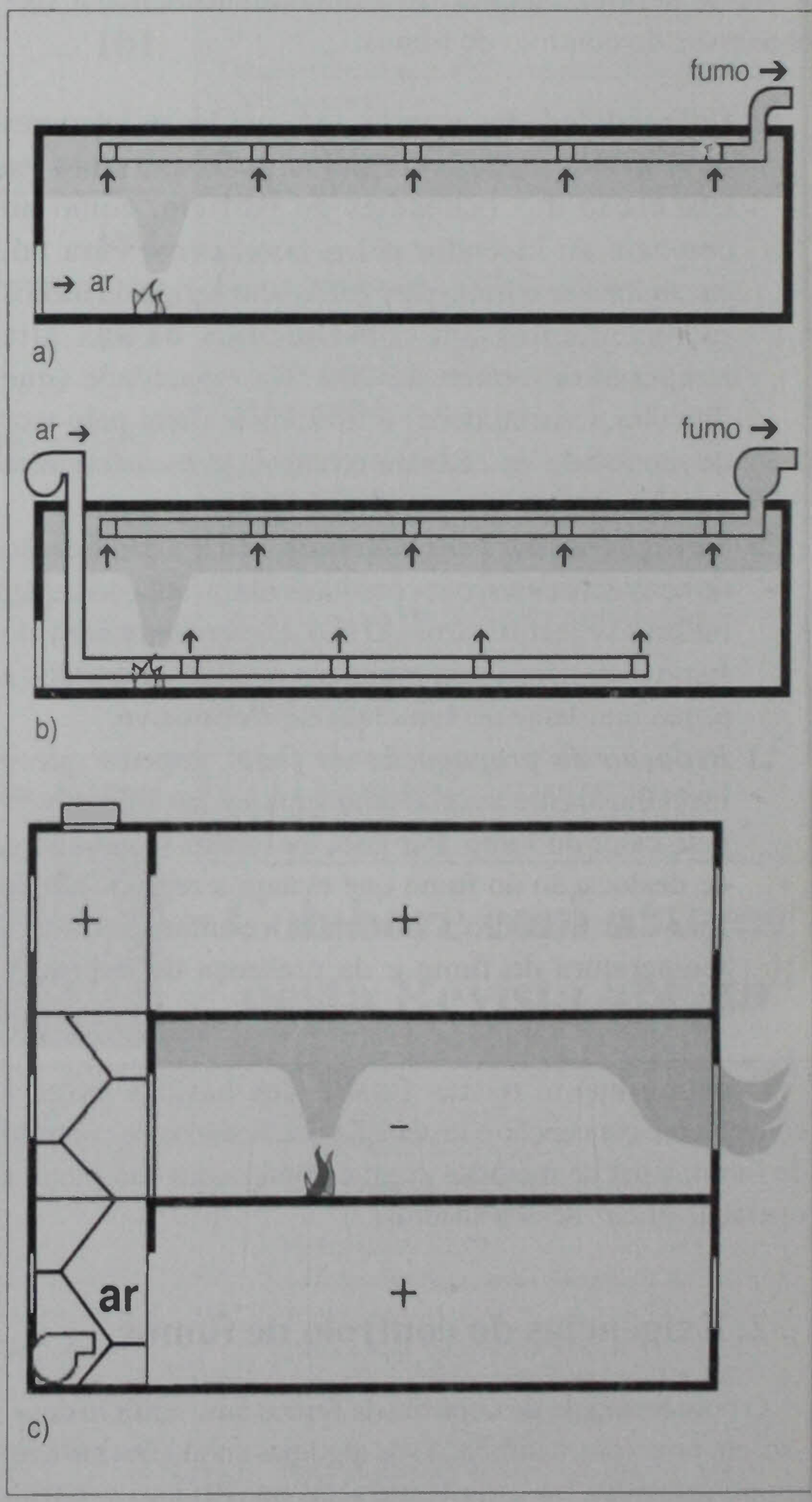

Fig. 2 - Métodos de controlo de fumos.
a) Varrimento passivo ou natural.
b) Varrimento activo ou forçado.
c) Pressurização por hierarquia de pressões.

a porta da escada que dá para a rua (mas note-se que o ar fresco também entra pelas frinchas das portas e janelas fechadas), e aberturas situadas na parte superior da zona enfumada, quer exutores (nos espaços contíguos à cobertura do edifício), quer vãos de fachada (na parte superior dos pisos de um edifício com vários andares).

A ***técnica activa*** assenta no varrimento forçado do fumo ou na pressurização por hierarquia de pressões.

O varrimento forçado resulta da acção de meios electromecânicos, quer um insuflador de ar fresco, quer um extractor de fumo, ou com a combinação de ambos os tipos de equipamentos. A insuflação pratica-se na parte inferior do local do fogo e a extracção realiza-se na parte superior dos compartimentos, onde se situa a zona enfumada.

A pressurização efectua-se por uma adequada insuflação de ar nos compartimentos adjacentes à área incendiada, evitando a sua invasão pelos fumos desenvolvidos no local do incêndio. É uma técnica muito eficaz para preservar as escadas dos edifícios altos isentas do fumo eventualmente gerado em qualquer dos pisos.

É claro que a técnica activa pode ainda conjugar os dois efeitos de varrimento forçado e de pressurização, solução cara mas mais segura, que se justifica nos edifícios de alto risco (com grande altura).

5. Sistemas do controlo de fumos

O método de varrimento pode ser natural ou forçado, consoante as acções de insuflação de ar fresco e de extracção do fumo. Deste modo, a natureza da tecnologia de insuflação-extracção determina quatro sistemas do controlo de fumos: natural-natural, mecânico-mecânico, natural-mecânico e mecânico-natural.

O ***sistema natural-natural*** tem entrada natural de ar fresco e saída também natural de fumo para o exterior. Assentando na tiragem térmica, este sistema tecnológico corresponde a uma solução relativamente económica e suficientemente aceitável, pelo que se pratica bastante. Instala-se sempre que o espaço interior confine directamente com o exterior, como acontece nos edifícios extensos e sem andares. Mas usa-se ainda nos edifícios altos, com condutas de insuflação natural e de extracção natural (portanto, sem insuflador, nem extractor), através de um certo "efeito de chaminé".

No ***sistema mecânico-mecânico*** a insuflação de ar fresco resulta da acção de um insuflador electromecânico e a extracção de fumo executa-se através de um extractor electromecânico, usando condutas convenientemente instaladas e bocas regularmente distribuídas. Aplica-se em edifícios de grande altura, mantendo fechados todos os obturadores das condutas de extracção do fumo em condições normais (sem incêndio) e abrindo somente o obturador do piso sinistrado. O controlo de fumos apresenta-se mais eficaz, porque se pode optimizar a relação entre os caudais do ar na entrada e do fumo na saída.

Com o ***sistema natural-mecânico*** a entrada de ar é natural e a extracção de fumo exerce-se forçadamente, por aspiração em bocas numa conduta. Pode-se usar num edifício extenso com portões de entrada (caso de um armazém) e em edifícios altos, cujos pisos não têm acesso directo à cobertura. O "efeito de puxão" que se cria pode originar a desestratificação da camada de fumo, se a velocidade de extracção não for moderada. Por isso, deve-se discutir se existe ou não justificação económica para adicionar o necessário investimento à parte da insuflação mecânica, redundando num sistema mecânico-mecânico, com a vantagem de ser mais fácil controlar a relação dos caudais de ar e de fumo.

O ***sistema mecânico-natural*** força a entrada de ar sem que a saída de fumo seja forçada por meios electromecânicos. Refere-se basicamente ao método de pressurização. O método de varrimento deve ser aplicado com cautela neste tipo de sistemas de controlo do fumo, mantendo baixo o caudal de ar insuflado, pois cria-se um "efeito de empurrão" da camada de fumo, que pode dar origem a turbulências no escoamento. A solução é tolerável combinando a montagem de exutores (para extracção) e um sistema de ventilação existente (para efeitos de ventilação normal) passível de ser usado na insuflação de ar fresco (criteriosamente), de maneira a evitar o custo da instalação de um sistema próprio de insuflação mecânica do ar destinado à desenfumagem. Anote-se que a prática mostra ser muito controversa a utilização dos sistemas de ar condicionado para insuflar ar de controlo do fumo, dado ser muito provável a ocorrência do seu descontrolo.

6. Entrada de ar

Num edifício, o ar fresco chega ao local de um incêndio interno por intermédio de metodologias passivas ou activas. Em qualquer caso, convém que a camada de fumo seja bafejada pela superfície inferior.

Nos métodos passivos, a ***entrada natural de ar*** procede de aberturas para o exterior do edifício. Nesta situação encontram-se portas e janelas. Por conseguinte, uma "insuflação passiva" depende da orientação e da velocidade do vento. Mas depende igualmente da área das aberturas de entrada do ar, em comparação com a respectiva área de extracção do fumo, de modo a definir uma corrente de ar aceitável: sem deixar engrossar demasiado a zona enfumada e sem perturbar a camada de fumo por turbulências.

Numa "insuflação activa", a ***entrada forçada de ar*** fresco realiza-se com bocas de insuflação distribuídas ao longo de condutas, montadas na parte baixa das paredes e alimentadas por um insuflador numa extremidade do sistema de condutas. A potência do insuflador calcula-se a partir das necessidades de extracção do fumo, de maneira a preservar a indispensável zona livre de fumo.

7. Saída de fumo

O fumo extrai-se do interior dos edifícios sempre na parte superior da zona enfumada, por meio de métodos

passivos e activos, correspondentes a sistemas naturais e mecânicos, respectivamente.

A ***extracção natural do fumo*** faz-se através de aberturas, cuja área útil depende da utilização do espaço: materiais que libertam mais ou menos fumo e alturas a manter livres de fumo de acordo com interesses económicos ou outros. Geralmente, estas aberturas referem-se apenas a "exutores na cobertura", que abrem na situação de um incêndio, mas também podem contribuir "vãos de fachada", montados ao nível da zona enfumada. O cálculo do caudal de extracção segue um procedimento imposto pela finalidade e utilização dos espaços interiores do edifício.

Por sua vez, a ***extracção mecânica do fumo***, obtida pela acção de um extractor electromecânico num sistema de condutas com bocas de extracção e obturadores de controlo da direcção de escoamento do fumo, exibe a vantagem de ser independente da orientação e velocidade do vento atmosférico, bem como das variações climáticas. O dimensionamento do caudal de extracção obedece a regras simples, ditadas pelo volume dos espaços a manter livres de fumo e consoante as actividades societais desenvolvidas.

8. Aplicação dos sistemas de controlo de fumos

Os vários sistemas anteriormente estabelecidos aplicam-se consoante a dimensão do edifício e conforme a sua utilização e ocupação por pessoas. Nas construções de reduzido volume, como exemplifica uma vivenda, não se mostra crítica a questão do fumo durante um incêndio, visto que as pessoas depressa atingem a rua. As preocupações arquitectónicas e de engenharia centram-se em edifícios com duas características essenciais: área extensa e baixa altura (como aerogares); e ocupação por muitas pessoas (hoteis ou habitações em altura).

Quanto à **natureza da construção dos edifícios**, identificam-se dois tipos de locais particularmente pertinentes:

- ***Locais em extensão***, que se distinguem pelo volume do espaço a proteger:
  - *Edifício de grande volume*, acima de 1000 m² (fábrica, armazém, hangar);
  - *Edifício de médio volume*, abaixo de 1000 m² (centro comercial, discoteca, ginásio).
- ***Locais em elevação***, que se diferenciam pela altura total da construção:
  - *Edifício de grande altura*, acima de 28 m (até 60 m);
  - *Edifício de média altura*, abaixo de 28 m ou 10 pisos.

Quanto à **natureza das actividades no edifício** percebem-se dois tipos de locais com particular interesse:

- ***Locais industriais***, geralmente extensos, com volumes grandes ou médios, podendo caracterizar-se por duas actividades próprias:
  - *Fábrica*, onde se executa uma produção industrial;
  - *Armazém*, para matérias-primas, produtos sem acabados ou produtos comercializáveis.
- ***Locais com público***, em grandes e médios espaço evidenciando-se duas actividades económica fundamentais:
  - *Serviços*, como comércio, turismo, laze escritórios, educação e culto religioso;
  - *Habitações*, sobretudo edifícios de grande altura.
- ***Locais de circulação das pessoas***, principalmente nc edifícios que recebem público, facilitando a evacuaçã em caso de sinistro:
  - *Corredores*, circulações horizontais internas co comprimento superior a 30 m (hospitais, hoteis
  - *Escadas*, circulações verticais enclausuradas que dã acesso ao exterior (bancos, habitações altas).

Ainda há a considerar os "parques de estacionamento para viaturas, em edifícios ou subterrâneos, mas neste cas o problema é basicamente uma questão de ventilação, e vez de desenfumagem.

9. Ventilação e desenfumagem

Antes de se entrar na pormenorização da concepção e d instalação dos sistemas de controlo de fumos, convé perceber que a filosofia da desenfumagem nada tem a ve com a ideia de ventilação.

De facto, o que está subjacente ao dimensionamento d um ***sistema de ventilação*** é a capacidade de renovar o a viciado num dado volume interior aos edifícios. Nesta condições, prescreve-se um certo número de renovaçõe horárias do ar contido no volume, conforme a utilizaçã desse espaço pelas pessoas. Por exemplo, num bar, onde s admitem muitos clientes e será normal fumar, torna-s indispensável renovar o ar ambiente mais vezes por unidad de tempo que num restaurante com iguais dimensões.

A ventilação tem em vista manter aceitável o ar ambien que se respira em situação normal de utilização do espaç sem qualquer incêndio. Por isso, o dimensionamento d respectivo sistema de ventilação parte da atribuição de u certo número de renovações do volume de ar em cada hor

A filosofia de um ***sistema de desenfumagem*** refere-s ao controlo de fumos na situação particular de um incêndi Além desta acção de controlo no interior do edifíci provoca-se a extracção do fumo para o exterior e não do a ambiente. A insuflação de ar fresco, em vez de pretend renovar o ar interno, procura efectuar o devido controlo d camada de fumo.

A desenfumagem tem por fim manter praticável o percursos de passagem das pessoas durante a sua evacuaçã e evitar perigos de propagação do incêndio ou prejuíz económicos elevados e danos irreparáveis. Por isso, o dimensionamento do correspondente sistema de contro de fumos baseia-se em pricípios bem diferentes dos usad na ventilação.

Esta distinção revela-se claramente num simples exemp de cálculo. Considere-se a ventilação num pavilhã

polivalente com 40 m x 30 m e a altura de referência de 8 m, tendo uma porta de entrada até à altura de 3 m e a largura de 4 m. Admitindo uma taxa de renovação do ar igual a 20 volumes/hora, como o volume a renovar é $V = 40 . 30 . 8 = 9600$ m^3, exige-se a instalação de um ventilador (equipamento electromecânico) que garanta o caudal de extracção $Q = 20 . 9600 = 192\,000$ m^3/h. Se esse pavilhão fosse construído com a altura de referência igual a 7 m, portanto menor do que o anteriormente considerado, o volume de ar a renovar seria menor e o caudal atingiria apenas 168 000 m^3/h, exigindo um ventilador com potência inferior.

Este resultado numérico, relativo à potência dos equipamentos a instalar, revela-se paradoxal se for usado na desenfumagem. De facto, para a mesma altura livre de fumo (h_L = 3 m), o local mais baixo, e portanto mais perigoso, seria equipado com um extractor de fumo menos potente. Tal constatação mostra que os dimensionamentos no controlo de fumos devem obedecer a outros critérios.

Aliás, a diferença dos princípios conceptuais da ventilação e da desenfumagem ditam procedimentos bem diferenciados. Daí que se procure caracterizar as técnicas eficazes na realização do controlo de fumos, a começar pelas tecnologias de contrução. E

A Indústria do Vidro

Nenhuma outra matéria-prima é tão fascinante e simultaneamente omnipresente como o vidro. Nenhum outro material se nos depara tão frequentemente e sob tantas e tão diversas formas como o vidro, composto pelas substâncias naturais cal, soda e areia. E nenhuma matéria-prima criada pelo Homem proporciona tantas possibilidades e contém tantas potencialidades de inovação.

O interesse que o vidro como matéria-prima desperta junto dos industriais e dos utilizadores privados não pára de crescer, pois os engenheiros e técnicos, os cientistas e investigadores descobrem constantemente novas e deslumbrantes características deste material — quer seja na arquitectura, quer no sector da embalagem, nos transportes, na medicina, nas tecnologias de comunicação ou noutras áreas. São poucas as matérias-primas que, como o vidro, comprovam diária e eficazmente a sua capacidade para enfrentar os desafios do futuro.

Na realidade, para esta matéria sempre jovem e moderna, a "Idade do Vidro" só agora começou, e quase sem que nos apercebessemos disso. O vidro presta-nos serviços de valor incalculável, não só sob as suas formas mais comuns como, por exemplo, em recepientes e copos, automóveis, revestimentos de fachadas, janelas das casas ou como material isolante; também fornece os processadores de computadores com os imprescendíveis impulsos de comando, já para não falar dos fios invisíveis das redes de computadores que ligam a Internet, feitos a partir da mesma matéria-prima: as fibras de vidro para a transmissão de dados.

No entanto, existe ainda outra razão pela qual o vidro é a matéria-prima do nosso tempo, virada para o futuro: o vidro é uma matéria-prima ecológica que, como poucas outras, reúne todas as condições para a reciclagem e reutilização material. Pode ser constantemente refundido, sem que a sua consistência e qualidade sofram alterações substanciais. Apesar da existência de reservas quase ilimitadas das substâncias que compõem o vidro, foi a indústria vidreira que (primeiro na Alemanha e, posteriormente, em toda a Europa) desenvolveu o mais bem sucedido sistema de reciclagem: as embalagens de vidro não se transformam em lixo, mas são a própria matéria-prima para novas embalagens.

Salientando a posição de destaque da **glasstec**, desde há anos uma feira fundamental a nível mundial, foi realizada uma avaliação do mercado do vidro a nível internacional, europeu e nacional. Alguns estudos de mercado, relativamente à indústria vidreira, são incompletos e outros podem ser chamados "aventureiros", o que, em parte, se deve a problemas de recenseamento estatístico na Europa oriental (estados da CEI), na Ásia (República Popular da China), na América do Sul e em África. De acordo com estimativas fidedignas de especialistas do sector, em 1996/97 a produção mundial de vidro e

artigos de vidro rondou 100 milhões de toneladas, o que se traduziu num valor das vendas a nível mundial de cerca de 19 biliões de contos.

Entre os variados produtos do sector distingue-se o vidro para recipientes, vidro plano, vidro especial, vidro de cristal e para produtos de consumo e fibras de vidro. Em termos quantitativos, o vidro para recipientes representa mais de 60% do mercado mundial e o vidro plano perto de 23%. O remanescente reparte-se entre o vidro especial (9%, aprox.), as fibras de vidro (5%, aprox.),e vidro de cristal e para produtos de consumo (3%, aprox).

O comércio externo do vidro e dos artigos de vidro revela dados igualmente interessantes. Em 1996, o comércio externo mundial, ou seja, as exportações e importações mundiais, corresponderam a um valor de cerca de 4,2 biliões de contos, cada. A República Federal da Alemanha foi a campeã mundial de exportação, que com uma quota-parte de cerca de13%, atingiu um valor de 540 milhões de contos, seguida da França, do Japão e dos EUA. Os EUA lideraram, com mais de 520 milhões de contos, os valores quanto às importações (quota-parte na importação mundial: perto de 12,5%). A Alemanha ocupou o segundo lugar (valor das importações: cerca de 430 milhões de contos; quota-parte: 9,3%).

Os últimos anos têm comprovado que a indústria vidreira, a nível internacional, é um sector em crescimento, dado que o volume de vendas real aumentou, em média, entre 2,5% e 3%, e algumas regiões com um acentuado "boom" registaram um aumento ainda maior (como Ásia, América do Sul). Relativamente ao período até ao ano de 2003, a Frost & Sullivan prognosticou novos aumentos anuais até 3%. Este prognóstico é justificado, entre outras razões, pela animada actividade construtora nas regiões económicas com uma forte taxa de crescimento, com o "boom" mundial na indústria automóvel e ainda, com o desenvolvimento tecnológico que incessantemente faculta à indústria vidreira novos produtos, tecnicamente avançados, com um grande potencial de criação de riqueza.

A indústria videira da Europa (ocidental), com uma produção de mais de 27 milhões de toneladas em 1997, é a maior produtora de vidro em todo o mundo – maior que os EUA (20 milhões de toneladas, aprox.), a República Popular da China e o Japão. No mercado europeu, as vendas de vidro e artigos de vidro são avaliadas em cerca de 1,5 biliões de contos e registaram, em 1997, um crescimento de 2,5%, aproximadamente. E