

RECOMENDAÇÕES PARA O PROJECTO DE SISTEMAS DE VENTILAÇÃO MISTA EM EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO

MIGUEL ARMANDO DE ARAÚJO PENEDA

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

Orientador: Professor Doutor Vasco Manuel Araújo Peixoto de Freitas

Coorientador: Professor Doutor Manuel António Pinto da Silva Amaral

JULHO DE 2013

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2012/2013

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2012/2013 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2013.*

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

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

Aos meus Pais, Irmã, Sobrinha e à Joana,
pelo apoio incondicional.

"Quanto mais estudamos, mais descobrimos a nossa ignorância."

Percy Shelley

AGRADECIMENTOS

Uma vez terminado este trabalho, importa prestar a merecida homenagem a todos aqueles que de alguma forma tiveram um papel importante na execução do mesmo, e em toda uma etapa que este vem encerrar.

Agradeço profundamente ao Prof. Vasco Freitas, orientador desta tese, por toda a compreensão e aconselhamento perante as dificuldades despoletadas, assim como evidentemente por todo o conhecimento transmitido e apoio técnico prestado.

Ao Prof. Manuel Pinto, como coorientador deste trabalho, pela grande disponibilidade que sempre demonstrou para acompanhar de perto o decorrer do mesmo, bem como pelo saber e experiência concedidos.

Dirijo também um agradecimento a todos os colegas e professores que fizeram parte de todo um percurso académico de aquisição de conhecimentos que muito me fizeram crescer enquanto pessoa.

Por último, mas não menos importante, tenho muito a agradecer à minha família e amigos, por estarem sempre do meu lado quando é preciso, por me apoiarem e por fazerem de mim uma pessoa feliz.

RESUMO

Os problemas inerentes à ventilação existem à tanto tempo quanto a própria construção. Com o passar dos anos diferentes estratégias de a abordar têm sido utilizadas e frequentemente vão surgindo novos conceitos, com vantagens e desvantagens relativamente aos já existentes.

Em Portugal, o tipo de ventilação predominante em edifícios de habitação, na actualidade, é o sistema misto, em que todo o sistema é tratado como se de ventilação natural se tratasse, usufruindo contudo de um dispositivo de extracção mecânica na cozinha. Apesar de ser o sistema mais frequentemente implementado nas habitações, é igualmente frequente padecer de erros graves de projecto, e de execução, que levam ao mau funcionamento do mesmo e, conseqüentemente, problemas de qualidade do ar e conforto higrotérmico.

Neste sentido torna-se importante esclarecer os princípios fundamentais de funcionamento de um sistema de ventilação mista, os seus principais componentes e as regras de dimensionamento dos mesmos. Para que o sistema seja funcional e equilibrado é necessário assegurar a entrada de ar pela fachada, nos devidos locais e com caudais adequados; permitir a circulação do ar no interior da habitação, através dos diferentes compartimentos; e garantir a sua extracção nos compartimentos de serviço, ora por processos naturais, ora por meios mecânicos, com caudais equivalentes àqueles que sejam admitidos. Todo este caminho, percorrido pelos caudais de ar, tem de ser previsto e dimensionado, sendo esse o intuito das recomendações presentes neste trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: Ventilação, Habitação, Renovações horárias, Dimensionamento, Sistema misto.

ABSTRACT

The problems inherent to the ventilation exist as much time as the construction itself. Over the years different strategies have been used to address them and frequently new concepts emerge, with advantages and disadvantages to existing.

In Portugal, at present, the predominant type of ventilation in dwellings is the mixed system, in which the entire system is treated as natural ventilation, but taking advantage of a mechanical extraction device in the kitchen. Despite being the system most frequently implemented in dwellings, often suffer from serious errors of design, and execution, leading to malfunction and hence problems of air quality and hygrothermal comfort.

In this sense it is important to clarify the operating basic principles of a mixed ventilation system, its main components and design rules of them. For the system to be functional and balanced, is necessary to ensure the air intake by the facade, in appropriate locations and with adequate flow rates; allow the circulation of air inside the housing, through the different rooms; and ensure its extraction in the service rooms, either by natural processes, either mechanically, with flow rates equivalent to those admitted. All this path, crossed by air flows, must be planned and sized, which is the intent of the recommendations in this work.

KEYWORDS: Ventilation, Dwelling, Air change rates, Sizing, Mixed system.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. ENQUADRAMENTO	1
1.2. OBJECTIVOS DO TRABALHO	1
1.3. ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURAÇÃO DO TEXTO	2
2. Sistemas de Ventilação	3
2.1. EVOLUÇÃO HISTÓRICA	3
2.2. VENTILAÇÃO NATURAL	3
2.2.1. EFEITO DE CHAMINÉ	4
2.2.2. EFEITO DE ACÇÃO DO VENTO	5
2.2.3. EFEITOS COMBINADOS	7
2.3. VENTILAÇÃO MECÂNICA	8
2.4. VENTILAÇÃO MISTA	9
3. Recomendações para o Projecto de Ventilação Mista	11
3.1. ASPECTOS GERAIS	11
3.2. ADMISSÃO DE AR	12
3.2.1. PERMEABILIDADE DA ENVOLVENTE	12
3.2.2. DISPOSITIVOS DE ADMISSÃO	15
3.2.3. ADMISSÃO COMPLEMENTAR NA COZINHA	18
3.3. PASSAGENS DE AR INTERIORES	19
3.3.1. PORTAS INTERIORES	19
3.3.2. DISPOSITIVOS DE PASSAGEM	20
3.4. EXTRACÇÃO DE AR	20
3.4.1. EXTRACÇÃO NA COZINHA	20
3.4.2. EXTRACÇÃO NAS INSTALAÇÕES SANITÁRIAS	21
3.4.3. CONDUTAS DE EXTRACÇÃO	22

3.4.4. COTAS DE SAÍDA	24
3.5. VENTILAÇÃO SEPARADA	28
3.5.1. APARELHOS DE COMBUSTÃO A GÁS.....	28
3.5.2. LAVANDARIA	29
3.5.3. LAREIRAS DE FOGO ABERTO	29
4. Aplicação Prática	31
4.1. EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO COLECTIVA	31
4.1.1 DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO.....	31
4.1.2. CONCEPÇÃO.....	33
4.1.3. DIMENSIONAMENTO	34
4.1.3.1 Dispositivos de admissão	34
4.1.3.2 Extracção na instalação sanitária	35
4.1.3.3 Dispositivos de passagem.....	35
4.1.3.4 Extracção na cozinha	36
4.1.3.5 Área de exclusão na cobertura	36
4.2. MORADIA UNIFAMILIAR	37
4.2.1 DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO.....	37
4.2.2. CONCEPÇÃO.....	40
4.2.3. DIMENSIONAMENTO	41
4.2.3.1 Dispositivos de admissão	41
4.2.3.2 Extracção na instalação sanitária	42
4.2.3.3 Dispositivos de passagem.....	42
4.2.3.4 Extracção na cozinha	43
5. Conclusões	45
Bibliografia	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 - Efeito do gradiente térmico na ventilação da habitação - TN 57 AIVC (2002)	4
Fig. 2 - Diferenças de temperatura para diferentes tecidos urbanos - Santamouris, M. (2007).....	5
Fig. 3 - Distribuição de pressões resultantes da acção do vento na envolvente - adaptado de CIBSE Guide A (2006)	6
Fig. 4 - Variação da camada limite com a utilização do terreno - Gomes, M. (2003)	7
Fig. 5 - Distribuição característica das pressões resultantes da combinação de efeitos - Pinto, M. (2008)	8
Fig. 6 - Sistema balanceado com recuperador de calor - Ferreira P. (2006)	9
Fig. 7 - Princípio geral de funcionamento do sistema de ventilação misto - Pinto, M. (2008)	10
Fig. 8 - Exemplo de ventilação conjunta do fogo – NP 1037-1 (2002)	11
Fig. 9 - Exemplo de ventilação separada da sala com lareira – NP 1037-1 (2002)	12
Fig. 10 - Pormenor de caixa de estore com grelha de admissão	15
Fig. 11 - Intervalo admissível da relação pressões/caudais para uma grelha de 30 m ³ /h auto regulável a 10 Pa – Pinto, A. (2012)	17
Fig. 12 - Alternativas de posicionamento das aberturas de admissão de ar – NP 1037-1 (2002)	17
Fig. 13 - Abertura de admissão de ar junto ao dispositivo de aquecimento – NP 1037-1 (2002)	18
Fig. 14 - Passagem de ar interior através de folga sob a porta – NP 1037-1 (2002)	19
Fig. 15 - Grelha aplicadas na porta ou na parede divisória – NP 1037-1 (2002)	20
Fig. 16 - Grelha 469 Invisido, da Renson.....	20
Fig. 17 - Junta flexível para condutas de extracção mecânica – Cooper Systems	21
Fig. 18 - Exemplo de uma grelha de extracção bem localizada – NP 1037-1 (2002)	22
Fig. 19 - Representação gráfica da zona de exclusão para coberturas em terraço – NP 1037-1 (2002)	25
Fig. 20 - Representação gráfica da zona de exclusão para coberturas inclinadas – NP 1037-1 (2002)	25
Fig. 21 - Parâmetros de dimensionamento para fachadas não contínuas – NP 1037-1 (2002)	26
Fig. 22 - Parâmetros de dimensionamento para ressaltos na cobertura – NP 1037-1 (2002)	26
Fig. 23 - Zona de exclusão em ressalto anterior – adaptado de NP 1037-1 (2002)	27
Fig. 24 - Zona de exclusão em ressaltos posteriores – adaptado de NP 1037-1 (2002)	27
Fig. 25 - Inversão de fluxo no aparelho de combustão a gás do tipo B instalado na cozinha – adaptado de NP 1037-1 (2002)	28
Fig. 26 - Lareira com admissão de ar directa.....	30
Fig. 27 - Fachada do edifício.....	31

Fig. 28 - Planta geral do edifício, com identificação dos blocos	32
Fig. 29 - Planta de piso do bloco B (T3+T2)	32
Fig. 30 - Representação esquemática dos fluxos de ar.....	33
Fig. 31 – Localização dos dispositivos de admissão de ar	34
Fig. 32 - Localização dos dispositivos de passagem interior	35
Fig. 33 - Área de exclusão para as direcções de vento Este e Oeste	37
Fig. 34 - Área de exclusão para as direcções de vento Norte e Sul.....	37
Fig. 35 - Alçado Poente da moradia.....	38
Fig. 36 - Planta da cave	38
Fig. 37 - Planta do rés-do-chão.....	39
Fig. 38 - Planta do 1º andar	39
Fig. 39 - Representação esquemática dos fluxos de ar.....	40
Fig. 40 - Localização dos dispositivos de admissão de ar.....	41
Fig. 41 - Localização dos dispositivos de passagem interior	43

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Classes de permeabilidade ao ar das janelas em função da altura do vão – NP 1037-1 (2002)	13
Quadro 2 - Permeabilidade ao ar em função da área da janela – Ramalheira, F. (2005).....	13
Quadro 3 - Permeabilidade ao ar em função do comprimento das juntas – Ramalheira, F. (2005)	14
Quadro 4 - Classe de permeabilidade ao ar em função dos dois critérios – Ramalheira, F. (2005)	14
Quadro 5 - Critério de selecção das grelhas de admissão de ar dos compartimentos principais – Freitas, V. P. (2008)	16
Quadro 6 - Área útil das passagens interiores – NP 1037-1 (2002)	19
Quadro 7 - Caudais de extracção na cozinha.....	21
Quadro 8 - Área útil das grelhas de extracção das instalações sanitárias	22
Quadro 9 - Área da secção para condutas individuais – NP 1037-1 (2002)	23
Quadro 10 - Secção de condutas circulares colectivas, em cm ²	23
Quadro 11 - Dimensionamento das grelhas de admissão	34
Quadro 12 - Dimensionamento das passagens interiores	36
Quadro 13 - Determinação do parâmetro R.....	36
Quadro 14 - Dimensões da área de exclusão.....	36
Quadro 15 - Dimensionamento das grelhas de admissão	41
Quadro 16 - Dimensionamento das passagens interiores.....	43

SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

C - coeficiente de pressão [-]

h - altura [m]

i - inclinação [°]

Q - caudal [m³/s, m³/h]

R - resistência térmica [m².K/W]

RPH - renovações por hora [h⁻¹]

S - área [m², cm²]

v - velocidade [m/s]

V - volume [m³]

ΔP - diferença de pressão [Pa]

Δt - diferença de temperatura [°C]

AIVC - Air Infiltration and Ventilation Center

CIBSE - Chartered Institution of Building Services Engineers

ECBCS - Energy Conservation in Building and Community Systems

FEUP - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

IEA - International Energy Agency

IPQ - Instituto Português da Qualidade

IST - Instituto Superior Técnico

LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil

NP - Norma Portuguesa

TN - Technical Note

UEAtc - Union Européenne pour l'Agrément Technique dans la Construction

Fig. - Figura

Inst. - Instalação

1

INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

A ventilação tem um papel fundamental na qualidade de qualquer edifício, e em particular nos edifícios de habitação. Um projeto de ventilação bem dimensionado e executado garante a qualidade do ar interior, dispersando a humidade e os poluentes produzidos, e renovando os níveis de oxigénio, no interior do edifício. Apesar da evidente importância de uma correta ventilação, esta é correntemente descurada na fase de projeto, nomeadamente em Portugal, possivelmente devido à falta de tradição no que respeita a este assunto.

Tradicionalmente, uma ventilação de carácter exclusivamente natural revelava-se suficiente, por um lado devido à grande permeabilidade da envolvente, e por outro devido aos hábitos e rotinas familiares, que conduziam à abertura mais frequente de janelas e portas. À medida que as preocupações com o conforto térmico foram ganhando importância, e consequentemente o consumo de energia associado ao aquecimento, os elementos da envolvente, em particular dos vãos, caminharam para soluções tão pouco permeáveis quanto possível. Tal evolução traduziu-se numa forte barreira à ventilação o que, como se verificou, e verifica, numa grande quantidade de edifícios, conduziu a problemas de conforto higrotérmico.

Em Portugal, as recomendações relativas a ventilação estipulam uma média de uma renovação horária para os compartimentos principais e quatro renovações horárias para os compartimentos de serviço, contudo, na grande maioria dos edifícios construídos ou reabilitados recentemente não se verifica o cumprimento dessas recomendações.

Por processos de ventilação unicamente naturais, as taxas de renovação recomendáveis não conseguem ser atingidas de forma geral e permanente, como seria adequado, motivo pelo qual se torna indispensável recorrer ao uso dispositivos de exaustão, de admissão e de passagem, nos locais adequados, criando aquilo a que se chama um sistema de Ventilação Mista.

1.2. OBJETIVOS DO TRABALHO

Nas habitações portuguesas, é corrente observar-se sistemas de ventilação constituídos por caixilharias de baixa permeabilidade, sem dispositivos adequados de admissão, associados e dispositivos de extração mecânica intermitente na cozinha e, eventualmente, nas instalações sanitárias, o que não garante a taxa de renovação do ar necessária ao conforto e qualidade do ar interior.

Um sistema de ventilação eficiente tem que funcionar como um todo e com um carácter geral e permanente, pelo que é essencial refletir sobre cada um dos elementos que o constitui de forma que

todo o sistema funcione em sintonia, garantindo caudais e velocidades de ar tão constantes e permanentes quanto possível, permitindo uma correta renovação do ar e procurando interferir o mínimo possível no conforto térmico do ambiente interior.

Com este trabalho pretende-se desenvolver uma lista de recomendações técnicas para projetos de ventilação mista em edifícios de habitação no que diz respeito à conceção, ao dimensionamento, à especificação e à pormenorização, de forma a obter um sistema funcional.

Faz ainda parte dos objetivos do presente trabalho a aplicação das recomendações apresentadas ao projeto de reabilitação de um edifício antigo de habitação unifamiliar, bem como a um fogo de um edifício de habitação multifamiliar.

1.3. ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURAÇÃO DO TEXTO

A presente dissertação encontra-se dividida em quatro capítulos, além deste, sucintamente descritos de seguida:

No Capítulo 2 procura-se dar a conhecer os três sistemas de ventilação mais correntes (natural, mecânica e mista), bem como a evolução histórica da sua utilização em Portugal.

O Capítulo 3 é constituído por todo um conjunto de recomendações técnicas para a correta execução de um projeto de ventilação mista, onde são apresentados todos os elementos indispensáveis a esses sistemas, assim como a sua correta utilização. Neste capítulo são ainda abordadas situações excecionais que, por interferirem no correto funcionamento do sistema de ventilação, merecem especial atenção.

No Capítulo 4 são aplicadas as recomendações teóricas apresentadas no capítulo anterior ao projeto de reabilitação de um edifício antigo de habitação unifamiliar e a um apartamento.

O Capítulo 5, e último, apresenta as conclusões retiradas do trabalho elaborado.

2

Sistemas de Ventilação

2.1. EVOLUÇÃO HISTÓRICA

Em Portugal, até por volta da década de 60, a ventilação não era um aspeto que merecesse especial atenção por parte de quem projetava e executava as habitações, ou pelo menos não num âmbito tão alargado como na atualidade. À época a ventilação era feita exclusivamente por processos naturais, sem grande preocupação no que diz respeito à admissão de ar uma vez que, devido aos materiais e processos construtivos então utilizados, esta se concretizava pela permeabilidade das caixilharias e caixas de estore, enquanto a extração era realizada de forma natural na cozinha e nas instalações sanitárias, acabando ainda por ocorrer também nos vãos das fachadas em depressão, devido à permeabilidade já referida. Com este tipo de ventilação, a circulação do ar estava unicamente dependente das condições atmosféricas, em particular a velocidade e direção do vento e a temperatura, conduzindo assim a uma grande variabilidade dos caudais de ventilação.

Posteriormente começou a difundir-se a aplicação do exaustor mecânico na cozinha, sobre o fogão, mantendo-se as restantes práticas correntes inalteradas. Desta forma, o sistema manteve os mesmos problemas inerentes à alta permeabilidade e o exaustor acabou por se tornar, de certa forma, um impedimento à extração, pois este funcionava de forma intermitente, como ainda acontece em muitas habitações, sendo acionado apenas aquando da utilização do fogão, o que leva a que o caudal extraído seja praticamente nulo nos períodos restantes.

Atualmente, os processos construtivos alteraram-se, e os materiais empregues também, permitindo às habitações terem uma envolvente praticamente estanque, o que é vantajoso do ponto de vista energético. Para contornar essa inovação tornou-se então importante implementar dispositivos destinados a permitir a entrada do ar, idealmente autorregulável e com antirretorno, o que na prática muito raramente é aplicado. No que toca à exaustão, esta continua a fazer-se de forma natural nas instalações sanitárias, e com o auxílio de um exaustor mecânico na cozinha, com a diferença de que agora se entende que para ser verdadeiramente útil ao sistema de ventilação, o exaustor deve funcionar em regime permanente, embora com caudais de extração vareáveis.

2.2. VENTILAÇÃO NATURAL

Sendo a ventilação natural desprovida de qualquer dispositivo mecânico capaz de forçar a circulação do ar pela habitação, essa circulação é garantida por fenómenos físicos, naturais, capazes de originar

diferenças de pressão que provocam o deslocamento de caudais de ar. Estes fenómenos são designados por Efeito de Chaminé (ou Gradiente Térmico) e Efeito da ação do Vento.

2.2.1. EFEITO DE CHAMINÉ

O efeito de chaminé ocorre quando existe uma variação de temperatura entre o ar interior e o exterior, motivo pelo qual também é chamado Gradiente Térmico. Como sabido, o ar quente é menos denso que o ar frio, motivo pelo qual o primeiro ascende relativamente ao segundo, motivo pelo qual numa situação corrente em que o ar interior é mais quente que o exterior, o ar interior tende a sair pelas aberturas mais elevadas da habitação, enquanto o ar exterior entra pelas aberturas inferiores, como esquematizado na Fig. 1.

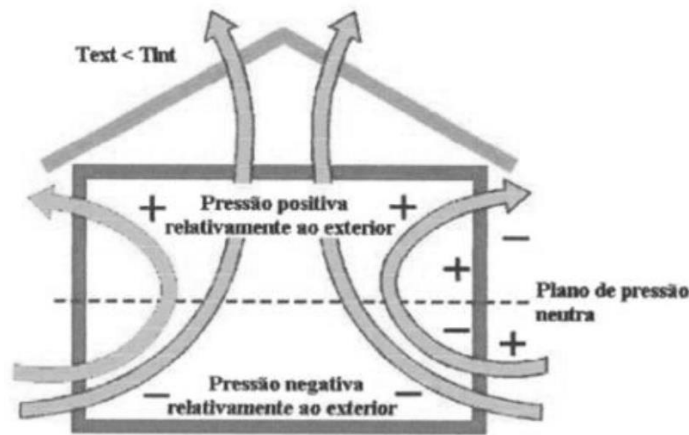


Fig. 1 - Efeito do gradiente térmico na ventilação da habitação - TN 57 AIVC (2002)

Os caudais de entrada e saída, originados pelo efeito de chaminé, estão diretamente relacionados com a diferença de pressão gerada entre o interior e o exterior, sendo dados pela equação (1):

$$Q = 0,16 \times A \times \sqrt{h \times \Delta t} \quad (1)$$

Com,

- Q: Caudal de ventilação (m³/s)
- A: Área das aberturas de entrada, ou de saída (m²)
- h: Altura em relação à zona neutra (m)
- Δt : diferença de temperatura entre o interior e o exterior (°C)

Assim se demonstra que a diferença de pressão, e consequentemente o caudal gerado, para além da área das aberturas dependem diretamente de dois fatores:

- Diferença de temperaturas interior e exterior, o que demonstra que a eficiência deste efeito pode ficar comprometida no período de verão, em que facilmente as temperaturas exteriores igualam, ou excedem a temperatura interior.

-Altura do plano de pressão neutra, altura essa que depende essencialmente da diferença de cotas da aberturas superior e inferior, ou seja, quanto mais afastadas estiverem as aberturas, maior a tiragem. Por outras palavras, e no caso das condutas de extração, quanto maior a altura de tiragem das condutas, maior a diferença de pressão gerada nas mesmas e maior o caudal associado a elas, motivo pelo qual moradias térreas e habitações do ultimo piso dos edifícios coletivos tendem a representar um problema à eficiência deste processo.

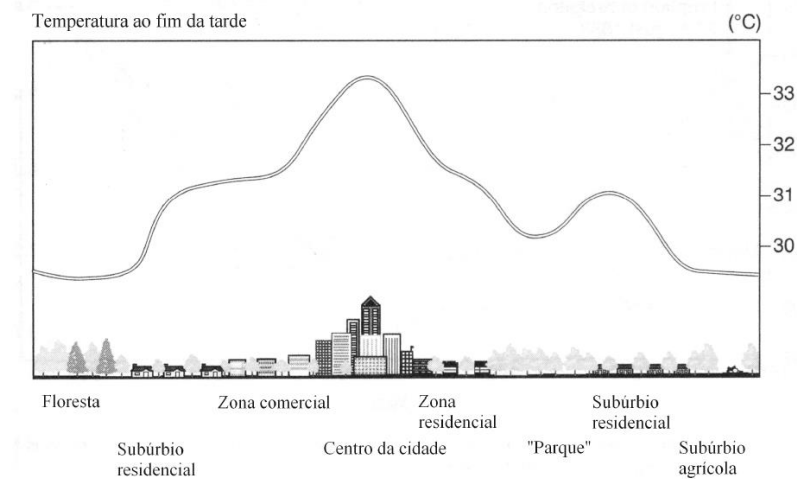


Fig. 2 - Diferenças de temperatura para diferentes tecidos urbanos - Santamouris, M. (2007)

Como representado na Fig. 2, numa mesma região a temperatura exterior varia mediante o tipo de ocupação do solo. Esta variabilidade deverá ser tida em conta quando se pretende adotar a temperatura registada em locais próximos, mas com características de ocupação distintas.

2.2.2. EFEITO DA AÇÃO DO VENTO

Quando o vento, com uma dada velocidade, incide num qualquer obstáculo, dá origem a um campo de pressões, positivas ou negativas, dispostas pelas diferentes faces desse mesmo obstáculo. Sendo os edifícios um dos obstáculos que o vento tem de atravessar constantemente, é compreensível que originem nas fachadas pressões, positivas ou negativas, consoante a orientação do vento e das próprias fachadas, conforme representado na Fig. 3.

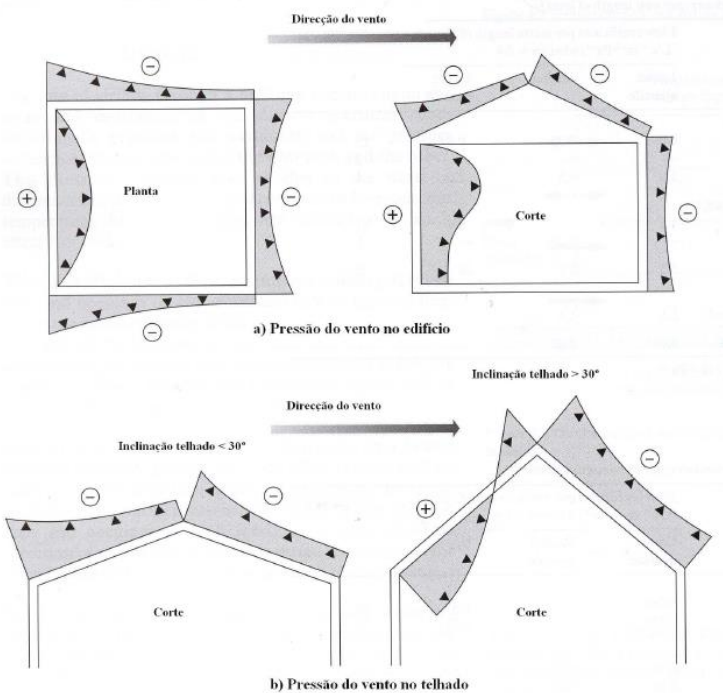


Fig. 3 - Distribuição de pressões resultantes da ação do vento na envolvente - adaptado de CIBSE Guide A (2006)

Tal como referido para o efeito de chaminé, também aqui diferenças de pressão dão origem a caudais de ventilação, através das aberturas na fachada. Como é possível observar na Fig. 3, a fachada diretamente exposta ao vento é a única que apresenta pressões positivas, sendo portanto as aberturas lá localizadas as responsáveis pela entrada de ar, enquanto os vãos das restantes fachadas, bem como as aberturas na cobertura são responsáveis pela saída do ar, motivo pelo qual é importante dispor de vãos nas diferentes fachadas. Os caudais gerados por ação do vento são dados pela equação (2).

$$Q = 0,6 \times A_{eq} \times v \times \sqrt{C_e - C_i} \quad (2)$$

Com,

- Q: Caudal de ventilação (m³/s)
- A_{eq}: Área equivalente das aberturas (m²)
- v: Velocidade do vento (m/s)
- C_e: Coeficiente de pressão exterior
- C_i: Coeficiente de pressão interior

Conforme representado na Fig. 3, as pressões incidentes na cobertura estão dependentes da inclinação da mesma, se em coberturas pouco inclinadas as pressões desenvolvidas são negativas, à medida que aumenta a inclinação começam a surgir pressões positivas nas águas em barlavento, mantendo as águas em sotavento as pressões negativas.

Sendo o vento um fenómeno de grande turbulência, isto é, com uma grande variabilidade, torna-se difícil prever a ventilação originada por este processo, pelo que os métodos existentes utilizam velocidades médias, para determinar pressões geradas, e consequentemente caudais de circulação.

Sabe-se contudo que à medida que nos aproximamos do solo a velocidade do vento tende para zero, fazendo sentido integrar aqui a noção de camada limite atmosférica. A camada limite atmosférica consiste numa camada imediatamente acima do solo, na qual a velocidade do vento é afetada pela rugosidade do terreno, ou pela densidade de construção, levando assim a uma diminuição progressiva da velocidade desde o topo da camada, em que o efeito dos obstáculos é impercetível, e o nível do solo, em que a velocidade do vento é praticamente nula.

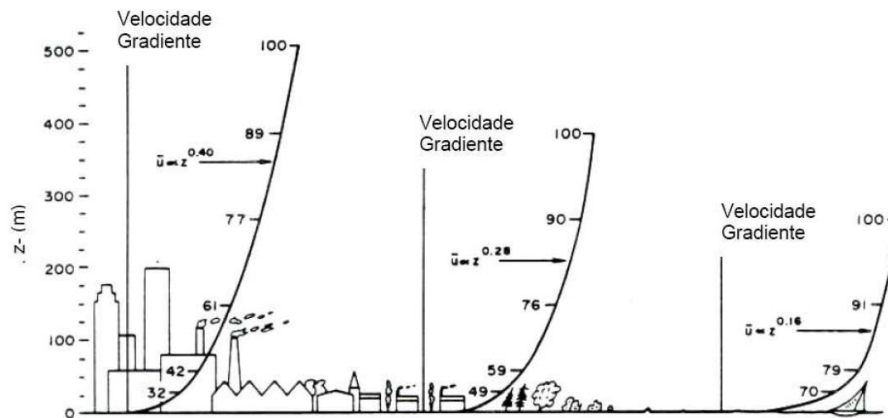


Fig. 4 - Variação da camada limite com a utilização do terreno - Gomes, M. (2003)

Como é visível na Fig. 4, a altura da camada limite não é constante, dependendo do tipo de utilização do terreno, ou da própria morfologia deste, podendo variar entre os 250 e os 600 m.

Facilmente se conclui que a grande generalidade dos edifícios de habitação e em particular habitação unifamiliar, pela sua baixa estrutura, acabam por usufruir da ação do vento já muito atenuado e turbulento.

2.2.3. EFEITOS COMBINADOS

Os dois efeitos apresentados anteriormente são os processos naturais capazes de produzir caudais de ventilação no interior das habitações, contudo, na prática eles não ocorrem isoladamente como foram expostos, mas sim em conjunto, pelo que é importante compreender as implicações dessa combinação de efeitos.

Num dado edifício, o efeito de chaminé é pouco variável para períodos de tempo em que as temperaturas sofram variações pouco significativas. Contudo, como já referido, a ação do vento apresenta uma grande turbulência, pelo que a combinação entre os dois, sendo a soma das pressões geradas por cada efeito é também ela altamente variável. Desta forma torna-se impossível obter uma representação que reproduza todas as combinações de ações, podendo contudo adotar-se a representação da Fig. 5 como uma representação característica.

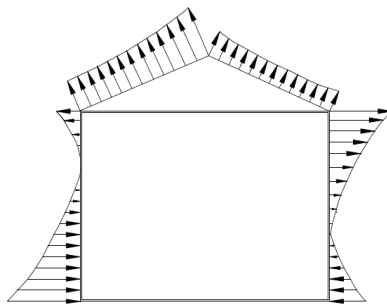


Fig. 5 - Distribuição característica das pressões resultantes da combinação de efeitos - Pinto, M. (2008)

Dada a infinidade de combinações que podem ser obtidas a partir dos dois efeitos mencionados, em muitos casos o resultado pode representar um problema para a ventilação, por exemplo situações em que as pressões se anulam, dando origem a caudais de entrada ou saída nulos, ou situações geradoras de inversão de fluxo.

2.3. VENTILAÇÃO MECÂNICA

A ventilação mecânica como o nome indica recorre a aparelhos mecânicos para realizar a ventilação do edifício, contudo existem algumas formas distintas de utilização desses dispositivos mecânicos, sendo os mais correntes a seguir descritos:

- **Insuflação mecânica:** Este sistema consiste na insuflação de ar em diferentes pontos da habitação, através de uma rede de condutas associadas a um ventilador. Assim o ventilador força a entrada de ar, aumentando a pressão no interior do edifício e, conseqüentemente, obrigando o ar a sair pelas janelas, grelhas, ou condutas de extração. Este tipo de sistema tem a vantagem de permitir filtrar o ar que entra, bem como controlar a sua temperatura e humidade;
- **Extração mecânica:** Neste caso o ar é forçado a sair por uma rede de condutas ligadas a um dispositivo de extração mecânica. Desta forma gera-se uma depressão no interior da habitação o que origina a entrada do ar exterior pelas frinchas, janelas ou grelhas;
- **Sistema balanceado:** Neste sistema combina-se a insuflação e a extração mecânicas, controladas de forma a manter o edifício em ligeira depressão, insuflando cerca de 90 a 95% do caudal extraído. Este modo de ventilação mecânica permite a utilização de um sistema de recuperação de calor em que o ar extraído é utilizado para pré-aquecer o ar insuflado.

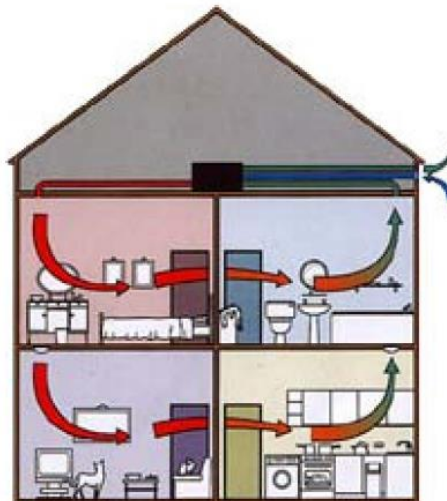


Fig. 6 - Sistema balanceado com recuperador de calor - Ferreira P. (2006)

Comparativamente com o sistema de ventilação natural, a ventilação mecânica tem a vantagem de garantir os caudais pretendidos em regime contínuo, permitindo assim taxas de renovação permanentes, além assegurar uma extração mais eficiente dos poluentes junto da fonte. Este sistema tem ainda a benefício de poder realizar o pré-aquecimento e a filtragem do ar insuflado.

Em contrapartida este sistema carece de algumas desvantagens, designadamente os custos associados à aquisição, operação, e manutenção do sistema, assim como o ruído provocado pelo funcionamento do mesmo. Além destes, o sistema mecânico tem o inconveniente de impedir a circulação do ar quando se encontra desligado, reduzindo a ventilação a caudais quase nulos, e poder acarretar problemas de saúde dos ocupantes se a manutenção não for realizada com a periodicidade devida. -

2.4. VENTILAÇÃO MISTA

A ventilação mista é um conceito que procura associar algumas das vantagens de ambos os sistemas anteriormente descritos, nesse sentido, este sistema segue todos os princípios de funcionamento da ventilação natural dispondo no entanto de um dispositivo de extração mecânica na cozinha, sobre o fogão. Este dispositivo tem por objetivo garantir que exista sempre um caudal mínimo de extração, mesmo quando as condições atmosféricas não estão propícias a que tal aconteça, bem como assegurar um caudal de extração mais elevado para fazer face aos períodos de maior produção de poluentes.

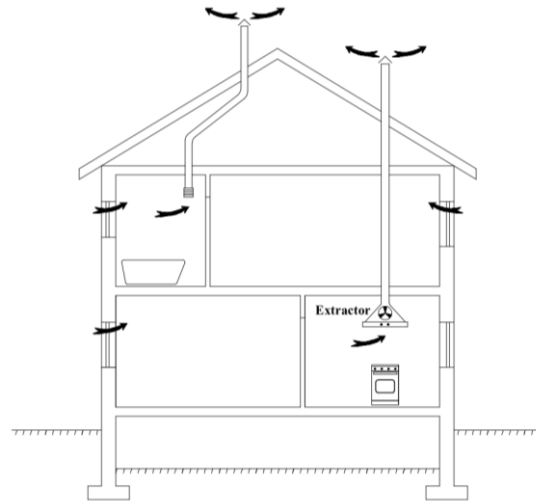


Fig. 7 - Princípio geral de funcionamento do sistema de ventilação misto - Pinto, M. (2008)

Em comparação com o sistema de ventilação natural, este tem o benefício de permitir forçar a extração na cozinha, mesmo quando os efeitos naturais são favoráveis, e regulá-la uma vez que não tem necessidade de funcionar sempre em regime de ponta. Quando comparado com a ventilação mecânica, o sistema misto tem a vantagem de acarretar custos de instalação, operação e manutenção menores.

O que toca a desvantagens, em comparação com o sistema natural, o sistema misto tem associados maiores custos (porem menores que no sistema mecânico, como já referido) e o ruído inerente ao funcionamento do ventilador. Quando confrontado com o sistema mecânico, a principal desvantagem é ser ainda algo dependente de efeitos naturais para assegurar a ventilação da totalidade da habitação e a possibilidade de inversão de fluxo nas condutas de extração natural, no entanto estas desvantagens são minimizadas se houver um correto dimensionamento, execução e utilização do sistema misto.

3

Recomendações para o Projeto de Ventilação Mista

3.1. ASPETOS GERAIS

Qualquer sistema de ventilação, e em particular o sistema misto, deve garantir uma ventilação de carácter geral e permanente, devendo funcionar independentemente da abertura de janelas, sobretudo na estação de aquecimento. Para cumprir tal objetivo é imprescindível a existência de dispositivos adequados, e corretamente dimensionados, que em harmonia com os restantes elementos construtivos garantem o correto funcionamento do sistema de ventilação. Na estação de arrefecimento a reduzida tiragem térmica leva a que seja necessária a abertura das janelas, nesse sentido as janelas devem tanto quanto possível ser colocadas em fachadas de diferente orientação, por forma a aumentar a eficácia da ventilação, aproveitando a diferença de pressões causada pela ação do vento, como demonstrado no Capítulo 2.2.2.

Para uma ventilação apropriada de toda a habitação é necessário que seja previsto todo o percurso do ar, fazendo-o entrar pelos compartimentos principais, percorrer todas as divisões que se destinem a uma ventilação conjunta e, por fim, ser expelido de novo para o ambiente exterior, a partir dos compartimentos de serviço, como representado na Fig. 8. Para este percurso se desenvolva corretamente, e seja possível prever aproximadamente o fluxo de ar existente no sistema de ventilação, é importante que, além dos dispositivos destinados a esse efeito, todos os elementos construtivos que possam de alguma forma interferir no sistema, como portas, janelas e caixas de estores, sejam projetadas e executadas cumprindo as recomendações que serão adiante indicadas.

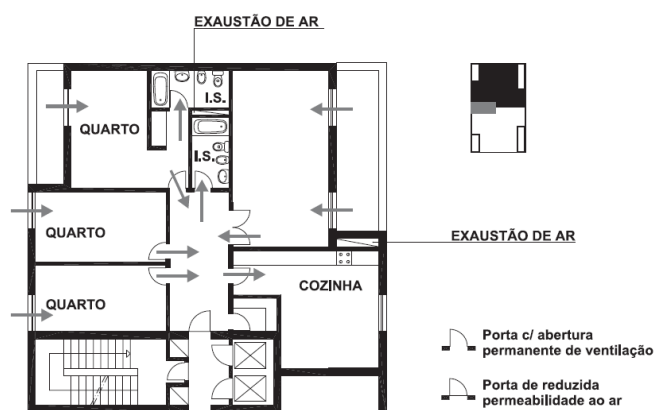


Fig. 8 - Exemplo de ventilação conjunta do fogo – NP 1037-1 (2002)

No sentido de garantir a qualidade do ar interior e evitar a ocorrência de condensações, a ventilação conjunta deve garantir sempre um mínimo de 0,6 RPH em toda a habitação, sendo contudo aconselháveis valores um pouco superiores, da ordem das 0,7 ou 0,8 RPH, em virtude dos hábitos de aquecimento reduzidos que normalmente se verificam – Pinto, M. (2008).

Existem ainda situações concretas que exigem alguns cuidados particulares, por potencialmente poder representar uma ameaça ao bom funcionamento do sistema de ventilação misto. Exemplos disso podem ser por exemplo as lareiras de fogo aberto, ou os aparelhos de combustão do tipo B, pois em ambos os casos existem condutas individuais, destinadas à exaustão dos gases produzidos, que uma vez inseridas num sistema de ventilação conjunta teriam uma forte probabilidade de sofrer inversão de fluxo perturbando o restante sistema. Nesse sentido é recomendável que para estes casos a ventilação dos espaços em que estão inseridos seja dotada de ventilação separada.

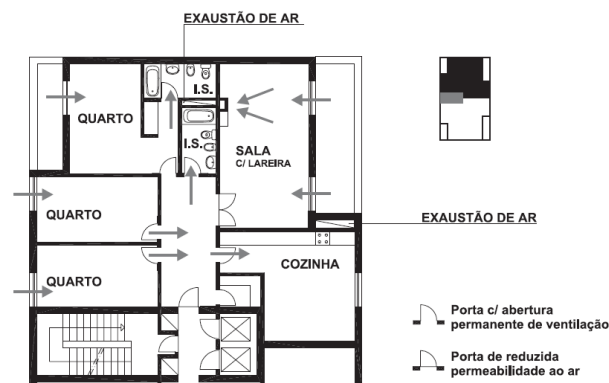


Fig. 9 - Exemplo de ventilação separada da sala com lareira – NP 1037-1 (2002)

3.2. ADMISSÃO DE AR

3.2.1. PERMEABILIDADE DA ENVOLVENTE

A permeabilidade ao ar da envolvente da habitação é o que garante a entrada de ar no sistema de ventilação, motivo pelo qual é necessário controlar essa permeabilidade.

Os elementos da envolvente que condicionam a permeabilidade global da habitação são essencialmente as grelhas de admissão de ar, as caixilharias, as portas exteriores e as caixas de estores. Se no caso das grelhas de admissão, a sua função é precisamente permitir a entrada de um fluxo controlado de ar, nos restantes elementos é conveniente garantir uma estanquidade tão elevada quanto possível.

As caixilharias devem ser seleccionadas segundo a sua classe de permeabilidade, em conformidade com a exposição do vão em que se inserem, e devem apresentar a menor permeabilidade possível. Segundo a NP 1037-1, a classe de permeabilidade dos vãos exteriores deve obedecer ao quadro seguinte.

Quadro 1 - Classes de permeabilidade ao ar das janelas em função da altura do vão – NP 1037-1 (2002)

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

O zonamento do território considerado é o seguinte:

Zona A, que inclui a generalidade do território, exceto os locais pertencentes à zona 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.

Tendo em conta a rugosidade aerodinâmica do terreno, 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.

As classes expressas no quadro estão definidas na Diretiva UEAtc para a Homologação de Janelas. A classe global de permeabilidade depende de dois critérios de classificação:

- Classe segundo a área das janelas ($m^3/h.m^2$);
- Classe segundo o comprimento das juntas ($m^3/h.m$).

Quadro 2 - Permeabilidade ao ar em função da área da janela – Ramalheira, F. (2005)

Classe	Permeabilidade ao ar a uma	Pressão de ensaio máxima [Pa]
	pressão de referência de 100 Pa [m^3/h por m^2]	
0	Sem ensaio efectuado	
1	50	150
2	27	300
3	9	600
4	3	600

Quadro 3 - Permeabilidade ao ar em função do comprimento das juntas – Ramalheira, F. (2005)

Classe	Permeabilidade ao ar a uma	Pressão de ensaio máxima
	pressão de referência de 100 Pa [m ³ /h por m]	[Pa]
0	Sem ensaio efectuado	
1	12,50	150
2	6,75	300
3	2,25	600
4	0,75	600

Quadro 4 - Classe de permeabilidade ao ar em função dos dois critérios – Ramalheira, F. (2005)

		Classe segundo a área das janelas				
		A4	A3	A2	A1	A0
Classe segundo o comprimento das juntas	A4	A4	A3	A2	A1	A0
	A3	A4	A3	A3	A2	A0
	A2	A3	A3	A2	A2	A0
	A1	A0	A2	A2	A1	A0
	A0	A0	A0	A0	A0	A0

Contudo, e segundo dados de ensaios realizados a um role de apartamentos, é comum verificar-se alguma variação entre os valores de permeabilidade cedidos pelos fabricantes e os valores medidos *in situ*, essa variação poderá dever-se nomeadamente à deficiente instalação das janelas, pelo que é fundamental cumprir as boas práticas dos fabricantes.

No caso das portas exteriores, estas devem garantir uma permeabilidade, no máximo, de 12 m³/(h.m²) para uma diferença de pressão de 100 Pa. No entanto, regra geral, este aspeto não é cumprido, estando a elevada permeabilidade associada principalmente à configuração inconveniente da junta horizontal inferior. Visando colmatar essa falha recorrente, e procurando atingir a melhor eficiência, é recomendável dispor de vedantes de borracha nas folgas, assim como uma soleira rebaixada.

Dados obtidos dos ensaios já atrás mencionados indicam que a caixa de estore é o elemento da envolvente que mais fortemente contribui para a permeabilidade ao ar da mesma, sendo também sabido que é um elemento que carece, em regra, de grande permeabilidade acústica. Conclui-se então que este elemento deve ser cuidadosamente selecionado e instalado, no sentido de maximizar a sua eficiência.

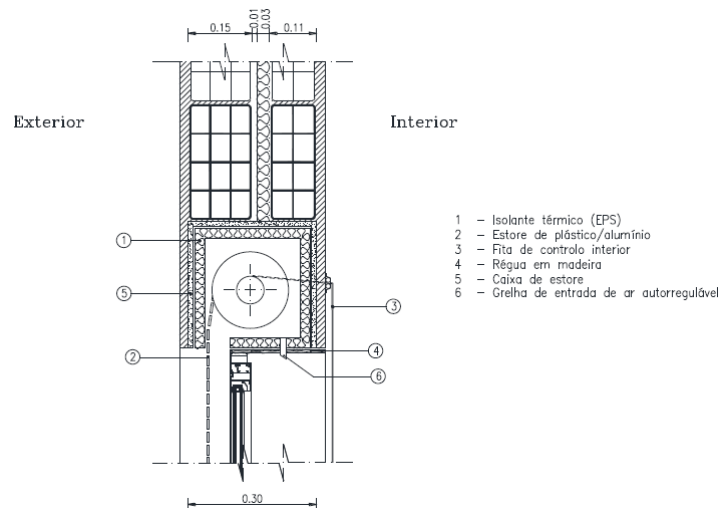


Fig. 10 - Pormenor de caixa de estore com grelha de admissão

3.2.2. DISPOSITIVOS DE ADMISSÃO

Ao nível da admissão de ar ao sistema de ventilação, existem no mercado essencialmente 3 tipos de grelhas para esse efeito, as grelhas de tipo regulável/obturável, as grelhas autorreguláveis e as grelhas higrorreguláveis.

As grelhas reguláveis/obturáveis são dispositivos de admissão que dependem do utilizador para fazer a sua regulação e permitem o total fecho da secção, por esse motivo não se entende que sejam as grelhas mais convenientes para garantir a correta ventilação de toda a ventilação, podendo no entanto ser uma solução de interesse para um problema levantado no capítulo seguinte (3.2.3).

As grelhas autorreguláveis dispõem de um mecanismo de regulação interior, que pode ser de diferentes tipos, cuja função é evitar que as pressões causadas pelo vento provoquem variações bruscas do caudal admitido. Deste modo, estes dispositivos garantem um caudal de entrada aproximadamente constante, evitando assim o desconforto causado por correntes de ar.

Existem ainda as grelhas higrorreguláveis que, assim como as autorreguláveis são completamente independentes do utilizador, no entanto estas estabelecem a sua regulação não pela diferença de pressão na envolvente, mas sim pela humidade relativa no interior da habitação. Quando a humidade relativa do ar interior é elevada, um obturador no interior do ventilador mantém-se aberto, permitindo a passagem do caudal máximo. Por outro lado, em situações de humidade relativa baixa o obturador fecha-se permitindo apenas o caudal mínimo.

No sentido de garantir uma adequada admissão de ar, constante e permanente, e dadas as características mencionadas de cada tipo de grelha, o que é recomendável é a utilização de grelhas autorreguláveis uma vez a ventilação não tem como único objetivo a regularização da humidade relativa, pelo que a utilização de grelhas higrorreguláveis pode originar fenómenos de ventilação insuficiente. Segundo a NP 1037-1, a seleção de dispositivos de admissão, consoante a classe de exposição ao vento da fachada, deve obedecer ao quadro seguinte.

Quadro 5 - Critério de seleção das grelhas de admissão de ar dos compartimentos principais – Freitas, V. P. (2008)

Classe de exposição ao vento	Tipo de abertura	Caudal-tipo a considerar
Exp 1	Secção constante (aberturas não reguláveis) ⁽¹⁾	Caudais não inferiores aos previstos para os compartimentos principais ($\Delta P = 10$ Pa), sem ser excedido o quádruplo do caudal para $\Delta P \geq 60$ Pa
Exp 2	Secção variável por acção do vento (aberturas auto-reguláveis)	Caudais não inferiores aos previstos para os compartimentos principais ($\Delta P = 10$ Pa), sem ser excedido o quádruplo do caudal para $\Delta P \geq 160$ Pa
Exp 3	Secção variável por acção do vento (aberturas auto-reguláveis)	Caudais não inferiores aos previstos para os compartimentos principais ($\Delta P = 10$ Pa), sem ser excedido o quádruplo do caudal para $\Delta P \geq 240$ Pa
Exp 4	Secção variável por acção do vento (aberturas auto-reguláveis)	Caudais não inferiores aos previstos para os compartimentos principais ($\Delta P = 10$ Pa), sem ser excedido o quádruplo do caudal para $\Delta P \geq 380$ Pa. O dimensionamento das aberturas pode ter que ser justificado por cálculo, que tenha em conta a velocidade do vento

⁽¹⁾ Preconiza-se a utilização de grelhas auto-reguláveis.

Por forma a respeitar as premissas deste quadro, uma grelha autorregulável deve respeitar o seguinte parâmetro:

$$0,9 \times Q_N \leq Q \leq (0,0075 \times \Delta P + 1.15) \times Q_N \quad (3)$$

Com,

- Q_N : Caudal nominal
- Q : Caudal efetivo
- ΔP : Diferença de pressão na grelha

No gráfico seguinte, mostram-se os limites de admissíveis de caudais, conforme os parâmetros indicados, para uma grelha autorregulável a 10 Pa de 30 m³/h.

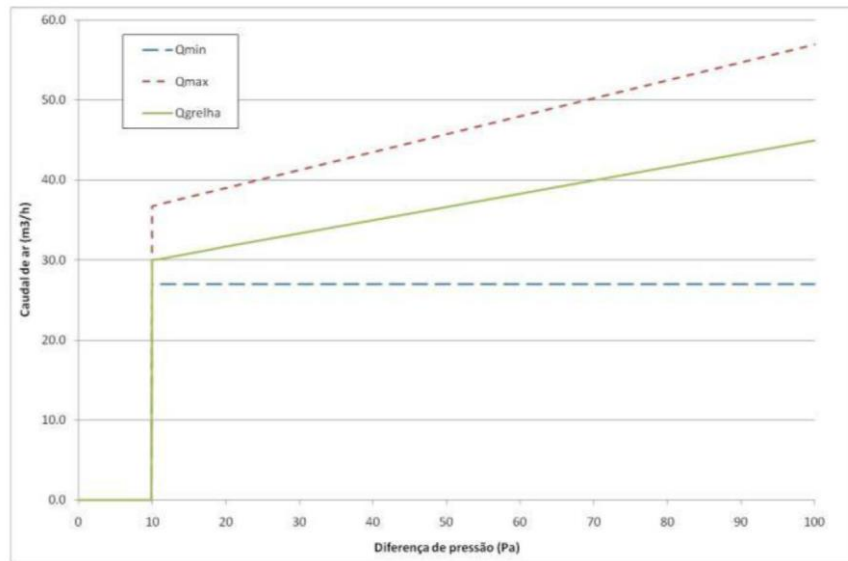


Fig. 11 - Intervalo admissível da relação pressões/caudais para uma grelha de 30 m³/h auto regulável a 10 Pa – Pinto, A. (2012)

A seleção dos dispositivos de admissão deve ainda ter em atenção uma série de outros fatores, designadamente o isolamento acústico. Sendo as grelhas dispositivos que estabelecem o contacto entre o exterior e o interior do edifício, é de grande importância que estas assegurem um isolamento sonoro que não venha a perturbar o conforto acústico da habitação, nesse sentido recomenda-se a utilização de grelhas que garantam um isolamento acústico no mínimo igual a 36dB.

A estanquidade à água é um outro fator a ter em linha de conta na seleção de grelhas de admissão. Estas devem garantir que em situações de intempérie, a precipitação e a pressão do vento não conduzem à infiltração de água para o interior da habitação. Nesse sentido as grelhas a aplicar devem estar classificadas com uma classe de estanquidade à água no mínimo igual a E3, segundo o ensaio de patamares de pressão, definido na norma NP EN 13141-1.

Uma vez selecionados os dispositivos a instalar, importa definir a localização da sua instalação. A localização das entradas de ar deve, tanto quanto possível, tentar reduzir os riscos de desconforto, nesse sentido é aconselhável a instalação das grelhas a um nível elevado, preferencialmente a uma altura igual ou superior a 1,8m, reduzindo assim a sensação de entrada de ar frio.

Correntemente, a solução preconizada é a instalação das grelhas sobre os vãos da fachada, podendo esta solução ser materializada na caixilharia do envidraçado, na caixa de estore (caso exista), ou na própria parede da envolvente, como representado nos desenhos representativos da Fig. 13.

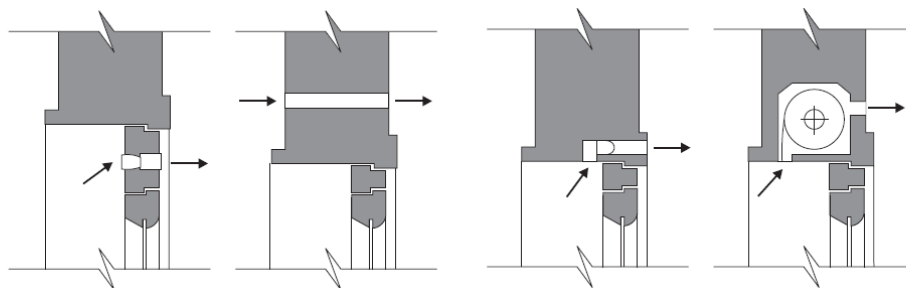


Fig. 12 - Alternativas de posicionamento das aberturas de admissão de ar – NP 1037-1 (2002)

Como já foi mencionado, a localização das grelhas em altura prende-se com a necessidade e evitar situações de desconforto térmico motivo pelo qual, perante a existência de um sistema de aquecimento se pode tornar aceitável a colocação das grelhas numa posição mais baixa, sobre o dispositivo de aquecimento, tal como representado na Fig. 14. Esta é uma solução prevista na NP 1037-1, no entanto não é uma solução recomendável uma vez que, como é sabido, os sistemas de aquecimento, em particular em edifícios de habitação, estão frequentemente desligados o que conduziria aos inconvenientes de desconforto térmico já mensurados.

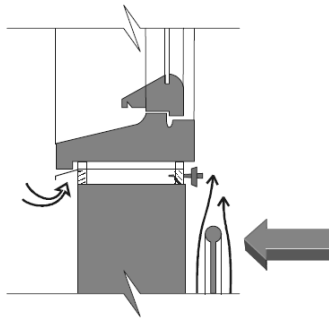


Fig. 13 - Abertura de admissão de ar junto ao dispositivo de aquecimento – NP 1037-1 (2002)

3.2.3. ADMISSÃO COMPLEMENTAR NA COZINHA

Como será referido mais adiante, no Capítulo 3.4.1., o caudal extraído na cozinha não deverá ser um caudal constante, mas sim intensificado nos períodos de maior necessidade e suavizado no tempo restante. Refletindo sobre esta variabilidade de caudais extraídos na cozinha, facilmente se conclui que tal situação irá perturbar o equilíbrio entre os caudais admitidos e extraídos no sistema de ventilação podendo provocar inversão do fluxo nas condutas das instalações sanitárias. Desta forma, a solução passa por prever a instalação de uma grelha de compensação na cozinha, com uma secção capaz de compensar, pelo menos parcialmente, a diferença entre o caudal de ponta e o caudal permanente, no sentido de evitar que todo o excesso de caudal extraído tenha de chegar a partir dos restantes compartimentos, o que pode causar problemas de inversão de fluxo nas condutas de extração natural e problemas de desconforto térmico.

Esta admissão de compensação, na prática, pode ser executada das seguintes formas:

- Uma grelha do tipo regulável/obturável, em que cabe ao utilizador realizar a abertura da mesma aquando dos períodos de produção de vapor, pelo que é conveniente que a grelha esteja na cozinha e num local tão acessível quanto possível.
- Uma grelha do tipo regulável/obturável, associada a um autómato capaz de a abrir e fechar a grelha assim que é acionado e desligado o caudal de ponta do exaustor, evitando assim a intervenção do utilizador.
- Uma grelha autorregulável, com regulação para pressões superiores às habituais, da ordem de 30 Pa, pressão que deve ser estudada caso a caso de forma a garantir que a entrada de ar extra se dá pela grelha de compensação e não por outras aberturas da habitação.

3.3. PASSAGENS DE AR INTERIORES

Sendo as entradas de ar localizadas nos compartimentos principais e a extração nos compartimentos de serviço, torna-se essencial assegurar que as passagens entre divisões estão devidamente desobstruídas, mesmo quando as portas estejam fechadas.

Por forma a evitar a propagação de ruído interior entre os diferentes compartimentos, as passagens interior deverão ser projetadas para garantirem algum isolamento acústico.

3.3.1. PORTAS INTERIORES

Uma das soluções possíveis para materializar a passagem de ar, é assegurar uma folga na parte inferior das portas interiores, como demonstrado na Fig. 15, no entanto as áreas uteis recomendadas são significativas e em regra não são executadas folgas de secção adequada, existindo ainda frequentemente um remate do revestimento de piso a obstruir parcialmente a folga, motivo pelo qual esta solução não é a mais recomendável.

Quadro 6 - Área útil das passagens interiores – NP 1037-1 (2002)

Área útil (cm ²)	Caudal-tipo do compartimento principal (m ³ /h)
100	Até 30
200	De 30 até 90
250	De 90 a 120

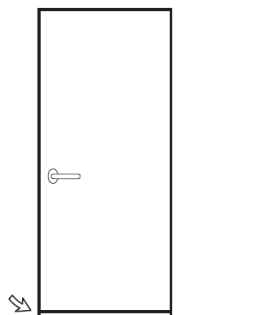


Fig. 14 - Passagem de ar interior através de folga sob a porta – NP 1037-1 (2002)

Sempre que se justifique a ventilação separada de algum compartimento, a(s) porta(s) desse compartimento devem garantir uma estanquidade ao ar igual à recomendada para as portas exteriores isto é, no máximo 12 m³/(h.m²) para uma diferença de pressão de 100Pa, estas portas devem ainda ser dotadas de algum mecanismo de fecho automático por forma a evitar que fiquem involuntariamente abertas permitindo a livre circulação do ar.

3.3.2. DISPOSITIVOS DE PASSAGEM

Em alternativa às folgas na porta, para garantir a circulação do ar, estão as grelhas, podendo ser colocadas ora na própria porta, ora na parede divisória, como representado na Fig. 16.

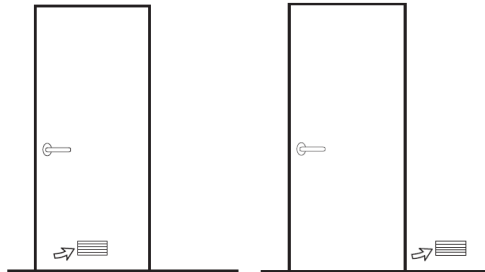


Fig. 15 - Grelha aplicadas na porta ou na parede divisória – NP 1037-1 (2002)

Pensando exclusivamente no bom funcionamento do sistema de ventilação, a utilização destas grelhas seria a opção mais recomendável, contudo são compreensíveis os problemas que esta solução pode trazer à arquitetura. Surgem então outras soluções comerciais para fazer frente ao problema das passagens interiores, como a representada na Fig. 17, retiradas do catálogo da marca Renson.



Fig. 16 - Grelha 469 Invisido, da Renson

3.4. EXTRAÇÃO DE AR

3.4.1. EXTRAÇÃO NA COZINHA

No sistema de ventilação mista defendido no âmbito desta tese, a cozinha deve ser o único local em que se recorre a um dispositivo mecânico para assegurar a extração do ar, pois sendo uma local de grande produção de vapores, é essencial assegurar a extração desses em quaisquer circunstâncias.

A boca de exaustão deve ser colocada sobre o fugão, por ser a principal fonte de gases, no entanto, o ventilador deve, preferencialmente, ser colocado na cobertura por motivos de conforto acústico, e a sua instalação deve ser projetada tendo em conta o ruído causado por percussão.

Na conduta de exaustão, a montante do ventilador, é importante prever uma junta flexível, reduzindo assim o ruído por vibração da conduta.

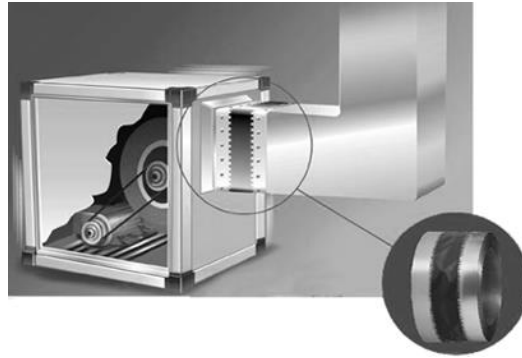


Fig. 17 - Junta flexível para condutas de extração mecânica – Cooper Systems

O ventilador deve permitir uma velocidade variável, regulável pelo utilizador, pelo que em edifícios de habitação multifamiliar é conveniente que cada habitação seja servida por um ventilador próprio, o que na prática pode representar um problema, em particular em edifícios de muitos pisos, por uma questão falta de espaço na cobertura para um grande número de equipamentos.

A recomendação de um motor de velocidade variável prende-se com o objetivo de garantir uma extração permanente, que não tem a necessidade de ser sempre igual ao caudal de ponta. Nesse sentido o exaustor deve garantir em contínuo um caudal mínimo de 60 m³/h, ou 2 RPH para cozinhas com mais de 30 m², sendo ajustável até um caudal de ponta de pelo menos 180 m³/h, ou 6 RPH em cozinhas com mais de 30 m², que deve ser acionado aquando dos períodos de maior produção de vapores (horário das refeições).

Quadro 7 - Caudais de extração na cozinha

Área da cozinha [m ²]	Caudal permanente [m ³ /h]	Caudal de ponta [m ³ /h]
≤ 30 m ²	60 m ³ /h	180 m ³ /h
>30 m ²	2 RPH	6 RPH

3.4.2. EXTRAÇÃO NAS INSTALAÇÕES SANITÁRIAS

Sendo as instalações sanitárias um foco importante de produção de vapores e odores, justifica-se que estas sejam um ponto de extração de ar no sistema de ventilação.

Tendo por objetivo as recomendações para um sistema de ventilação mista, a solução que é apontada para as instalações sanitárias é um sistema de extração natural, por efeito de chaminé. Assim, a extração deve ser concretizada por uma grelha de saída, uma conduta e um ventilador estático, respeitando as indicações que de seguida se expõem.

Todo o sistema de extração deverá ser dimensionado para extrair em regime permanente um volume correspondente a 4 RPH da instalação sanitária, e nunca inferior a 45 m³/h. Ao nível das grelhas de saída, estas devem dispor de uma área útil de passagem que garanta a extração do caudal desejado, sem produzir uma perda de carga que impeça a sua passagem, de acordo com o exposto no Quadro 8.

Quadro 8 - Área útil das grelhas de extração das instalações sanitárias

Área útil		Caudal
5 últimos pisos ou condutas individuais ($\Delta P \approx 3$ Pa)	Restantes pisos ($\Delta P \approx 10$ Pa)	
120 cm ²	60 cm ²	45m ³ /h
150 cm ²	80 cm ²	60m ³ /h
220 cm ²	120 cm ²	90m ³ /h

As áreas expressas no quadro anterior são indicadas para a utilização de grelhas fixas. Em alternativa, pode-se optar pela utilização de uma grelha autorregulável para este fim, bastando então seleccionar uma grelha com o caudal nominal mais adequado. Uma grande vantagem da utilização de grelhas autorreguláveis na extração das instalações sanitárias prende-se com o facto de estas poderem dispor de mecanismos de antirretorno.

Para que toda a instalação sanitária seja corretamente ventilada, a grelha deve ser localizada tão afastada quanto possível da passagem interior, a uma cota elevada, pelo menos 2,10m, e preferencialmente junto da área de duche, por ser uma grande fonte de vapor, conforme representado na Fig. 19.

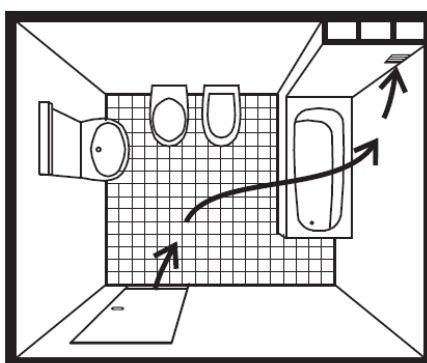


Fig. 18 - Exemplo de uma grelha de extração bem localizada – NP 1037-1 (2002)

3.4.3. CONDUTAS DE EXTRAÇÃO

Dimensionada a grelha, segue-se a conduta, cuja secção deve igualmente ser dimensionada para que a perda de carga não represente um grande impedimento ao escoamento. No Quadro 9 estão indicados valores para a secção da conduta, consoante os respetivos caudais, tendo por base uma perda de carga de 0,3 Pa/m e assumindo condutas lisas e individuais.

Quadro 9 - Área da secção para condutas individuais – NP 1037-1 (2002)

Caudal (m ³ /h)	Conduta circular (cm ²)	Conduta quadrada (cm ²)	Conduta retangular, e=1,6* (cm ²)
45	100	130	135
60	120	155	165
90	160	205	220

$$*e = \frac{\text{Comprimento}}{\text{Largura}}$$

De forma a permitir uma adequada limpeza das condutas, a menor dimensão das mesmas nunca deverá ser inferior a 100 mm.

Sempre que possível, o recomendável é utilizarem-se condutas individuais, contudo se tal não for possível por falta de espaço, principalmente em edifícios com grande número de pisos, em alternativa às condutas individuais, pode optar-se pelo dimensionamento de condutas coletivas, que assegurem a extração de várias instalações sanitárias em diferentes pisos. Para esta solução, os ramais de ligação entre a grelha e a conduta coletiva devem ser dimensionados como se de condutas individuais se tratassem, enquanto a conduta coletiva deve respeitar as secções especificadas no Quadro 10, que indica a secção de referência para condutas circulares lisas, calculadas para uma perda de carga de cerca de 0,15 Pa/m

Quadro 10 - Secção de condutas circulares coletivas, em cm²

Número de pisos	Caudal por piso		
	45 m ³ /h	60 m ³ /h	90 m ³ /h
3	320	360	480
4	360	440	600
5	420	520	700
6 (3+3)	480	600	480+480
7 (4+3)	530	670	600+480
8 (4+4)	600	730	600+600
9 (5+4)	650	520+440	700+600
10 (5+5)	700	520+520	700+700

Em alternativa às condutas circulares podem ser utilizadas condutas quadradas, ou retangulares. Sendo sabido que nestas o ar não circula nas áreas junto às suas arestas, deve então fazer-se a correção das áreas de secção da seguinte forma:

$$A_r = A_c \frac{(1+e)^2}{\pi \times e} \quad (5)$$

Com,

- A_c : área da secção circular;
- A_r : área da secção retangular correspondente;
- e : razão das dimensões principais da secção, sendo:
 - $\left\{ \begin{array}{l} e = 1, \text{ para secções quadradas} \\ 1 \leq e \leq 2, \text{ para secções retangulares.} \end{array} \right.$

Do mesmo modo que nas condutas individuais, nas coletivas é importante garantir dimensões que facilitem a limpeza das mesmas, pelo que se recomenda que a menor dimensão da secção não seja menor que 200 mm. Em virtude desta limitação, não são recomendadas secções menores que 320 cm² em condutas circulares, assim como não se recomendam secções menores que 400 cm² para condutas quadradas e 640 cm² para condutas retangulares ($e=1,6$).

Importa ainda salientar que na opção por uma solução de condutas rugosas, a área das secções deverá ser redimensionada tendo em conta essa mesma rugosidade, e deve ainda ser acrescentada uma margem de segurança relativa a possíveis irregularidades na execução da conduta.

Sendo a extração assegurada pelo efeito chaminé, é necessário garantir o suficiente isolamento térmico da conduta de forma a evitar o arrefecimento da mesma, o que provocaria instabilidade na tiragem, podendo até invertê-la. Assim, é aconselhável que a conduta possua uma resistência térmica não inferior a 0,5 m².K/W, o que na prática é conseguido por exemplo envolvendo a conduta em lâ mineral, com uma espessura de 2 a 3 cm. Para esse efeito existem coquilhas pré-fabricadas de lâ mineral para as quais basta consultar os catálogos e verificar a resistência térmica.

Para que o sistema de extração das instalações sanitárias fique completo, resta ainda refletir sobre o dimensionamento do ventilador estático a colocar no topo da conduta de extração. O ventilador estático tem como função impedir a entrada de chuva pela conduta, e garantir que a ação do vento provoca baixos coeficientes de depressão.

A classificação comercial dos ventiladores distingue-se nas classes A e B, sendo recomendada a utilização de ventiladores de classe B. Para que sejam classificados em nível B, os ventiladores devem respeitar os seguintes requisitos quando submetidos a ensaio:

- Coeficiente de perda de carga (ζ) menor que 2;
- Coeficiente de depressão inferior a -0,65 para todas as direções de incidência com um desvio inferior a $\pm 30^\circ$ relativamente à horizontal;
- Coeficiente de depressão inferior a -0,50 para todas as direções de incidência com um desvio relativamente à horizontal entre -60° e 30° ou 30° e 60° ;
- Coeficiente de depressão inferior a 0 para todas as direções de incidência com um desvio superior a $\pm 60^\circ$ relativamente à horizontal.

É ainda importante que, na ausência de vento, o ventilador não represente uma perda de carga superior a 4 Pa, no escoamento do caudal de cálculo da conduta.

3.4.4. COTAS DE SAÍDA

O vento desempenha um papel fundamental no processo de extração por meios naturais, motivo pelo qual é importante dar a devida atenção à localização do topo das condutas de exaustão, de forma a que

as perturbações do vento, causadas por obstáculos, não influenciem a tiragem, e ainda para evitar a emissão do ar extraído para dispositivos de admissão do próprio edifício, ou de edifícios vizinhos.

Para determinar a zona de exclusão, acima da qual deve ser localizado o extremo da conduta, importa inicialmente determinar o parâmetro característico do edifício (R), que depende da área da fachada em que incide o vento.

$$R = M^{0,33} \times K^{0,67} \quad (6)$$

Em que M é a maior dimensão, e K a menor, da fachada frontal ao vento, sendo que M não pode exceder $8K$, caso tal aconteça $M = 8K$.

Para coberturas em terraço a zona de exclusão é dividida em duas zonas, tal como representado na Fig. 20. O traçado da zona I tem por base os parâmetros:

$$H_I = 0,22R$$

$$X_I = 0,5R$$

$$C_I = 0,9R$$

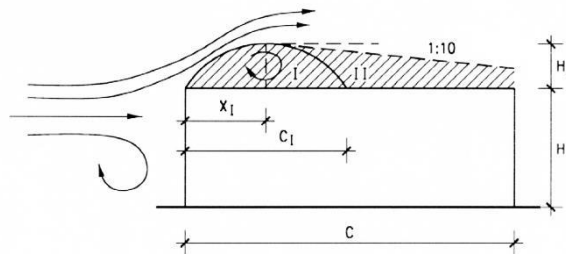


Fig. 19 - Representação gráfica da zona de exclusão para coberturas em terraço – NP 1037-1 (2002)

Quanto à zona II, é limitada pela linha com origem no topo da zona I que se prolonga até à cobertura, ou à vertical da fachada de jusante, com um declive de 1:10 (5,7°).

No que diz respeito a coberturas inclinadas, estas dividem-se em dois casos distintos, para inclinações inferiores e superiores a 10° . Em coberturas de baixa inclinação ($i < 10^\circ$), a zona de exclusão é limitada por uma linha horizontal, em toda a extensão da cobertura, traçada a 50 cm da cumeeira, como esquematizado na Fig. 21 a).

Já em coberturas de maior inclinação ($i \geq 10^\circ$), a área de exclusão é limitada pelo prolongamento das linhas das águas, até uma distância horizontal da cumeeira igual a X ($0,5R$), e por uma linha horizontal daí em diante, como mostra a Fig. 21 b).

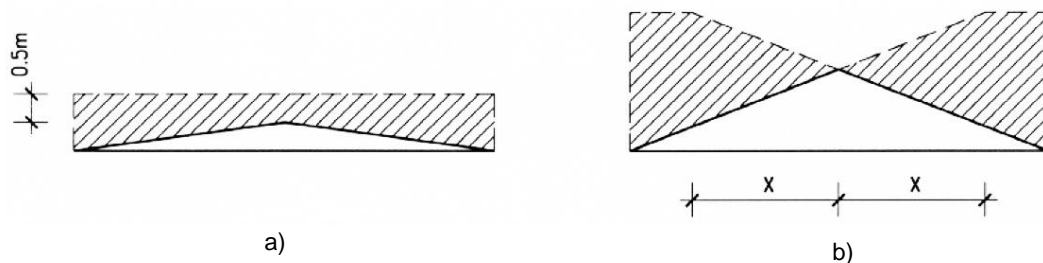


Fig. 20 - Representação gráfica da zona de exclusão para coberturas inclinadas – NP 1037-1 (2002)

Para além dos casos mais correntes mencionados, existem ainda situações particulares que implicam um dimensionamento diferente, por exemplo no caso de a fachada não ser contínua, criando um recuado, como representado na Fig. 22.

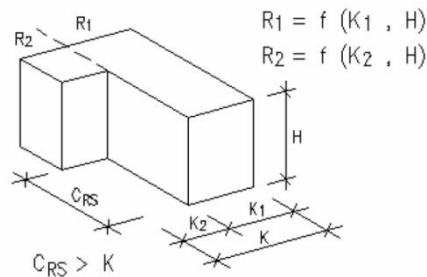


Fig. 21 - Parâmetros de dimensionamento para fachadas não contínuas – NP 1037-1 (2002)

Neste caso, se a profundidade do recuo (C_{RS}) for maior que uma das larguras (K_1 e K_2), devem determinar-se dois parâmetros R (R_1 e R_2), um para cada profundidade K (K_1 e K_2), seguindo no restante dimensionamento as regras para coberturas em terraço.

Um outro caso particular prende-se com a existência de pequenas construções ao nível da cobertura, ou com uma arquitetura em escada, criando um ou mais ressalto na fachada. Para esta situação, determina-se o parâmetro R para as dimensões do edifício até à altura do ressalto, e o parâmetro R_{rs} para as dimensões do ressalto, resultando da soma dos dois a dimensão R_T . Importa ainda determinar a dimensão X_{rs} entre o bordo da cobertura e o início do ressalto.

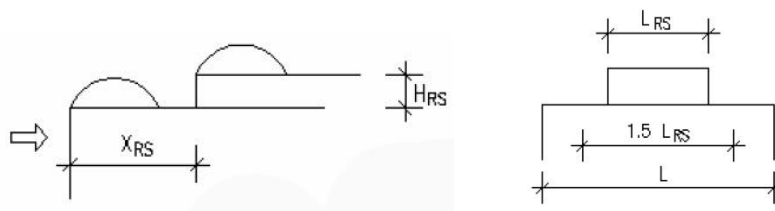


Fig. 22 - Parâmetros de dimensionamento para ressalto na cobertura – NP 1037-1 (2002)

$$R_{rs} = L_{rs}^{0,33} \times H_{rs}^{0,67}, (L_{rs} > H_{rs}) \quad (7)$$

$$R_T = R + R_{rs} \quad (8)$$

A área de influência provocada pelo ressalto corresponde a uma largura de $1,5L_{rs}$ centrada no ressalto, sendo que para essa área as metodologias a seguir descritas. Para áreas não abrangidas por esta, o dimensionamento faz-se como se de uma cobertura em terraço simples se tratasse.

Se a dimensão X_{rs} for nula, ou seja se o ressalto estiver em contínuo com a fachada, a zona de exclusão a jusante deste é limitada por uma linha horizontal, com início no bordo posterior e com extensão igual a R_{rs} , seguida de uma linha descendente com declive de 1:10 ($5,7^\circ$).

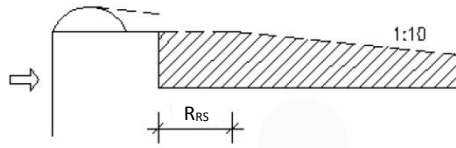


Fig. 23 - Zona de exclusão em resalto anterior – adaptado de NP 1037-1 (2002)

Tratando agora a situação de ressaltos recuados, nestes a área de exclusão está dependente do seu afastamento relativamente à fachada.

Para edifícios em que $X_{rs} < 0,5R_T$, a montante do resalto, a área de exclusão é limitada pela união do bordo da cobertura ao bordo do resalto por uma linha reta. Sobre o resalto, a área de exclusão é traçada da forma habitual para coberturas em terraço, tem por base o parâmetro R_T .

Se $0,5R_T \leq X_{rs} \leq 2R_T$, define-se a bolha de recirculação a montante do resalto, recorrendo ao parâmetro R_T , unindo em seguida o topo desta ao bordo do resalto. Quanto às zonas geradas sobre o resalto, estas são traçadas usando o parâmetro R_{rs} .

Por último, em situação que em que $X_{rs} > 2R_T$, a cobertura do edifício e a cobertura do resalto devem ser tratadas em separado, usando respetivamente os parâmetros R e R_T .

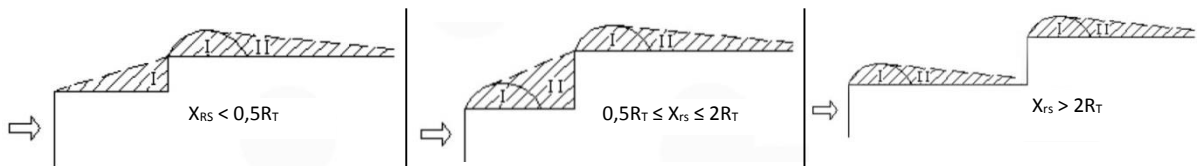


Fig. 24 - Zona de exclusão em ressaltos posteriores – adaptado de NP 1037-1 (2002)

Como é compreensível, qualquer obstáculo demasiado próximo da boca da conduta tem implicações negativas na extração da mesma, assim considera-se que um obstáculo está demasiado próximo da conduta e representa um problema sempre que:

$$\alpha < 0,02 R_{obs}^2 - 0,65 R_{obs} + 6,2 \quad (9)$$

$$\alpha = \frac{a}{H_{obs}} \quad (10)$$

Com,

- a: Distância entre obstáculo e conduta;
- H_{obs} : Altura do obstáculo;
- R_{obs} : Parâmetro R calculado com as dimensões do obstáculo.

3.5. VENTILAÇÃO SEPARADA

3.5.1 APARELHOS DE COMBUSTÃO A GÁS

Os aparelhos de combustão a gás são divididos em três tipos distintos, no que diz respeito ao modo de admissão e extração de ar que o dispositivo utiliza, sendo eles:

Tipo A – Aparelhos que não necessitam ser ligados a condutas de nenhum tipo, sendo o ar comburente captado diretamente no local em que se insere, e os produtos de combustão lançados diretamente nesse mesmo ambiente.

Tipo B – Estes são aparelhos correntemente utilizados nos edifícios de habitação, em que o ar comburente é admitido diretamente no local da instalação, sendo os produtos da combustão evacuados por uma conduta até ao exterior.

Tipo C – Este é um tipo de dispositivo em que todo o circuito de combustão é estanque, isto é o ar é captado a partir do exterior, dá-se a combustão e os produtos são extraídos também para o exterior, sem que nunca haja trocas com o ambiente interior do local.

Os aparelhos de tipo A, pelas suas características, apenas devem ser instalados em locais muito bem arejados de forma a evitar a contaminação do ambiente interior com os gases provenientes da combustão.

No que diz respeito aos dispositivos de tipo B, que na presença de um sistema de ventilação puramente natural (sem ventilador mecânico) pode perfeitamente localizar-se na cozinha, perante um sistema de ventilação mista, a coexistência de um aparelho de tipo B com o ventilador colocado sobre o fogão é absolutamente incompatível em virtude da grande probabilidade de originar fenómenos de inversão de fluxo conforme representado na Fig. 26.

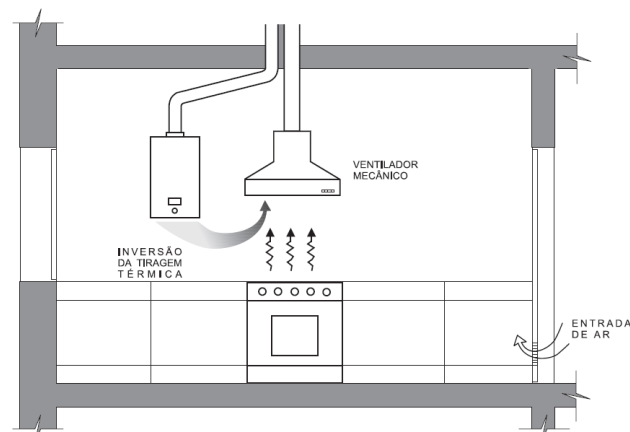


Fig. 25 - Inversão de fluxo no aparelho de combustão a gás do tipo B instalado na cozinha – adaptado de NP 1037-1 (2002)

Em alternativa, o aparelho deverá ser colocado numa divisão com ventilação separada, por exemplo a lavandaria, como tratado no capítulo seguinte.

3.5.2. LAVANDARIA

A lavandaria, sendo um local de grande produção de vapor de água que não se pretende propagar pelos restantes compartimentos, deve preferencialmente ser uma divisão com ventilação separada, não esquecendo que caso nela seja instalado um aparelho de combustão a gás do tipo B (vulgarmente um esquentador/caldeira) a separação do sistema de ventilação passa a ser uma necessidade, pelos motivos apresentados no capítulo anterior.

Quando a lavandaria é fisicamente separada da restante habitação, tipicamente em vivendas, é evidente que a questão da separação do sistema de ventilação nem se coloca, no entanto quando ela é parte integrante do edifício de habitação e o acesso é feito pelo interior do mesmo, é necessário garantir que os dois sistemas de ventilação separados não efetuam trocas entre eles através da passagem interior, durante tanto tempo quanto possível. Para isso, a porta de passagem deve garantir uma permeabilidade igual ou inferior $12 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$ para uma diferença de pressão de 100 Pa, requisito equivalente ao imposto à porta exterior da habitação, além disso é conveniente que a porta seja dotada de um dispositivo de fecho automático, com o objetivo de evitar que a porta permaneça aberta por esquecimento do utilizador.

Tratando-se de um compartimento de serviço, a lavandaria deve ter garantidas 4 RPH, renovações essas asseguradas por efeito de chaminé através de duas grelhas fixas colocadas na fachada, uma superior e uma inferior, dimensionadas de acordo com o exposto no Capítulo 2.2.1. Caso exista um aparelho a gás do tipo B instalado na lavandaria parte do ar admitido pela grelha inferior será extraído pela conduta do próprio aparelho, não havendo risco de inversão do fluxo, uma vez que a conduta, terminando na cobertura com um ventilador estático, dá origem a uma diferença de pressões superior à criada pelas grelhas superiores.

3.5.3. LAREIRAS DE FOGO ABERTO

A opção por uma lareira de fogo aberto no interior de uma habitação representa sempre um problema ao equilíbrio pretendido num sistema de ventilação corretamente dimensionado, por um lado porque constitui um novo ponto de extração em que o caudal extraído varia consoante a lareira se encontra em funcionamento, ou não, e por outro lado na medida em que a quando do funcionamento de ponta do exaustor da cozinha há uma forte possibilidade de ocorrer a inversão do fluxo da chaminé da lareira, em particular quando as condições climatéricas tendem a prejudicar a tiragem por efeito de chaminé. Pelos motivos referidos, a adoção de lareiras de fogo aberto é altamente desaconselhada no interior de edifícios de habitação. Apesar desta indicação, sendo efetivamente a lareira de fogo aberto a solução selecionada, as seguintes recomendações devem ser aplicadas com o intuito de evitar que esta perturbe o equilíbrio do sistema de ventilação.

A ideia principal passa por garantir que o compartimento onde se localiza a lareira usufrua de ventilação separada da restante habitação. Para isso a/s porta/s interiores que fecham esse compartimento devem possuir duas características principais:

- Garantir uma permeabilidade igual ou inferior $12 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$ para uma diferença de pressão de 100 Pa, tal como foi referido para a porta exterior da habitação, para evitar que haja trocas entre o sistema de ventilação conjunta e o sistema isolado da divisão em questão.

- Ser dotadas de um mecanismo de fecho automático, com o objetivo de evitar que a porta permaneça aberta por esquecimento do utilizador.

Por forma a assegurar uma eficiente tiragem dos gases de combustão produzidos, o caudal de ventilação do compartimento deve assegurar uma taxa não inferior a 4 RPH, bastante superior à 1 RPH aconselhada em situações correntes.

A lareira deve ser servida por uma conduta individual de secção igual ou superior a 400 cm^2 , não devendo a dimensão mínima da sua secção ser inferior a 200 mm. Tal como para as condutas de extração das instalações sanitárias, é aconselhável que a conduta possua uma resistência térmica não inferior a $0,5 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$, o que na prática pode ser conseguido envolvendo a conduta em lã mineral, com uma espessura de 2 a 3 cm, assim como se preconiza a colocação de um ventilador estático do tipo B.

Uma lareira de fogo aberto requer aproximadamente $300 \text{ m}^3/\text{h}$ o que, regra geral, é largamente superior ao idealizado para o compartimento em que se insere, motivo pelo qual se justifica a criação de uma entrada de ar de compensação, a alimentar diretamente o corpo da lareira, como representado na Fig. 27.

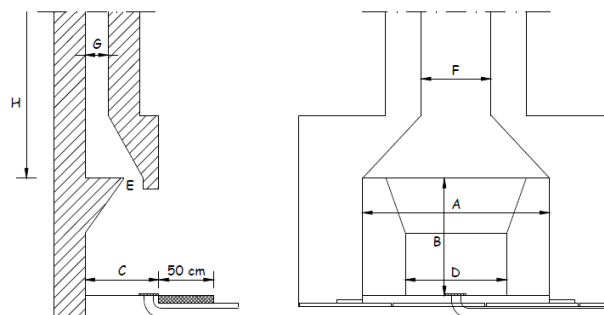


Fig. 26 - Lareira com admissão de ar direta

4

Aplicação Prática

No sentido de proceder à avaliação das recomendações apresentadas nos capítulos anteriores desta dissertação, entende-se ser pertinente fazer a aplicação prática das mesmas a alguns edifícios de habitação, com características distintas, por forma a detetar as dificuldades e ambiguidades que possam surgir.

Desta forma optou-se por fazer dois pequenos projetos de ventilação mista, para dois edifícios distintos, um edifício de habitação multifamiliar e uma moradia unifamiliar, procurando evidenciar as potenciais diferenças entre eles.

4.1. EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO COLETIVA

4.1.1 DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO

Para este capítulo selecionou-se, como base, um edifício de habitação coletiva construído no âmbito do programa de habitação a custos controlados (PER). O edifício é constituído por 4 pisos, perfazendo um total de 94 apartamentos, com tipologias T1, T2 e T3.



Fig. 27 - Fachada do edifício

Todos os fogos do edifício foram idealizados com um sistema de ventilação unicamente natural, pelo que agora o objetivo será aplicar as recomendações elaboradas nesta dissertação para o transformar num sistema de ventilação mista.

O edifício desenvolve-se em forma de “U” e compõe-se por 4 tipos de blocos distintos (A, B, C e D), dispostos segundo a Fig. 29. Na planta geral esquemática é possível ver assinalado o bloco do tipo B onde se localizam os apartamentos selecionados para este capítulo. Os apartamentos deste bloco possuem vãos voltados a Norte e a Sul.

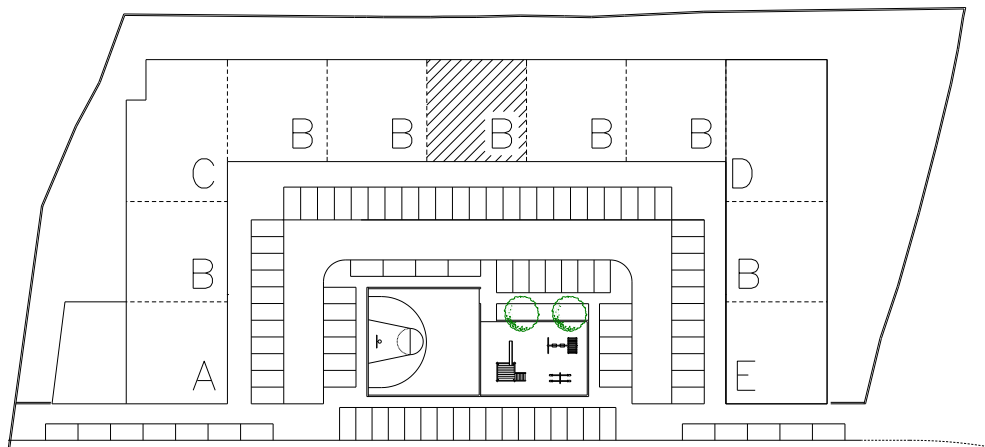


Fig. 28 - Planta geral do edifício, com identificação dos blocos

Em cada piso dos blocos de tipo B existem dois apartamentos, um T2 e um T3, conforme representado na Fig. 30. Sendo que, como já referido, apenas se realizará o projeto de ventilação mista para os de tipo T3.

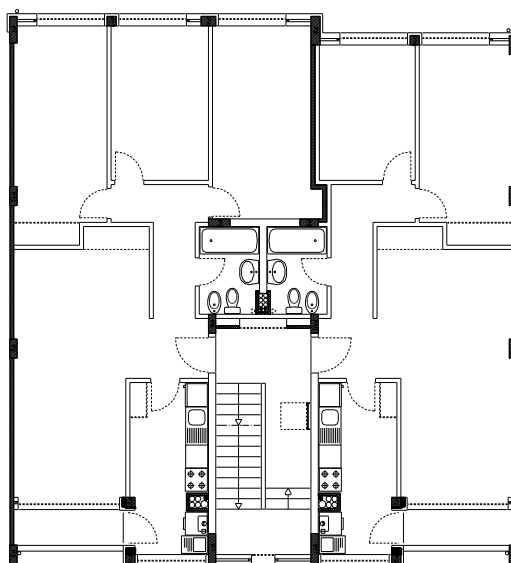


Fig. 29 - Planta de piso do bloco B (T3+T2)

O fogo de tipo T3 é composto por:

- três quartos, com áreas entre os 10 e os 14 m², cada um com um vão voltado a Norte, e uma porta interior para o corredor de passagem;
- uma instalação sanitária interior, sem vãos, com cerca de 4 m² de área, também com uma porta de passagem para o corredor;
- uma sala de 22,5 m², continua com o corredor, sem qualquer elemento separativo, com um vão voltado a Sul, para a varanda;
- uma cozinha de quase 10 m², com uma porta de passagem para o interior, de ligação com o corredor, uma porta de passagem para o exterior, de ligação com a varanda, e um vão envidraçado na fachada voltada a Sul.

4.1.2 CONCEÇÃO

A habitação deverá respeitar os princípios de um sistema de ventilação mista, garantindo assim uma ventilação constante e permanente de todos os compartimentos da mesma. Conforme representado na Fig. 31, o funcionamento do sistema de ventilação assenta na seleção dos pontos de entrada, passagem e saída do ar.

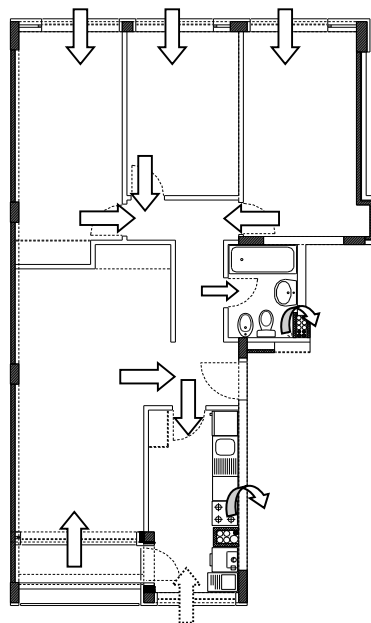


Fig. 30 - Representação esquemática dos fluxos de ar

A admissão será realizada a partir dos vãos exteriores dos quatro compartimentos principais, três quartos e uma sala, recorrendo à aplicação na caixa de estore de dispositivos destinado a esse propósito.

Sendo a sala um elemento contínuo com corredor/hall de entrada, sem qualquer elemento divisório, não será necessário prever a colocação de qualquer elemento de passagem. O mesmo não ocorre nos quartos e nos compartimentos de serviço, instalação sanitária e cozinha, onde, pela existência de portas interiores que os separam da área de circulação, serão integrados dispositivos de passagem nas mesmas, no sentido de permitir a circulação dos caudais adequados mesmo com as portas fechadas.

De referir ainda a existência de uma admissão de compensação, colocada na caixa de estore do vão exterior da cozinha, destinado a manter o equilíbrio de caudais, aquando da variação do caudal de extração.

A extração, como habitual no sistema misto, será realizada na instalação sanitária de forma natural, através de condutas individuais, e na cozinha, também por conduta individual, com o auxílio de um dispositivo de extração mecânico.

De salientar que pela inexistência de uma separação física entre a cozinha e a lavandaria, é impossível criar um compartimento de ventilação separada, pelo que na habitação não deve ser instalado nenhum aparelho de combustão a gás do tipo B.

4.1.3 DIMENSIONAMENTO

4.1.3.1 Dispositivos de admissão

Os dispositivos a dimensionar são os quatro representados na Fig. 32, estes deverão ser do tipo autorregulável, devendo satisfazer a condição de garantir uma renovação horária no compartimento em que se inserem. Nessa perspetiva, estão representados no Quadro 11 os caudais nominais que estes devem apresentar.

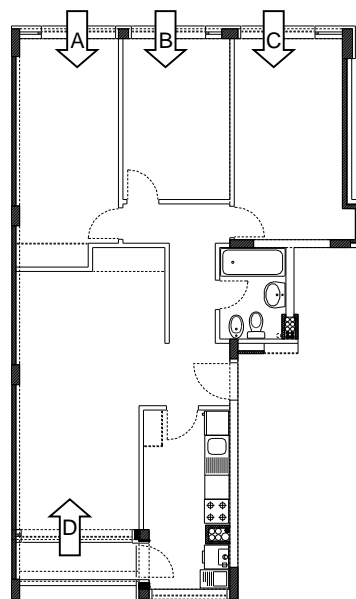


Fig. 31 – Localização dos dispositivos de admissão de ar

Quadro 11 - Dimensionamento das grelhas de admissão

Dispositivo	Compartimento	Área	Pé direito	Volume	Caudal nominal	RPH
A	Quarto	13,64 m ²	2,45 m	33,42 m ³	30 m ³ /h	0,90
B	Quarto	10,73 m ²	2,45 m	26,29 m ³	30 m ³ /h	1,14
C	Quarto	13,81 m ²	2,45 m	33,83 m ³	30 m ³ /h	0,89
D	Sala	22,49 m ²	2,45 m	55,10 m ³	60 m ³ /h	1,09

Como se pode verificar, com os caudais adotados, os dispositivos A e C não garantem uma renovação horária do compartimento em que são inseridos, no entanto ficam muito próximos desse valor (0,9 RPH), pelo que sendo os 30 m³/h o caudal comercial mais comum e numa lógica de manter um padrão em todo o apartamento, se optou por manter os 30 m³/h nesses dispositivos.

4.1.3.2 Extração na instalação sanitária

Tendo a instalação sanitária uma área em planta de 3,71 m², que multiplicados pelo pé direito de 2,45 m conduzem a um volume de aproximadamente 9 m³, para cumprir o critério de 4 renovações horárias do compartimento, seria necessária uma extração de 36 m³/h. Contudo o caudal de extração mínimo para as instalações sanitárias é de 45 m³/h, pelo que será esse o valor a utilizar neste projeto.

No que diz respeito à conduta de extração, optando-se pela utilização de condutas circulares individuais, esta deverá ter uma secção de 100 cm², o que é concretizável por uma conduta de 120 mm de diâmetro.

4.1.3.3 Dispositivos de passagem

A Fig. 33 esquematiza a localização dos cinco dispositivos de passagem interiores que o apartamento acolhe. O Quadro 12 indica a área útil que deve ser assegurada pelas passagens, por forma a permitir a saída dos caudais admitidos nos compartimentos principais e a entrada dos caudais extraídos nos compartimentos secundários.

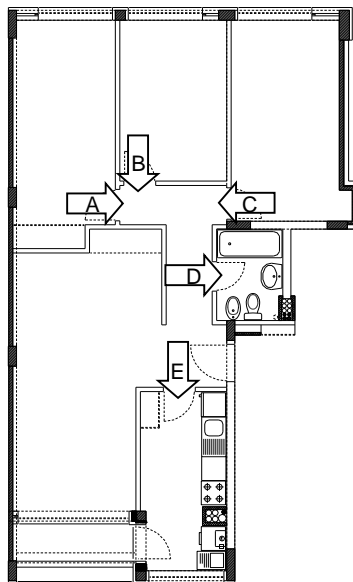


Fig. 32 - Localização dos dispositivos de passagem interior

Quadro 12 - Dimensionamento das passagens interiores

Dipositivo	Compartimento	Caudal de passagem	Área mínima
A	Quarto	30 m ³ /h	100 cm ²
B	Quarto	30 m ³ /h	100 cm ²
C	Quarto	30 m ³ /h	100 cm ²
D	Inst. Sanitária	45 m ³ /h	200 cm ²
E	Cozinha	105 m ³ /h	200 cm ²

4.1.3.4 Extração na cozinha

A cozinha admite, pela porta interior, um caudal de 105 m³/h, resultante do equilíbrio dos restantes compartimentos. Ultrapassando largamente as 2 RPH, e os 60 m³/h de caudal mínimo exigido, tomar-se-á então 110 m³/h como caudal constante.

Para caudal de ponta, e dado que a área da cozinha não ultrapassa os 30 m², em regime de ponta deveram ser extraídos 180 m³/h.

4.1.3.5 Área de exclusão na cobertura

Quadro 13 - Determinação do parâmetro R

Fachada	Largura (m)	Altura (m)	R
Norte	98,8	12,3	24,5
Sul	68,8	12,3	21,7
Este	47,3	12,3	19,2
Oeste	47,3	12,3	19,2

Quadro 14 - Dimensões da área de exclusão

Fachada	H (m)	X (m)	C (m)
Norte	5,4	12,3	22,1
Sul	4,8	10,9	19,5
Este	4,2	9,6	17,3
Oeste	4,2	9,6	17,3



Fig. 33 - Área de exclusão para as direcções de vento Este e Oeste

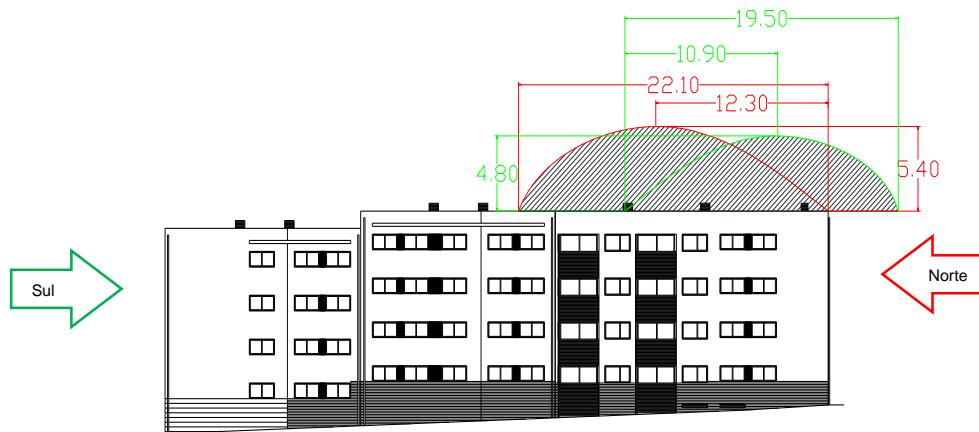


Fig. 34 - Área de exclusão para as direcções de vento Norte e Sul

Com as áreas de exclusão obtidas pode concluir-se que em determinados edifícios, em particular edifícios de habitação coletiva, com grandes áreas de fachada, pode não ser concretizável colocar as saídas de extração fora da área de exclusão, o que reforça a importância dos ventiladores estáticos de tipo B.

4.2. MORADIA UNIFAMILIAR

4.2.1 DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO

Neste capítulo serão aplicadas as recomendações para um sistema de ventilação mista aplicado a uma moradia unifamiliar. Esta moradia foi alvo de uma intervenção de reabilitação, na qual lhe foi integrado um sistema de ventilação mecânica, pelo que agora se procederá ao projeto de um sistema de ventilação mista da mesma.



Fig. 35 - Alçado Poente da moradia

Trata-se de uma moradia com 3 frentes e 3 pisos, cave, rés-do-chão e 1º andar, implantada num terreno com cerca de 327 m², cada piso tem uma área de implantação de aproximadamente 73 m², o que totaliza sensivelmente 219 m² de área bruta de construção.

O piso da cave dispõe de:

- Uma cozinha de 12,8 m²;
- Uma despensa com 3,8 m², adjacente à cozinha;
- Uma sala de 20 m² em contínuo com o corredor de passagem e com a zona das escadas;
- Uma instalação sanitária com 3,3 m²;
- Um compartimento de arrumos com 11,2 m².

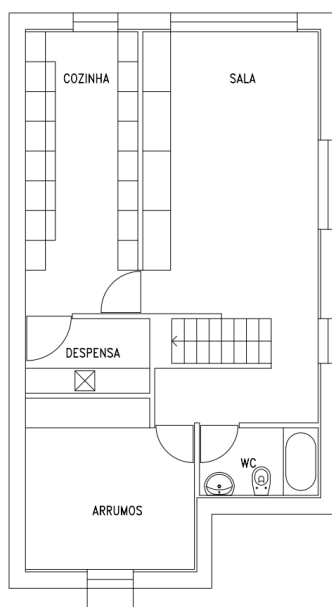


Fig. 36 - Planta da cave

O rés-do-chão conta com:

- Um hall de entrada com 6,3 m²;
- Um escritório de 9,8 m²;
- Uma instalação sanitária com cerca de 2 m²;
- Uma sala 33,6 m² em contínuo com a área das escadas, integrando uma lareira de fogo aberto;

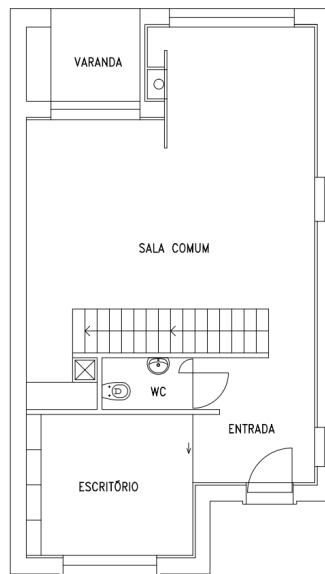


Fig. 37 - Planta do rés-do-chão

No 1º andar encontram-se:

- Dois quartos de 11m² cada;
- Uma suite de com 14,7 m², associada a uma instalação sanitária de 5,3 m²;
- Uma instalação sanitária comum com 3,7 m²

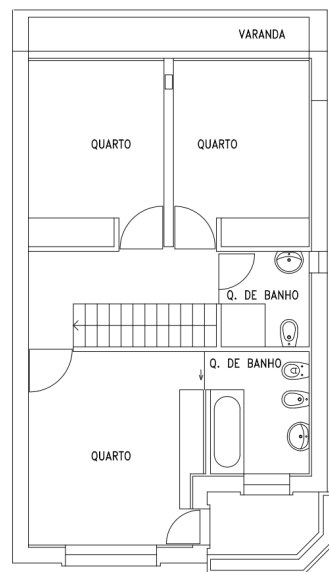


Fig. 38 - Planta do 1º andar

4.2.2 CONCEÇÃO

A habitação deverá respeitar os princípios de um sistema de ventilação mista, garantindo assim uma ventilação constante e permanente de todos os compartimentos da mesma. Conforme representado na Fig. 40, o funcionamento do sistema de ventilação assenta na seleção dos pontos de entrada, passagem e saída do ar.

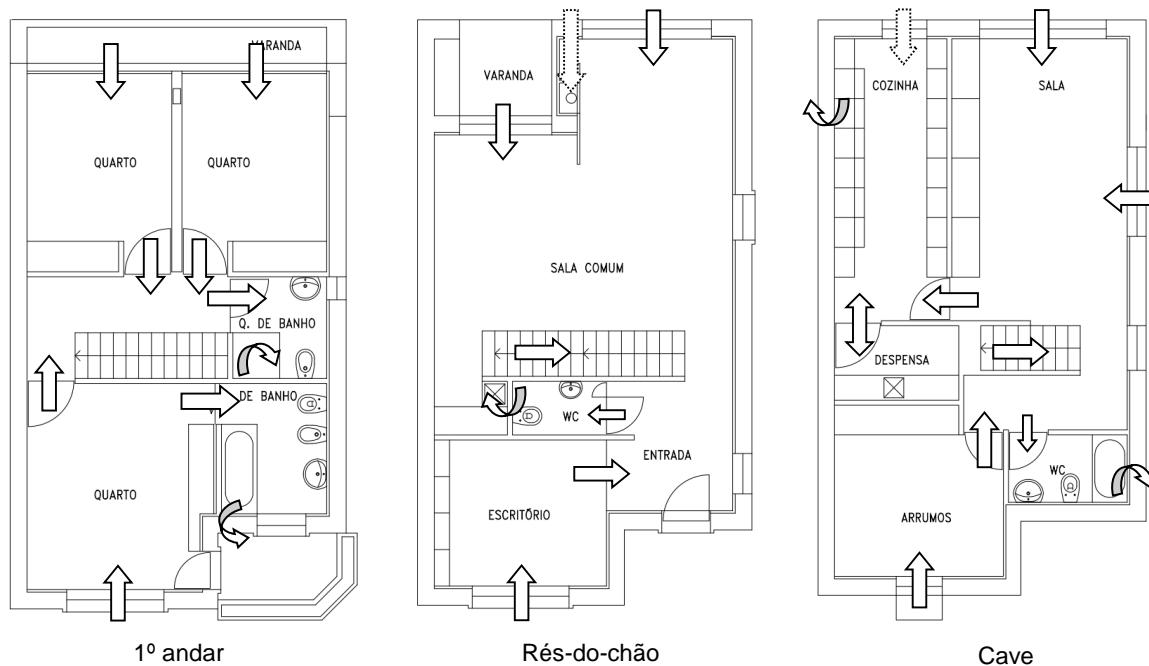


Fig. 39 - Representação esquemática dos fluxos de ar

No primeiro andar, o ar é admitido diretamente do exterior nos três quartos, e extraído de forma natural nas instalações sanitárias, devendo-se, dentro do possível, procurar equilibrar os caudais admitidos e extraídos neste piso, evitando assim a transição de um caudal de ar para o piso inferior.

Já no rés-do-chão é admitido ar novo no escritório e na sala comum, este ar será extraído na instalação sanitária deste piso, que poderá ser um pouco sobre dimensionada para responder à grande quantidade de ar admitido, Acabando parte dele por ter de circular até ao piso da cave. Além disso será ainda aplicada uma admissão de ar direta ao corpo da lareira, que preferencialmente deverá ser fechada. Na eventualidade de se optar por manter a lareira de fogo aberto, será então necessário alterar a arquitetura do piso, tornando a sala num compartimento de ventilação separada.

Quanto ao piso da cave, neste serão introduzidas admissões de ar na sala e no quarto de arrumos, bem como uma admissão de compensação na cozinha. O ar admitido neste piso será extraído de forma natural pela instalação sanitária e por intermédio de um ventilador mecânico na cozinha. Uma vez que a despensa é um compartimento interior, sem contacto direto ao exterior, adjacente à cozinha e de dimensões reduzidas, uma solução para este sistema passa por tomar a área da cozinha e da despensa como um só compartimento, sendo para isso necessário que a porta que os separa seja altamente permeável, eventualmente uma porta do tipo saloon, ou equivalente, a definir pela arquitetura.

4.2.3 DIMENSIONAMENTO

4.2.3.1 Dispositivos de admissão

Os dispositivos a dimensionar são os quatro representados na Fig. 32, estes deverão ser do tipo autorregulável, devendo satisfazer a condição de garantir uma renovação horária no compartimento em que se inserem. Nessa perspetiva, estão representados no Quadro 11 os caudais nominais que estes devem apresentar.

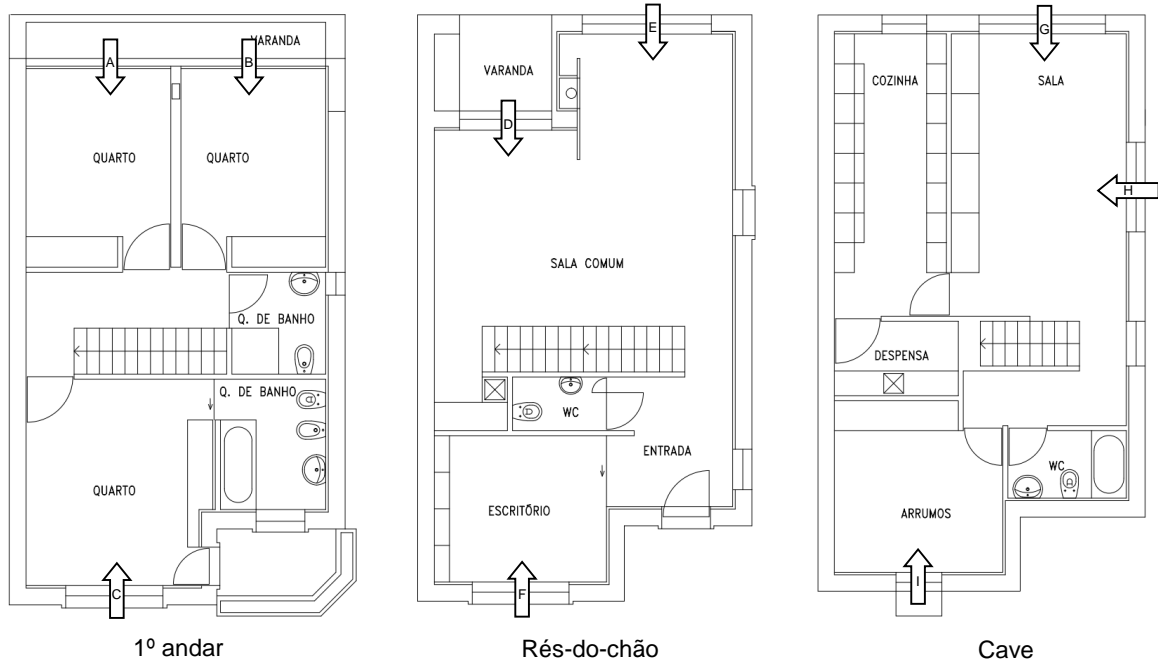


Fig. 40 - Localização dos dispositivos de admissão de ar

Quadro 15 - Dimensionamento das grelhas de admissão

Dispositivo	Compartimento	Área	Pé direito	Volume	Caudal nominal	RPH
A	Quarto	11,0 m ²	2,75 m	30,25 m ³	30 m ³ /h	0,99
B	Quarto	11,0 m ²	2,75 m	30,25 m ³	30 m ³ /h	0,99
C	Quarto	14,7 m ²	2,75 m	40,43 m ³	45 m ³ /h	1,11
D	Sala Comum	33,6 m ²	3,00 m	100,80 m ³	45 m ³ /h	1,04
E	Sala comum				60 m ³ /h	
F	Escritório	9,8 m ²	3,00 m	29,40 m ³	30 m ³ /h	1,02
G	Sala	20,0 m ²	2,80 m	56,00 m ³	30 m ³ /h	1,07
H	Sala				30 m ³ /h	
I	Arrumos	11,2 m ²	2,80 m	31,36 m ³	30 m ³ /h	0,96

4.2.3.2 Extração nas instalações sanitárias

O edifício dispõe de quatro instalações sanitárias, duas no primeiro andar e uma em cada um dos restantes pisos, procedendo-se em seguida ao dimensionamento dos elementos responsáveis pela exaustão em cada uma delas.

No primeiro andar, existem duas instalações sanitárias, uma comum e uma outra integrada na suite. A instalação sanitária que faz parte da suite tem uma área $5,3 \text{ m}^2$, que multiplicados pelo pé direito de $2,75 \text{ m}$ perfazem um volume de $14,6 \text{ m}^3$. Com este volume, e por forma a cumprir as 4 renovações horárias impostas, o sistema de extração deverá garantir um caudal de $58,3 \text{ m}^3/\text{h}$, pelo que se apontará para um caudal de cálculo de $60 \text{ m}^3/\text{h}$. No sentido de permitir a circulação do caudal calculado, dentro dos parâmetros recomendados, a conduta de extração, sendo circular, deverá ter uma secção de 120 cm^2 , o que é concretizável por uma conduta de 125 mm de diâmetro.

Quanto à instalação sanitária comum do mesmo piso, esta tem uma área de $3,7 \text{ m}^2$, e o mesmo pé direito de $2,75 \text{ m}$, pelo que o seu volume é de cerca de $10,2 \text{ m}^3$. Para assegurar 4 renovações horárias deveria ser extraído um caudal de $40,8 \text{ m}^3/\text{h}$, prevalecendo assim o caudal mínimo de $45 \text{ m}^3/\text{h}$. Para este caudal de extração, deverá usar-se uma conduta com secção mínima de 100 cm^2 , correspondendo a um diâmetro de conduta igual ou superior a 113 mm .

Passando ao piso do rés-do-chão, neste existe apenas uma instalação sanitária. Esta ocupa uma área de 2 m^2 , e o pé direito é de 3 m , o que perfaz um total de 6 m^3 . A imposição de 4 renovações horárias conduz a um caudal de $24 \text{ m}^3/\text{h}$, pelo que teria de ser adotado o caudal mínimo de $45 \text{ m}^3/\text{h}$. No entanto, no sentido de procurar um maior equilíbrio na ventilação do edifício este ponto de extração deverá estar dimensionado para um caudal de cálculo de $60 \text{ m}^3/\text{h}$. Para este caudal de extração, deverá usar-se uma conduta com secção mínima de 120 cm^2 .

Por último, a instalação sanitária da cave com $3,3 \text{ m}^2$ e um pé direito de $2,80 \text{ m}$, completando um volume de $9,2 \text{ m}^3$. Este volume requer $36,8 \text{ m}^3/\text{h}$ de extração para cumprir as 4 renovações horárias, pelo que mais uma vez o caudal mínimo obrigatório seria $45 \text{ m}^3/\text{h}$. Contudo, também neste caso, no sentido de procurar um maior equilíbrio na ventilação do edifício este ponto de extração deverá estar dimensionado para um caudal de cálculo de $60 \text{ m}^3/\text{h}$. Para este caudal de extração, deverá usar-se uma conduta com secção mínima de 120 cm^2 .

4.1.3.3 Dispositivos de passagem

A Fig. 42 esquematiza a localização dos dispositivos de passagem interiores necessários para toda a habitação. O Quadro 16 indica a área útil que deve ser assegurada pelas passagens, por forma a permitir a saída dos caudais admitidos nos compartimentos principais e a entrada dos caudais extraídos nos compartimentos secundários.

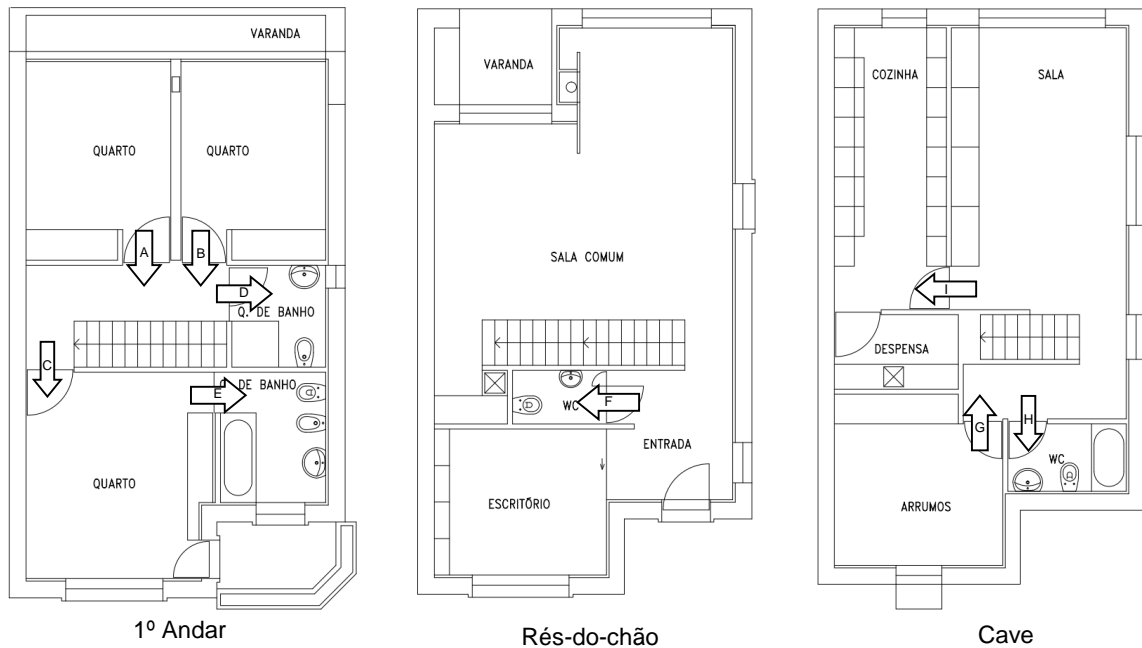


Fig. 41 - Localização dos dispositivos de passagem interior

Quadro 16 - Dimensionamento das passagens interiores

Dipositivo	Compartimento	Caudal de passagem	Área mínima
A	Quarto	30 m ³ /h	100 cm ²
B	Quarto	30 m ³ /h	100 cm ²
C	Quarto	30 m ³ /h	100 cm ²
D	Inst. Sanitária	45 m ³ /h	200 cm ²
E	Inst. Sanitária	60 m ³ /h	200 cm ²
F	Inst. Sanitária	60 m ³ /h	200 cm ²
G	Arrumos	30 m ³ /h	100 cm ²
H	Inst. Sanitária	60 m ³ /h	200 cm ²
I	Cozinha	105 m ³ /h	250 cm ²

Através da zona de escadas transita do rés-do-chão para a cave um caudal de 75 m³/h

4.2.3.4 Extração na cozinha

A cozinha, em conjunto com a dispensa, tem 16,6 m² de área, que multiplicada pelo pé direito de 2,80 m totaliza um volume de 46,5 m³. Devendo o caudal permanente assegurar 2 renovações horárias, este deveria ser de 93 m³/h, atendendo ainda a que pela porta interior chega um caudal de 105 m³/h, resultante do equilíbrio dos restantes compartimentos, deverá então seleccionar-se o exaustor para que garanta um caudal permanente de 100 m³/h.

Para caudal de ponta, o exaustor deverá extrair um caudal que permita cumprir 6 renovações horárias, o que representa 280 m³/h.

5

Conclusões

A presente dissertação teve por objetivo a definição clara dos elementos constituintes de um sistema de ventilação mista, bem como todos os aspetos que devem ser tidos em consideração para a execução de um projeto de ventilação deste tipo.

Procurou-se definir caudais de ventilação mínimos, diferentes formas de admissão e as suas funções, tipos de passagens interiores e os prós e contras de cada um e tipos de exaustão aplicáveis e regras de execução destes. Foram ainda abordadas situações tipicamente problemáticas, como a existência de aparelhos de combustão do tipo B, ou de lareiras de fogo aberto, no sentido de estabelecer em que condições estes podem ser integrados no sistema de ventilação.

No que diz respeito aos caudais de ventilação deve-se procurar cumprir taxas de renovações horárias iguais ou superiores a 1, para os compartimentos principais, e a 4, nos compartimentos de serviço, sendo que no caso da cozinha não se adotam 4 RPH constantes, mas sim uma média de 2 RPH em regime permanente e 6 RPH, em caudal de ponta, fazendo assim frente aos períodos de refeição.

De uma forma geral, conclui-se que existe uma gama de valores que em habitações correntes satisfazem os caudais de ventilação dos compartimentos, sendo eles:

Admissão nos quartos: $\approx 30 \text{ m}^3/\text{h}$;

Admissão na(s) sala(s): $\approx 60 \text{ m}^3/\text{h}$;

Extração nas instalações sanitárias: 45 a $60 \text{ m}^3/\text{h}$, levando a uma conduta $\varnothing 125\text{mm}$;

Extração permanente na cozinha: $\approx 100 \text{ m}^3/\text{h}$

No entanto estes valores são apenas elucidativos, não dispensando o cálculo discriminado dos mesmos, uma vez que de habitação para habitação as áreas dos compartimentos podem apresentar grandes disparidades.

Relativamente aos dispositivos de admissão, idealiza-se a utilização de grelhas autorreguláveis, para pressões não superiores a 10 Pa, localizadas em todos os compartimentos principais sobre um ou mais vãos, com caudal ajustado ao volume do compartimento em que se inserem e com características adequadas de isolamento acústico e estanquidade à água.

Para garantir a passagem do ar entre compartimentos, possibilitando a circulação desde os pontos de admissão até aos pontos de extração, importa garantir que as portas, mesmo que fechadas, permitem a passagem de um caudal adequado. Para isso, o método tradicional de folga sob a porta é uma hipótese e se cumprir a área útil recomendada completamente desimpedida, não há qualquer inconveniente, no entanto é frequente encontrar-se folgas de reduzidas dimensões ou parcialmente obstruídas, pelo que se aconselha a utilização uma grelha implantada na porta, com a vantagem de esta poder dispor de um atenuador acústico. Apesar de a utilização da grelha de passagem na porta poder representar um problema aos olhos da arquitetura, existem já soluções esteticamente muito interessantes, e outras até quase impercetíveis.

Ao nível da extração mecânica na cozinha é importante que o ventilador seja instalado ao nível da cobertura e não imediatamente sobre o fogão, como é comum assistir-se, por forma a evitar o permanente ruído provocado pelo seu funcionamento. Já no que toca à extração nas instalações sanitárias há mais alguns aspetos a ter em conta, uma vez que é feita por meios naturais e se pretende tanto quanto possível extrair caudais constantes. Para tal, a grelha de saída deve ser capaz de impedir o retorno do ar, a conduta deve ter um isolamento térmico igual ou superior $0,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$, a conduta deve se estender, se exequível, até fora da área de exclusão definida para a ação do vento, o que como se constatou nem sempre é possível por dar origem a áreas de grande altura. Por fim, no topo da conduta deve ser instalado um ventilador estático de classe B.

Quanto aos problemas potencialmente causados pela existência de aparelhos de combustão a gás do tipo B e de lareiras de fogo aberto num sistema de ventilação mista, conclui-se que a utilização deste apenas é aceitável quando inseridos num compartimento de ventilação separada, geralmente a sala para a lareira e eventualmente uma lavandaria ou despensa para o aparelho a gás.

Em jeito de conclusão geral, pode dizer-se que o sistema misto, enquanto alternativa aos sistemas natural e mecânico, acaba por ser uma boa combinação do melhor que cada um deles tem, apresentando várias vantagens relativamente a cada um, apesar de inevitavelmente também algumas desvantagens, contudo entende-se que o balanço é positivo e que, dando a devida atenção ao seu projeto, bem como à sua implantação, é um sistema que dá resposta às necessidades impostas ao nível dos edifícios de habitações.

BIBLIOGRAFIA

- CIBSE (2006). *Environmental Design. CIBSE Guide A*, London.
- Concannon, P. (2002). *Residential Ventilation*, Technical Note 57, Annex 5-AIVC, IEA-ECBCS.
- Decreto-Lei n.º 80/2006, *Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE)*, 4 de Abril, Diário da República, I Série-A, Lisboa.
- Ferreira, M. (2004). *Caudais de Ventilação Recomendados para Edifícios Residenciais*, Tese de Mestrado Submetida à FEUP, Porto.
- Ferreira, P. (2006). *Sistemas de Ventilação Híbridos em Edifícios*, Tese de Mestrado Submetida à FEUP, Porto.
- Freitas, V. P. (2008). *Recomendações Práticas para a Implementação de Sistemas de Ventilação Mistos em Edifícios de Habitação*, FEUP.
- Gomes, M. (2003). *Acção do Vento em Edifícios. Determinação de Coeficientes de Pressão em Edifícios em L e U*, Tese de Mestrado Submetida ao IST, Lisboa.
- NP 1037-1 (2002), *Ventilação e Evacuação dos Produtos da Combustão dos Locais com Aparelhos a Gás. Parte 1: Edifícios de Habitação. Ventilação Natural*, IPQ, Monte da Caparica.
- NP EN 20140-2 (2008). *Acústica. Medição do isolamento sonoro de edifícios e de elementos de construção. Parte 2: Determinação verificação e aplicação de dados de exactidão (ISSO 140-2:1991)*, IPQ, Monte da Caparica.
- NP EN 131141-2 (2008). *Ventilação de edifícios. Ensaios de desempenho dos componentes/produtos para ventilação de edifícios de habitação. Parte2: Aberturas de admissão de ar e aberturas de extracção de ar*, IPQ, Monte da Caparica.
- NP EN 131141-1 (2008). *Ventilação de edifícios. Ensaios de desempenho dos componentes/produtos para ventilação de edifícios de habitação. Parte1: Dispositivos de passagem de ar montados no exterior e no interior*, IPQ, Monte da Caparica.
- Pinto, A. (2012). *Proposta de Definição de Grelhas Auto-Reguláveis*, LNEC.
- Pinto, M. (2008). *Sistemas de Ventilação Natural e Mistos em Edifícios de Habitação*, Tese de Doutoramento Submetida à FEUP, Porto.
- Pinto, M., Freitas, V. P. (2007). *Qualidade do Ambiente Interior em Edifícios de Habitação*, Revista Engenharia e Vida, Setembro 2007.
- Ramalheira, F. (2005). *Manual de Boas Práticas de Vãos Envidraçados*, FEUP.
- Santamouris, M. (2007). *Advances in Passive Cooling*, Earthscan.
- VIEGAS, J. (2001). *Ventilação Natural de Edifícios de Habitação*. Lisboa, Portugal, Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
- http://export.renson.eu/Industrial-louvres-Worldwide-Industrial-louvres-Worldwide_35.html.
22/04/2013.
- <http://www.coopersystems.com.br/dutosCondicionadoAcessorios.php>. 10/05/2013.
- <http://www.jotul.com/pt/wwwjotulpt/Main-Menu/Informacao/Chamines-e-condicoes-de-tiragem/>.
25/06/2013.

