

Norma Portuguesa

Ventilação e evacuação dos produtos da combustão dos locais com aparelhos a gás

Parte 1: Edifícios de habitação. Ventilação natural

Ventilation et évacuation des produits de combustion des endroits avec appareils à gaz

Partie 1: Bâtiments d'habitation. Ventilation naturel

Ventilation and combustion products evacuation from places with gas-burning appliances

Part 1: Dwellings. Natural ventilation

CDU

HOMOLOGAÇÃO

DESCRITORES


ELABORAÇÃO
CTA 17 (IPQ)

CORRESPONDÊNCIA

EDIÇÃO

CÓDIGO DE PREÇO

© IPQ reprodução proibida

Instituto Português da  Qualidade

Rua C à Avenida dos Três Vales
PT - 2825 MONTE DE CAPARICA PORTUGAL

Tel. (+ 351 1) 294 81 00 Fax. (+ 351 1) 294 81 01
X.400: C=PT, A=MAILPAC, P=GTW-MS, O=IPQ, OU1=IPQM, S=IPQMAIL
Internet: IPQMAIL@IPQM.IPQ.GTW-MS.MAILPAC.PT

Índice	Página
0 Preâmbulo	5
1 Objectivo	5
2 Campo de aplicação.....	5
3 Referências	5
4 Definições	6
5 Generalidades	8
6 Exigências de ventilação	8
6.1 Generalidades	8
6.2 Caudais-tipo	8
7 Permeabilidade ao ar das janelas e das portas	8
7.1 Generalidades	8
7.2 Exposição do edifício ao vento.....	8
7.3 Permeabilidade ao ar das janelas e de portas exteriores.....	8
7.4 Permeabilidade ao ar das portas de patamar.....	8
7.5 Permeabilidade ao ar das portas interiores	8
8 Dimensionamento da ventilação do fogo	8
8.1 Ventilação conjunta.....	8
8.2 Ventilação separada dos espaços.....	8
9 Implementação da ventilação do fogo.....	8
9.1 Aberturas de admissão de ar.....	8
9.2 Passagens de ar interiores.....	8
9.3 Evacuação do ar.....	8
9.4 Ventiladores estáticos.....	8
10 Evacuação dos produtos de combustão	8

10.1 Classificação dos aparelhos a gás.....	8
10.2 Aparelhos do tipo A	8
10.3 Aparelhos do tipo B de evacuação natural	8
10.4 Aparelhos do tipo C.....	8
11 Projecto de Execução	8
12 Informação para manutenção e utilização	8
12.1 Documentação	8
12.2 Etiquetagem.....	8
Bibliografia	8
Anexo I - Classificação do aparelhos ligados em função do rendimento útil	8
Anexo II – Notas explicativas	8
Generalidades	8
Método de dimensionamento de uma conduta de evacuação individual.....	8
Exemplo	8
Anexo III – Exemplos de posicionamento das saídas das condutas de evacuação de ar.....	8

0 Preâmbulo

A elaboração da presente norma resultou da necessidade de dotar os vários agentes (arquitectos, construtores, projectistas, técnicos de gás, organismos de inspecção, distribuidores de gás, etc.), envolvidos na concepção das condições dos locais e montagem de aparelhos a gás em edifícios habitados, com alguns elementos técnicos, de modo a disciplinar as intervenções nesta matéria.

Na elaboração da presente Norma foram consideradas:

- a Directiva 90/396/CEE - relativa à aproximação das legislações dos Estados-membros respeitantes aos aparelhos a gás (transposta para o Direito Interno pelo Decreto-Lei n.º 130/92, de 6 de Julho, e pela Portaria n.º 1248/93, de 7 de Dezembro); e
- a Directiva 92/42/CEE – relativa às exigências de rendimento para as novas caldeiras de água quente alimentadas com combustíveis líquidos ou gasosos (transposta para o Direito Interno pelo Decreto-Lei n.º 136/94, de 20 de Maio).

A presente Norma NP 1037, com o título genérico “Ventilação e evacuação dos produtos da combustão dos locais com aparelhos a gás”, resultou da revisão da NP 1037:1974, norma que é referenciada na regulamentação do gás. É constituída por 4 partes com os seguintes títulos específicos:

- Parte 1: Edifícios de habitação. Ventilação natural**
- Parte 2: Edifícios de habitação. Ventilação mecânica
- Parte 3: Volume dos locais. Posicionamento dos aparelhos a gás
- Parte 4: Instalação e ventilação de cozinhas profissionais

1 Objectivo

A presente norma tem por objectivo definir as regras a que devem obedecer os sistemas de ventilação natural dos edifícios de habitação, de modo a que os mesmos cumpram a sua função nos seus múltiplos aspectos, como seja o funcionamento dos aparelhos a gás e a qualidade do ar interior.

2 Campo de aplicação

A presente norma aplica-se à instalação de aparelhos a gás em edifícios de habitação e à sua ventilação natural.

3 Referências

A presente norma inclui disposições de outras publicações, através de referências datadas ou não datadas. Estas referências são citadas no texto, no local próprio, e as publicações são enumeradas a seguir.

Para as referências datadas, as emendas ou revisões posteriores de qualquer das publicações referidas não se aplicam a esta norma a não ser que tenham sido incorporadas por emenda ou revisão. Para as referências não datadas, aplica-se a última revisão da referida publicação.

NP 1037-2 - Ventilação e evacuação dos produtos da combustão dos locais com aparelhos a gás. Parte 2: Edifícios de habitação. Ventilação mecânica ¹

NP 1037-3 - Ventilação e evacuação dos produtos da combustão dos locais com aparelhos a gás. Parte 3: Volume dos locais. Posicionamento dos aparelhos a gás

NP 4415:2002 - Modelo europeu para a classificação dos aparelhos que utilizam os combustíveis gasosos segundo o modo de evacuação dos produtos da combustão

NP EN 437 – Gases de ensaio. Pressões de ensaio. Categorias de dos aparelhos

Directivas UEAtc para a homologação de janelas. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, tradução nº 641, Lisboa, 1976.

4 Definições

Para os fins desta norma, entende-se por:

Ar novo - Ar exterior que é introduzido no edifício para alimentação dos aparelhos de combustão e para renovação do ar do local com fins de higiene e saúde.

Ar poluído (ar viciado) - Ar existente num local que contém os produtos da respiração dos ocupantes, a humidade e os vapores libertados durante a cocção dos alimentos, os produtos de da combustão dos aparelhos a gás, mesmo que parcialmente, e as fugas de gás eventualmente existentes (incluem-se ainda outras substâncias eventualmente libertadas para o ambiente interior).

Área útil – Área da secção de passagem, de uma abertura ou de uma conduta, livre de quaisquer obstáculos.

Aparelho a gás – Aparelho que utiliza os gases combustíveis gasosos, tal como são definidos na NP EN 437.

Conduta de evacuação – Conduta normalmente vertical integrada na construção do edifício que se destina a promover o escoamento para o exterior dos efluentes gasosos da actividade doméstica.

¹ Em preparação

Conduta de ligação – Conduta, instalada entre os aparelhos de combustão e as condutas de evacuação, que promove o escoamento dos produtos da combustão.

Condutas lisas - Condutas com rugosidade relativa inferior a 0,0004.

Compartimento principal - Compartimento de um fogo que constitui uma zona de estar ou de dormir. Incluem-se os quartos, escritórios, salas de estar e salas de jantar.

Conduta tipo Shunt – Conduta colectiva com ramais com, pelo menos, a altura de um piso, mas de comprimento não superior a 3,5 m

Compartimento de serviço - Compartimento de um fogo no qual existem zonas de lavagens, instalações sanitárias ou zonas de confecção de alimentos.

Local técnico – Local existente num edifício comunicante com o exterior ou com os locais de uso comum e afecto, a título exclusivo, à instalação de aparelhos individuais de produção de água quente sanitária ou para aquecimento central, bem como às tubagens de alimentação do gás, condutas de entrada de ar, condutas de evacuação dos produtos da combustão, tubagens de água ou outras.

Porta de permeabilidade ao ar reduzida - Porta cuja permeabilidade ao ar não excede $12 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ medida à pressão de 100 Pa.

Pano de apanhar (“hotte”) – Cúpula montada sobre os aparelhos de cozinha para captar os poluentes derivados da combustão e da cocção dos alimentos.

Potência calorífica – Produto do caudal de combustível consumido pelo poder calorífico inferior do combustível (PCI).

Potência nominal - Potência útil estabelecida pelo fabricante, expressa em kW.

Potência útil – Quantidade de calor transmitido ao fluido transportador por unidade de tempo, expresso em kW.

Potência útil máxima - Valor máximo que pode tomar a potência útil para os aparelhos de potência modulante ou de potência ajustável ou a potência nominal para os aparelhos de potência fixa, expressa em kW.

Rugosidade relativa - Razão entre a rugosidade absoluta e o diâmetro da conduta considerada.

Ventilação conjunta – Estratégia de ventilação na qual todos os compartimentos do fogo estão englobados, sendo realizada a admissão de ar pelos compartimentos principais e a exaustão pelos compartimentos de serviço.

Ventilação separada – Estratégia de ventilação que divide o fogo em zonas ventiladas independentes.

Ventilador (aspirador) estático - Elemento terminal exterior colocado no extremo superior da conduta. Este elemento destina-se a, sob a acção do vento e independentemente da sua direcção, gerar uma situação de depressão no interior da conduta.

5 Generalidades

A ventilação das habitações deve ser geral e permanente, mesmo nos períodos em que a temperatura exterior obriga a manter as janelas fechadas.

O facto do efeito térmico estar essencialmente limitado à estação fria obriga a considerar em separado a ventilação em situação de Inverno (entendido como a fase em que ocorrem diferenças de temperatura entre o interior das habitações e o exterior dos edifícios superiores a 8 °C) e em situação de Verão (situação em que não ocorre tal diferença de temperatura).

Em situação de Verão os compartimentos principais devem ser arejados sobretudo por abertura das janelas. Para isso devem possuir vãos praticados nas paredes, em comunicação directa com o exterior. Nos compartimentos interiores, em situação de Verão, dificilmente serão atingidos os caudais de ventilação previstos nesta norma.

Os vãos de uma mesma habitação em comunicação com o exterior devem, preferencialmente, ser localizados em fachadas de orientação diferente de maneira a permitir o aproveitamento da diferença de pressões provocada pela acção do vento para aumentar a eficácia da ventilação.

A disposição dos compartimentos e a orientação das aberturas para o exterior devem, preferencialmente, estar coordenadas com a direcção do vento predominante de forma a favorecer a admissão de ar exterior pelos compartimentos principais e a evacuação pelos compartimentos de serviço.

Nesta norma são quantificadas as exigências de ventilação das habitações, a permeabilidade ao ar da envolvente compatível com essas exigências e especificadas as condições, em termos de instalação e de dimensionamento, a que a ventilação das habitações deve obedecer para cumprir essas exigências. São permitidas alterações ao dimensionamento preconizado nesta norma desde que a sua implementação não prejudique o desempenho da ventilação. São considerados os esquemas de *ventilação conjunta* e *ventilação separada de compartimentos*.

O esquema de ventilação separada é tecnicamente recomendável para os compartimentos onde estejam instaladas lareiras, sejam alimentadas a gás (aparelhos dos tipos A e B), sejam alimentadas por outros combustíveis.

Nos edifícios de habitação unifamiliares e nos pisos superiores dos edifícios multifamiliares, devido à sua reduzida altura total, as diferenças de pressão geradas por acção térmica são menos importantes do que no caso dos restantes pisos dos edifícios de habitação multifamiliares. Assim, é necessário considerar o vento como a acção mais importante na ventilação das habitações, o que implica a concepção da construção tendo em conta a direcção do vento predominante em cada local, que pode ser influenciada pela morfologia do terreno ou por obstáculos nas proximidades. Tais particularidades devem ser devidamente tidas em consideração.

Nos edifícios unifamiliares, a ventilação deve abranger toda a habitação de forma a permitir o aproveitamento das diferenças de pressão devidas à acção do vento entre as várias fachadas. Exceptuam-se contudo os casos dos compartimentos onde estejam instaladas lareiras e da cozinha quando existam pisos da habitação a níveis superiores ao desta, em que a ventilação deve ser separada, e das instalações sanitárias interiores onde é também recomendável a utilização de ventilação separada. Nestas situações é privilegiada a opção pela ventilação separada de sectores da habitação, estando os compartimentos principais englobados no mesmo sector. Poderão ocorrer casos especiais em que a delimitação de sectores da habitação mais restritos pode permitir o aproveitamento das diferenças de pressão geradas pelo vento de forma a proporcionar uma ventilação satisfatória.

Nas habitações unifamiliares, quando o sector de ventilação incluir apenas compartimentos principais servidos por *aberturas em parede de fachada*, estas devem existir em todos os compartimentos que, de acordo com a direcção do vento, poderão servir ou de aberturas de admissão ou de evacuação (ver nota na secção 9.3.2.1.3). Quando este sector incluir mais do que um piso e quando a acção do vento for dominante note-se que, devido ao efeito de chaminé, as aberturas nos pisos superiores irão servir essencialmente para evacuação, enquanto as aberturas situadas nos pisos inferiores devem servir sobretudo para admissão do ar exterior.

A implementação de disposições construtivas conducentes a uma ventilação adequada pode ser inviabilizada pelo facto de outros projectos de especialidade do edifício não entrarem em linha de conta com essas disposições. Nesse sentido, deve ser assegurada a coordenação entre os projectistas das diferentes especialidades.

Existem sistemas de aspiração do pó centralizados que podem extraír caudais de ar significativos do fogo. No âmbito desta norma, considera-se que tal situação ocorre apenas em períodos limitados no tempo e que é possível promover a abertura das janelas para proceder à compensação dos caudais, pelo que não é necessário entrar em conta com a existência de tais sistemas no dimensionamento da ventilação natural do fogo.

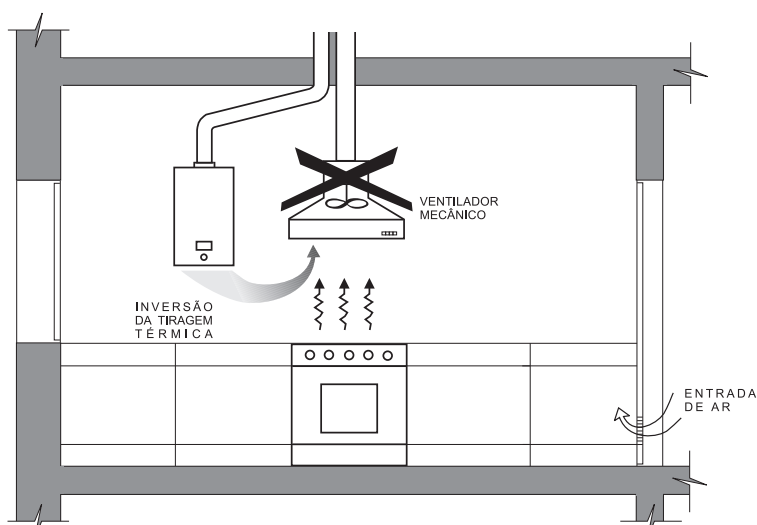


Figura 1 - Impossibilidade de combinação de exaustão mecânica com ventilação natural

NOTA - Os exaustores com ventilador incorporado são sistemas mecânicos e como tal são incompatíveis com a estratégia de ventilação prevista nesta norma (figura 1). A sua integração indevida em sistemas de ventilação natural ocasiona graves distúrbios que frequentemente se traduzem no incumprimento das exigências de ventilação. Esta instalação não é, pois, permitida.

6 Exigências de ventilação

6.1 Generalidades

Na presente norma as exigências de ventilação são quantificadas através de caudais-tipo, cujo estabelecimento se baseou em critérios de qualidade do ar interior quando os compartimentos principais e de serviço se encontram em plena utilização. O caudal-tipo de ventilação corresponde ao maior valor que se obtém pela aplicação das regras a seguir indicadas aos compartimento principais e aos compartimentos de serviço que coexistam num mesmo sector de ventilação.

Os aparelhos do tipo C, sendo estanques e tendo admissão e evacuação independente da ventilação dos locais, não serão de considerar na determinação dos caudais-tipo. As condutas a que se ligam este tipo de aparelhos devem ser apropriadas a este fim e dimensionadas para o efeito (ver NP 1037-3).

6.2 Caudais-tipo

O caudal-tipo, no caso da ventilação natural, deve ser entendido como um elemento de dimensionamento e não como um caudal a assegurar fisicamente, uma vez que não há controlo sobre as acções que promovem a ventilação natural.

O caudal-tipo é determinado tendo em atenção o volume dos compartimentos a ventilar e as respectivas exigências mínimas de renovação de ar, definidas da seguinte forma:

- a) uma renovação por hora nos compartimentos principais;
- b) quatro renovações por hora nos compartimentos de serviço.

No caso das instalações sanitárias com banheira ou duche, o caudal de ar de ventilação nunca poderá ser inferior a 45 m³/h e nas instalações sanitárias sem banheira nem duche, o caudal de ar de ventilação nunca poderá ser inferior a 30 m³/h. No caso das cozinhas, o caudal de ar de ventilação nunca poderá ser inferior a 60 m³/h.

Nos locais onde estão instalados aparelhos a gás, exceptuando caldeiras, o caudal-tipo a considerar corresponde ao produto 4,3 x Q_n m³/h, sendo Q_n a potência nominal do aparelho em kW. Nos locais onde estão instaladas caldeiras, o caudal-tipo a considerar corresponde ao produto 5,0 x Q_n m³/h, sendo Q_n a potência nominal do aparelho em kW. A possibilidade dos vários aparelhos a gás estarem simultaneamente em funcionamento ou terem funcionamento intermitente deve ser expressa, para

efeitos de dimensionamento da ventilação, pelos mesmos coeficientes de simultaneidade e de intermitência usados para o dimensionamento da rede de gás. Esta situação é aplicável quer para o interior do fogo, quer para o conjunto de fogos ligados às mesmas condutas colectivas.

Num local, sempre que existam várias aberturas de evacuação servidas por condutas individuais ou colectivas, cada abertura e respectiva conduta deve ser dimensionada em função do aparelho que serve, tendo em conta a respectiva potência nominal. O somatório dos caudais de evacuação dessas várias aberturas não pode ser inferior à renovação de ar exigível para esse local.

No quadro 1 são apresentados a título indicativo os caudais-tipo a respeitar para os compartimentos de serviço, considerados individualmente, em função do seu volume. No quadro 2 são indicados os caudais-tipo a respeitar para os compartimentos principais que integram o mesmo sector de ventilação, em função do respectivo volume total. Quando a ventilação for conjunta para toda a habitação é considerado o volume total dos compartimentos principais.

Quadro 1 - Caudais-tipo a extrair nos compartimentos de serviço

COMPARTIMENTO		VOLUME				
		≤ 8 m ³	> 8 m ³ ≤ 11 m ³	> 11 m ³ ≤ 15 m ³	> 15 m ³ ≤ 22 m ³	> 22 m ³ ≤ 30 m ³
Cozinha e outros espaços para instalação de aparelhos a gás		(1)	17 l/s (60 m ³ /h)		25 l/s (90 m ³ /h)	33 l/s (120 m ³ /h)
Instalação sanitária	com banheira ou duche	13 l/s (45 m ³ /h)		17 l/s (60 m ³ /h)	25 l/s (90 m ³ /h)	(2)
	sem banheira nem duche	8 l/s (30 m ³ /h)	13 l/s (45 m ³ /h)	17 l/s (60 m ³ /h)	(2)	(2)
Espaços para lavandaria		8 l/s (30 m ³ /h)	13 l/s (45 m ³ /h)	17 l/s (60 m ³ /h)	(2)	(2)
<p>(1) Volumes para os quais não é permitida a instalação de aparelhos a gás dos tipos A. Esta montagem é permitida para os aparelhos do tipo B desde que o local seja destinado apenas para alojamento deste (ver, também, a NP 1037-3).</p> <p>(2) Volumes pouco usuais em compartimentos deste tipo em relação aos quais se recomenda o dimensionamento caso a caso tendo em conta as exigências acima referidas.</p>						

Quadro 2 - Caudais-tipo a admitir nos compartimentos principais

Volume (m ³)	≤ 30	> 30 ≤ 60	> 60 ≤ 90	> 90 ≤ 120	> 120 ≤ 150	> 150 ≤ 180	> 180 ≤ 210	> 210 ≤ 240
Caudal-tipo (l/s) (m ³ /h)	8 (30)	17 (60)	25 (90)	33 (120)	42 (150)	50 (180)	58 (210)	67 (240)

7 Permeabilidade ao ar das janelas e das portas

7.1 Generalidades

A permeabilidade ao ar de toda a envolvente do edifício (compreendendo coberturas, fachadas, portas exteriores e caixilharia exterior) é condicionante para a sua ventilação, uma vez que correntemente permitem a entrada de caudais de ar consideráveis que podem causar distúrbios significativos na implementação correcta dos esquemas de ventilação natural. Admite-se que todas as juntas fixas entre os elementos que constituem a envolvente, sendo convenientemente executadas, têm uma permeabilidade ao ar muito baixa e, na prática, negligenciável. Contudo, as folhas móveis das caixilharias e portas exteriores têm uma permeabilidade ao ar considerável, que é possível medir através de ensaio, que varia de modelo para modelo e com a respectiva execução. Neste sentido, é necessário limitar a permeabilidade ao ar destes elementos em função da sua exposição.

7.2 Exposição do edifício ao vento

A consideração da exposição ao vento de um edifício é feita de acordo com os critérios definidos para a acção do vento no Regulamento de Segurança e Acções.

7.2.1 Caracterização dos locais

O desempenho relativamente à permeabilidade ao ar das portas e das janelas exteriores deve ser seleccionado de acordo com a exposição do edifício ao vento.

A velocidade do vento depende de factores físicos associados aos diversos locais do território. Para efeitos da quantificação da acção do vento consideram-se os seguintes factores:

- a) a divisão do país em duas zonas caracterizadas por diferentes velocidades do vento;
- b) a rugosidade aerodinâmica do terreno;
- c) a cota da janela acima do solo.

7.2.2 Zonamento do território

O zonamento do território considerado é o seguinte:

- a) Zona A, que inclui a generalidade do território, excepto os locais pertencentes à zona B;
- b) Zona B, que inclui os arquipélagos dos Açores e da Madeira e as regiões do continente situadas numa faixa costeira com 5 km de largura ou a altitudes superiores a 600 m.

Ressalvam-se alguns locais englobados na zona A mas cujas condições de orografia conduzem a uma exposição ao vento desfavorável, como é o caso de alguns vales e estuários. Tais circunstâncias devem ser ponderadas, face aos dados meteorológicos locais disponíveis e podem levar à inclusão desses locais na zona B.

7.2.3 Rugosidade aerodinâmica

Tendo em conta que a rugosidade aerodinâmica do terreno condiciona o perfil de velocidade do vento para as alturas acima do terreno relevantes para esta norma, consideraram-se três tipos de rugosidade:

- a) Rugosidade do tipo I, a atribuir aos locais situados no interior de zonas urbanas em que predominem os edifícios de médio e grande porte;
- b) Rugosidade do tipo II, a atribuir à generalidade dos restantes locais, nomeadamente às zonas rurais com algum relevo e periferia de zonas urbanas;
- c) Rugosidade do tipo III, a atribuir aos locais situados em zonas planas sem vegetação de grande porte ou nas proximidades de extensos planos de água nas zonas rurais.

7.2.4 Altura acima do solo

Para efeitos desta norma consideraram-se apenas as janelas cuja altura acima do solo não excede 80 m. Para locais mais altos, a determinação da acção do vento sobre a caixilharia requer estudos mais detalhados.

A altura acima do solo é medida desde a cota média do solo no local da construção até ao centro da janela. Para edificações nas proximidades de terrenos inclinados, o nível de referência a partir do qual é medida a altura depende do declive do terreno e da distância que separa o edifício desse acidente geográfico. Nesse caso consideram-se três situações:

- a) Quando o ângulo que o terreno inclinado faz com a horizontal for superior a 60° , o nível de referência a considerar corresponde à linha em traço interrompido indicada na figura 2.

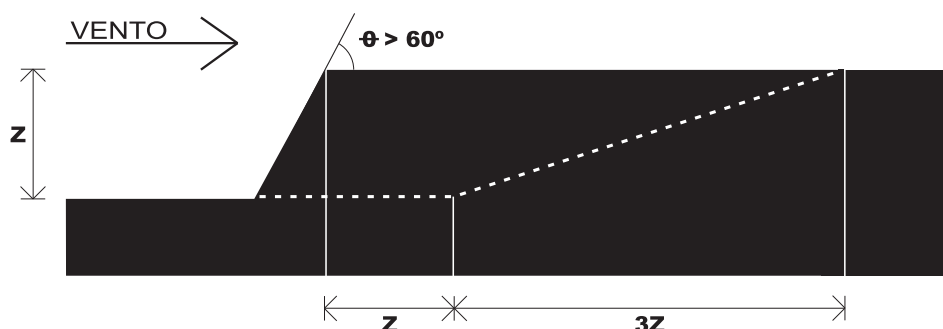


Figura 2 - Nível de referência em terrenos de inclinação superior a 60°

- b) Quando o ângulo que o terreno faz com a horizontal for superior a 15° e inferior a 60°, o nível de referência a considerar corresponde à linha em traço interrompido indicada na figura 3.

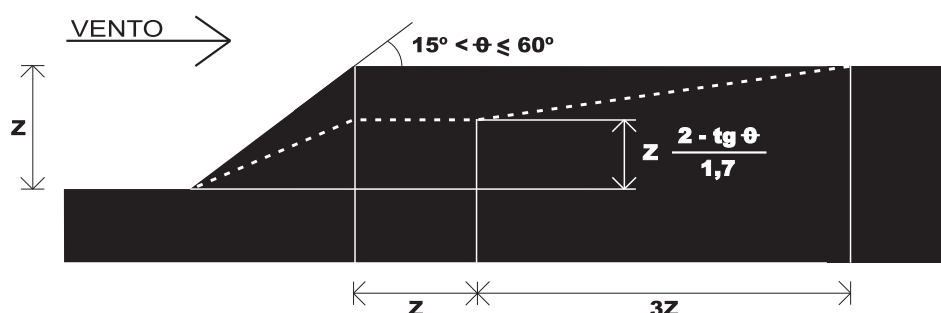


Figura 3 - Nível de referência em terrenos de inclinação superior a 15° e inferior a 60°

- c) Quando o ângulo que o terreno faz com a horizontal for inferior a 15°, o nível de referência a considerar corresponde à superfície do terreno.

No sentido de permitir a apresentação do resultados sob a forma de quadros simplificados, foram considerados os seguintes limites para as alturas:

- a) janelas de altura acima do solo inferior a 10 m;
- b) janelas de altura acima do solo compreendida entre 10 m e 18 m;
- c) janelas de altura acima do solo compreendida entre 18 m e 28 m;
- d) janelas de altura acima do solo compreendida entre 28 m e 60 m.

7.2.5 Classe de exposição ao vento

Face aos parâmetros anteriormente referidos, são definidas da forma indicada no quadro 3 as classes de exposição ao vento. Estas classes são necessárias para a definição da perda de carga das aberturas para o exterior que integram o sistema de ventilação.

Quadro 3 - Classes de exposição ao vento

Altura acima do solo	Região A			Região B		
	I	II	III	I	II	III
≤ 10 m	Exp 1	Exp 2	Exp 3	Exp 1	Exp 2	Exp 3
>10 m e ≤18 m	Exp 1	Exp 2	Exp 3	Exp 2	Exp 3	Exp 4
>18 m e ≤28 m	Exp 2	Exp 3	Exp 4	Exp 2	Exp 3	Exp 4
>28 m e ≤60 m	Exp 3	Exp 4	Exp 4	Exp 3	Exp 4	Exp 4

Os limites de 10 m, 18 m, 28 m e 60 m correspondem em geral a edifícios respectivamente com 3, 6, 9 e 20 pisos

7.3 Permeabilidade ao ar das janelas e de portas exteriores

A permeabilidade ao ar das janelas e das portas das habitações que comunicam com o exterior não deve ser superior à indicada no quadro 4. Estas classes estão definidas na Directiva UEAtc para a Homologação de Janelas.

Quadro 4 - Classes de permeabilidade ao ar das janelas e das portas exteriores em função da sua exposição

Altura acima do solo	Região A			Região B		
	I	II	III	I	II	III
≤10 m	A1	A2	A2	A1	A2	A2
>10 m e ≤18 m	A1	A2	A2	A1	A2	A2
>18 m e ≤28 m	A1	A2	A2	A2	A2	A2
>28 m e ≤60 m	A2	A2	A2	A2	A2	A2
>60 m e ≤80 m	A2	A2	A2	A2	A2	A3

7.4 Permeabilidade ao ar das portas de patamar

A permeabilidade ao ar das portas de patamar não deve exceder o valor de $12 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$ para uma diferença de pressão de 100 Pa.

7.5 Permeabilidade ao ar das portas interiores

As portas interiores, sempre que limitem sectores separados de ventilação, devem ter permeabilidade não superior a $12 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$ para uma diferença de pressão de 100 Pa.

As portas interiores que constituem a única ligação entre compartimentos do mesmo sector de ventilação devem possuir aberturas permanentes de forma a que mesmo quando fechadas minimizem a restrição à circulação do ar. As perdas de carga nessas aberturas não devem exceder 3 Pa.

8 Dimensionamento da ventilação do fogo

8.1 Ventilação conjunta

8.1.1 Generalidades

Os processos de ventilação geral e permanente das habitações com evacuação de ar por tiragem térmica devem compreender (figura 4):

- entradas de ar nos compartimentos principais, realizadas através de aberturas directas para o exterior, praticadas nas paredes de fachada, ou através de aberturas servidas por condutas de comunicação com o exterior, entradas estas que deverão satisfazer ao disposto na secção 8.1.3;
- passagens de ar dos compartimentos principais para os compartimentos de serviço, realizadas através de aberturas especialmente previstas para o efeito, passagens estas que deverão satisfazer ao disposto na secção 8.1.4;
- saídas de ar dos compartimentos de serviço, realizadas através de aberturas servidas por condutas individuais ou colectivas de evacuação de ar para o exterior do edifício, que deverão satisfazer ao disposto na secção 8.1.5.

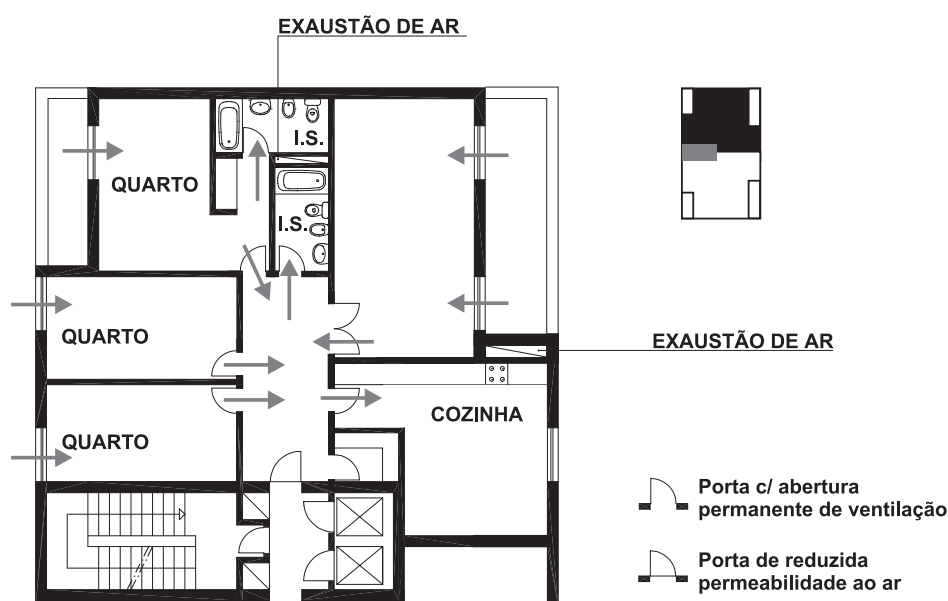


Figura 4 - Exemplo de ventilação conjunta do fogo

As admissões e as aberturas de evacuação de ar devem estar dimensionadas no seu conjunto para o mesmo caudal total, determinado de acordo com a secção 6.2. As passagens de ar interiores devem ser dimensionadas em conformidade com o caudal de ar que previsivelmente as atravessará.

Nos processos de ventilação com evacuação de ar por condutas individuais, cada abertura de saída de ar dos compartimentos de serviço deve ser servida por uma conduta independente.

Nos processos de ventilação com evacuação de ar por condutas colectivas com ramais da altura de um piso, todas as aberturas de saída de ar dos compartimentos de serviço situadas na mesma prumada em pisos sobrepostos e com todos os vãos praticados para o exterior com idêntica orientação podem ser servidas pela mesma conduta; contudo as condutas colectivas que servem as aberturas de saída de ar das cozinhas devem ser independentes das que servem as aberturas de saída de ar das instalações sanitárias.

As condutas colectivas que servem as aberturas de saída de ar dos compartimentos de serviço de uma habitação devem ser independentes das condutas colectivas que servem as aberturas de saída de ar de compartimentos de serviço de outras habitações situadas no mesmo piso. Disposição idêntica deve ser adoptada para as condutas colectivas que servem as aberturas de entrada de ar nos compartimentos principais ou de serviço das habitações.

Um mesmo ramal ou conduta individual não pode servir simultaneamente para a evacuação dos produtos da combustão de aparelhos dos tipos A e B (figuras 5 e 6).

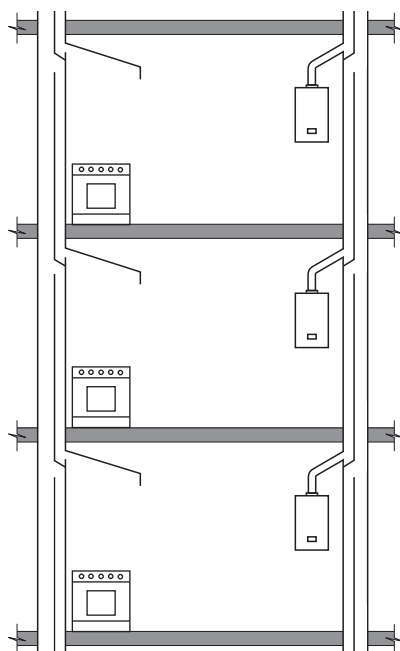


Figura 5 - Evacuação dos produtos da combustão através de condutas separadas

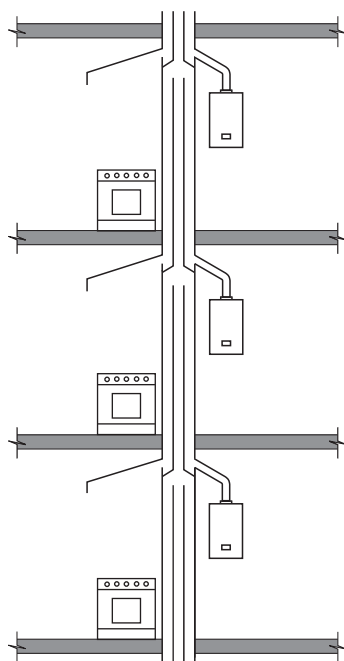


Figura 6 - Evacuação dos produtos da combustão através de ramais separados

8.1.2 Determinação do caudal de ar de ventilação

O caudal de ar de ventilação deve ser determinado tendo em conta o seguinte:

- o caudal de ar de ventilação deve ser igual ou superior à soma dos caudais de ventilação parciais dos compartimentos de serviço indicados na secção 6.2;
- o caudal de ar de ventilação deve ser igual ou superior ao caudal de ventilação dos compartimentos principais indicado na secção 6.2.

8.1.3 Admissão de ar

São previstos dois tipos de aberturas de admissão de ar, *em parede de fachada* (que enquadram também as aberturas posicionadas nas caixas de estore e outros elementos das fachadas) e *por condutas*. As condutas de admissão de ar podem ser individuais ou colectivas. O dimensionamento das aberturas em parede de fachada depende da classe de exposição do edifício ao vento (ver secção 7.2.5).

As aberturas de admissão devem ser dimensionadas para os caudais-tipo, determinados de acordo com a secção 6.2.

As grelhas de regulação fixa, para os efeitos desta norma, são consideradas aberturas não-reguláveis. A utilização de aberturas providas de dispositivos anti-retorno é vantajosa uma vez que estas aberturas não permitem que, por acção do vento, o sentido do fluxo de ar seja invertido (passando a sair ar para o exterior no lugar de admitir ar exterior).

Não pode no entanto deixar de se considerar que o ar a admitir para a ventilação não deve ser fonte poluidora dos espaços interiores. Admissões colocadas a cotas baixas introduzem poluição nesses espaços. Deve ter-se em atenção que um edifício é um obstáculo ao livre fluxo do vento e que nestas condições um fluxo incidente numa fachada se divide a cerca de 70% da altura desta gerando uma zona de recirculação abaixo deste nível, figura 7.

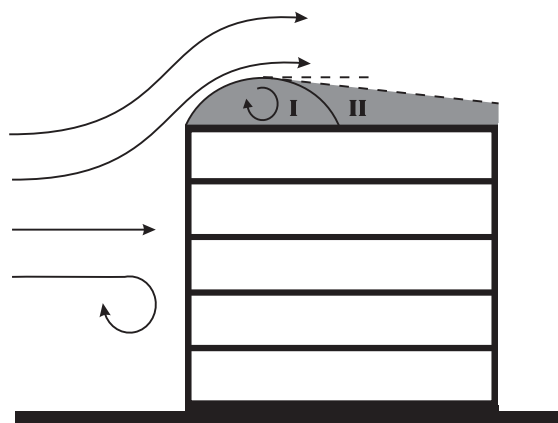


Figura 7 – Repartição do escoamento na fachada frontal de um edifício

8.1.3.1 Aberturas de admissão de ar em parede de fachada

As aberturas de admissão de ar em parede de fachada consistem em dispositivos que põem em comunicação directa o exterior com o interior da habitação (figuras 8 e 9).

Deve ter-se em atenção que devido ao exposto em 8.1.3 admissões em parede de fachada na metade inferior do seu alçado são susceptíveis de introduzir ar poluído nas habitações. Este facto é particularmente sentido na vizinhança de trânsito automóvel. Será aconselhável, na medida do possível, que as admissões nesta zonas dos edifícios se processem através de aberturas colocadas nas cotas mais elevadas com distribuição por conduta.

O dimensionamento destas aberturas deve ser realizado da seguinte forma, de acordo com a respectiva classe de exposição ao vento:

a) Em paredes de fachada com exposição ao vento correspondente à classe Exp 1 podem ser de secção constante (aberturas não reguláveis) de área útil da ordem de grandeza indicada no quadro 5. Tais aberturas devem ser realizadas de modo a assegurar caudais iguais ou superiores aos previstos para os compartimentos principais onde estão aplicadas, para a diferença de pressão de 10 Pa, sem que, contudo, seja excedido o quádruplo do caudal em correspondência para diferenças de pressão iguais ou superiores a 60 Pa.

b) Em paredes de fachada com exposição ao vento correspondente à classe Exp 2 devem ser de secção variável por acção do vento (aberturas auto-reguláveis); tais aberturas devem ser realizadas de modo a assegurar caudais iguais ou superiores aos previstos para os compartimentos principais onde estão aplicadas, para a diferença de pressão de 10 Pa, sem que, contudo, seja excedido o quádruplo do caudal em correspondência para diferenças de pressão iguais ou superiores a 160 Pa.

c) Em paredes de fachada com exposição ao vento correspondente à classe Exp 3 devem ser também de secção variável por acção do vento (aberturas auto-reguláveis); tais aberturas devem ser realizadas de modo a assegurar caudais iguais ou superiores aos previstos para os compartimentos principais onde estão aplicadas, para a diferença de pressão de 10 Pa, sem que, contudo, seja excedido o quádruplo do caudal em correspondência para diferenças de pressão iguais ou superiores a 240 Pa.

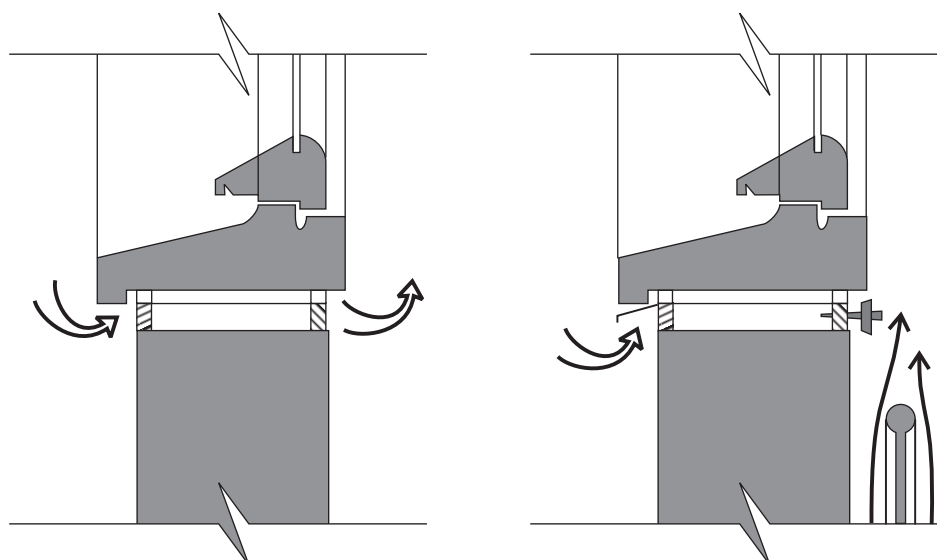


Figura 8 - Aberturas fixa e regulável

d) Em paredes de fachada com exposição ao vento correspondente à classe Exp 4 devem ser também de secção variável por acção do vento (aberturas auto-reguláveis); tais aberturas devem ser realizadas de modo a assegurar caudais iguais ou superiores aos previstos para os compartimentos principais onde estão aplicadas, para a diferença de pressão de 10 Pa, sem que, contudo, seja excedido o quádruplo do caudal em correspondência para diferenças de pressão iguais ou superiores a 380 Pa. Se as aberturas de admissão de ar em causa forem praticadas a alturas acima do solo superiores a 60 m em edifícios localizados na região A (secção 7.2), em zonas de rugosidade III, ou na região B, em zonas de rugosidade II, ou a mais de 28 m em edifícios localizados na região B, em zonas de rugosidade III, o dimensionamento das aberturas deve ser devidamente justificado por cálculo que tenha em conta a velocidade do vento nesses locais.

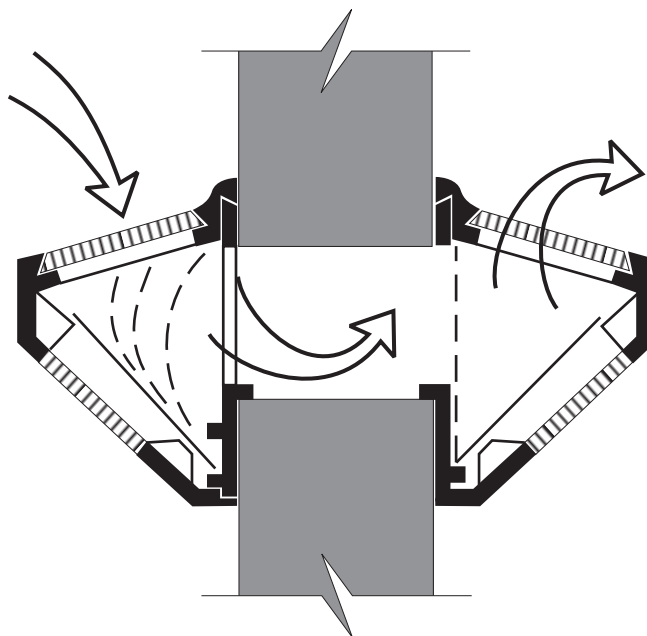


Figura 8 - Aberturas auto-reguláveis

Quadro 5 - Áreas úteis recomendadas para aberturas em paredes de fachadas em edifícios da classe de exposição Exp 1

Área útil	Caudal-tipo
35 cm ²	8 l/s (30 m ³ /h)
52 cm ²	13 l/s (45 m ³ /h)
70 cm ²	17 l/s (60 m ³ /h)

Assentando a Ventilação Natural em diferenciais de pressão deve ter-se em atenção que quando existem edifícios vizinhos (um a jusante de outro face ao vento incidente) a empena traseira do edifício de montante estará muito possivelmente sujeita a coeficientes de pressão positivos em lugar dos valores negativos presentes em edifícios isolados. Os diferenciais de pressão ficam assim alterados com óbvias implicações nos fluxos de ar para ventilação (figura 27).

8.1.3.2 Admissão de ar por condutas

O dimensionamento das aberturas de admissão de ar servidas por condutas de comunicação com o exterior deve cumprir os valores de área útil indicados no quadro 6. As perdas de carga nestas aberturas, para os caudais-tipo correspondentes, devem ser da ordem de 3 Pa.

As condutas que servem as aberturas referidas são condutas verticais, individuais ou colectivas, as quais estão ligadas a uma conduta horizontal, situada na base do edifício, com tomadas de ar

localizadas em fachadas opostas. Para efeitos de realização destas condutas devem observar-se as disposições aplicáveis da secção 8.1.1 e da secção 9.3.2 e as regras seguintes:

- a) as condutas verticais, quando individuais, devem ser dimensionadas conforme se indica na secção 8.1.7.1 e, quando colectivas, devem ser dimensionadas conforme se indica na secção 8.1.7.2, tomando para base o caudal-tipo de entrada de ar nos compartimentos principais por elas servidos;
- b) a conduta horizontal deve ser dimensionada como conduta colectora conforme se indica na secção 8.1.7.2, tomando para base o dobro da soma dos caudais-tipo de entrada de ar nos compartimentos principais que a ela estão ligados pelas condutas verticais.

As condutas colectivas que servem as aberturas de entrada do ar dos compartimentos principais são constituídas por uma conduta distribuidora provida de ramais de altura pelo menos igual à distância entre pisos mas não superior a 3,50 m, ramais estes que estabelecem a ligação das referidas aberturas com a conduta distribuidora. As condutas individuais devem também ter uma altura pelo menos igual à distância entre pisos. Quando não for possível respeitar a altura especificada para os ramais ou condutas individuais, o projecto deverá prever soluções adequadas para evitar que o eventual refluxo de ar venha a contaminar a tomada de ar das restantes condutas.

Nas condutas colectivas de admissão, tal como nas condutas colectivas de evacuação, as ligações às aberturas nos compartimentos são realizadas por ramais da altura de um piso. Neste caso, os ramais partem da conduta ao nível do piso imediatamente abaixo do compartimento servido por esta (figura 10).

Quadro 6 - Área útil das aberturas de entrada de ar nos compartimentos a partir de condutas

Área útil	Caudal-tipo
60 cm ²	8 l/s (30 m ³ /h)
90 cm ²	13 l/s (45 m ³ /h)
120 cm ²	17 l/s (60 m ³ /h)

Na selecção e/ou posicionamento das aberturas ou dispositivos de admissão de ar devem indicar-se as características de atenuação acústica, tendo em conta as exigências da regulamentação em vigor.

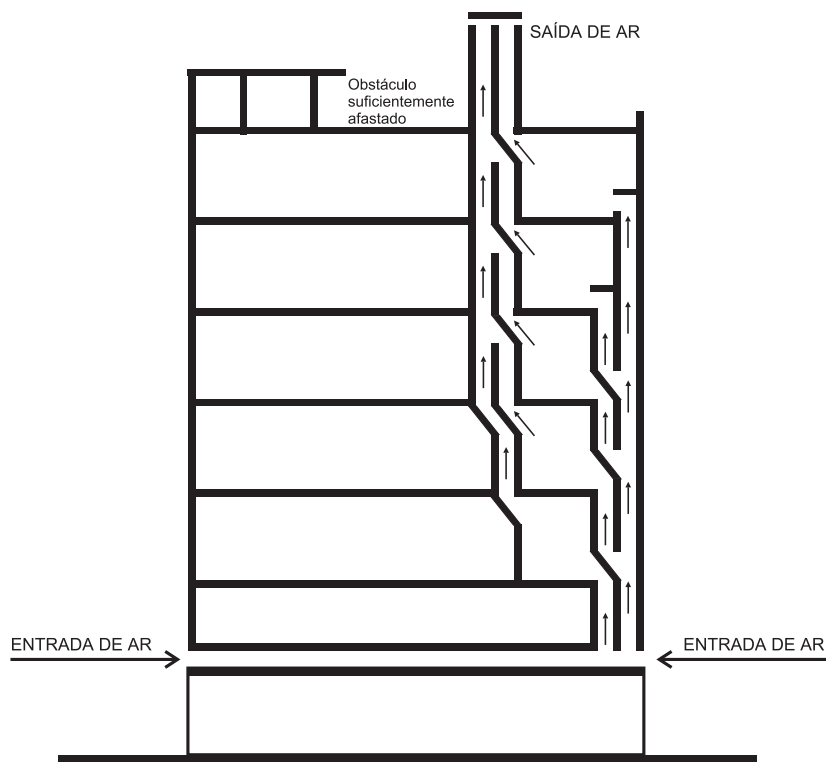


Figura 10 - Exemplo de condutas coletivas de admissão e evacuação de ar

8.1.4 Passagens de ar interiores

As aberturas de passagem do ar dos compartimentos principais para os compartimentos de serviço devem ter área útil da ordem de grandeza indicada no quadro 7. As perdas de carga nestas aberturas, para os caudais-tipo em correspondência, devem ser da ordem de 1 Pa, para caudais até 60 m³/h. Para caudais superiores não deve ser excedida a perda de carga de 3 Pa.

Estes valores de caudal correspondem, para a saída de ar dos compartimentos principais, aos caudais-tipo de entrada de ar nesses compartimentos e, para a entrada de ar nos compartimentos de serviço, aos caudais-tipo de saída de ar desses compartimentos.

Quadro 7 - Áreas úteis das aberturas de passagem de ar dos compartimentos principais para os compartimentos de serviço

Área útil	Caudal-tipo
100 cm ²	até 8 l/s (30 m ³ /h)
200 cm ²	de 8 l/s (30 m ³ /h) até 25 l/s (90 m ³ /h)
250 cm ²	de 25 l/s (90 m ³ /h) até 33 l/s (120 m ³ /h)

Na selecção e/ou posicionamento das aberturas ou dispositivos de passagem de ar devem indicar-se as características de atenuação acústica, tendo em conta as exigências da regulamentação em vigor.

Nas figuras 11 a 13 estão exemplificados meios de promover a passagem de ar interior.

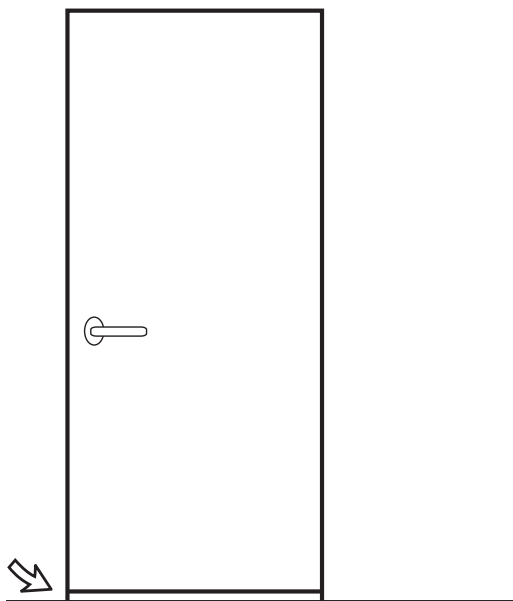


Figura 11 - Folga na porta constituindo passagem de ar interior

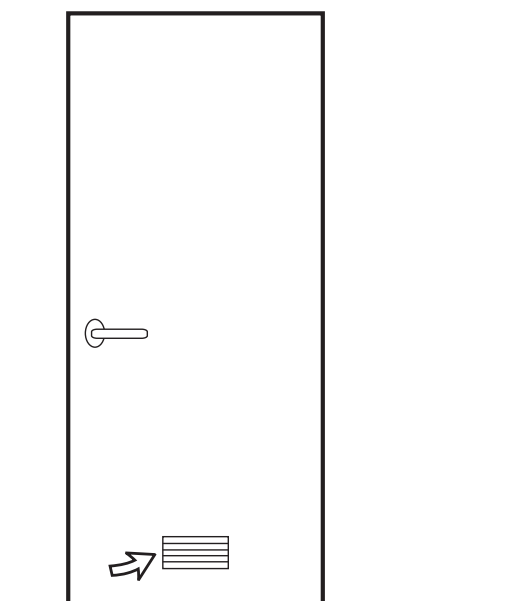


Figura 12 - Grelha aplicada na porta constituindo passagem de ar interior

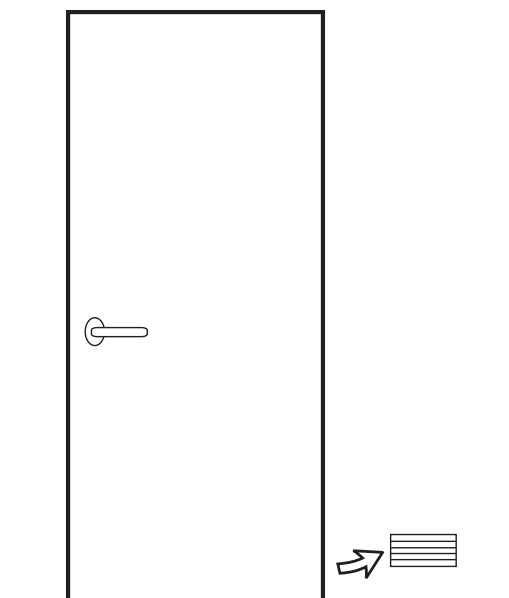


Figura 13 - Grelha aplicada na parede constituindo passagem de ar interior

8.1.5 Evacuação de ar

8.1.5.1 Aberturas de evacuação de ar

As aberturas de evacuação de ar servidas por condutas individuais ou por condutas colectivas, desde que se situem nos cinco últimos pisos do edifício, devem ter área útil não inferior à indicada no quadro 8. As perdas de carga nestas grelhas, para os caudais-tipo em correspondência, não devem exceder 3 Pa.

As aberturas de evacuação de ar servidas por condutas colectivas devem ter secção uniforme em todos os pisos, com excepção dos cinco últimos. As perdas de carga nestas aberturas, para os caudais-tipo em correspondência, devem ser da ordem de 10 Pa. Nesta situação, a área útil da secção das grelhas deve ser da ordem de grandeza indicada no quadro 9.

Quadro 8 - Áreas úteis das aberturas de evacuação de ar (perda de carga de aproximadamente 3 Pa)

Área útil	Caudal-tipo
80 cm ²	8 l/s (30 m ³ /h)
120 cm ²	13 l/s (45 m ³ /h)
150 cm ²	17 l/s (60 m ³ /h)
220 cm ²	25 l/s (90 m ³ /h)
280 cm ²	33 l/s (120 m ³ /h)

Quadro 9 - Áreas úteis das aberturas de evacuação de ar (perda de carga de aproximadamente 10 Pa)

Área útil	Caudal-tipo
40 cm ²	8 l/s (30 m ³ /h)
60 cm ²	13 l/s (45 m ³ /h)
80 cm ²	17 l/s (60 m ³ /h)
120 cm ²	25 l/s (90 m ³ /h)
150 cm ²	33 l/s (120 m ³ /h)

Quando forem utilizadas aberturas de evacuação de ar equipadas com grelhas do tipo auto-regulável (figura 9), o caudal para diferenças de pressão compreendidas entre 2,5 Pa e 11 Pa não deve registar variações superiores a 20% do caudal-tipo considerado.

8.1.5.2 Condutas de evacuação do ar

As condutas de evacuação do ar podem ser individuais ou colectivas. As condutas colectivas (figura 10), que servem as aberturas de saída do ar dos compartimentos de serviço, são constituídas por uma conduta colectora provida de ramais de altura igual à distância entre pisos, pelo menos, mas não superior a 3,50 m, ramais estes que estabelecem a ligação das referidas aberturas com a conduta colectora. Estas aberturas devem ter uma altura de tiragem não inferior a 4,25 m e, quando tal não for possível, as aberturas deixarão de ser servidas pela conduta colectiva, passando a ser servidas por condutas individuais independentes.

As condutas, sejam individuais ou colectivas, estão equipadas no seu topo com ventiladores estáticos. Para os efeitos da realização destas condutas devem observar-se as disposições da secção 8.1.1 e da secção 9.3.2 e as seguintes regras:

- a) as condutas individuais devem ser dimensionados em conformidade com a secção 8.1.7.1; as condutas colectivas devem ser dimensionadas conforme se indica na secção 8.1.7.2;
- b) quando as condutas colectoras de evacuação do ar são utilizadas em simultâneo para a evacuação dos produtos da combustão dos aparelhos do tipo B prevalece o dimensionamento que conduzir a condutas de maiores dimensões;

Os caudais-tipo a considerar para o dimensionamento das condutas são determinados da seguinte forma:

- a) quando não existam aparelhos do tipo B, deve tomar-se o caudal-tipo determinado de acordo com o critério definido na secção 8.1.2;
- b) sempre que existam aparelhos do tipo B servidos pelas condutas colectoras que integram o sistema colectivo de evacuação de ar, para o dimensionamento destas, deve tomar-se o maior valor resultante dos cálculos realizados para o caudal-tipo admitido nos compartimentos principais servidos pelas condutas, deduzido de qualquer eventual acréscimo devido às necessidades de ar

novo para combustão dos aparelhos do tipo B, e para a evacuação dos produtos da combustão, de acordo com a secção 10.3.2.4;

- c) sempre que existam aparelhos do tipo B, as condutas de evacuação de ar que não sejam utilizadas para evacuação dos produtos da combustão desses aparelhos devem ser dimensionadas tendo por base o caudal-tipo admitido nos compartimentos principais servidos por essas condutas, deduzido de qualquer eventual acréscimo devido às necessidades de ar novo para combustão dos aparelhos do tipo B e deduzido do caudal de ar que previsivelmente será evacuado através das condutas que servem os aparelhos do tipo B quando não estão em funcionamento. Na ausência de outro cálculo mais detalhado pode admitir-se que o escoamento é determinado pela menor secção das condutas, sendo o caudal calculado através do diagrama da figura 14 para condutas individuais, condutas de ligação ou ramais e através do diagrama da figura 15 para condutas colectoras. Deve ter-se em consideração a rugosidade das condutas.

8.1.5.3 Exemplo

Tome-se como exemplo a seguinte situação:

- Apartamento do tipo T2 com pé-direito de 2,5 m e áreas indicadas no quadro 10.
- O edifício em que se situa o apartamento tem 5 pisos, dispondo de uma conduta colectiva servindo simultaneamente a evacuação do ar e a evacuação dos produtos da combustão dos aparelhos a gás situados nas cozinhas.
- Considera-se que em cada cozinha está instalado um esquentador com a potência nominal de 23 kW.

Quadro 10 – Exemplo de dimensionamento da ventilação

Compartimento	Área	Volume	Admissão de ar		Evacuação		Admissão total		Evacuação total	
	(m ²)	(m ³)	(l/s)	(m ³ /h)	(l/s)	(m ³ /h)	(l/s)	(m ³ /h)	(l/s)	(m ³ /h)
Quarto 1	14	35	10	35						
Quarto 2	12	30	8	30			35	125		
Sala comum	24	60	17	60						
Instalações sanitárias	4	10			13	45			35	125
Cozinha	8	20			22	80				

De acordo com a secção 6.2, verifica-se, contudo, que o caudal de ar novo necessário para o aparelho de combustão do tipo B é de 100 m³/h, superior ao necessário para alimentação da cozinha. Assim, é necessário proceder ao incremento do caudal admitido num dos compartimentos principais. No quadro 11 incrementou-se a admissão de ar, como exemplo, na sala comum.

Quadro 11 – Exemplo de dimensionamento da ventilação

Compartimento	Área	Volume	Admissão de ar		Evacuação		Admissão total		Evacuação total	
	(m ²)	(m ³)	(l/s)	(m ³ /h)	(l/s)	(m ³ /h)	(l/s)	(m ³ /h)	(l/s)	(m ³ /h)
Quarto 1	14	35	10	35						
Quarto 2	12	30	8	30			35+5	125+20		
Sala comum	24	60	17+5	60+20						
Instalações sanitárias	4	10			13	45			40	145
Cozinha	8	20			27	100				

Para o dimensionamento da conduta colectora é necessário comparar a secção necessária para a evacuação dos produtos da combustão e a secção necessária para ventilação da cozinha. No primeiro caso verifica-se, na secção 10.3.2.4, que até 5 aparelhos do tipo B é suficiente uma secção de 400 cm². No caso da ventilação da cozinha, basta considerar 80 m³/h, uma vez que o acréscimo de 20 m³/h, é devido às necessidades de ar novo do aparelho do tipo B.

De acordo com a secção 8.1.7.2, a secção da conduta colectora circular lisa necessária para escoar o caudal total de 400 m³/h (5 pisos x 80 m³/h) é de 650 cm². Dado que este valor é superior ao necessário para evacuação dos produtos da combustão, prevalece a secção de 650 cm².

8.1.6 Ventiladores estáticos

Os ventiladores estáticos a instalar no topo das condutas de evacuação devem ter as características seguintes:

- proteger o interior da conduta contra a entrada de chuva;
- na ausência de vento, a perda de carga no ventilador para um caudal igual à soma dos caudais-tipo de saída das aberturas servidas pela conduta deve ser inferior a 4 Pa;
- um ventilador pertence à classe A desde que, na ausência de caudal, o "factor de depressão do ventilador" (razão entre a depressão criada pelo vento e a pressão dinâmica do vento) seja inferior em valor algébrico a -0,5 para todas as direcções de incidência fazendo com o plano horizontal um ângulo inferior ou igual a $\pm 30^\circ$ e inferior a -0,35 para todas as direcções de incidência fazendo com o plano horizontal um ângulo compreendido entre -60° e -30° ou entre 30° e 60° .
- um ventilador pertence à classe B desde que, na ausência de caudal, o "factor de depressão do ventilador" seja inferior em valor algébrico a -0,65 para todas as direcções de incidência fazendo com o plano horizontal um ângulo inferior ou igual a $\pm 30^\circ$ e inferior a -0,50 para todas as direcções de incidência fazendo com o plano horizontal um ângulo compreendido entre -60° e -30° ou entre 30° e 60° .

A selecção da classe do ventilador estático deve ser realizada pelo projectista de forma a que o projecto de ventilação satisfaça os requisitos desta norma.

É também admissível a utilização de ventiladores rotativos accionados pelo vento.

8.1.7 Dimensionamento das condutas

8.1.7.1 Condutas individuais

As condutas individuais devem ter secção uniforme a toda a altura. Quando se tratar de condutas lisas de secção circular, a área da secção não deve ser inferior ao valor que, no diagrama apresentado na figura 14, corresponde ao valor do caudal-tipo escoado pela conduta em causa.

Quando se tratar de condutas lisas de secção quadrada ou rectangular, a área da secção da conduta deve ser calculada tendo por base o valor da área da secção circular que corresponde ao caudal-tipo em causa, multiplicado por um coeficiente de majoração de acordo com a seguinte expressão:

$$A_r = A_c \frac{(1+e)^2}{\pi e}$$

em que:

A_c - área da secção circular para o caudal-tipo em causa;

A_r - área da secção rectangular correspondente a A_c .

e - razão das dimensões principais da secção, sendo $e = 1$ para a secção quadrada e $1 \leq e \leq 2$ para secções rectangulares.

Quando forem utilizadas condutas rugosas, por exemplo de blocos cerâmicos ou de betão, a área da secção da conduta anteriormente calculada deve ser acrescida de um valor que permita compensar o aumento do atrito nas paredes. Na ausência de normalização ou especificações sobre as características dos blocos das condutas o aumento da secção deve ter em conta não só a sua rugosidade mas também as eventuais deformações devidas ao seu fabrico. Os valores de acréscimo de secção devem ser comprovados por ensaio e/ou outros métodos adequados.

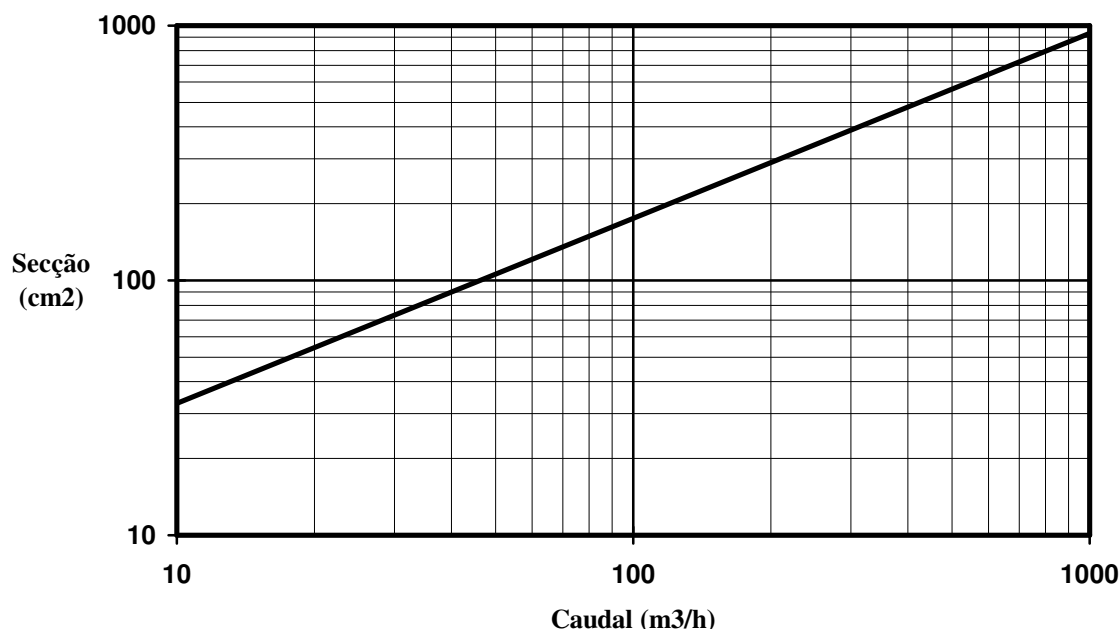


Figura 14 - Diagrama para o cálculo da secção das condutas individuais lisas de secção circular

Por razões de facilidade de limpeza, a menor dimensão da secção das condutas (diâmetro da circunferência, lado do quadrado ou lado menor do rectângulo) deve ser de, pelo menos, 100 mm.

No quadro 12 estão indicados os valores mínimos recomendados da área da secção das condutas individuais lisas em função do caudal-tipo. As condutas estão dimensionadas de forma a que a perda de carga seja cerca de 0,3 Pa/m.

Quadro 12 - Valores mínimos recomendados para áreas das secções das condutas individuais lisas

Caudal		Conduta circular (cm ²)	Conduta quadrada (cm ²)	Conduta rectangular (e=1,6) (cm ²)
(l/s)	(m ³ /h)			
8	30	80	100	110
13	45	100	130	135
17	60	120	155	165
25	90	160	205	220
33	120	200	255	270

8.1.7.2 Condutas colectivas

As condutas colectoras devem ter secção uniforme a toda a altura. Quando se tratar de condutas lisas de secção circular, a área da secção não deve ser inferior ao valor que, no diagrama apresentado na

figura 15, corresponde ao caudal que se identifica com a soma dos caudais-tipo de saída de ar através das aberturas servidas pelos ramais ligados à conduta colectora em causa. Quando se tratar de condutas colectoras lisas de secção quadrada ou rectangular, a área da secção da conduta que corresponde à área da secção da conduta circular assim determinada deve ser calculada pela expressão referida em 8.1.7.1.

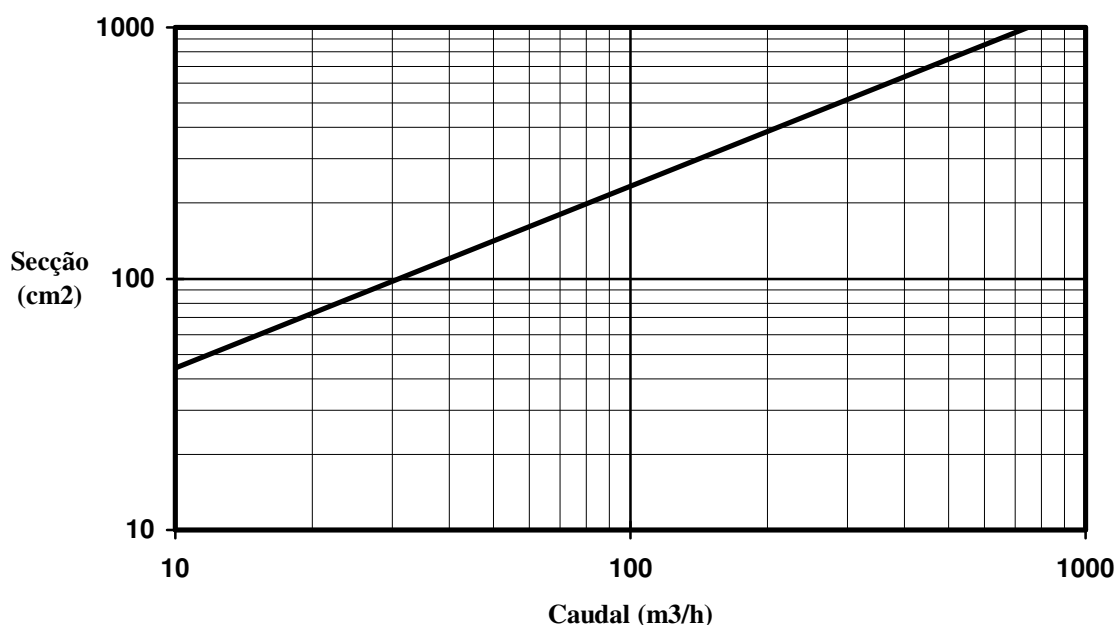


Figura 15 - Diagrama para o cálculo da secção das condutas colectivas lisas de secção circular

Quando forem utilizadas condutas rugosas, por exemplo de alvenaria de tijolo ou de blocos de betão, a área da secção da conduta anteriormente calculada deve ser acrescida de um valor que permita compensar o aumento do atrito nas paredes. Na ausência de normalização ou especificações sobre as características dos blocos das condutas o aumento da secção deve ter em conta não só a sua rugosidade mas também as eventuais deformações devidas ao seu fabrico. Os valores de acréscimo de secção devem ser comprovados por ensaio e/ou outros métodos adequados.

Por razões de facilidade de limpeza, a menor dimensão da secção das condutas colectoras (diâmetro da circunferência, lado do quadrado ou menor dimensão do rectângulo) deve ser de, pelo menos, 200 mm.

Os ramais das condutas colectivas de evacuação de ar devem ter secção uniforme e a área da secção deve ser determinada como se tratasse de uma conduta individual (secção 8.1.7.1). Quando os ramais servem em simultâneo para evacuação de produtos da combustão de aparelhos a gás do tipo B a sua secção mínima é de 250 cm².

Cada conduta colectiva de cozinhas prevista para caudais superiores a 45 m³/h não pode servir mais do que 8 pisos.

Nos quadros 13 a 17 estão indicados os valores mínimos recomendados da área da secção da conduta colectora lisa em função do número de pisos servidos pela conduta e do caudal-tipo de evacuação por piso. As condutas estão dimensionadas de forma a que a perda de carga seja cerca de 0,15 Pa/m.

Quadro 13 - Valores mínimos para áreas das secções das condutas colectivas lisas.

Caudal-tipo por piso 30 m³/h

Nº de Pisos	Conduta circular (cm ²)	Conduta quadrada (cm ²)	Conduta rectangular (e=1,6) (cm ²)
3	220*	280*	295*
4	270*	350*	370*
5	320	410	430*
6	360	460	490*
7	400	510	540*
8	440	560	600*
9	480	620	650
10	520	670	700

*Para facilitar a limpeza, a área não pode ser inferior a 320 cm², nas secções circulares, a 400 cm², nas secções quadradas, e a 640 cm², nas secções rectangulares (e=1,6).

Quadro 14 - Valores mínimos para áreas das secções das condutas colectivas lisas.

Caudal-tipo por piso 45 m³/h

Nº de Pisos	Conduta circular (cm ²)	Conduta quadrada (cm ²)	Conduta rectangular (e=1,6) (cm ²)
3	290*	370*	390*
4	360	460	490*
5	420	530	570*
6	480	620	650
7	530	680	720
8	600	770	810
9	650	830	880
10	700	900	950

*Para facilitar a limpeza, a área não pode ser inferior a 320 cm², nas secções circulares, a 400 cm², nas secções quadradas, e a 640 cm², nas secções rectangulares (e=1,6).

Quadro 15 - Valores mínimos recomendados para áreas das secções das condutas colectivas lisas.

Caudal-tipo por piso 60 m³/h

Nº de Pisos	Conduta circular (cm ²)	Conduta quadrada (cm ²)	Conduta rectangular (e=1,6) (cm ²)
3	360	460	490*
4	440	560	600*
5	520	670	700
6	600	770	810
7	670	860	910
8	730	930	990
5+4	520+440	670+560	700+600
5+5	520+520	670+670	700+700

*Para facilitar a limpeza, a área não pode ser inferior a 640 cm². nas secções rectangulares (e=1,6).

Quadro 16 - Valores mínimos para áreas das secções das condutas colectivas lisas.

Caudal-tipo por piso 90 m³/h

Nº de Pisos	Conduta circular (cm ²)	Conduta quadrada (cm ²)	Conduta rectangular (e=1,6) (cm ²)
3	480	620	650
4	600	770	810
5	700	900	950
3+3	480+480	620+620	650+650
4+3	600+480	770+620	810+650
4+4	600+600	770+770	810+810
5+4	700+600	900+770	950+810
5+5	700+700	900+900	950+950

Quadro 17 - Valores mínimos para áreas das secções das condutas colectivas lisas.

Caudal-tipo por piso 120 m³/h

Nº de Pisos	Conduta circular (cm ²)	Conduta quadrada (cm ²)	Conduta rectangular (e=1,6) (cm ²)
3	600	770	810
4	730	930	990
5	860	1100	1160
3+3	600+600	770+770	810+810
4+3	730+600	930+770	990+810
4+4	730+730	930+930	990+990
5+4	860+730	1100+930	1160+990
5+5	860+860	1100+1100	1160+1160

8.2 Ventilação separada dos espaços

8.2.1 Generalidades

Designa-se por "ventilação separada dos espaços" a situação em que o volume ventilado abrange unicamente uma fracção da habitação. Essa fracção pode incluir um ou mais compartimentos, sendo neste último caso o esquema de ventilação implementado de forma a promover a renovação do ar desses compartimentos em conjunto.

São condições necessárias para a implementação da ventilação separada de compartimentos a existência de entradas de ar novo, saídas de ar poluído, passagens de ar interiores (quando a ventilação separada abrange vários compartimentos) e comunicações de reduzida permeabilidade ao ar com outros sectores de ventilação ou com o exterior.

Deve ser evitada a solução de só existirem compartimentos principais num mesmo sector de ventilação.

As entradas e as saídas de ar devem estar dimensionadas no seu conjunto para o mesmo caudal total, determinado de acordo com a secção 6.2. As passagens de ar interiores, quando existirem, devem ser dimensionadas em conformidade com o caudal de ar que previsivelmente as atravessará.

Nos processos de ventilação com evacuação de ar por condutas individuais, cada abertura de saída de ar dos compartimentos deve ser servida por uma conduta independente.

Nos processos de ventilação com evacuação de ar por condutas colectivas com ramais da altura de um piso, todas as aberturas de saída de ar dos compartimentos situadas na mesma prumada em pisos sobrepostos, com todos os vãos praticados para o exterior com idêntica orientação e integrando sectores de ventilação semelhantes, podem ser servidas pela mesma conduta; contudo, as condutas colectivas que servem as aberturas de saída de ar das cozinhas devem ser independentes das que servem as aberturas de saída de ar das instalações sanitárias e dos compartimentos onde estejam instaladas lareiras.

As condutas colectivas que servem as aberturas de saída de ar dos compartimentos de uma habitação devem ser independentes das condutas colectivas que servem as aberturas de saída de ar de compartimentos de outras habitações situadas no mesmo piso. Disposição idêntica deve ser adoptada para as condutas colectivas que servem as aberturas de entrada de ar nas habitações.

Um mesmo ramal ou conduta individual não pode servir simultaneamente para a evacuação dos produtos da combustão de aparelhos dos tipos A e B.

O ar necessário para a combustão nas chaminés de fogo aberto (lareiras) pode ser fornecido directamente para a zona de combustão, através de condutas ou de aberturas para o exterior.

A implementação da ventilação separada de compartimentos deve ser realizada tendo em conta a utilização provável desses compartimentos e a sua disposição relativa na habitação. A figura 16 exemplifica esquematicamente dois sectores separados de ventilação numa habitação, um compreendendo um quarto e a cozinha e o outro compreendendo a zona de dormir e a instalação sanitária. A figura 17 exemplifica esquematicamente dois sectores de ventilação em que um abrange unicamente a instalação sanitária e o outro integra os restantes compartimentos da habitação. Esta solução é correntemente utilizada em instalações sanitárias interiores, sendo, contudo, em regra mal implementada. Deve ter-se em atenção a necessidade de prever em cada sector as entradas e saídas de ar convenientemente dimensionadas (secções 8.1.3 e 8.1.5) para o caudal de ar de ventilação calculado de acordo as exigências definidas na secção 6.2.

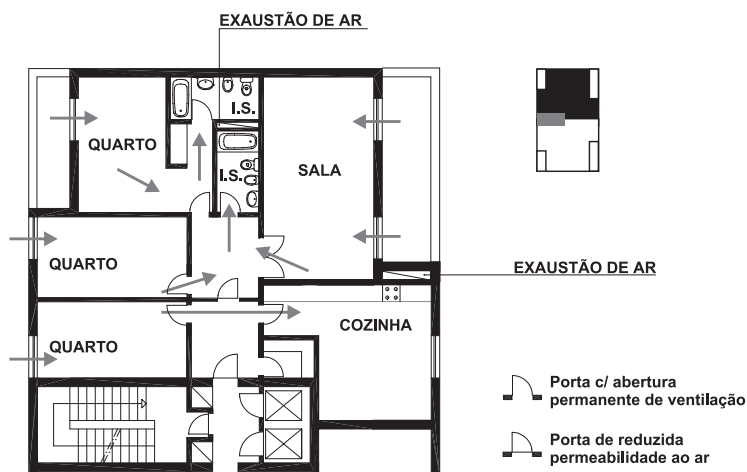


Figura 16 - Exemplo esquemático de dois sectores separados de ventilação numa habitação



Figura 17 - Exemplo esquemático de sectores separados de ventilação numa habitação

O funcionamento da ventilação separada de compartimentos não pode interferir com a ventilação de sectores contíguos. Assim, é necessário garantir que as portas de comunicação tenham uma reduzida permeabilidade ao ar de forma a minorar eventuais interferências (secção 7.5).

A figura 18 exemplifica o esquema de ventilação mais simples em habitações com compartimentos onde existem chaminés de fogo aberto. Neste caso, o compartimento onde se encontra a chaminé de fogo aberto constitui obrigatoriamente um sector separado de ventilação, com entrada de ar privativa, constituindo a chaminé a abertura de saída de ar.

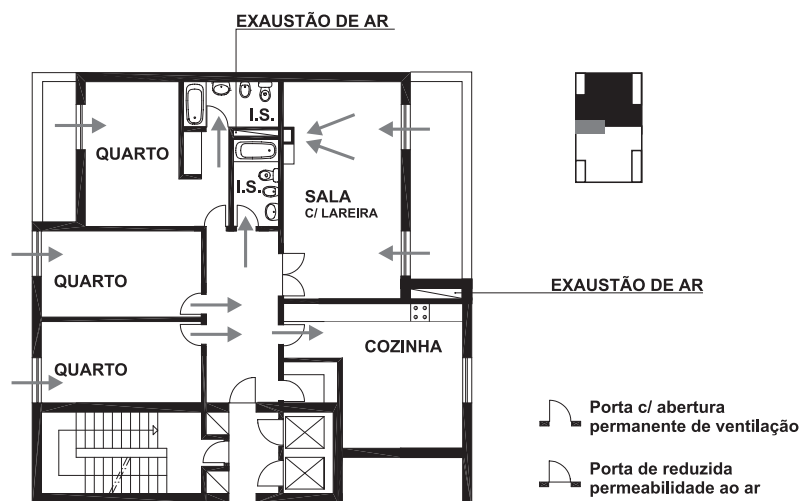


Figura 18 - Exemplo esquemático de dois sectores separados de ventilação numa habitação

8.2.2 Determinação do caudal de ar de ventilação

O caudal de ar de ventilação deve ser determinado tendo em conta o seguinte:

- o caudal deve ser igual ou superior à soma dos caudais de ventilação parciais dos compartimentos de serviço indicados na secção 6.2;
- o caudal deve ser igual ou superior ao caudal de ventilação dos compartimentos principais indicado na secção 6.2.
- o caudal a considerar para os compartimentos onde estejam instaladas lareiras não deve ser inferior a 4 renovações por hora.

8.2.3 Admissão de ar

Prevêem-se dois tipos de aberturas de admissão de ar, *em parede de fachada* (que enquadra também as aberturas posicionadas nas caixas de estore e outros elementos de fachada) e *por condutas*. O seu posicionamento deve ser conjugado com o posicionamento das aberturas de saída de ar de forma a promover o varrimento do espaço a ventilar.

Quando os sectores de ventilação incluem simultaneamente compartimentos de serviço e compartimentos principais, todos os compartimentos principais devem ter aberturas de admissão de ar e não podem existir quaisquer aberturas de admissão de ar nos compartimentos de serviço.

Quando o sector de ventilação abrange unicamente um compartimento de serviço, a abertura de admissão de ar deve estar dimensionada para o caudal de ar de ventilação necessário para esse compartimento, de acordo com o disposto na secção 2.

Nos compartimentos onde estejam instaladas lareiras as aberturas de admissão de ar devem estar também dimensionadas de acordo com o disposto na secção 8.1.3 mas o caudal de ar de ventilação em situação normal não poderá ser inferior ao caudal necessário para o bom funcionamento da lareira ou do aparelho de aquecimento. Neste caso, estas aberturas devem ser posicionadas tão próximo quanto possível da lareira, de forma a que o ar exterior seja rapidamente aquecido, ou mesmo o ar novo necessário à combustão ser admitido directamente para a zona de combustão. Estas aberturas devem ser dotadas de registos que permitam reduzir a admissão de ar quando as lareiras não estão em funcionamento.

8.2.3.1 Aberturas de admissão de ar em parede de fachada

O dimensionamento das aberturas de admissão de ar em parede de fachada deve ser realizado de acordo com o disposto na secção 8.1.3.1 tendo em conta os caudais-tipo previstos na secção 6.2.

8.2.3.2 Admissão de ar por condutas

O dimensionamento das aberturas de admissão de ar servidas por condutas de comunicação com o exterior deve ser realizado de acordo com o disposto na secção 8.1.3.2 tendo em conta os caudais-tipo previstos na secção 6.2.

8.2.4 Passagens de ar interiores

Nos sectores de ventilação que incluem mais do que um compartimento as passagens de ar interiores devem obedecer ao disposto na secção 8.1.4.

8.2.5 Evacuação de ar

8.2.5.1 Aberturas de evacuação de ar

As aberturas de evacuação de ar devem situar-se em compartimentos de serviço, desde que o sector considerado inclua pelo menos um compartimento deste tipo, e obedecer ao disposto na secção 8.1.5.1.

Nos compartimentos principais, quando for neles necessário proceder à evacuação de ar viciado, as aberturas de evacuação de ar devem ser localizadas 2,1 m, pelo menos, acima do piso e tão distantes quanto possível da entrada de ar prevista para esse compartimento.

Nos compartimentos principais onde estejam instaladas lareiras, a evacuação do ar pode ser realizada em simultâneo com a evacuação dos produtos da combustão e as aberturas devem ser situadas dentro da embocadura da chaminé.

8.2.5.2 Conduitas de evacuação de ar e ventiladores estáticos

As conduitas de evacuação de ar e os ventiladores estáticos devem obedecer ao disposto, respectivamente, nas secções 8.1.5.2 e 8.1.6.

8.2.6 Portas de comunicação entre sectores

As portas de comunicação entre sectores de ventilação distintos devem obedecer ao disposto na secção 7.5.

9 Implementação da ventilação do fogo

9.1 Aberturas de admissão de ar

9.1.1 Generalidades

As aberturas de admissão de ar nos compartimentos principais devem ser localizadas e realizadas de modo a evitar o estabelecimento de correntes de ar que, especialmente na estação fria, possam ser causa de incómodo para os ocupantes dos compartimentos.

9.1.2 Aberturas de admissão de ar em parede de fachada

As figuras 19 e 20 exemplificam o possível posicionamento das aberturas de entrada de ar. Os posicionamentos exemplificados na figura 19 são os mais aconselháveis dado que eventuais correntes de ar serão mais atenuadas antes de eventualmente atingirem a zona de ocupação e são ainda menos susceptíveis de serem inadvertidamente obstruídas por móveis ou outros elementos de decoração.

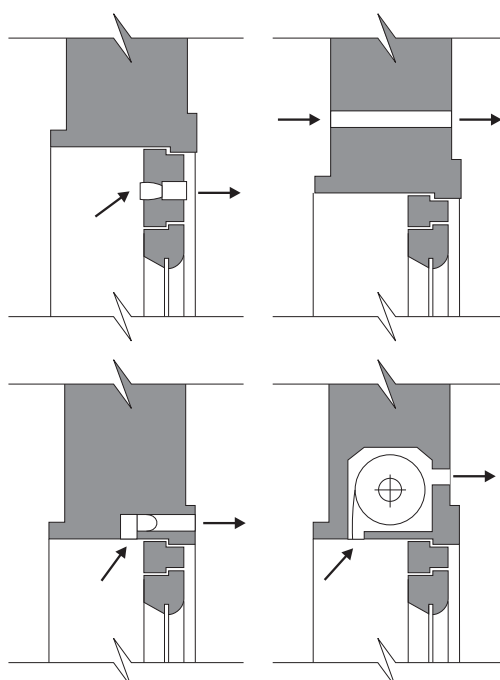


Figura 19 - Aberturas posicionadas acima da zona de ocupação

9.1.3 Conduitas de admissão de ar

As conduitas devem ser providas nos seus extremos de portas de visita que permitam a sua limpeza. A sua estanquidade deve ser a adequada ao fim a que destinam. O seu revestimento interior deve ser tal que não degrade a qualidade do ar novo admitido.

9.2 Passagens de ar interiores

As aberturas que constituem passagens de ar interiores devem estar permanentemente abertas, mesmo quando as portas de comunicação entre os diversos compartimentos estão encerradas. Podem ser constituídas nas portas ou nas paredes de separação entre compartimentos integrando um mesmo

sector de ventilação. Podem ser ou não protegidas por grelhas que promovam a sua ocultação visual ou por dispositivos que promovam a atenuação acústica dos ruídos aéreos entre os compartimentos contíguos. Estes elementos não podem incrementar a perda de carga definida no dimensionamento (secção 8.1.4).

Uma forma prática de realizar as aberturas de passagem de ar interiores consiste em praticar uma folga na parte inferior das portas de comunicação compatível com as dimensões definidas no dimensionamento. Esta solução tem a desvantagem de reduzir consideravelmente a atenuação acústica de sons aéreos entre compartimentos contíguos, diminuindo a sua privacidade, podendo, em algumas situações, colidir com a regulamentação sobre ruído.

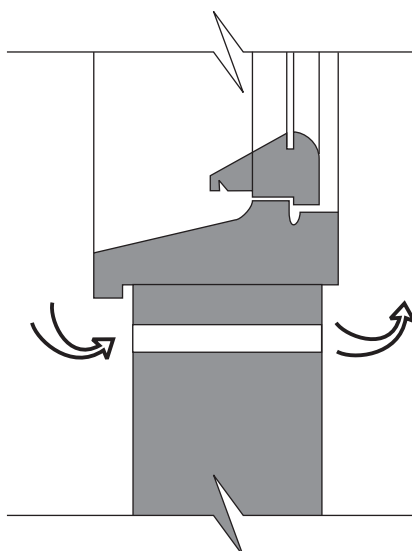


Figura 20 - Abertura posicionada sob o parapeito da janela
Figura 19 - Abertura posicionada sob o parapeito da janela

9.3 Evacuação do ar

9.3.1 Aberturas de evacuação de ar

As aberturas de evacuação de ar das cozinhas devem ser localizadas sobre o fogão dentro da embocadura da chaminé (espaço delimitado pelo pano de apanhar).

As aberturas de evacuação de ar das instalações sanitárias devem ser localizadas 2,1 m, pelo menos, acima do pavimento e tão distantes quanto possível da porta de acesso a estes compartimentos (figuras 21 e 22).

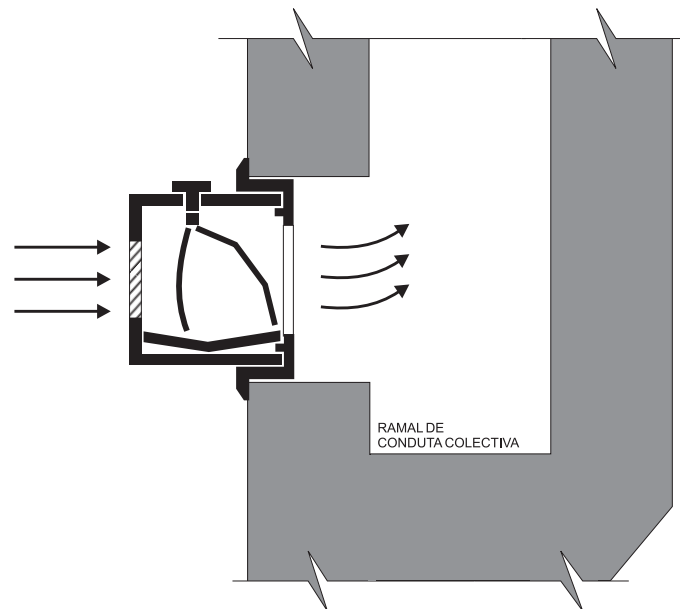


Figura 21 - Exemplo de grelha "autoregulável" para abertura de saída de ar

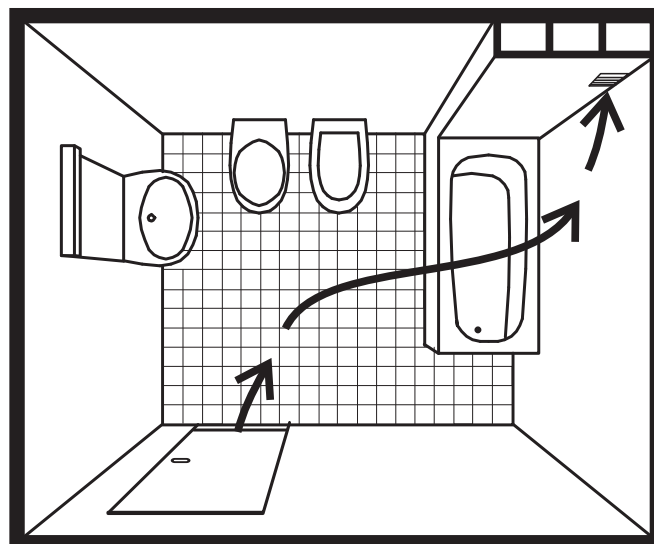


Figura 22 - Exemplo de colocação da abertura de saída de ar numa instalação sanitária

9.3.2 Conduitas de evacuação do ar

As conduitas de evacuação devem ser realizadas de modo a satisfazer as exigências de estanquidade, de resistência à corrosão, de resistência à temperatura e de isolamento térmico adequadas aos fins a que se destinam: evacuação do ar, evacuação dos produtos da combustão do gás e evacuação dos produtos da combustão de outros combustíveis.

As conduitas que se destinam à evacuação de produtos da combustão do gás devem ser capazes de resistir no mínimo, sem alteração das suas características, à temperatura de 200° C, em permanência, e à temperatura de 250° C durante 1 hora, não sendo necessário garantir a estabilidade da conduta a temperaturas superiores a estas. Se se tratar de conduitas utilizáveis também para a evacuação dos produtos da combustão provenientes da queima de outros combustíveis (conduitas policombustíveis), devem ser capazes de resistir no mínimo, sem alteração das suas características, à temperatura de 350°C, em permanência, e à temperatura de 400°C durante 1 hora. Deve ter-se em conta as exigências do Regulamento de Segurança contra Incêndio aplicável. As conduitas devem resistir à acção química dos produtos da combustão e as juntas dos elementos que as compõem devem ser estanques.

As conduitas individuais devem desenvolver-se na vertical, podendo, no entanto, integrar um troço inclinado - mas só um - desde que o desvio de verticalidade desse troço não exceda 20°, valor este que pode ir até 45° se a altura da conduta não for superior a 5 m e se esta não for destinada à evacuação de produtos da combustão (figura 23). No caso das conduitas que se destinam à evacuação de produtos da combustão, admite-se que para secções de área superior a 400 cm² o desvio da verticalidade possa atingir 30°.

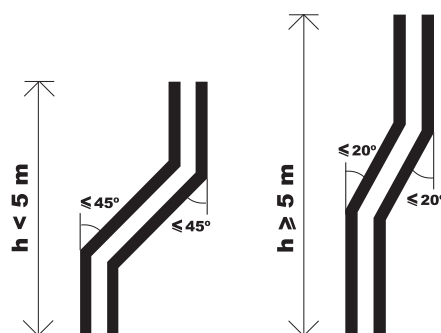


Figura 23 - Limitação de troços inclinados em conduitas de evacuação

As conduitas colectivas (conduta colectora e respectivos ramais) devem desenvolver-se na vertical até à sua emergência da cobertura, e só a partir desse nível a conduta colectora pode integrar um troço inclinado desde que o desvio de verticalidade desse troço não exceda 20°; a ligação dos ramais à conduta colectora deve ser feita com um ângulo de desvio tão pequeno quanto possível.

As conduitas de evacuação de ar construídas com elementos sobrepostos de altura superior a 0,25 m não devem ficar com juntas integradas na espessura dos elementos de construção (nomeadamente pavimentos e coberturas) que atravessam.

As condutas de evacuação de ar cuja resistência mecânica não seja suficiente para suportar o seu peso próprio e evitar a sua deformação devem ficar adossadas e amarradas a elementos de construção capazes de assegurar a sua estabilidade.

A fim de limitar reduções de tiragem resultantes de excessivos arrefecimentos nas condutas de evacuação, o isolamento térmico das paredes das condutas deve ser reforçado nas zonas de adjacência a paredes exteriores desprovidas de isolamento térmico, nos troços compreendidos no desvão dos telhados e nos troços emergentes das coberturas.

9.3.3 Saída das condutas de evacuação do ar

O método de dimensionamento da posição das bocas de saída das condutas de exaustão, constituindo um conjunto de procedimentos mais elaborado que o preconizado no Regulamento Geral das Edificações Urbanas, pode eventualmente permitir em algumas situações o posicionamento dessas bocas em locais que não seriam adequados em face do conteúdo desse regulamento. Nessas circunstâncias prevalece o especificado nesse regulamento, dado o seu carácter de cumprimento obrigatório.

A acção do vento pode condicionar o bom desempenho da conduta de exaustão, sendo necessário posicionar correctamente a boca de saída da conduta, processo que deve ser avaliado segundo os seguintes critérios:

- Eficácia da exaustão;
- Evitar a “exportação” de emissões para a vizinhança ou para admissões de ventilação do próprio edifício (auto-poluição).

O meio onde se insere o edifício é importante para esta análise uma vez que os condicionalismos a ter em conta variam significativamente entre o caso de habitações unifamiliares e o meio citadino. Em meio urbano podem assumir principal importância as pequenas indústrias, nomeadamente a de restauração, com influência directa no segundo critério exposto.

O processo de determinação do posicionamento segue os seguintes passos, constando da figura 24 as definições correspondentes :

- Definir o parâmetro característico do edifício

$$R = M^{0,33} \times K^{0,67}$$

Devendo M e K ser substituídos, respectivamente, pelas maior e menor das dimensões da fachada frontal ao vento incidente. Se $M > 8K$ então $M = 8K$;

- Traçar a linha que limita a zona I;
- Traçar a linha que limita a zona II, desde H_1 e com um declive descendente de 1:10 (5,7°) no sentido do vento incidente, até encontrar a cobertura ou a vertical da fachada de jusante;

- A chaminé deve ter uma altura, H_{ch} , tal que a boca de saída fique acima daquelas linhas.

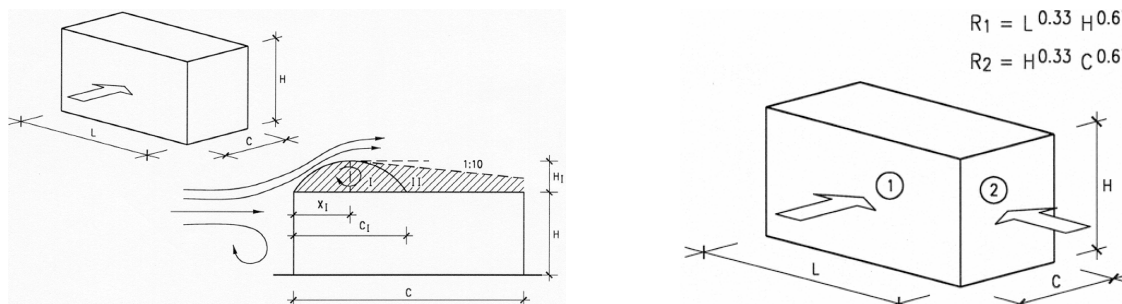


Figura 24 – Definição do parâmetro R

9.3.3.1 Edifícios unifamiliares

No caso de edifícios unifamiliares o posicionamento da boca da conduta de exaustão deve garantir uma eficaz exaustão dos produtos de combustão não sendo de prever problemas de exportação de emissões, salvo no caso de lareiras em edifícios muito próximos (As lareiras ao emitirem partículas como produtos da combustão “exportam” também odores que são mais persistentes que as concentrações de partículas emitidas. A possibilidade de estas emissões serem fonte de poluição da vizinhança deverá ser avaliada caso a caso) .

- Cobertura em terraço :

$$H_1=0,22R \quad X_1=0,5R \quad C_1=0,9R$$

- Para inclinações até 10° a boca de saída da conduta de exaustão deverá estar situada 0,5 m acima da cumeeira do edifício, figura 25 a).
- Para outras inclinações definir a zona II prolongando as linhas das águas, a partir da cumeeira, até $X=0,5R$ e na horizontal a partir deste ponto, figura 25 b).

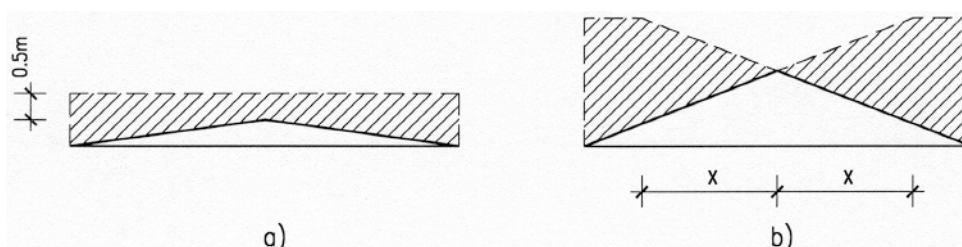


Figura 25 – Áreas de exclusão para chaminés de edifícios unifamiliares

Se a incidência do vento não for normal a uma das fachadas avaliam-se as situações de incidências perpendiculares às fachadas de orientação mais próxima e toma-se a mais desfavorável.

9.3.3.2 Edifícios multifamiliares

A configuração mais comum deste tipo de edifícios é a paralelepípedica devendo seguir-se a metodologia já descrita em 9.3.2.1 e 9.3.2.1.1.

As alterações a este procedimento têm lugar quando existem elementos arquitectónicos adicionais como fachadas com descontinuidades ou estruturas adicionais nas coberturas.

Se a fachada frontal não é contínua (ressaltos verticais), com a dimensão do “reco” (C_{RS}) maior que a menor das dimensões (K), o parâmetro R deve ser calculado tomando como dimensão transversal a largura do “degrau” correspondente à zona da cobertura em análise, figura 26a).

No caso da existência de “anexos” nas coberturas (ou estruturas para alojamento de equipamento de condicionamento e tratamento de ar, p. ex.) que formam um ressalto ou de uma arquitectura em escada, figura 26b), as zonas I e II devem ser delimitadas seguindo o seguinte procedimento:

- Definem-se a distância X_{rs} entre o bordo da cobertura e o início do ressalto e a sua dimensão característica, R_{rs} (como R mas com as dimensões do ressalto).
- Se o ressalto está na zona anterior da cobertura ($X_{rs}=0$), a zona II a jusante do ressalto é delimitada por uma linha recta horizontal com início no seu bordo posterior e com um comprimento $C_{Irs}=R_{rs}$, seguindo-se uma outra de declive 1:10 ($5,7^\circ$), descendente, figura 26c). O mesmo critério se aplica a edifícios em “U” com a cavidade a jusante do escoamento.
- Se $X_{rs}\neq 0$, define-se uma dimensão característica total, $R_T=R + R_{rs}$, em que R é calculada com as dimensões da fachada. As zonas a considerar são então obtidas por,
 1. $X_{rs}<0,5 R_T$
Uma primeira zona I é limitada por uma linha recta unindo o bordo da cobertura com o do ressalto. Todas as outras características são determinadas usando R_T figura 26d).
 2. $0,5 R_T < X_{rs} < 2R_T$
Define-se uma zona I na cobertura usando R_T e uma zona II entre o topo dessa bolha de recirculação e o bordo do ressalto. As zonas geradas pelo ressalto são estimadas usando R_{sr} , figura 26e).
 3. $X_{rs}>2R_T$
Neste caso edifício e ressalto devem ser tratados como entidades separadas usando R e R_T , respectivamente figura 26f).

Este critério é aplicado para uma largura da fachada correspondente a $1,5L_{rs}$, centrado no ressalto, figura 26g). Nas zonas fora desta largura aplica-se o critério de cobertura em terraço.

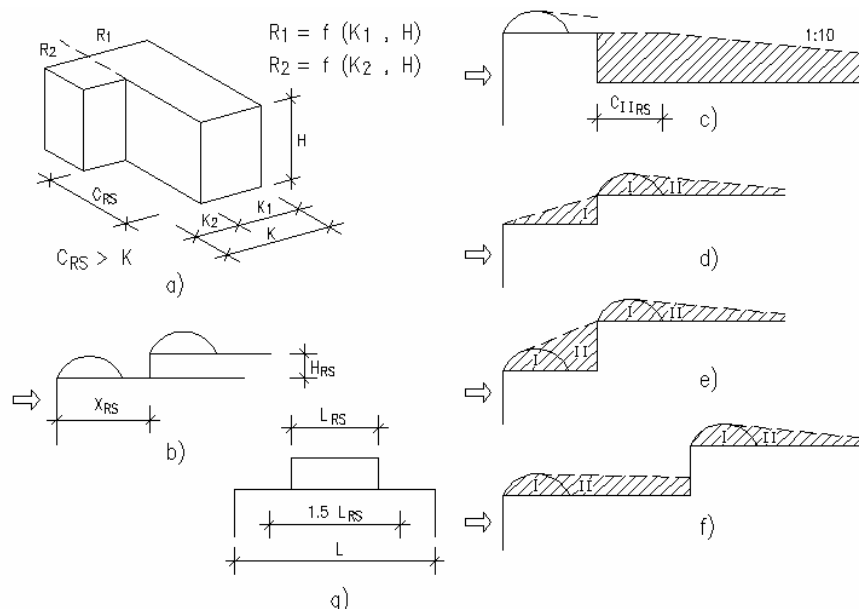


Figura 26 – Áreas de exclusão para chaminés de edifícios multifamiliares

9.3.3.3 Edifícios sob a influência de obstáculos próximos

Considera-se que um obstáculo próximo influencia o comportamento de uma conduta de exaustão quando:

- A relação entre o afastamento entre ambos e a altura do obstáculo, $\alpha = a/H_{obs}$, for inferior ao valor calculado por,

$$\alpha < 0,02 R_{obs}^2 - 0,65 R_{obs} + 6,2$$

Nestas condições aplicam-se as regras definidas em 9.3.2.1.1 e 9.3.2.1.2.

Os espaços entre edifícios paralelos (do tipo desfiladeiro urbano ou *pátio*) constituem um meio ideal para escoamentos de recirculação, figura 27. Por este motivo não deve ser instalada qualquer boca de conduta de exaustão abaixo das cotas das coberturas dos edifícios limítrofes, aplicando-se então as regras anteriormente referidas.

Nota : como os edifícios não apresentam planos de simetria para todas as direcções nem os eventuais obstáculos se distribuem igualmente no seu redor deverá ter-se em atenção quais os rumos dominantes do vento local. Esta informação encontra-se publicada pelo Instituto de Meteorologia nas Normais Climatológicas. Uma determinada posição pode ser de todo inconveniente mas aceitável se a ocorrência de ventos desse rumo for diminuta. Na figura 28 representa-se a distribuição de ocorrência por rumos, em Matosinhos, no período entre 1956-80.

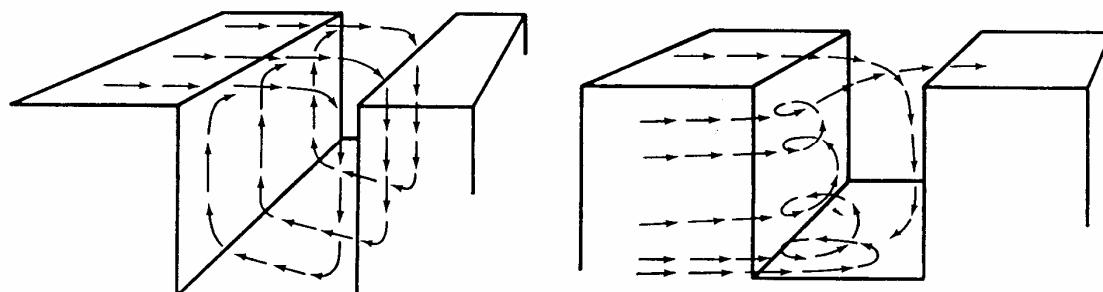


Figura 27 – Padrão de escoamento num desfiladeiro urbano

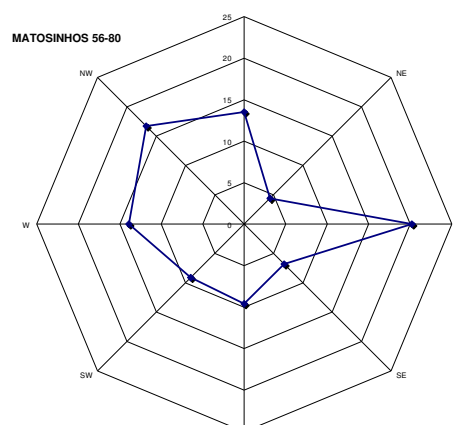


Figura 28 - Ocorrências percentuais por rumos registados em Matosinhos entre 1956 e 1980

A figura 28 indica-nos que o vento tem origem no “quadrante NW”, em média, cerca de 45% das horas do ano (aprox. 4000 h). A distribuição de ocorrências por rumos vem associada à distribuição de velocidades. A consulta desta informação deve ser conjunta porque significativo de ocorrência pode estar associada a uma condição de calma, que retira significado ao rumo.

No Anexo III ilustram-se alguns exemplos de aplicação.

9.4 Ventiladores estáticos

Quando, por necessidades construtivas, forem posicionados ventiladores estáticos contíguos, a distância entre eles deve ser tal que não haja interferência mútua no funcionamento.

O desempenho dos ventiladores estáticos deve ser devidamente comprovado por ensaio em laboratório. Registe-se que os ventiladores estáticos usados como terminais de condutas de exaustão são classificados (quando tal se verificar) de *anti-refluxo*. No entanto a configuração destes ventiladores apenas pode evitar a entrada de escoamentos descendentes, não podendo evitar refluxos devidos à alteração do balanço de pressões.

10 Evacuação dos produtos de combustão

Esta secção aplica-se a instalações com potência instalada total ≤ 70 kW.

10.1 Classificação dos aparelhos a gás

Os aparelhos a gás podem ser classificados em função (quadro 18):

- a) do modo de evacuação dos produtos de combustão e de admissão de ar comburentes;
- b) do rendimento útil.

Quadro 18 – Classificação dos aparelhos a gás

Classificação dos aparelhos a gás em função:	Classificação	Referência
a) do modo de evacuação dos produtos de combustão e de admissão do ar comburentes	<p>Tipo A: aparelhos concebidos para não serem ligados a condutas ou dispositivos de evacuação dos produtos de combustão para o exterior do local de instalação.</p> <p>Tipo B: aparelhos concebidos para serem ligados a condutas de evacuação dos produtos de combustão para o exterior, sendo o ar comburentes captado directamente no local de instalação.</p> <p>Tipo C: aparelhos concebidos de modo a que o circuito de combustão (admissão do ar comburentes, câmara de combustão, permutador de calor e evacuação dos produtos de combustão) seja estanque relativamente ao local de instalação.</p>	NP 4415:2002
b) do rendimento útil	<p>Classe de rendimento I: - caldeiras “standard” ou de categoria A e outros aparelhos a gás.</p> <p>Classe de rendimento II: - caldeiras de alto rendimento ou de categoria B. - caldeiras “standard” (Directiva 92/42 CEE)</p> <p>Classe de rendimento III: - caldeiras de condensação ou de categoria C. - caldeiras de baixa temperatura e caldeiras de condensação. (Directiva 92/42 CEE)</p>	Anexo I

10.2 Aparelhos do tipo A

Estes aparelhos, não estando ligados a uma conduta de evacuação dos produtos de combustão, só podem ser instalados nas seguintes condições:

- locais bem arejados, obedecendo ao disposto nesta norma relativamente a ventilação natural e
- nas indicadas na NP 1037-2 (em preparação).

10.3 Aparelhos do tipo B de evacuação natural

Os aparelhos do tipo B devem ser ligados a condutas de evacuação dos produtos da combustão; só na falta destas, em edifícios antigos, será permitido que os aparelhos evacuem os produtos de combustão directamente no exterior, através da parede, desde que seja respeitado o prescrito nas figuras 29 e 30. Por outro lado, o troço recto imediatamente a seguir à gola do aparelho, não deve ser inferior a 20 cm.

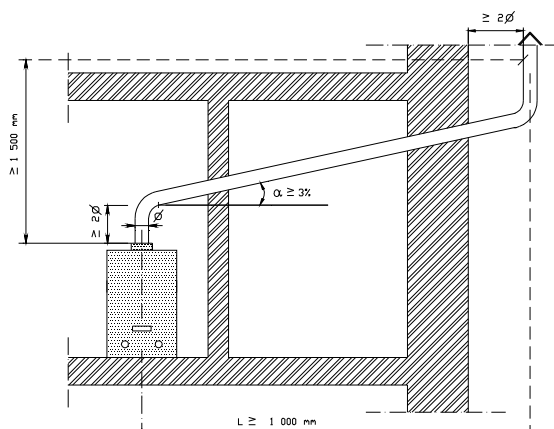


Figura 29 – Alternativa de instalação de aparelhos do tipo B (só em edifícios antigos)

O troço que une o troço vertical ao exterior deve ser ascendente em todo o seu percurso, com uma pendente mínima de 3% (para projecções horizontais do troço oblíquo de comprimento superior ou igual a 1 m) e um comprimento máximo, em projecção horizontal, de 3 m, medido entre os eixos dos troços verticais (figura 29).

A montagem indicada na figura 30 somente é permitida no caso em que não seja possível executá-la de outro modo, devendo a grelha ser como o indicado na figura, de modo a que os *ventos rasantes* não perturbem o funcionamento do aparelho.

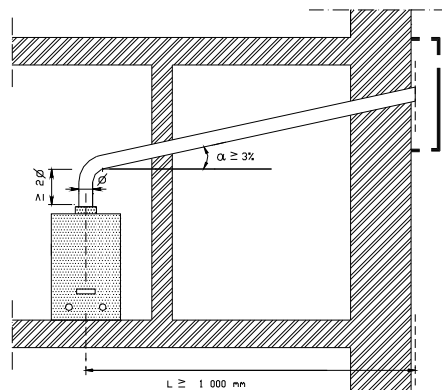


Figura 30 – Alternativa de instalação de aparelhos do tipo B (só em edifícios antigos)

10.3.1 Condutas de ligação

A ligação de aparelhos do tipo B a condutas de evacuação individuais ou colectivas faz-se através de condutas de ligação.

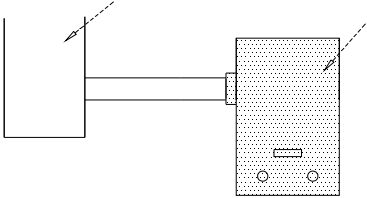
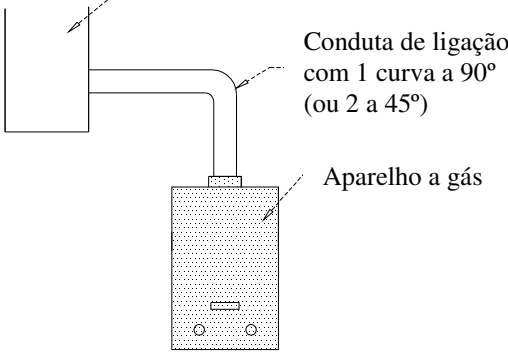
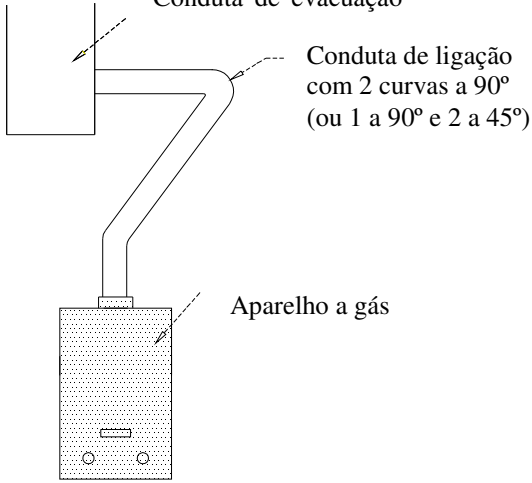
10.3.1.1 Tipos de ligação

A configuração da conduta de ligação permite distinguir vários tipos de ligação (quadro 19).

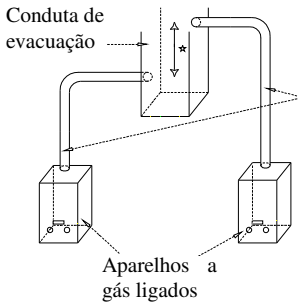
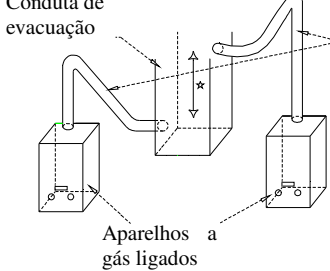
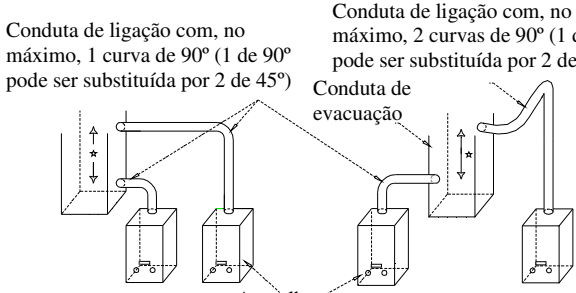
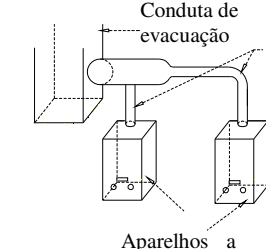
Quadro 19 – Tipos de ligação

Classificação do tipo de ligação em função:	Classificação	ver Quadro
da configuração da conduta de ligação	para 1 aparelho ligado Tipo I Tipo II Tipo III Tipo IV	20
	para 2 aparelhos ligados Tipo A Tipo B Tipo C Tipo D	21

Quadro 20 - Tipos de condutas de ligação. Um aparelho ligado a uma conduta de evacuação individual de tiragem natural

Configuração de uma conduta de ligação do aparelho a gás à conduta de evacuação	Conduta de evacuação sem desvios	Conduta de evacuação com desvios
<p>Conduta de evacuação</p> <p>Aparelho a gás</p>  <p>Conduta de ligação rectilínea</p>	<p>Tipo I</p>	<p>Tipo II</p>
<p>Conduta de evacuação</p> <p>Conduta de ligação com 1 curva a 90° (ou 2 a 45°)</p> <p>Aparelho a gás</p> 	<p>Tipo II</p>	<p>Tipo III</p>
<p>Conduta de evacuação</p> <p>Conduta de ligação com 2 curvas a 90° (ou 1 a 90° e 2 a 45°)</p> <p>Aparelho a gás</p> 	<p>Tipo III</p>	<p>Tipo IV</p>

Quadro 21 - Tipos de condutas de ligação. Dois aparelhos ligados a uma conduta de evacuação individual de tiragem natural

Configuração da conduta de ligação dos aparelhos a gás à conduta de evacuação	Conduta de evacuação sem desvios	Conduta de evacuação com desvios
 <p>Conduta de evacuação</p> <p>Condutas de ligação independentes e simétricas com, no máximo, uma curva de 90° cada (ou duas curvas de 45°)</p> <p>Aparelhos a gás ligados</p> <p>* distância vertical entre os dois eixos $\geq 0,25$ m</p>	<p>Tipo A</p>	<p>Tipo C</p>
 <p>Conduta de evacuação</p> <p>Condutas de ligação independentes e simétricas com, no máximo, duas curvas de 90° cada (uma curva de 90° pode ser substituída por duas curvas de 45°)</p> <p>Aparelhos a gás ligados</p> <p>* distância vertical entre os dois eixos $\geq 0,25$ m</p>	<p>Tipo B</p>	<p>Tipo D</p>
<p>Condutas de ligação independentes e assimétricas</p>  <p>Conduta de ligação com, no máximo, 1 curva de 90° (1 de 90° pode ser substituída por 2 de 45°)</p> <p>Conduta de evacuação</p> <p>Conduta de ligação com, no máximo, 2 curvas de 90° (1 de 90° pode ser substituída por 2 de 45°)</p> <p>Aparelhos a gás ligados</p> <p>* distância vertical entre os dois eixos $\geq 0,25$ m</p>	<p>Tipo B</p>	<p>Tipo D</p>
 <p>Conduta de evacuação</p> <p>Condutas de ligação assimétricas com um trecho comum</p> <p>Aparelhos a gás ligados</p>	<p>Tipo B</p>	<p>Tipo D</p>

10.3.1.2 Natureza

As condutas de ligação devem ser de alumínio, aço inoxidável, aço esmaltado vitrificado ou aço galvanizado. Se existirem junções, estas devem apresentar as mesmas qualidades de durabilidade.

Contudo, as condutas de ligação acessíveis podem ser de aço galvanizado a quente, se não existir o risco de condensação.

10.3.1.3 Traçado

10.3.1.3.1 Aparelhos de evacuação natural vertical

A conduta de ligação deve ser dotada de um tramo vertical, imediatamente à saída do aparelho, de comprimento pelo menos igual a duas vezes o diâmetro da conduta e nunca inferior a 20 cm (figura 31).

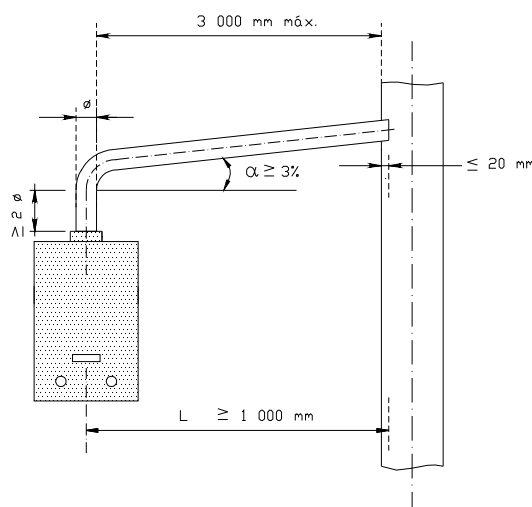


Figura 31 – Instalação dos aparelhos de evacuação natural vertical

O troço que une o troço vertical à conduta de evacuação deve ser ascendente em todo o seu percurso, com uma pente mínima de 3% (para projecções horizontais do troço oblíquo de comprimento superior ou igual a 1 m) e um comprimento máximo, em projecção horizontal, de 3 m, medido a partir do eixo do troço vertical (figura 31). Este comprimento poderá ir até 6 m desde que a conduta de evacuação esteja preparada para a recolha de condensados.

A conduta de ligação não deve comportar mais de 2 mudanças de direcção a 90°; pode no entanto comportar duas mudanças de direcção a 45° e uma a 90° (em qualquer dos casos não se considera como mudança de direcção a ligação à conduta de evacuação).

10.3.1.3.2 Aparelhos de evacuação natural posterior ou lateral

A conduta de ligação deve ser horizontal ou ascendente em todo o seu percurso, com um comprimento máximo, em projecção horizontal, de 1,5 m (figura 32). Este comprimento poderá ir até 3 m desde que a conduta de evacuação esteja preparada para a recolha de condensados.

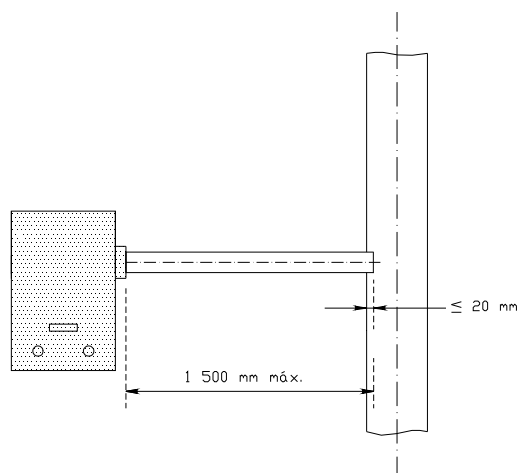


Figura 32 – Instalação dos aparelhos de evacuação natural posterior ou lateral

10.3.1.3.3 Aparelhos de evacuação vertical e aparelhos de evacuação posterior ou lateral

O comprimento da projecção horizontal da conduta de ligação não deverá nunca ser superior à altura da conduta de evacuação, medida a partir do ponto de intersecção.

As mudanças de direcção devem ser realizadas unicamente com curvas sem ângulos vivos.

10.3.1.4 Percurso

A conduta de ligação não deve atravessar outro compartimento principal além daquele onde o aparelho se encontra instalado, nem locais pertencentes a um fogo diferente daquele onde o aparelho se encontra instalado. Locais de outra natureza só podem ser atravessados desde que estejam ao abrigo das intempéries.

Quando a temperatura dos locais atravessados for próxima da temperatura exterior, a conduta de ligação deve ser isolada.

Para além das condições indicadas nas subsecções anteriores, deve cumprir-se as indicações constantes nos manuais dos aparelhos.

10.3.1.5 Montagem

As condutas de ligação devem apresentar uma estanquidade compatível com o bom funcionamento dos aparelhos. Devem ainda ser acessíveis e permitir desmontar os aparelhos.

A montagem das condutas deve permitir a sua livre dilatação. Quando tenham de atravessar paredes, as condutas não devem ser consistentemente fixadas a estas, de modo a serem facilmente removíveis.

As condutas de ligação formadas por elementos encaixáveis uns nos outros devem ser montadas de modo a que a fêmea corresponda à extremidade a jusante do elemento no sentido do escoamento dos produtos de combustão.

O troço terminal da conduta de ligação deve desembocar perpendicularmente na conduta de evacuação (figura 33) e ser consistentemente fixado a esta, sem no entanto penetrar no seu interior mais do que 2 cm.

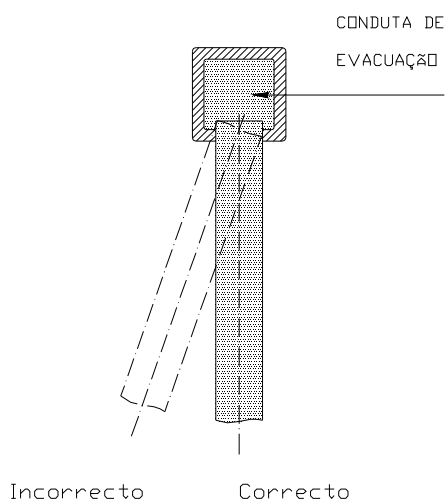


Figura 33 – Montagem das condutas de ligação

As condutas de ligação devem estar afastadas de materiais combustíveis e/ou inflamáveis de modo a permitir a livre circulação de ar.

10.3.1.6 Utilização de dispositivos de obturação total ou parcial

Os dispositivos de obturação total ou parcial (registos manuais, válvulas anti-retorno, etc.) não devem ser utilizados nas condutas de ligação. Exceptuam-se os dispositivos de equilibragem automática dos caudais e as variações de secção previstas na secção 10.3.1.8.

10.3.1.7 Condições de ligação de dois aparelhos a uma mesma conduta de evacuação de tiragem natural

10.3.1.7.1 Conduta de evacuação individual

Os dois aparelhos devem estar situados no mesmo local ou em dois locais diferentes comunicando entre si por uma abertura permanente de pelo menos 0,40 m².

Os aparelhos podem ter uma classe de rendimento e uma utilização diferentes (aquecimento, produção de água quente sanitária, etc.) com a condição da conduta de evacuação estar adaptada às características dos dois aparelhos.

Exemplo:

A ligação dos dois aparelhos à conduta de evacuação pode fazer-se através:

- de condutas distintas (quadro 21), sendo necessário respeitar uma distância vertical mínima de 0,25 m entre os eixos das condutas de ligação; o aparelho de maior potência deve sempre ser ligado à conduta que apresente a maior perda de carga.
- de um troço comum (quadro 21), no qual desembocam os tubos de ligação de cada aparelho; a junção destes tubos ao troço comum deve fazer-se através de acessórios que não provoquem variações bruscas de secção; não se devem ligar ao troço comum as descargas de aparelhos que consumam outro tipo de combustíveis (figura 33).

10.3.1.7.2 Conduta de evacuação colectiva com ramal individual da altura de um piso

Os dois aparelhos devem estar situados no mesmo local ou em dois locais diferentes comunicando entre si por uma abertura permanente de pelo menos 0,40 m².

Os aparelhos devem ser do tipo B₁₁ de classe de rendimento nº I e/ou nº II (anexo I).

A ligação dos dois aparelhos ao ramal faz-se obrigatoriamente através de um troço comum, no qual desembocam os tubos de ligação de cada aparelho. A junção destes tubos ao troço comum deve fazer-se com uma peça de forma.

Não se devem ligar ao troço comum as descargas de aparelhos que consumam outro tipo de combustíveis

10.3.1.8 Diâmetro das condutas de ligação

10.3.1.8.1 Ligação de um só aparelho a uma conduta de evacuação de tiragem natural

a) Conduta de evacuação individual

O diâmetro da conduta de ligação de um aparelho do tipo B₁₁ a uma conduta de evacuação individual é escolhido de acordo com os quadros 22, 23, 24 e 25 segundo a classe de rendimento do aparelho, a resistência térmica da conduta de evacuação e o tipo de ligação, tendo em conta a

potência útil máxima (para aparelhos de potência modulante ou ajustável) a potência nominal (para aparelhos de potência fixa) e a secção e a altura da conduta de evacuação.

Os aparelhos de classe de rendimento n° I podem ser ligados a condutas de evacuação não isoladas — quadro 22.

Como os aparelhos de classe de rendimento n° II possuem um rendimento superior aos de classe de rendimento n° I e, portanto, uma menor temperatura dos produtos de combustão (o que origina uma diminuição da tiragem e um risco de condensação na conduta de evacuação), consideram-se três casos em função da resistência térmica r da conduta de evacuação:

- $r \geq 0,22 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ (condutas suficientemente isoladas para evitar a condensação) — quadro 23;
- $0,12 \leq r < 0,22 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ (condutas em blocos de betão alveolados ou tijoleiras alveoladas, com uma altura inferior ou igual a 10 m) — quadro 24; este quadro indica a potência útil mínima e a potência útil máxima dos aparelhos susceptíveis de serem ligados a este tipo de condutas;
- $r < 0,12 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ (condutas não isoladas) — quadro 25.

Os materiais usados nas condutas de evacuação não isoladas (quadro 28, secção 10.3.2.2.3) devem resistir aos condensados, devendo estas condutas possuir uma purga.

O quadro 29 (secção 10.3.2.2.3) indica a resistência térmica dos principais materiais utilizados nas condutas de evacuação.

b) Conduta de evacuação colectiva com ramal individual da altura de um piso

O diâmetro da conduta de ligação de um aparelho a uma conduta de evacuação colectiva com ramal individual da altura de um piso não pode em nenhum caso ser inferior ao diâmetro da gola do aparelho.

Quadro 24 - Aparelhos do tipo B₁₁, de classe de rendimento II. Ligação de um aparelho a uma conduta de evacuação em blocos de betão alveolados ou tijoleiras alveoladas ($0,12 \leq r < 0,22 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$) com uma altura inferior ou igual a 10 m

Características da conduta de ligação		Características da conduta de evacuação				
		Altura da conduta	$1,60 \text{ m} \leq H < 4 \text{ m}$		$4 \text{ m} \leq H < 10 \text{ m}$	
		Tipo de ligação	Diâmetro da conduta de ligação		Dimensão da conduta de evacuação	
			$200 \times 200 \text{ mm}$	$300 \times 200 \text{ mm}$	$200 \times 200 \text{ mm}$	$300 \times 200 \text{ mm}$
Tipo I (quadro 20)	97	17 20		19 29	26 30	
	111	0 26	22 30	0 38	22 40	
	125	0 34	20 37	0 49	19 53	
	139	0 41	19 46	0 59	18 67	
	153	0 46	19 35	0 67	0 70	
	167	0 51	19 63	0 70	0 70	
	180	0 53	19 68	0 70	0 70	
	200	0 55	19 70	0 70	0 70	
Tipo II (quadro 20)	125	18 26		20 35	27 37	
	139	16 29	25 30	17 41	23 45	
	153	0 34	23 37	0 49	21 53	
	167	0 39	22 43	0 56	20 62	
	180	0 44	22 50	0 62	19 70	
	200	0 47	22 55	0 69	18 70	

Quadro 25 - Aparelhos do tipo B₁₁, de classe de rendimento II. Ligação de um aparelho a uma conduta de evacuação não isolada ($r < 0,12 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$)

		Características da conduta de evacuação																																					
		Altura de evacuação $1,60 \text{ m} \leq H < 4 \text{ m}$							$4 \text{ m} \leq H < 10 \text{ m}$							$10 \text{ m} \leq H < 20 \text{ m}$							$20 \text{ m} \leq H < 30 \text{ m}$																
Tipo de Ligação	Diâmetro da conduta de ligação	Diâmetro da conduta de evacuação																																					
		$\varnothing 111 \text{ mm}$	$\varnothing 125 \text{ mm}$	$\varnothing 139 \text{ mm}$	$\varnothing 153 \text{ mm}$	$\varnothing 167 \text{ mm}$	$\varnothing 180 \text{ mm}$	$\varnothing 200 \text{ ou } 200 \times 240 \text{ mm}$	$\varnothing 250 \text{ ou } 300 \times 240 \text{ mm}$	$\varnothing 111 \text{ mm}$	$\varnothing 125 \text{ mm}$	$\varnothing 139 \text{ mm}$	$\varnothing 153 \text{ mm}$	$\varnothing 167 \text{ mm}$	$\varnothing 180 \text{ mm}$	$\varnothing 200 \text{ ou } 200 \times 240 \text{ mm}$	$\varnothing 250 \text{ ou } 300 \times 240 \text{ mm}$	$\varnothing 111 \text{ mm}$	$\varnothing 125 \text{ mm}$	$\varnothing 139 \text{ mm}$	$\varnothing 153 \text{ mm}$	$\varnothing 167 \text{ mm}$	$\varnothing 180 \text{ mm}$	$\varnothing 200 \text{ ou } 200 \times 240 \text{ mm}$	$\varnothing 250 \text{ ou } 300 \times 240 \text{ mm}$	$\varnothing 111 \text{ mm}$	$\varnothing 125 \text{ mm}$	$\varnothing 139 \text{ mm}$	$\varnothing 153 \text{ mm}$	$\varnothing 167 \text{ mm}$	$\varnothing 180 \text{ mm}$	$\varnothing 200 \text{ ou } 200 \times 240 \text{ mm}$	$\varnothing 250 \text{ ou } 300 \times 240 \text{ mm}$						
TIPO I (quadro 20)	111	13	13	14	14	15	15	15	15	16	18	19	19	19	19	19	19	16	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19			
	125	15	18	19	19	20	20	20	20	18	23	25	27	28	29	29	29	17	23	28	29	29	29	29	29	29	29	14	20	25	29	29	29	29	29	29			
	139	16	20	23	25	25	26	26	27	20	31	34	35	37	38	40	18	25	32	38	41	41	41	41	41	41	21	28	35	41	41	41	41	41	41	41			
	153	-	22	25	30	31	32	33	34	-	27	33	40	43	45	46	46	-	26	34	43	46	46	46	46	46	-	22	29	38	46	46	46	46	46	46			
	167	-	-	28	32	38	39	40	41	-	-	35	42	50	54	57	58	-	-	36	45	55	58	58	58	-	-	30	39	50	58	58	58	58	58	58			
	180	-	-	-	35	39	45	47	49	-	-	-	45	52	61	66	70	-	-	-	47	57	68	70	70	-	-	-	41	51	63	70	70	70	70	70	70		
200	-	-	-	-	44	49	59	62	-	-	-	-	57	66	70	70	-	-	-	-	61	70	70	70	-	-	-	-	-	53	65	70	70	70	70	70	70		
TIPO II (quadro 20)	111	11	11	12	12	12	12	12	12	14	16	17	17	18	18	18	19	15	18	19	19	19	19	19	19	19	12	16	19	19	19	19	19	19	19	19			
	125	13	15	15	16	16	16	16	17	16	20	22	23	24	24	25	26	16	21	25	28	29	29	29	29	29	13	19	23	27	29	29	29	29	29	29	29		
	139	15	17	20	20	21	21	21	22	18	22	26	29	30	31	32	33	17	23	29	34	37	39	41	41	41	14	20	26	32	36	41	41	41	41	41	41		
	153	-	20	22	25	26	26	27	27	-	25	29	34	36	38	39	41	-	25	31	39	43	46	46	46	-	21	27	35	42	46	46	46	46	46	46	46		
	167	-	-	25	28	31	32	33	34	-	-	32	38	43	45	48	51	-	-	34	42	49	54	58	58	-	-	29	37	46	53	58	58	58	58	58	58		
	180	-	-	-	31	34	38	39	40	-	-	-	41	46	52	55	60	-	-	-	44	52	61	69	70	-	-	-	39	48	58	69	70	70	70	70	70	70	
200	-	-	-	-	39	43	48	50	-	-	-	-	52	58	68	70	-	-	-	-	57	60	70	70	-	-	-	-	51	61	70	70	70	70	70	70	70		
TIPO III (quadro 20)	111	9	10	10	10	10	10	11	11	13	14	15	15	16	16	16	17	13	16	18	19	19	19	19	19	12	15	18	19	19	19	19	19	19	19	19	19		
	125	12	13	13	14	14	14	14	14	15	18	19	20	21	21	22	22	15	20	22	25	26	28	29	29	13	18	21	25	28	29	29	29	29	29	29	29	29	
	139	14	15	17	18	18	18	18	19	17	21	24	25	26	27	28	29	17	22	27	30	33	35	37	40	14	19	24	29	33	37	40	41	41	41	41	41	41	
	153	-	18	20	22	22	23	23	24	-	23	27	31	32	33	34	36	-	24	29	35	39	42	45	46	-	20	26	33	38	43	46	46	46	46	46	46	46	
	167	-	-	23	25	27	28	28	29	-	-	30	34	38	40	41	44	-	-	32	39	45	49	54	58	-	-	28	36	43	49	56	58	58	58	58	58	58	
	180	-	-	-	28	30	33	33	34	-	-	-	38	42	46	48	52	-	-	-	42	48	55	62	70	-	-	-	38	45	54	63	70	70	70	70	70	70	
200	-	-	-	-	35	38	42	43	-	-	-	-	48	53	60	65	-	-	-	-	54	62	70	70	-	-	-	-	49	58	70	70	70	70	70	70	70	70	
TIPO IV (quadro 20)	111	8	9	9	9	9	9	9	9	11	12	12	13	13	13	13	14	12	14	16	17	18	18	18	19	10	13	16	18	18	19	19	19	19	19	19	19		
	125	9	11	11	11	11	11	12	12	13	16	17	17	18	18	18	18	14	18	20	22	23	24	25	27	12	17	19	22	25	26	28	29	29	29	29	29	29	
	139	12	13	15	15	15	15	16	16	18	20	21	22	23	23	24	16	20	25	27	29	30	32	34	13	18	23	27	30	33	36	40	44	45	45	45	45	45	45
	153	-	16	17	18	18	19	19	-	21	24	27	27	28	29	30	-	23	27	32	36	37	39	43	-	19	26	31	36	39	44	45	45	45	45	45	45	45	45
	167	-	-	20	21	23	23	24	24	-	27	30	33	35	36	37	-	-	31	36	42	45	47	52	-	-	27	35	41	46	52	56	56	56	56	56	56	56	56
	180	-	-	-	25	26	27	28	28	-	-	34	37	40	42	44	-	-	40	45	51	55	62	-	-	-	-	-	36	45	52	60	70	70	70	70	70	70	70
200	-	-	-	-	31	33	36	36	-	-	-	-	44	47	52	55	-	-	-	-	52	58	67	70	-	-	-	-	57	70	70	70	70	70	70	70	70	70	

Notas:

- à esquerda dos limites em escada, o diâmetro da conduta de ligação é superior ao da conduta de evacuação;
- este quadro é válido também para as condutas de secção rectangular que satisfaçam a seguinte condição: $e \leq 1,6$ (secção 8.1.7.1);
- quando a conduta de evacuação tiver uma altura superior a 30 m, é necessário elaborar um estudo específico;

10.3.1.8.2 Ligação de dois aparelhos a uma mesma conduta de evacuação de tiragem natural

a) Conduta de evacuação individual

- Ligação através de condutas distintas

Os diâmetros das condutas de ligação de cada aparelho do tipo B₁₁ devem ser iguais e escolhidos de acordo com os quadros 26 e 27 segundo a classe de rendimento do aparelho e o tipo de ligação, tendo em conta a potência útil máxima (para aparelhos de potência modulante ou ajustável) a potência nominal (para aparelhos de potência fixa) e a secção e a altura da conduta de evacuação. Consideram-se dois casos:

- os aparelhos têm a mesma classe de rendimento — utilizam-se os quadros 26 ou 27 para o aparelho de maior potência útil;
- os aparelhos têm classes de rendimento diferentes — o quadro a utilizar corresponderá ao aparelho de maior rendimento.

- Ligação através de um troço comum

As condutas de ligação de cada aparelho devem ter o mesmo diâmetro, o qual não poderá em nenhum caso ser inferior ao diâmetro da gola do aparelho de maior potência.

O diâmetro D_c do troço comum é dado pela seguinte fórmula:

$$D_c \geq D_1 \sqrt{\left(\frac{P}{P_1}\right)}$$

onde (figura 34):

D_1 : diâmetro da conduta de ligação do aparelho de maior potência, determinado pelos quadros 26 e 27;

P : potência útil total dos dois aparelhos;

P_1 : potência útil do aparelho de maior potência.

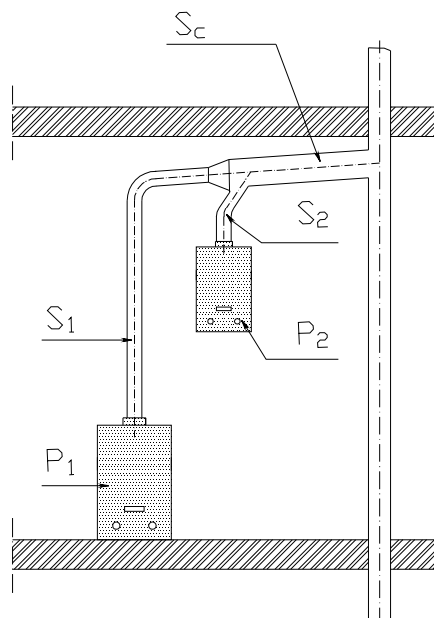


Figura 34 – Ligação de dois aparelhos através de um troço comum

Exemplo:

$$P_1 = 25 \text{ kW}$$

$$P_2 = 18 \text{ kW}$$

$$P = 25 + 18 = 43 \text{ kW}$$

$$D_1 = 120 \text{ mm}$$

assim:

$$D_c \geq D_1 \sqrt{\left(\frac{P}{P_1}\right)} = 120 \times \sqrt{\left(\frac{43}{25}\right)} = 157 \text{ mm}$$

Pode utilizar-se uma outra fórmula para determinar a secção S_c do troço comum:

$$S_c \geq S_1 (P / P_1)$$

onde S_1 é a secção da conduta de ligação do aparelho de maior potência.

b) Conduta de evacuação colectiva com ramal individual da altura de um piso

A ligação de dois aparelhos a uma conduta de evacuação colectiva com ramal individual da altura de um piso faz-se obrigatoriamente através de um troço comum, aplicando-se o acima exposto para o caso da ligação de dois aparelhos através de um troço comum a uma conduta de evacuação individual.

10.3.1.8.3 Variação de secção

A conduta de ligação não pode ter, em todo o seu percurso, um diâmetro inferior ao necessário para se fazer a ligação à gola do aparelho.

Se o diâmetro da conduta de ligação for superior ao da gola do aparelho, a junção deve fazer-se com uma peça cónica que evite uma variação brusca de secção (figura 35).

Se a secção da conduta de evacuação, ainda que suficiente, for inferior à secção da conduta de ligação, a redução de secção deve fazer-se com uma peça cónica que evite uma variação brusca de secção (figura 35).

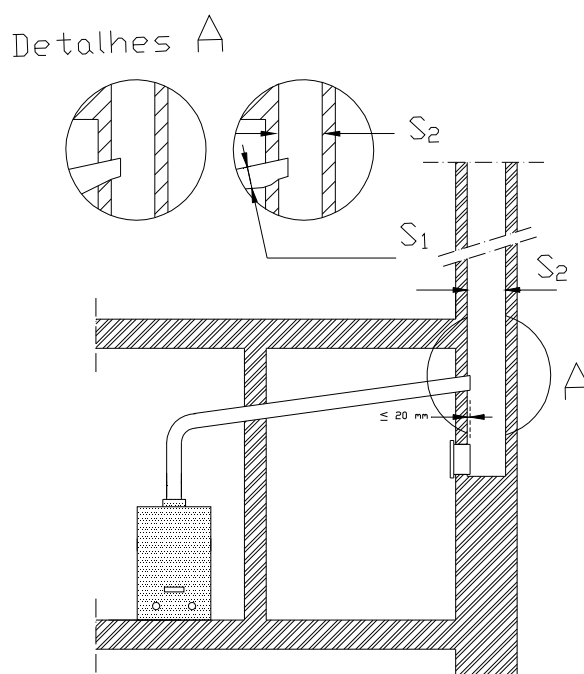


Figura 35 – Ligação de uma conduta de ligação com uma secção superior à da conduta de evacuação

Quadro 27 - Aparelhos do tipo B₁₁, de classe de rendimento II. Ligação de dois aparelhos a uma conduta de evacuação

Características da conduta de ligação	Tipo de Ligação	Altura da conduta de evacuação																																								
		1,60 m ≤ H < 4 m						4 m ≤ H < 10 m						10 m ≤ H < 20 m					20 m ≤ H < 30 m																							
		Diâmetro da conduta de ligação / Dimensão da conduta de fumos																																								
TIPO A (quadro 21)	83	3	4	4	4	4	4	4	4	5	5	6	6	6	6	6	6	7	7	8	9	9	9	10	10	7	9	10	11	12	12	13	13	14	8	11	13	14	16	17	18	19
	97	4	5	5	5	6	6	6	6	6	7	7	7	7	8	8	9	9	8	9	11	12	12	13	13	14	8	11	13	14	16	17	19	21	23	25						
	111	5	6	6	6	7	7	7	7	7	8	9	10	11	11	11	12	8	11	12	14	15	16	18	19	9	12	16	19	22	24	28	32	25								
	125	5	6	7	8	8	8	9	9	7	9	10	11	12	13	14	15	9	11	14	16	18	20	22	24	9	12	16	19	22	24	28	32	38								
	139	6	7	8	8	9	10	10	11	8	9	11	13	14	15	18	18	9	12	14	18	20	22	25	29	9	13	18	20	24	27	32	38									
	153	-	7	8	9	10	11	11	12	-	10	12	14	15	17	19	21	-	12	16	19	22	25	28	34	-	13	17	20	26	29	35	44									
	167	-	-	8	10	11	11	12	14	-	-	12	14	17	18	21	24	-	-	16	19	23	26	31	38	-	-	17	22	26	31	38	49									
	180	-	-	-	10	11	12	13	15	-	-	15	17	19	22	26	-	-	-	22	24	27	33	42	-	-	-	22	27	32	40	54										
	200	-	-	-	-	11	13	14	17	-	-	-	-	18	20	24	30	-	-	-	25	29	35	47	-	-	-	-	-	-	28	33	42	54								
TIPO B (quadro 21)	83	3	3	3	3	3	3	4	4	4	5	5	5	5	5	5	6	7	7	7	8	8	8	8	7	8	8	9	10	10	11											
	97	4	4	5	5	5	5	5	5	5	6	7	7	7	7	7	8	7	8	8	10	11	11	11	12	8	10	11	13	13	14	15	16									
	111	5	5	6	6	6	6	6	6	6	7	8	9	9	9	10	10	8	10	11	13	13	14	15	16	9	11	13	15	17	18	19	21									
	125	5	6	6	7	7	7	8	8	7	8	9	10	11	11	12	13	9	11	13	15	16	17	19	20	9	12	15	18	20	22	24	27									
	139	5	6	7	8	8	9	9	10	7	9	10	12	13	13	14	15	9	12	14	18	18	20	22	24	9	12	16	19	22	25	28	33									
	153	-	7	7	8	9	10	10	11	-	9	11	13	14	15	17	18	-	12	14	18	20	22	25	29	-	13	17	20	24	27	32	38									
	167	-	-	7	8	9	10	11	12	-	12	14	15	17	19	21	-	-	16	19	22	24	28	33	-	-	17	21	25	29	35	44										
	180	-	-	-	10	11	11	12	14	-	-	14	16	18	20	23	-	-	-	19	23	26	30	37	-	-	-	22	26	31	37	48										
	200	-	-	-	-	11	12	13	16	-	-	-	-	17	19	22	27	-	-	-	24	28	33	42	-	-	-	-	-	27	32	40	54									
TIPO C (quadro 21)	83	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	6	6	6	6	6	7	8	8	9	9	9	9	10	7	8	10	11	11	12	12	13									
	97	4	4	5	5	5	5	6	6	5	6	7	7	8	8	9	9	7	9	10	11	12	12	13	14	8	10	12	14	15	16	17	19									
	111	4	5	6	6	6	7	7	7	6	7	8	9	10	10	11	12	8	10	11	13	15	16	17	18	8	11	13	16	18	20	22	25									
	125	5	5	6	7	7	8	8	9	6	8	9	10	11	12	13	15	8	10	13	15	17	18	20	23	8	11	14	18	20	23	26	31									
	139	5	6	7	7	8	9	10	11	7	8	10	11	13	14	15	16	8	11	13	16	18	20	23	27	9	12	15	19	22	25	30	37									
	153	-	6	7	8	9	10	11	12	-	9	10	12	14	15	17	20	-	10	14	17	20	22	26	32	-	12	16	19	23	27	33	42									
	167	-	-	7	8	9	10	11	13	-	-	11	12	14	16	19	22	-	-	14	17	20	23	28	35	-	-	16	20	24	28	35	46									
	180	-	-	-	8	10	11	12	14	-	-	-	13	15	17	19	24	-	-	-	18	21	24	29	38	-	-	-	20	25	29	36	50									
	200	-	-	-	-	10	11	13	16	-	-	-	-	15	18	21	26	-	-	-	22	25	31	42	-	-	-	-	25	30	38	54										
TIPO D (quadro 21)	83	3	3	3	3	3	3	4	4	4	5	5	5	5	5	5	6	6	7	7	7	8	8	8	8	6	7	8	9	10	10	11										
	97	4	4	4	4	5	5	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	7	8	8	10	10	11	11	12	7	9	11	12	13	14	15	15									
	111	4	5	5	6	6	6	6	6	6	7	7	8	9	9	10	7	9	11	12	13	14	14	15	8	10	12	14	16	17	19	21										
	125	4	5	6	6	7	7	7	8	6	7	8	9	10	10	11	12	8	10	12	14	15	16	18	19	8	11	14	16	19	21	23	26									
	139	5	6	6	7	8	8	9	9	6	8	9	11	12	12	14	15	8	10	13	15	18	19	21	24	9	11	15	18	21	23	27	32									
	153	-	6	6	7	8	9	10	11	-	9	10	11	13	14	15	18	-	10	13	16	18	21	23	28	-	12	15	19	22	25	30	37									
	167	-	-	7	8	9	10	11	12	-	-	10	12	14	15	17	20	-	-	14	17	20	22	26	31	-	-	16	19	23	27	32	41									
	180	-	-	-	8	9	10	11	13	-	-	-	12	14	16	18	22	-	-	-	17	20	23	27	34	-	-	-	20	24	28	34	45									
	200	-	-	-	-	10	11	12	14	-	-	-	-	15	17	20	25	-	-	-	21	25	29	38	-	-	-	-	25	29	36	50										

Notas:

- à esquerda dos limites em escada, o diâmetro da conduta de ligação é superior ao da conduta de evacuação;
- este quadro é válido para as condutas de secção rectangular que satisfaçam a seguinte condição: $e \leq 1,6$;
- quando a conduta de evacuação tiver uma altura superior a 30 m, é necessário elaborar um estudo específico;

10.3.2 Condutas de evacuação

Estas condutas devem ser unicamente utilizadas para a evacuação dos produtos de combustão, a menos que sejam previstas para assegurar conjuntamente a evacuação dos produtos de combustão e do ar viciado, como é o caso da conduta colectiva mista gás-ventilação do tipo shunt.

No entanto, quando estas condutas são unicamente destinadas à evacuação dos produtos de combustão, e uma vez que apesar de não terem essa finalidade, poderão também evacuar parte do ar viciado, no dimensionamento das condutas de evacuação do ar viciado poderá ser deduzido esse caudal de ar evacuado.

10.3.2.1 Generalidades

As condutas de evacuação podem ser interiores ou exteriores e individuais ou colectivas. Segundo os combustíveis utilizados, podem ser classificadas em:

- policombustíveis, para utilização de todos os combustíveis usuais (lenha, carvão, fuel, hidrocarbonetos liquefeitos, gás);
- monocombustíveis, para utilização de um só tipo de combustível (gás ou hidrocarbonetos liquefeitos), que devem obedecer a prescrições particulares (por exemplo, conduta específica gás).

As condutas de evacuação devem satisfazer condições de resistência à temperatura e de isolamento térmico, ser construídas com materiais resistentes à corrosão e assegurar uma boa estanquidade dos produtos de combustão.

10.3.2.2 Execução das condutas

10.3.2.2.1 Generalidades

Para a realização das condutas de evacuação podem ser usados diversos materiais. A escolha dos materiais a utilizar depende principalmente da posição da conduta (interior ou exterior). No quadro 28 indicam-se os diferentes materiais utilizados.

10.3.2.2.2 Resistência à temperatura

As condutas devem poder suportar as temperaturas normais de funcionamento e um aumento de temperatura provocado por um mau funcionamento momentâneo dos aparelhos a elas ligados (secção 9.3.2).

10.3.2.2.3 Isolamento térmico

As paredes das condutas devem possuir uma resistência térmica suficiente para que o seu arrefecimento não inverta ou diminua a tiragem, especialmente quando são adossadas ou incorporadas a paredes exteriores ou de caixas de escadas e nos troços que atravessam os desvãos das coberturas e que delas emergem. Nestes troços, em zonas frias, a resistência térmica deve ser de pelo menos $0,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

Geralmente a resistência térmica das condutas é dada pelo fabricante. O quadro 29 indica as resistências térmicas dos principais materiais utilizados.

Quadro 28 - Possibilidade de utilização de materiais nas condutas de evacuação

Classe de rendimento dos aparelhos	I	II		III
		Sem condensação na conduta	Com condensação na conduta	
Betão armado	Sim	Sim	Não	Não
Tubagem cerâmica	Sim	Sim	Não	Não
Tijolos cerâmicos	Sim	Sim	Não	Não
Tijolos refractários	Sim	Sim	Não	Não
Condutas de betão	Sim	Sim	Não	Não
Fibro-cimento	Sim	Sim	Não	Não
Alvenaria	Sim	Sim	Sim	Sim
Metálicos rígidos de parede simples: Aço inoxidável 18.8 (AISI 304) ou F17 (AISI 430) de 0,6 mm ou Alumínio A5, AM1 de 0,6 mm	Sim	Sim	Sim	Sim
Metálicos rígidos de parede simples	Sim	Sim	Sim	Sim
Metálicos compósitos rígidos	Sim	Sim	Sim	Sim
Metálicos compósitos flexíveis de alumínio	Sim	Sim	Não	Não
Tubos de aço inoxidável flexíveis	Sim	Sim	Sim	Sim
Tubos de alumínio flexíveis	Sim	Sim	Não	Não
Polímeros (PVDF)	Sim	Sim	Sim	Sim
Grés vidrado	Sim	Sim	Não	Não

Nota: Para alguns dos materiais aqui indicados, sendo inovadores, a sua utilização carece de parecer prévio do LNEC, de acordo com o Regulamento Geral de Edificações Urbanas.

Quadro 29 - Resistência térmica dos principais materiais utilizados nas condutas de evacuação

Material	Resistência Térmica r [m ² .K/W]	Material	Resistência Térmica r [m ² .K/W]
Tubagem de betão alveolado		Tubagem de betão maciço	
20 x 20 x 25 espessura total: 5,0 cm espessura total: 7,0 cm espessura total: 7,5 cm	0,120 0,170 0,180	20 x 20 x 25 espessura total: 3,0 cm	0,060
20 x 20 x 23 espessura total: 5,5 cm espessura total: 7,0 cm	0,120 – 0,150 0,170 – 0,220	20 x 20 x 23 espessura total: 3,0 cm espessura total: 5,0 cm	0,060 0,100
30 x 30 x 25 espessura total: 5,0 cm espessura total: 10,0 cm	0,120 0,210		
30 x 30 x 33 espessura total: 5,7 cm espessura total: 10,5 cm	0,130 – 0,180 0,230 – 0,260	32 x 32 x 33 espessura total: 4,0 cm	0,080
Tubagem cerâmica de parede alveolada		Tubagem cerâmica de parede dupla alveolada	
Secção quadrada ou rectangular espessura: 5,0 cm espessura: 6,0 cm espessura: 7,5 cm	0,12 – 0,15 0,12 – 0,15 0,21	espessura: 5,0 cm	0,12 – 0,15
Secção circular espessura: 3,5 cm	0,09	Tubagem cerâmica de parede maciça	
Parede mini-alveolada espessura: 3,0 cm	0,08 – 0,10	Secção quadrada ou rectangular espessura: 5,0 cm	0,10
		Secção circular espessura: 3,0 cm espessura: 5,0 cm	0,06 0,13

Material	Condutibilidade térmica λ [W/m.K]	Resistência térmica r [m ² .K/W]
Conduta		A calcular em função da espessura e:
Alumínio	210	$r = \frac{e}{\lambda}$
Aço galvanizado	50	
Betão	0,44	
Isolamento térmico		
Lã de rocha	0,041	
Gesso	0,35	

10.3.2.3 Tipos de condutas

Os diferentes tipos de condutas de evacuação são ilustrados nas figuras 36, 37 e 38.

A conduta individual é uma conduta que serve um único fogo ou local. A esta conduta podem ser ligados um ou dois aparelhos a gás.

A conduta colectiva com ramais individuais da altura de um piso é constituída por uma conduta colectora e ramais individuais com pelo menos a altura de um piso, mas nunca superior a 3,50 m (secção 8.1.5.2). Pode ser utilizada como conduta de evacuação ou conduta mista gás-ventilação. É possível considerar os seguintes tipos de condutas colectivas:

- a) Conduta colectiva policom bustível do tipo shunt;
- b) Conduta colectiva específica gás do tipo shunt;
- c) Conduta colectiva mista gás-ventilação do tipo shunt.

Os dois primeiros tipos de condutas podem ser utilizadas para a evacuação de parte do ar viciado dos fogos, ainda que não previstas especificamente para esta função.

A conduta colectiva mista gás-ventilação é uma extensão da conduta colectiva específica gás, destinando-se a assegurar conjuntamente a evacuação dos produtos de combustão e do ar viciado, devendo possuir ramais independentes para cada uma das funções.

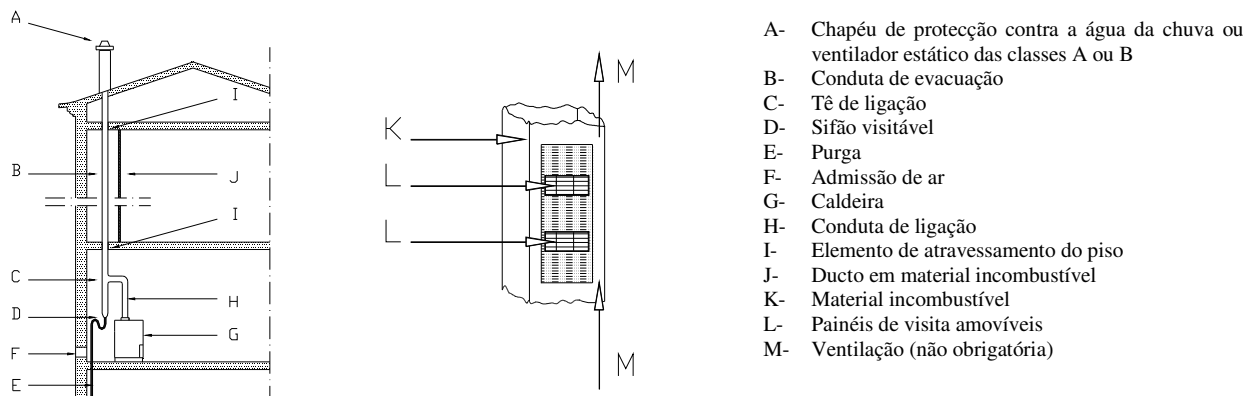


Figura 36 – Conduta individual especial para gás

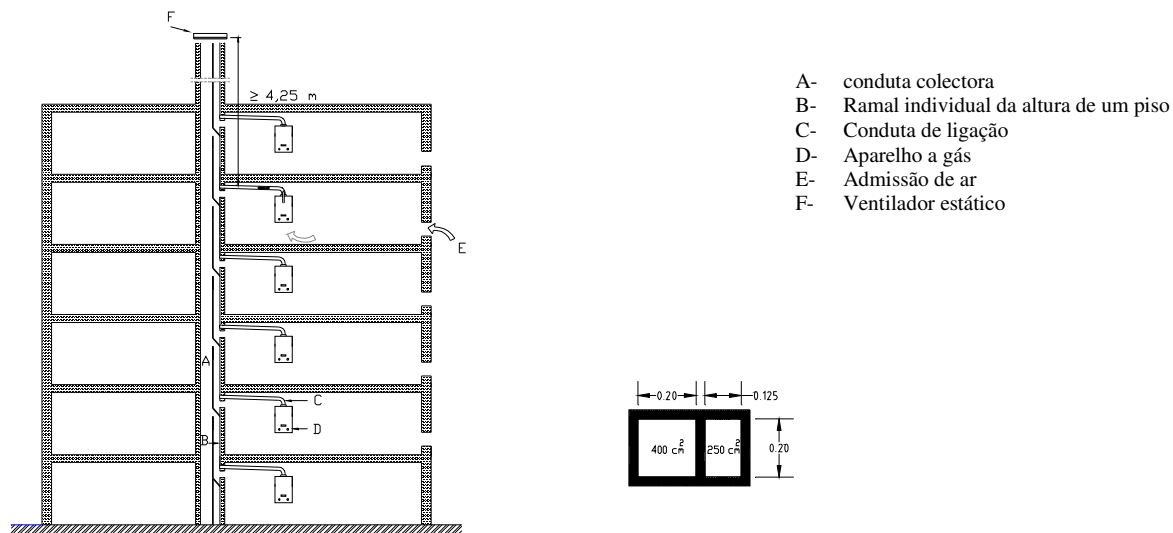


Figura 37 – Conduta colectiva específica para gás “tipo shunt”

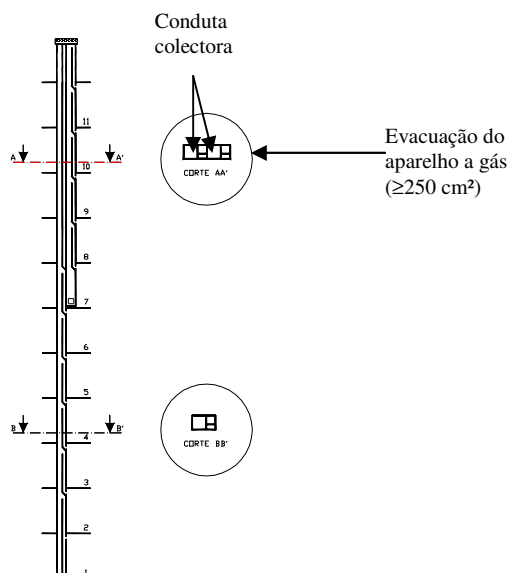


Figura 38 – Conduta colectiva mista gás-ventilação do “tipo shunt”

10.3.2.4 Dimensões das condutas de evacuação

10.3.2.4.1 Generalidades

As condutas de evacuação individuais e colectivas podem ter secção circular, quadrada ou rectangular e são dimensionadas conforme abaixo se indica.

A passagem de um para outro tipo de secção faz-se respeitando o indicado na secção 8.1.7.1:

$$A_r = A_c (1 + e)^2 / \pi e$$

em que:

A_c - área da secção circular

A_r - área da secção rectangular correspondente a A_c

e - razão das dimensões principais da secção, sendo $e = 1$ para a secção quadrada e $1 \leq e \leq 2$ para as secções rectangulares

Por razões de facilidade de limpeza, o diâmetro, o lado do quadrado ou a menor dimensão do rectângulo deve ser de, pelo menos:

- 100 mm na base de condutas de altura inferior a 5 m e 125 mm nos outros casos, para as condutas individuais e para os ramais individuais das condutas colectivas;
- 200 mm, para as condutas colectoras das condutas colectivas.

10.3.2.4.2 Conduitas individuais

a) Ligação de um só aparelho

Os quadros 22, 23, 24 e 25 permitem determinar, segundo a classe de rendimento do aparelho, a resistência térmica da conduta de evacuação e o tipo de ligação, uma das seguintes características do circuito de evacuação quando se conhecem as outras três:

- potência útil máxima para aparelhos de potência modulante ou ajustável e potência nominal para aparelhos de potência fixa
- secção da conduta de evacuação
- secção da conduta de ligação
- altura da conduta de evacuação

b) Ligação de dois aparelhos

Os quadros 26 e 27 permitem determinar, segundo a classe de rendimento do aparelho e o tipo de ligação, uma das seguintes características do circuito de evacuação, quando se conhecem as outras três:

- potência útil máxima para aparelhos de potência modulante ou ajustável e potência nominal para aparelhos de potência fixa
- secção da conduta de evacuação
- secção da conduta de ligação
- altura da conduta de evacuação

O valor da potência indicado nos quadros 26 e 27 pode ser utilizado de duas maneiras:

- esse valor corresponde à potência útil máxima do aparelho de maior potência, devendo o segundo aparelho ter uma potência útil máxima igual ou inferior;
- esse valor corresponde à média aritmética P das potências úteis máximas dos dois aparelhos; neste caso, sendo:
 - P_1 : potência útil máxima do aparelho de maior potência,
 - P_2 : potência útil máxima do aparelho de menor potência,

devem verificar-se as seguintes relações:

$$P_1 \leq 1,4 P \quad \text{e} \quad P_2 \leq 2 P - P_1$$

ou seja, o valor de P indicado no referido quadro pode ser majorado, no máximo, de 40% para determinar a potência útil máxima do aparelho de maior potência (P_1); o segundo aparelho terá uma potência útil máxima (P_2) inferior ou igual a $2P - P_1$.

10.3.2.4.3 Conduitas colectivas com ramais individuais da altura de um piso

Sendo as conduitas de evacuação dos produtos da combustão parte integrante do sistema de ventilação, devem respeitar o especificado na secção 8.1.5.2.

a) Conduita colectiva policombustível do tipo shunt

Este tipo de conduita poderá ser utilizada para todos os combustíveis usuais (lenha, carvão, gasóleo, gás). Contudo, esta designação não significa que a conduita possa ser usada para evacuar simultaneamente os produtos de combustão de vários desses combustíveis.

Só pode ser utilizada em edifícios de quatro ou mais pisos. Em cada piso, a conduita colectora não pode servir mais de um fogo. À mesma conduita colectora não se podem ligar mais de 5 aparelhos.

A secção da conduita colectora deve ser pelo menos igual a 400 cm^2 . A secção do ramal individual da altura de um piso deve ser pelo menos igual a 250 cm^2 .

A altura mínima de tiragem do último aparelho ligado é de 6,25 m. Se não se dispuser desta altura de tiragem, o aparelho deve ser ligado a uma conduita individual. Para dimensionar a secção desta conduita deve utilizar-se os quadros 22, 23, 24 e 25.

O caudal calorífico nominal de cada aparelho ligado deve ser inferior a 28 kW, no caso de um aparelho de funcionamento contínuo (aparelho de aquecimento ambiente ou aparelho misto), ou a 35 kW, no caso de um aparelho de funcionamento descontínuo (aparelho de produção de água quente sanitária).

b) Conduita colectiva específica gás do tipo shunt

Este tipo de conduita só poderá ser utilizada para gás.

Em cada piso, a conduita colectora não pode servir mais de um fogo.

A secção da conduita colectora deve ser pelo menos igual a 400 cm^2 . O ábaco da figura 39 indica a secção mínima desta conduita em função do número de aparelhos ligados. A secção do ramal individual da altura de um piso deve ser pelo menos igual a 250 cm^2 .

A altura mínima de tiragem do último aparelho ligado é de 4,25 m. Se não se dispuser desta altura de tiragem, o aparelho deve ser ligado a uma conduita individual. Para dimensionar a secção desta conduita deve utilizar-se os quadros 22, 23, 24 e 25.

O caudal calorífico nominal de cada aparelho ligado deve ser inferior a 28 kW, no caso de um aparelho de funcionamento contínuo (aparelho de aquecimento ambiente ou aparelho misto), ou a 35 kW, no caso de um aparelho de funcionamento descontínuo (aparelho de produção de água quente sanitária).

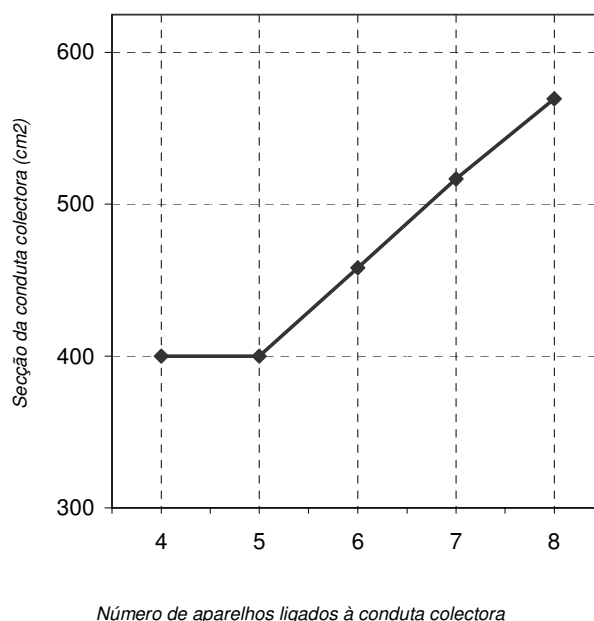


Figura 39 – Conduta colectiva específica gás do tipo shunt: secções mínimas de condutas colectoras em função do número de aparelhos ligados.

O dimensionamento efectuado com este ábaco é suficiente para assegurar uma boa evacuação dos produtos de combustão.

c) Conduta colectiva mista gás-ventilação do tipo shunt

Esta conduta distingue-se da conduta colectiva específica gás pelos seguintes pontos:

- possui ramais independentes para a evacuação dos produtos de combustão e do ar viciado dos fogos, cujas secções mínimas são de, respectivamente, 250 cm² e 150 cm²;
- a potência útil máxima de cada aparelho ligado deve ser inferior a 25 kW, no caso de um aparelho de funcionamento contínuo (aparelho de aquecimento ambiente ou aparelho misto), ou a 31 kW, no caso de um aparelho de funcionamento descontínuo (aparelho de produção de água quente sanitária);
- a secção da conduta colectora é determinada através das regras indicadas na secção 8.1.5.2, tendo em conta o valor da secção mínima indicado na figura 39.

O quadro 30 resume as principais características das condutas colectivas com ramais individuais da altura de um piso (do tipo shunt).

Deve verificar-se se o dimensionamento especificado em 8.1.7 conduz ou não a secções superiores; deve ser sempre tomada a maior secção.

Quadro 30 - Principais características das condutas colectivas tipo shunt

CONDUTAS COLECTIVAS DO TIPO SHUNT		
POLICOMBUSTÍVEL	Específica Gás	MISTA GÁS-VENTILAÇÃO
POTÊNCIA CALORÍFICA DOS APARELHOS LIGADOS		POTÊNCIA ÚTIL MÁXIMA DOS APARELHOS LIGADOS
<ul style="list-style-type: none"> • gás ou hidrocarbonetos liquefeitos: <ul style="list-style-type: none"> – funcionamento contínuo (aq. ambiente e mistos): ≤ 28 kW – funcionamento descontínuo (aq. águas sanitárias): ≤ 35 kW • outros combustíveis usuais: $\leq 17,5$ kW 	<ul style="list-style-type: none"> • gás ou hidrocarbonetos liquefeitos: <ul style="list-style-type: none"> – funcionamento contínuo (aq. ambiente e mistos): ≤ 28 kW – funcionamento descontínuo (aq. águas sanitárias): ≤ 35 kW 	<ul style="list-style-type: none"> • gás ou hidrocarbonetos liquefeitos: <ul style="list-style-type: none"> – funcionamento contínuo (aq. ambiente e mistos): ≤ 25 kW – funcionamento descontínuo (aq. águas sanitárias): ≤ 31 kW
N.º DE PISOS DO EDIFÍCIO		
≥ 4	sem restrição	sem restrição
N.º DE FOGOS POR PISO SERVIDOS PELA MESMA CONDUTA COLECTORA		
1	1	1
N.º DE APARELHOS LIGADOS À MESMA CONDUTA COLECTORA		
≤ 5	sem restrição (no entanto, por razões técnicas, ≤ 8)	sem restrição (no entanto, por razões técnicas, ≤ 8)
ALTURA MÍNIMA DE TIRAGEM DO ÚLTIMO APARELHO LIGADO À CONDUTA COLECTORA		
$\geq 6,25$ m	$\geq 4,25$ m	$\geq 4,25$ m
SECÇÃO MÍNIMA DA CONDUTA COLECTORA		
≥ 400 cm ²	≥ 400 cm ² (ver figura 37)	≥ 400 cm ² (ver figura 38)
SECÇÃO MÍNIMA DO RAMAL INDIVIDUAL DE ALTURA DE UM PISO		
≥ 250 cm ²	≥ 250 cm ²	<ul style="list-style-type: none"> • para a ligação do aparelho a gás: ≥ 250 cm² • para a ventilação: ver quadro 12
SECÇÃO DA CONDUTA INDIVIDUAL DO ÚLTIMO APARELHO QUANDO NÃO SE RESPEITA A ALTURA MÍNIMA DE TIRAGEM		
adoptar as secções dadas por: Quadros 22, 23, 24 ou 25	adoptar as secções dadas por: Quadros 22, 23, 24 ou 25	adoptar as secções dadas por: Quadros 22, 23, 24 ou 25

10.4 Aparelhos do tipo C

Os aparelhos deste tipo devem estar ligados a condutas próprias dimensionadas especificamente para este fim. Estas condutas podem ser individuais ou colectivas mas são de utilização exclusiva de aparelhos do tipo C.

11 Projecto de Execução

O Projecto de Execução deve incluir os estudos de concepção e dimensionamento da instalação e permitir a verificação da conformidade com esta norma. Do mesmo devem constar os seguintes elementos:

- a) memória descritiva e justificativa ;
- definição e descrição geral do sistema de ventilação,
 - cálculos,
 - caudais nominais, para cada abertura de exaustão,
 - caudais nominais previstos para as condutas,
 - quadro-resumo indicando os caudais tipos de ventilação em cada compartimento,
 - permeabilidade ao ar da caixilharia exterior,
 - quando são considerados sectores de ventilação separados, definição dos sectores e das características das respectivas comunicações (nomeadamente caracterização das portas em termos da permeabilidade ao ar, protecção de outros vãos de comunicação tendo em vista a redução da respectiva permeabilidade ao ar, etc.),
 - dimensionamento de condutas de evacuação,
 - dimensionamento de condutas de ligação,
 - dimensionamento de aberturas de admissão de ar,
 - dimensionamento de aberturas de evacuação,
 - dimensionamento de passagens de ar interiores,
- b) Especificações de materiais e equipamentos. As especificações dos materiais e equipamentos (características técnicas específicas) devem ser acompanhadas por indicações de referências comerciais de produtos conformes disponíveis no mercado. Deve ser claramente especificado que poderão ser aplicados produtos equivalentes de outros fabricantes. (NOTA – a identificação deve ser suficientemente clara de forma a distinguir o componente seleccionado no âmbito da gama do fabricante)
- ventiladores estáticos,
 - aberturas de admissão de ar,
 - passagens de ar interiores (neste caso poderá ser suficiente especificar as suas características dimensionais),
 - aberturas de exaustão, no caso das aberturas que devem ser reguladas na obra, a memória descritiva e justificativa deve especificar a posição de regulação
 - condutas de ligação (flexíveis ou rígidas),

-
- condutas de evacuação,
 - convergências, curvas, alargamentos de secção, atenuadores acústicos, órgãos de regulação de caudal e outros acessórios,
- c) peças desenhadas;
- esquema da rede,
 - implantação e natureza (fixa, autoregulável, etc.) das aberturas de admissão de ar,
 - implantação e natureza das passagens de ar interiores,
 - implantação das aberturas de exaustão,
 - implantação das condutas de ligação (flexíveis ou rígidas),
 - diâmetro dos elementos de conduta (compreendendo também a conduta de ligação),
 - localização das convergências, curvas, alargamentos de secção, atenuadores acústicos, órgãos de regulação de caudal e outros acessórios,
 - desenhos em corte e em planta (os necessários para a completa compreensão do projecto e para a verificação de eventuais interferências com a estrutura do edifício ou com outras redes) da rede de condutas,
 - desenhos de pormenor dos pontos de emergência na cobertura com especificação da sua compatibilização com o sistema de impermeabilização da cobertura,
 - desenho de pormenor dos pontos de atravessamento de paredes e pisos,

12 Informação para manutenção e utilização

12.1 Documentação

Com a conclusão dos trabalhos o empreiteiro deverá entregar ao Dono da Obra processo contendo toda a informação necessária à manutenção e utilização dos sistemas de ventilação e evacuação dos produtos da combustão. Do mesmo devem constar os seguintes elementos:

- a) memória descritiva e justificativa;
- b) especificações de materiais e equipamentos efectivamente instalados;
- c) relação de fornecedores de materiais e equipamentos. Nesta alínea inclui-se a identificação e os contactos (morada, telefone e fax) dos fornecedores dos materiais aplicados na obra;
- d) peças desenhadas da obra efectivamente realizada (telas finais). Nesta alínea incluem-se, pelo menos, todas as peças desenhadas constantes do projecto (actualizadas face à obra realizada);
- e) manual de instruções de manutenção e utilização relativas às partes comuns dos sistemas de ventilação. Estas instruções destinam-se ao condomínio.
Nesta alínea inclui-se, pelo menos o seguinte:
 - explicação sucinta do modo de funcionamento dos sistemas de ventilação implementados no edifício,
 - acções de manutenção e sua periodicidade, das partes comuns do sistema,
 - lista de peças de substituição incluindo; referência comercial, contacto de fornecedor,

-
- produtos de limpeza incluindo; referência comercial, contacto de fornecedor,
- f) manual de instruções de manutenção e utilização do sistema de ventilação do fogo. Estas instruções destinam-se a cada fogo individual.
- Nesta alínea incluí-se, pelo menos o seguinte;
- explicação sucinta do modo de funcionamento dos sistemas de ventilação implementados no edifício,
 - instruções de funcionamento das eventuais aberturas reguláveis pelo utilizador (definindo as condições de utilização que devem presidir à selecção de cada fogo),
 - acções de manutenção e sua periodicidade, dos componentes do sistema instalados no interior do fogo,
 - lista de peças de substituição incluindo; referência comercial, contacto de fornecedor,
 - produtos de limpeza incluindo; referência comercial, contacto de fornecedor,

12.2 Etiquetagem

Todos os elementos que podem ser accionados pelo utilizador (por exemplo, as aberturas reguláveis) devem estar etiquetadas de forma visível e durável indicando claramente o modo de operação e a correspondência de cada posição de regulação ao respectivo caudal.

Bibliografia

Normas a que ficam sujeitos os projectos de instalações de gás a incluir nos projectos de construção, ampliação ou reconstrução de edifícios, bem como o regime aplicável à execução da inspecção das instalações. Decreto-Lei n.º 521/99, Diário da República, I Série (1999-12-10).

Procedimentos Relativos às Inspeções e à Manutenção das Redes e Ramais de Distribuição e Instalações de Gás e o Estatuto das Entidades Inspectoras das Redes e Ramais de Distribuição e Instalações de Gás. Portaria n.º 362/2000, Diário da República, I Série (2000-06-20).

Regulamento geral das edificações urbanas. Decreto-Lei n.º 38382, Diário do Governo, (1952-08-29).

Regulamento dos requisitos acústicos dos edifícios . Decreto-Lei n.º 129/2002, Diário da República, I Série (2002-05-11).

Regulamento de segurança contra incêndio em edifícios de habitação. Decreto-Lei n.º 64/90, Diário da República, I Série (90-2-21).

Regulamento de segurança e acções para estruturas de edifícios e pontes. Decreto-Lei nº 235/83, Diário da República, I Série (83-5-31). Decreto-Lei n 357/85, Diário da República, I Série (85-9-3).

Laboratório Nacional de Engenharia Civil – *Qualificação de componentes de edifícios. Selecção de janelas em função da sua exposição.* Lisboa: LNEC, 1994.

Centre Scientifique et Technique de la Construction - "La ventilation des habitations. 2eme partie : Mise en ouvre et perfomances des systèmes de ventilation.". Brussels: CSTC, 1997. Note d'information technique 203

Anexo I - Classificação do aparelhos ligados em função do rendimento útil

A classificação utilizada nesta norma respeita os aparelhos tipo B e é estabelecida em função do rendimento útil (R) relativamente à potência nominal do aparelho declarada pelo fabricante.

Para os aparelhos mistos de aquecimento ambiente e produção de água quente sanitária, considera-se o rendimento que for mais elevado (função aquecimento ou função água quente sanitária).

Definem-se três classes de rendimento, dadas para uma temperatura média da água no aparelho de 70°C.

1) A classe de rendimento I compreende as “caldeiras standard” ou de categoria A, bem como outros aparelhos a gás que respeitem a exigência de rendimento desta classe conforme definida na figura 40 (em geral, aparelhos de aquecimento e aparelhos de água quente sanitária).

Esta classe aplica-se a aparelhos tais como: esquentadores, aparelhos de aquecimento, etc. os quais não sendo visados pela referida Directiva 92/42 CEE (transposta para o Direito Interno pelo Decreto-Lei n.º 136/94, de 20 de Maio) podem ter rendimentos correspondentes a esta classe.

A figura 40 apresenta a curva de rendimento correspondente aos aparelhos de classe de rendimento I em função dos valores definidos no quadro 31.

$P_n < 10 \text{ kW}$	$10 \leq P_n \leq 18 \text{ kW}$	$P_n > 18 \text{ kW}$
$R \leq 83 \%$	$R \leq 83 \% + (P_n - 10) \times 0,313$	$R \leq 85,5 \%$

Quadro 31 – Valores limite para a classe de rendimento nºI

2) A classe de rendimento II abarca as “caldeiras standard” conforme definidas pela Directiva 92/42 CEE e corresponde às caldeiras de “alto rendimento” que têm um rendimento estritamente inferior a $87,5 + 1,5 \log P_n$.

3) A classe de rendimento III compreende as caldeiras de “baixa temperatura” e as caldeiras de condensação no sentido da Directiva 92/42 CEE. A esta classe correspondem as caldeiras de “alto rendimento”, com rendimento superior ou igual a $87,5 + 1,5 \log P_n$ e as caldeiras de “condensação”.

A figura 41 apresenta as curvas de rendimento correspondentes à Directiva Europeia:

- para os aparelhos “standard”: $R \geq 84 + 2 \log P_n$,
- para os aparelhos de “baixa temperatura”: $R \geq 87,5 + 1,5 \log P_n$,
- para os aparelhos de “condensação”: $R \geq 91 + \log P_n$

Sendo P_n a potência nominal expressa em kW, log o logaritmo decimal e R o rendimento útil de potência nominal /PCI

De forma a evitar condensações na conduta de evacuação e podendo os aparelhos de classe de rendimento II funcionar com potências inferiores à respectiva potência nominal deverão igualmente respeitar o seguinte requisito de carga parcial: para uma carga parcial de 30% o rendimento útil tem de ser inferior a $83 + 3 \log P_n$ em % PCI para uma temperatura média de água no aparelho de 50°C.

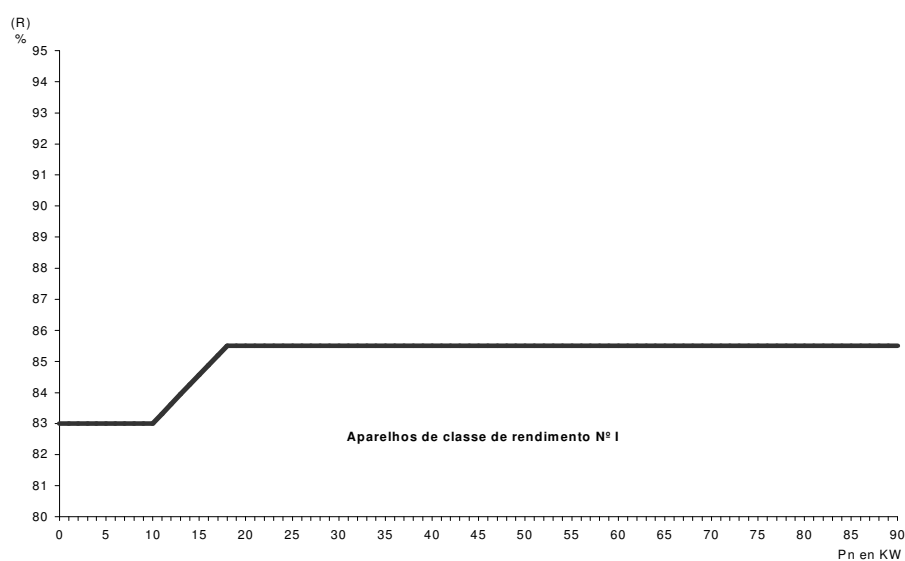


Figura 40 – Caldeiras “standard” e outros aparelhos a gás

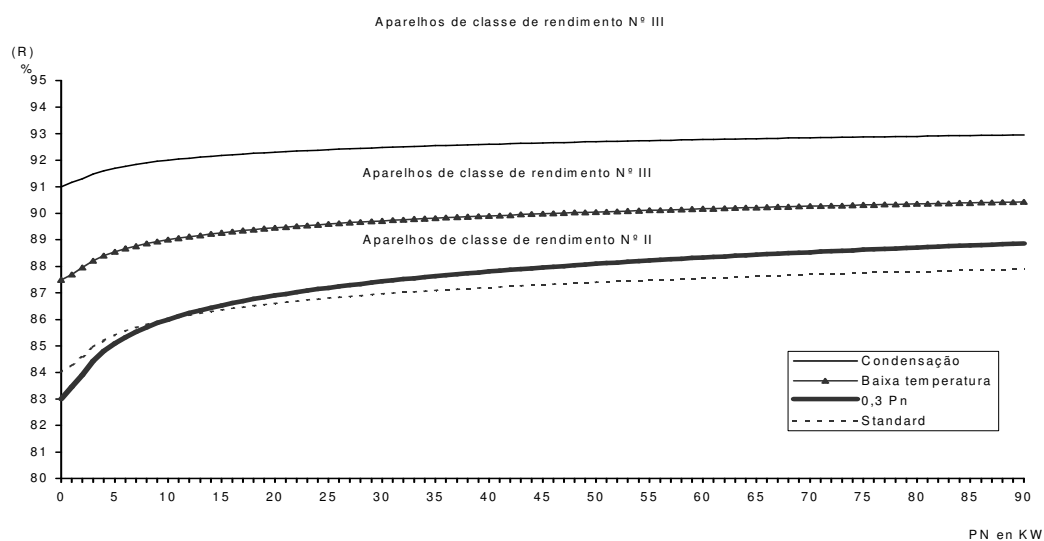


Figura 41 – Classificação dos aparelhos segundo a Directiva 92/42 CEE.

Anexo II – Notas explicativas

Generalidades

A presente norma trata da evacuação dos produtos de combustão dos aparelhos de tiragem natural do tipo B₁₁ (com cúpula de evacuação), ligados portanto a condutas de evacuação de tiragem natural.

Ele tem em conta o dimensionamento do circuito de evacuação dos produtos de combustão para:

- Aparelhos do tipo B₁₁ de classe de rendimento I.
- Aparelhos do tipo B₁₁ “standard”, de classe de rendimento II.

Método de dimensionamento de uma conduta de evacuação individual

O método a seguir é ilustrado por 2 exemplos que abrangem a ligação de 1 ou 2 aparelhos a uma conduta de evacuação nova.

No caso de condutas de evacuação novas, os parâmetros conhecidos são:

- potência útil máxima do aparelho;
- diâmetro da conduta de ligação (\geq diâmetro da gola do aparelho).

e pretende-se determinar as características da conduta de evacuação em função do (ou dos) aparelho(s) e do tipo de ligação escolhido.

1. Aparelhos a Ligar

A partir do rendimento nominal, determina-se a classe de rendimento do (ou dos) aparelho(s) a ligar.

2. Conduta de Ligação

Escolhe-se o tipo de ligação segundo a geometria e a configuração do sistema de evacuação dos produtos de combustão: número de mudanças de direcção da conduta de ligação e existência ou não de desvios na conduta de evacuação.

Quadro 31 – Exemplo de dimensionamento

	Quadros a utilizar	Tipos de ligação
1 aparelho	Quadro 20	I, II, III ou IV
2 aparelhos	Quadro 21	A, B, C ou D

3. Conduta de Evacuação

A escolha do material (Quadro 28) é feita em função da classe de rendimento do aparelho e do critério «com ou sem condensação» na conduta de evacuação.

Quadro 32 – Exemplo de dimensionamento

	Classe de rendimento do (ou dos) aparelho(s)	Critério «com ou sem condensação»
1 aparelho ligado	I	sem
	II	com ou sem
	III	com
2 aparelhos ligados	2 aparelhos I	sem
	todas as outras hipóteses	com

Notas: No caso da ligação de um aparelho de classe de rendimento nº II com o critério «sem condensação», a conduta de evacuação deve estar suficientemente isolada. A sua resistência térmica deve ser superior ao valor dado no Quadro 23 (aumentando com a altura da conduta).

A resistência térmica da conduta de evacuação deve ser igual ou superior a $0,12 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ para se utilizar o Quadro 24

4. Quadro de Dimensionamento a Utilizar

Quadro 33 – Dimensionamento de condutas de evacuação

	Classe de rendimento do (ou dos) aparelho(s)	Conduta de evacuação		Quadro de dimensionamento
		Critério «com ou sem condensação»	Isolamento necessário	
1 aparelho ligado	I	sem	não	22
		sem	sim	23
	II	sem	$r \geq 0,12$	24
		com	não	25
	III	com	não	25
2 aparelhos ligados	I	sem	não	26
	II	com	não	27

5. Características do Circuito de Evacuação

Cada quadro de dimensionamento permite determinar uma das seguintes características do circuito de evacuação quando se conhecem as outras três:

- potência útil máxima do aparelho;
- diâmetro da conduta de ligação;
- diâmetro da conduta de evacuação;
- altura da conduta de evacuação.

Exemplo

Considere-se o exemplo de um aparelho ligado a uma conduta de evacuação nova, com os seguintes dados:

- a) Ligação de um aparelho de alto rendimento com 41 kW de potência útil máxima.
- b) Conduta de evacuação a instalar: sem desvios, com 12 m de altura.

Pretende-se determinar quais devem ser o diâmetro e o material da conduta de evacuação.

São conhecidos os seguintes parâmetros:

Pu máx. do aparelho	= 41 kW
Ø da conduta de ligação	= 139 mm (igual ao Ø da gola)
h da conduta de evacuação	= 12 m (sem desvios)

Quadro 34 – Exemplo de dimensionamento de uma conduta de evacuação

Parâmetro a determinar	Quadro/Figura consultado	Resultado	Observações
Classe de rendimento	figura 41	II	
Tipos de condutas de ligação	quadro 20	I, II ou III	
Resistência térmica e diâmetro da conduta de evacuação sem condensação (conduta isolada)	quadro 23 (tipo de ligação I)	$r \geq 0,4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ Ø 125 mm	Diâmetro da conduta de ligação superior ao da conduta de evacuação
		$r \geq 0,4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ Ø 139 mm	Diâmetro da conduta de ligação igual ao da conduta de evacuação
	quadro 23 (tipo de ligação II ou III)	$r \geq 0,4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ Ø 139 mm	Diâmetro da conduta de ligação igual ao da conduta de evacuação
Resistência térmica e diâmetro da conduta de evacuação com condensação (conduta não isolada)	quadro 25 (tipo de ligação I)	$r < 0,12 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ Ø 167 mm	Diâmetro da conduta de ligação inferior ao da conduta de evacuação
	quadro 25 (tipo de ligação II)	$r < 0,12 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ Ø 200 mm ou 200x200 mm	Diâmetro/lado da conduta de ligação inferior ao da conduta de evacuação
Tipo de material	quadro 28 (sem condensação)	Todo o tipo de material	
	quadro 28 (com condensação)	Excluir: - betão-armado; - tubagem cerâmica; - tijolos cerâmicos; - tijolos refractários; - condutas de betão; - fibrocimento.	

Anexo III – Exemplos de posicionamento das saídas das condutas de evacuação de ar

Exemplo 1

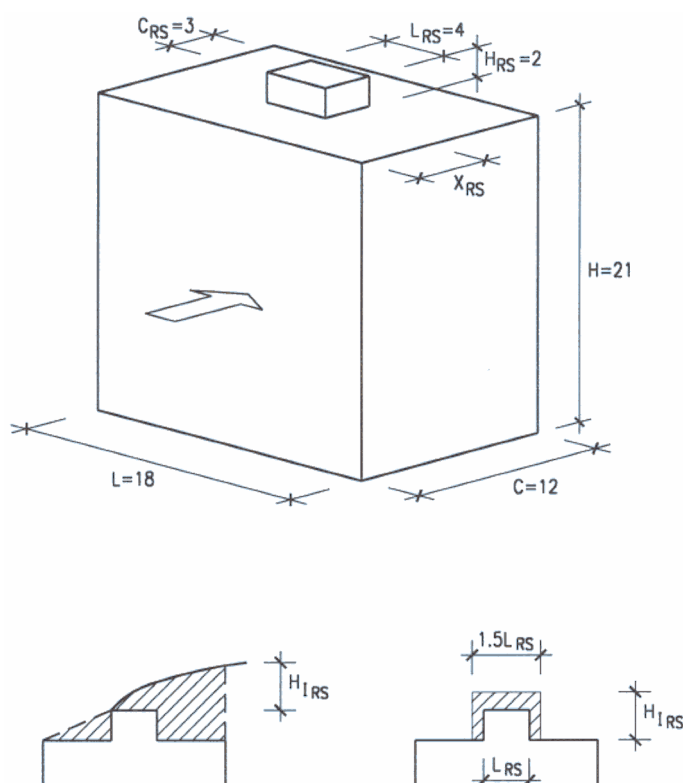


Figura 42 – Exemplo do posicionamento da saída da conduta de evacuação

Edifício multifamiliar com “anexo” na cobertura (§ 9.3.2.1.2, ponto 1, fig. 26 d), vento perpendicular à fachada maior.

$$\begin{aligned}
 X_{RS} &= 5 \text{ m} \\
 R &= 21^{0,33} * 18^{0,67} = 18,9 \text{ m} \\
 R_S &= 4^{0,33} * 2^{0,67} = 2,5 \text{ m} \\
 R_T &= 18,9 + 2,5 = 21,4 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{X_{RS}}{R_T} = \frac{5}{21,4} = 0,23 < 0,5R_T = 10,7 \quad \Rightarrow \quad X_{IRS} &= 0,5 R_T = 10,7 \text{ m} \\
 H_{IRS} &= 0,22 R_T = 4,7 \text{ m} \\
 C_{IRS} &= 0,9 R_T = 19,3 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$L_I = 1,5 L_{RS} = 6 \text{ m}$ largura da zona de exclusão.

Para estas dimensões do edifício e “anexo” a zona I_{RS} tem uma dimensão, $C_{I_{RS}}$, que ultrapassa a dimensão longitudinal, C , inviabilizando toda a área a jusante do “anexo”.

Exemplo 2

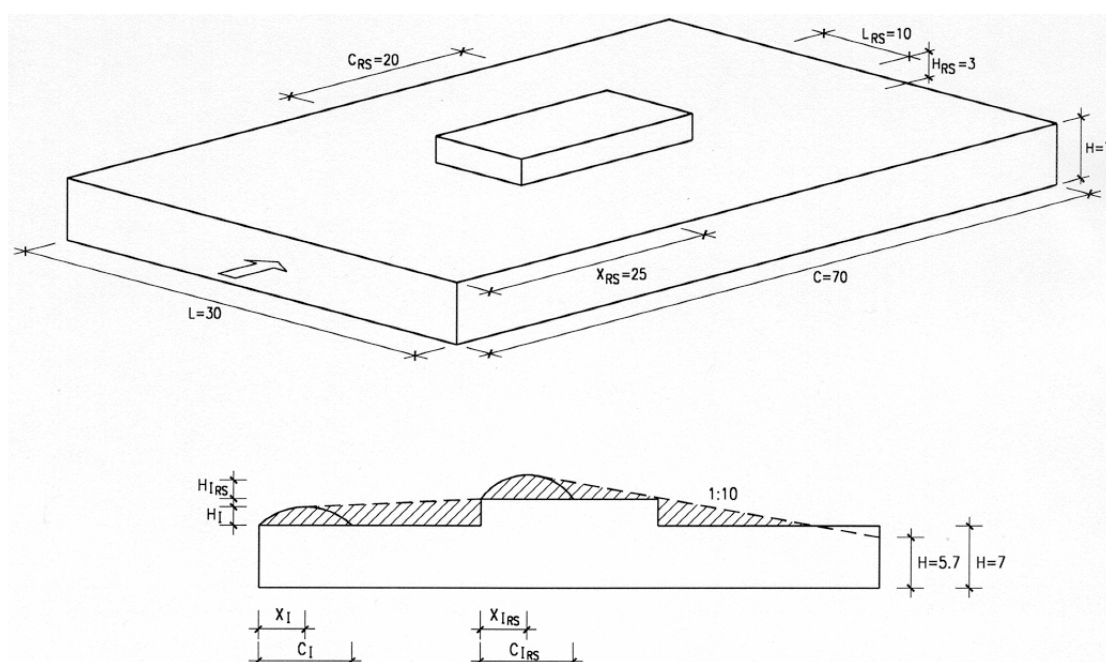


Figura 43 – Exemplo do posicionamento da saída da conduta de evacuação

Edifício multifamiliar (nota: as dimensões são exageradas para efeitos de exemplo) com “anexo” na cobertura (§ 9.3.2.1.2, ponto 2, fig. 26 f), vento perpendicular à fachada menor (incidência do quadrante N).

$$X_{RS}=25 \text{ m}$$

$$R = 30^{0,33} * 7^{0,67} = 11,3 \text{ m}$$

$$R_S = 10^{0,33} * 3^{0,67} = 4,5 \text{ m}$$

$$R_T = 11,3 + 4,5 = 15,8 \text{ m}$$

$$7,9 = \frac{15,8}{2} < X_{RS} = 25 < 2 * 15,8 = 31,6 \Rightarrow$$

$$X_I=0,5 \quad R_T=7,9 \text{ m}$$

$$H_I=0,22 \quad R_T=3,5 \text{ m}$$

$$C_I=0,9 \quad R_T= 14,2 \text{ m}$$

$$X_{IRS}=0,5 \quad R_S=2,3 \text{ m}$$

$$H_{IRS}=0,22 \quad R_S=1,0 \text{ m}$$

$$C_{IRS}=0,9 \quad R_S= 4,0 \text{ m}$$

$$L_I = 1,5 \quad L_{RS} = 15 \text{ m}$$

Dada a grande dimensão longitudinal do edifício, para esta incidência, a linha que parte do topo da zona I_{RS} (localizada em X_{IRS}), com declive 1:10, “corta” a cobertura do edifício 2,7m antes da empena posterior (Sul).

Considere-se a distribuição de ocorrências da fig. 28 que obriga a avaliar a situação para incidências de Este.

$$\begin{aligned} X_{RS} &= 10 \text{ m} \\ R &= 70^{0,33} * 7^{0,67} = 15 \text{ m} \\ R_S &= 20^{0,33} * 3^{0,67} = 5,6 \text{ m} \\ R_T &= 15 + 5,6 = 20,6 \text{ m} \end{aligned}$$

$$X_{RS} = 10 < \frac{20,6}{2} = 10,3 \Rightarrow \quad (\S 9.3.2.1.2, \text{ ponto 2, fig. 26 d})$$

$$\begin{aligned} X_{IRS} &= 0,5 \quad R_S = 2,8 \text{ m} \\ H_{IRS} &= 0,22 \quad R_S = 1,2 \text{ m} \\ C_{IRS} &= 0,9 \quad R_S = 5,0 \text{ m} \end{aligned}$$

$$L_I = 1,5 \quad L_{RS} = 30 \text{ m}$$

Para esta incidência a zona de exclusão corta a vertical da empena de jusante (Oeste) 2,5 m acima da cobertura.

Na fig. 44 está representada, em planta, a área de exclusão.

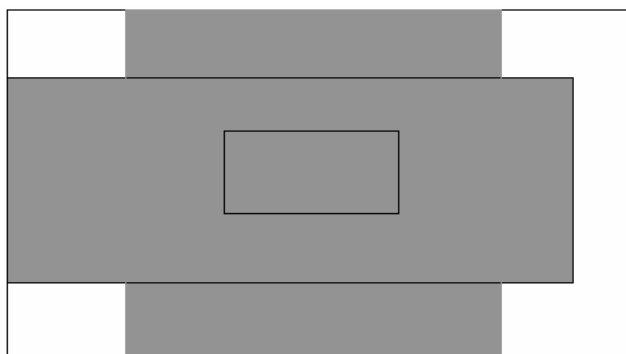


Figura 44 – Área de exclusão global para o edifício do exemplo 2

Exemplo 3

Edifício correspondente à fig. 26 a)

Dimensões : $k_1=6\text{m}$; $k_2=4 \text{ m}$; $C_{RS}=15\text{m}$; $C_{TOT}=21\text{m}$; $H=20\text{m}$

Incidência na fachada K ($C_{RS} > K$):

$$\begin{aligned} R_1 &= k_1^{0,67} H^{0,33} = 8,9 \text{ m} & X_{11} &= 0,5 R_1 = 4,5 \text{ m} \\ & & H_{11} &= 0,22 R_1 = 2,0 \text{ m} \\ & & C_{11} &= 0,9 R_1 = 8,0 \text{ m} \end{aligned}$$

Para esta incidência a zona de exclusão corta a vertical da empena de jusante 0,35m acima da cobertura.

$$\begin{aligned} R_2 &= k_2^{0,67} H^{0,33} = 6,8 \text{ m} & X_{12} &= 0,5 R_2 = 3,5 \text{ m} \\ & & H_{12} &= 0,22 R_2 = 1,5 \text{ m} \\ & & C_{12} &= 0,9 R_2 = 6,0 \text{ m} \end{aligned}$$

Para esta incidência a zona de exclusão corta a vertical da empena de jusante 0,9m acima da cobertura.

Incidência na fachada C ($k_2 < H$):

$$\begin{aligned} R &= k^{0,33} H^{0,67} = 12,8 \text{ m} & X_1 &= 0,5 R = 6,4 \text{ m} \\ & & H_1 &= 0,22 R = 2,8 \text{ m} \\ & & C_1 &= 0,9 R = 11,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Para esta incidência a zona de exclusão corta a vertical da empena de jusante 2,4m acima da cobertura.