U.PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

PROJETO DE VENTILAÇÃO DE EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO COLETIVA

JOSÉ MIGUEL MACEDO MARTINS

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

JUNHO DE 2016

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2015/2016

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 - 2015/2016 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2016*.

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 e Irmã

A dúvida é o princípio da sabedoria.

Aristóteles

AGRADECIMENTOS

Esta dissertação é o culminar de um ciclo da minha vida e a realização de um sonho, por isso cumpre, aqui, expressar o meu sincero sentimento de gratidão.

Aos meus pais, pela oportunidade que me deram de o poder alcançar.

À minha irmã, Diana, por todo o incentivo sempre dado.

Aos meus amigos e colegas que me acompanharam ao longo destes 5 anos e que comigo partilharam todos os momentos vividos e todo o espirito de entreajuda.

Pretendo, no entanto, realçar a disponibilidade, o apoio e a orientação, a crítica construtiva e oportuna para o enriquecimento do texto recebidos do Professor Doutor Vasco Peixoto de Freitas, orientador desta dissertação, durante o desenvolvimento do trabalho.

A todos um muito obrigado.

RESUMO

Nos edifícios de habitação são constantemente produzidas substâncias poluidoras para o ambiente interior devido às atividades, ocupação ou através das emissões de substâncias libertadas pelos materiais de construção dos edifícios. Assim, a ventilação é uma forma de evitar a acumulação desses poluentes, que tem um impacto negativo para a saúde. A ventilação pode ser realizada através de sistemas de ventilação natural, mecânica ou a combinação entre estes dois sistemas. Esta deve proporcionar o equilíbrio entre a qualidade do ar interior, o conforto e o consumo de energia e, para isso, o número de renovações por hora deve ser adequado para assegurar esse equilíbrio.

Para garantir um apropriado desempenho dos sistemas de ventilação é essencial a existência de regulamentos/normas que definam os métodos de conceção e dimensionamento dos sistemas de ventilação. Neste trabalho é sintetizado um conjunto de regulamentos/normas de ventilação, em que se inclui a NP1037 em Portugal e as recomendações de outros países com climas semelhantes ao de Portugal.

Um sistema de ventilação é composto por vários dispositivos de ventilação. Esses dispositivos têm características próprias que intervêm no desempenho global do sistema. Deste modo, através de catálogos comerciais disponíveis, foram realizadas fichas de caracterização técnica para dispositivos-tipo.

Desenvolveu-se uma metodologia de projeto que permita definir a conceção mais adequada dos sistemas de ventilação, o dimensionamento dos diversos componentes, a respetiva especificação e a pormenorização. Complementarmente, essa metodologia foi aplicada a um caso de estudo correspondente à reabilitação de um sistema de ventilação de um conjunto habitacional em que se pretendeu a implementação de um sistema de ventilação mista.

PALAVRAS-CHAVE: Ventilação, Renovações por hora, Sistema natural e misto, Conceção e dimensionamento, Projeto de ventilação.

ABSTRACT

Residential buildings are constantly producing polluting substances to the indoor environment due to activities, occupation or through the emission of substances released by construction materials of buildings. Thus, ventilation is an important way to avoid the accumulation of air pollutants, which has a negative impact on health. The ventilation can be performed through natural ventilation, mechanical or a combination of these two systems. This should provide a balance between indoor air quality, comfort and energy consumption, so the number of air change rate should be adequate to ensure this balance.

To ensure proper performance of ventilation systems is essential the existence of regulations / standards which define the methods of design and sizing of ventilation systems. In this work is synthesized a set of regulations / ventilation standards, which includes the NP1037 in Portugal and the recommendations of other countries with climates similar to that of Portugal.

A ventilation system is composed of several ventilation devices. These devices have characteristics which involved in overall system performance. Therefore, through available commercial catalogues were performed technical characterization sheets for type-devices.

It was developed a design methodology allowing to define the most appropriate design of ventilation systems, the sizing of the various components, the respective specification and detail. In addition, this methodology was applied to a case study corresponding to the rehabilitation of a ventilation system of a set of dwellings in which it is intended to implement a mixed-ventilation system.

KEYWORDS: Ventilation, Air Change Rate (ACH), Natural and mixed ventilation system, Design and sizing of ventilation systems, Ventilation design.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS i
RESUMO iii
ABSTRACT iv

1. INTRODUÇÃO 1
1.1. ENQUADRAMENTO 1
1.2. OBJETIVO DO TRABALHO 2
1.3. ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURAÇÃO DO TEXTO 2

2. ESTADO DE ARTE 3
2.1. QUALIDADE DO AR INTERIOR 3
2.1.1. QUALIDADE DO AR INTERIOR EM EDIFÍCIOS HABITACIONAIS 5
2.1.2. PRINCIPAIS POLUENTES E FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE DO AR INTERIOR 6
2.1.3. CAUSAS DE ODORES 7
2.2. CONFORTO TÉRMICO 8
2.2.1. CONFORTO VS VENTILAÇÃO 8
2.2.2. VENTILAÇÃO NOTURNA 9
2.2.3. NORMA EN 15251:2007 10
2.3. TAXA DE VENTILAÇÃO 13
2.3.1. RPH VS QUALIDADE DE AR INTERIOR 14
2.3.2. RPH VS CONFORTO E ENERGIA 14
2.3.3. RPH VS DEGRADAÇÃO HIGROMÉTRICA DA HABITAÇÃO 15
2.3.4. RPH REGULAMENTAR VS RPH RECOMENDÁVEL 15
2.4. MECANISMOS DE VENTILAÇÃO NATURAL 16
2.4.1. VENTILAÇÃO NATURAL 16
2.4.2. AÇÃO DO VENTO 17
2.4.3. EFEITO TÉRMICO 18
2.4.4. EFEITO COMBINADO 18
2.4.5. TÉCNICAS DE VENTILAÇÃO NATURAL 19
2.4.5.1. Ventilação cruzada 19
2.4.5.2. Ventilação unilateral 19
2.5. SÍNTESE CRÍTICA DO CAPÍTULO 20

3. EXIGÊNCIAS DE VENTILAÇÃO 21

3.1. SISTEMAS DE VENTILAÇÃO EM EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO 21

3.1.1. TIPO DE SISTEMAS DE VENTILAÇÃO 21

3.2. DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS CORRENTES DE VENTILAÇÃO 22

3.2.1. SISTEMAS DE VENTILAÇÃO NATURAL 22

3.2.2. SISTEMAS MISTOS DE VENTILAÇÃO 23

3.2.3. SISTEMA DE ADMISSÃO E EXAUSTÃO MECÂNICA CENTRAL 24

3.2.4. SISTEMA VENTILAÇÃO HÍBRIDA 24

3.2.5. SISTEMA DE VENTILAÇÃO MAIS HABITUAL EM PORTUGAL 24

3.3. REGULAMENTAÇÃO DE PAÍSES COM CLIMAS SEMELHANTES AO DE PORTUGAL 25

3.3.1. REGULAMENTAÇÃO FRANCESA: « ARRÊTÉ DU 24 MARS 1982 RELATIF À L'AÉRATION DES LOGEMENTS » 25

3.3.2. REGULAMENTAÇÃO ESPANHOLA: « CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN » 27

3.3.2.1. Cumprimento das condições estabelecidas pelos caudais 27

3.3.2.2. Condições gerais 28

3.4. LEGISLAÇÃO/ NORMALIZAÇÃO E RECOMENDAÇÕES EXISTENTES EM PORTUGAL 29

3.4.1. NP 1037-1 (2002) - PARTE 1: EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO. VENTILAÇÃO NATURAL 29

3.4.1.1. Generalidades 29

3.4.1.2. Exigências de ventilação 29

3.4.1.3. Caudais-tipo 29

3.4.1.4. Admissão de ar 31

3.4.1.5. Passagens de ar interiores. 31

3.4.1.6. Evacuação de ar 32

3.4.1.7. Dimensionamento da ventilação do fogo. 33

3.4.2. NP 1037-2 (2009) - PARTE 2: EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO. VENTILAÇÃO MECÂNICA CENTRALIZADA (VMC) DE FLUXO SIMPLES 34

3.5. CARACTERÍSTICAS DISPONÍVEIS DE DISPOSITIVOS DE VENTILAÇÃO NO MERCADO 35

3.5.1. FICHA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS 35

3.5.1.1. Modelo da ficha de características técnicas 35

3.5.1.2. Funcionamento da ficha de características técnicas 36

3.5.1.3. Características disponíveis 37

3.6. SÍNTESE CRÍTICA DO CAPÍTULO 43

4. CONCEÇÃO E DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS DE VENTILAÇÃO

4.1. INTRODUÇÃO 45

4.2. CONCEÇÃO DE SISTEMA DE VENTILAÇÃO MISTA 46

4.3. DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS DE VENTILAÇÃO NATURAL E MISTA 46

4.3.1. ADMISSÃO DE AR 46

4.3.1.1. Permeabilidade ao ar das janelas e das portas 46

4.3.1.2. Dispositivos de admissão de ar 47

4.3.1.3. Abertura de admissão de ar em parede de fachada 50

4.3.2. DISPOSITIVOS DE PASSAGEM DE AR INTERIOR 51

4.3.2.1. Permeabilidade ao ar das portas interiores. 51

4.3.3. EXTRAÇÃO DO AR POR VENTILAÇÃO NATURAL 52

4.3.3.1. Aberturas de extração de ar 52

4.3.3.2. Condutas de evacuação do ar 52

4.3.3.3. Saída das condutas de evacuação do ar 53

4.3.4. VENTILADORES ESTÁTICOS E EÓLICOS 57

4.3.4.1. Ventiladores estáticos 57

4.3.4.2. Ventiladores eólicos 58

4.3.5. CAIXA DE ESCADAS 59

4.3.6. LAVANDARIA 61

4.3.7. LAREIRAS DE FOGO ABERTO 61

4.3.7.1. Pormenorização de uma lareira de fogo aberto 62

4.3.7.2. Disposição das condutas de admissão de ar das lareiras de fogo aberto 62

4.3.8. ARMÁRIOS 63

4.3.9. DESPENSAS 63

4.3.10. EXTRAÇÃO DE AR POR VENTILAÇÃO MISTA 64

4.3.10.1. Dispositivos de extração mecânica em cozinhas e instalações sanitárias 64

4.3.10.2. Dispositivos de compensação do ar interior em cozinhas 64

4.3.11. APARELHO A GÁS 65

4.4. SÍNTESE CRÍTICA DO CAPÍTULO 66

5. PROJETO DE VENTILAÇÃO DE UM BAIRRO SOCIAL REABILITADO 67

5.1. INTRODUÇÃO 67

5.2. DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO 67

5.2.1. CAIXA DE ESCADAS 69

5.3. CONCEÇÃO 69

5.4. DIMENSIONAMENTO 71

5.4.1. DISPOSITIVOS DE ADMISSÃO 71

5.4.2. DISPOSITIVOS DE EXTRAÇÃO 72

5.4.3. DISPOSITIVOS DE PASSAGEM DE AR INTERIOR 74

5.4.4. CAIXA DE ESCADAS 76

5.5. PORMENORIZAÇÃO 77

5.5.1. ALÇADOS, CORTES E PORMENORES 77

5.5.1.1. Dispositivos de admissão 77

5.5.1.2. Dispositivos de Extração 77

5.5.2. CAIXA DE ESCADAS 78

5.5.3. LAVANDARIA 79

5.5.4. MAPA DE TAREFAS E QUANTIDADES 80

5.6. ESPECIFICAÇÃO 81

5.6.1. CADERNO DE ENCARGOS 81

5.6.1.1. Características dos materiais ou componentes 81

5.6.1.2. Procedimento de execução 83

5.6.1.3. Controle da qualidade 83

5.7. SÍNTESE CRÍTICA DO CAPÍTULO 84

6. CONCLUSÕES 85

6.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS 85

6.2. CONCLUSÕES OBTIDAS DO PROJETO 86

6.3. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS 86

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 - Atividades produtoras de poluentes....4

Fig. 2 - Efeito da inercia térmica....9

Fig. 3 - Temperatura operativa interior aceitável para o projeto de edifícios sem sistema de arrefecimento mecânico em função temperatura média exterior ponderada. 11

Fig. 4 - Intervalo de temperatura operativa aceitável na estação de arrefecimento para uma categoria do tipo II no Porto. 13

Fig. 5 - Variações de pressões causada pelo efeito do vento. 17

Fig. 6 - Ventilação por ação da diferença de temperatura 18

Fig. 7 - Distribuição global de pressões como resultado da ação combinada do vento e do efeito de chaminé. 18

Fig. 8 - Ventilação cruzada 19

Fig. 9 - Ventilação unilateral 19

Fig. 10 - Exemplo esquemático da circulação do ar numa habitação. 25

Fig. 11 - Exemplo esquemático da circulação do ar numa habitação. 28

Fig. 12 - Exemplo de esquema de ventilação conjunta do fogo. 33

Fig. 13 - Exemplo de esquema de ventilação separada de um fogo com lareira de fogo aberto. 34

Fig. 14 - Modelo de ficha de características. 35

Fig. 15 - Exemplo de funcionamento das fichas de características técnicas 36

Fig. 16 - Esquema de ventilador estático 42

Fig. 17 - Procedimento de conceção e dimensionamento de um sistema de ventilação. 45

Fig. 18 - Posicionamento das aberturas de admissão de ar. 47

Fig. 19 - Possível solução de grelha posicionada sobre o parapeito 47

Fig. 20 - Exemplo de uma grelha higrorregulável 48

Fig. 21 - Variação do caudal com a humidade relativa. 48

Fig. 22 - Caraterísticas acústicas de um grelha higrorregulável. 48

Fig. 23 - Exemplo de uma grelha autorregulável 49

Fig. 24 - Variação do caudal em função da diferença de pressão 49

Fig. 25 - Caraterísticas acústicas de uma grelha autorregulável. 49

Fig. 26 - Dispositivos de passagem de ar interior. 51

Fig. 27 - Exemplo de dipositivos de passagem de ar interior 51

Fig. 28 - Exemplo de abertura de evacuação em cozinhas e instalações sanitárias. 52

Fig. 29 - Troços inclinados nas condutas de evacuação de ar. 52

Fig. 30 - Esquema da altura da conduta de evacuação de ar para coberturas com inclinação superior a 15º 54

Fig. 31 - Esquema da altura da conduta de evacuação de ar para coberturas de telhado com inclinação inferior a 15º e coberturas em terraço. 54
Fig. 32 - Método de dimensionamento da posição das saídas das condutas de evacuação do ar 54
Fig. 33 - Área de inclusão para chaminés de edifícios unifamiliares 55
Fig. 34 - Edifício com fachada frontal não contínua. 55
Fig. 35 - Zona a considerar se Xrs=0. 56
Fig. 36 - Zonas a considerar se Xrs≠0 56
Fig. 37 - Largura da fachada em o método é executado 56
Fig. 38 - Princípio de funcionamento dos ventiladores estáticos 57
Fig. 39 - Esquema de uma habitação com sistema de ventilação natural com um ventilador estático. 57
Fig. 40 - Diversos formatos de ventiladores estáticos e eólicos. 58
Fig. 41 - Ventilador eólico 58
Fig. 42 - Condutas de ligação a ventiladores estáticos e eólicos. 58
Fig. 43 - Ventilação conjunta em comunicações interiores de edifício com alturas até a 9 metros. 59
Fig. 44 - Aberturas de admissão e exaustão para a ventilação separada de comunicações horizontais. 59
Fig. 45 - Ventilação separada em comunicações interiores de edifício com alturas entre 9 metros e 28 metros. 60
Fig. 46 - Dimensionamento de lareira de fogo aberto. 62
Fig. 47 - Exemplos de disposições de condutas de admissão de ar em lareiras de fogo aberto 62
Fig. 48 - Solução construtiva para a ventilação armários embutidos na parede. 63
Fig. 49 - Armário com portas autoventilado. 63
Fig. 50 - Esquema de passagem de ar interior em despensas. 63
Fig. 51 - Dispositivo de compensação do ar interior em cozinhas. 64
Fig. 52 - Tipo de aparelho de combustão a gás. 65
Fig. 53 - Soluções para o funcionamento de um aparelho tipo B e exaustor mecânico 65
Fig. 54 - Fotografia aérea do bairro. 67
Fig. 55 - Metade de um bloco do Bairro de Ramalde. 68
Fig. 56 - Corte e planta da caixa de escada. 69
Fig. 57 - Planta da circulação do ar interior das habitações 70
Fig. 58 - Planta de admissão de ar para interior das habitações. 71
Fig. 59 - Planta de extração do ar interior das habitações. 72
Fig. 60 - Dimensões das condutas de extração. 73
Fig. 61 - Planta de passagem de ar interior das habitações. 74
Fig. 62 - Esquema da circulação de ar na caixa de escadas. 76

Fig. 63 - Dispositivos de admissão: alçado, corte, pormenor. 77
Fig. 64 - Dispositivos de extração das instalações sanitárias: corte, pormenor. 77
Fig. 65 - Dispositivos de extração das cozinhas: corte, pormenor. 78
Fig. 66 - Dispositivos de admissão da caixa de escadas: alçado, corte. 78
Fig. 67 - Dispositivos de admissão da lavandaria: corte. 79

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Principais substâncias poluidoras. 6
Tabela 2 - Fatores que afetam a qualidade do ar interior 6
Tabela 3 - Odores como indicadores de problemas nos edifícios. 7
Tabela 4 - Sensibilidade do corpo humano às velocidades de ar interior para sistemas de ventilação mecânica no Verão. 8
Tabela 5 - Norma EN15251 10
Tabela 6 - Largura de banda em função das categorias de conforto 11
Tabela 7 - Normas Climatológicas referentes a 1981-2010 no Verão (Porto) 12
Tabela 8 - Sistemas de ventilação natural. 22
Tabela 9 - Sistemas mistos de ventilação 23
Tabela 10 - Sistemas de admissão e exaustão mecânica central. 24
Tabela 11 - Caudais-tipo de extração em cada compartimento de serviço. 26
Tabela 12 - Caudais totais extraídos e os caudais reduzidos em cozinhas. 26
Tabela 13 - Caudais totais mínimos quando a ventilação é garantida por VMC com condições de qualidade do ar controladas. 26
Tabela 14 - Caudal de ventilação mínimo exigido em cada compartimento. 27
Tabela 15 - Caudais-tipos a admitir nos compartimentos principais. 30
Tabela 16 - Caudais-tipo a extrair nos compartimentos de serviço. 30
Tabela 17 - Áreas úteis recomendadas para aberturas em paredes de fachadas em edifícios da classe de exposição Exp 1. 31
Tabela 18 - Área útil das aberturas de entrada de ar nos compartimentos a partir de condutas. 31
Tabela 19 - Áreas úteis das aberturas de passagem de ar dos compartimentos principais para os compartimentos de serviço. 31
Tabela 20 - Áreas úteis das aberturas de evacuação de ar (perda de carga de aproximadamente 3 Pa). 32
Tabela 21 - Áreas úteis das aberturas de evacuação de ar (perda de carga de aproximadamente 10 Pa). 32
Tabela 22 - Grelha de admissão: Anjos. 37
Tabela 23 - Grelha de admissão: France Air 39
Tabela 24 -Ventiladores estáticos: Decflex 41
Tabela 25 - Classes de exposição ao vento. 46
Tabela 26 - Classes de permeabilidade ao ar das janelas e das portas exteriores em função da sua exposição. 47
Tabela 27 - Características de dimensionamento das aberturas em parede de fachada conforme a classe de exposição. 50

Tabela 28 - Classes dos ventiladores estáticos consoante o fator de depressão. 58
Tabela 29 - Dimensionamento dos dispositivos de admissão. 72
Tabela 30 - Dimensionamento dos dispositivos de passagem de ar interior. 75
Tabela 31 - Mapa de tarefas e quantidades. 80

ÍNDICE DE FÓRMULAS

Formula 1.1 - Temperatura operativa interior de conforto 11

Formula 1.2 - Temperatura média exterior ponderada 12

Formula 2.1 - Taxa nominal horária de renovação de ar interior, RPH 14

Formula 2.2 - RPH mínimo necessário para que a humidade interior não exceda um dado valor de referência.....15

Formula 3.1 – Caudal de ar a ventilar – aparelhos a gás 29

Formula 3.2 – Caudal de ar a ventilar - caldeiras 30

1
INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

O controlo da ventilação do interior dos edifícios tem vindo a ser uma das preocupações indispensáveis para o bem-estar dos ocupantes. Essa natural preocupação permitiu o desenvolvimento de sistemas de ventilação eficazes para resolver problemas como a qualidade de ar interior, conforto, saúde, segurança e degradação dos edifícios.

Inicialmente, as civilizações começaram por utilizar a ventilação com a finalidade de redirecionar os gases libertados pela combustão para o exterior, e para remover os odores degradáveis através da ventilação natural. Porém, com o decorrer do tempo para assegurar um maior conforto e poupança de energia nos edifícios, tornou-se a envolvente cada vez mais estanque ao ar, o que resultou numa má qualidade do ar interior e na acumulação de poluentes, causando problemas de saúde para os ocupantes e problemas de humidade.

Atualmente, os sistemas de ventilação evoluíram bastante com a introdução de novos métodos de ventilação mecânica que se podem associar com sistemas de ventilação natural, contudo, a introdução dos sistemas de ventilação mecânica contribuiu para um maior consumo energético. Para países amenos, com condições climáticas moderadas, como é o caso de Portugal, é possível reduzir o consumo energético e manter uma boa qualidade do ar e conforto interior dos edifícios através do aproveitamento de mecanismos de ventilação natural. No entanto, nos locais com maior produção de poluentes as ações naturais podem não ser suficientes para extrair o excesso de produção de ar viciado dos edifícios, e por isso a aplicação de mecanismos de extração mecânica nesses locais é favorável para promover uma competente ventilação dos edifícios. Em geral, cada sistema de ventilação tem as suas vantagens e desvantagens dependendo, para além das condições climáticas, da dimensão e forma do edifício e dos obstáculos da envolvente.

A regulamentação sobre a ventilação varia de país para país, em que são exigidas diferentes taxas de renovação de ar interior dependendo das diferentes taxas de emissão de poluentes, acabamentos do edifício no interior, culturas e atividades dos ocupantes. É conveniente a utilização de tecnologia adequada para esse efeito, o que hoje em dia já se encontra disponível numa enorme quantidade de dispositivos que permitem o controlo da ventilação e do ruido, entre outras condicionantes para o bem-estar.

Por fim, um sistema de ventilação apropriado deve ser aquele que proporciona quantidades controladas de ar fresco do exterior, não poluído, assegurando conforto e diluição das substâncias contaminantes. A utilização desse sistema deve ser favorável para o utilizador, como por exemplo: o seu impacto acústico, económico e estético, pois se não forem cumpridos esses padrões mínimos poderão ser rejeitados pelo utilizador o que irá ter impacto prejudicial na qualidade do ar e preservação da habitação.

1.2. OBJETIVO DO TRABALHO

Em Portugal, muitos dos edifícios encontram-se em situação de degradação progressiva devido ao seu envelhecimento. Parte desses edifícios não têm condições de ventilação suficientes para garantir os requisitos mínimos de bem-estar dos seus habitantes, agravando os números de casos de doenças respiratórios e a deterioração dos edifícios de habitação, principalmente tendo em atenção que o tempo de permanência dos habitantes tem vindo a aumentar ao longo dos tempos. Por isso, os objetivos fundamentais desta dissertação passam pela realização de um projeto de ventilação de um bairro social localizado na cidade do Porto, de modo a satisfazer a exigências regulamentares estipuladas pelos regulamentos portugueses. Para a realização deste projeto é essencial:

- Efetuar-se uma análise dos principais meios de ventilação e a forma de quantificá-los;
- Identificar e descrever os possíveis sistemas de ventilação a inserir nestes edifícios e realizar um estudo dos principais regulamentos/normas de ventilação;
- Identificar os potenciais dispositivos de ventilação existentes no mercado e detalhar as suas principais caraterísticas de funcionamento;
- Descrever os métodos de conceção e dimensionamento dos possíveis sistemas de ventilação destes edifícios;
- Aplicar a metodologia a um caso de ventilação mista.

1.3. ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURAÇÃO DO TEXTO

A estrutura desta dissertação divide-se em 6 capítulos:

No capítulo 1 faz-se uma breve introdução desta dissertação, na qual se definem os seus principais objetivos a cumprir, como também o modo como se irá estruturar o texto;

O capítulo 2 corresponde ao estado de arte, faz-se referência à qualidade do ar interior, conforto, taxas de ventilação e os principais mecanismos de ventilação natural.

No capítulo 3 são abordadas as exigências de ventilação referindo os tipos de sistemas de ventilação existentes, os regulamentos de países com climas semelhantes ao de Portugal e a regulamentação e recomendações portuguesas, também são referidas as características dos dispositivos de ventilação existentes no mercado.

O capitulo 4 é dedicado à conceção e dimensionamento de sistemas de ventilação natural e mista.

No capitulo 5 apresenta-se o projeto de ventilação referente a um bairro com a aplicação das metodologias anteriores

O capitulo 6 refere-se às principais conclusões retiradas ao longo de cada um destes capítulos.

2
ESTADO DE ARTE

2.1. QUALIDADE DO AR INTERIOR

A qualidade do ar interior tem vindo a ser um objeto de estudo pelo impacto na saúde e conforto dos ocupantes. É desejável que o ar interior seja fresco e agradável, sem nenhum impacto negativo para a saúde e que estimule o trabalho [1].

Os indivíduos que estão constantemente expostos a uma má qualidade do ar interior, em regra geral, tendem a sofrer consequências negativas ao nível da saúde, nomeadamente sobre o sistema respiratório, o sistema imunológico, a pele, o sistema sensorial, o sistema nervoso central, o sistema nervoso periférico e o sistema cardiovascular [2]. Assim, é essencial existir uma maior preocupação sobre a qualidade do ar no interior das habitações, de maneira a que não estejam presentes no ambiente interior elevadas concentrações de substâncias indesejáveis para a saúde dos ocupantes. Para tal, é importante dimensionar e implementar sistemas de ventilação que cumprem o objetivo de admitir ar novo e evacuar as substâncias das fontes poluidoras, evitando a contaminação do interior.

A simples ocupação de compartimentos fechados permite a deterioração do ar interior através da respiração, pois estamos constantemente a produzir vapor de ar e dióxido de carbono, que tende a aumentar dependendo do número de ocupantes dentro do mesmo compartimento, e do tempo de permanência. Com o tempo, esses problemas têm-se vindo a agravar, pois os ocupantes dos edifícios têm aumentado o seu tempo de permanência em locais fechados. Outros fatores como o desenvolvimento de novas tecnologias (como por exemplo a utilização de caixilharias mais estanques à infiltração de ar, e o recurso a sistemas de ar condicionado complexos), e o aumento da exigência de conforto por parte do utilizador [2], permitiram que a deterioração do ar interior aumentasse.

Das atividades humanas aquelas que geralmente produzem poluentes são [1] (Fig. 1):

- a confeção de alimentos;
- a lavagem e secagem de loiça e roupa;
- a utilização das instalações sanitárias;
- a utilização de produtos de limpeza;
- a combustão nos aparelhos a gás;
- o consumo de tabaco, entre outros.



Fig. 1–Atividades produtoras de poluentes [3].

Não só a atividade humana tem vindo a ter influência na degradação do ar interior, como também os materiais de construções, podendo produzir e libertar substâncias contaminantes para o interior [2]. A contaminação através dos materiais de construção depende do tempo, por exemplo quando se acaba de construir um edifício novo ou a reabilitá-lo, é necessário um reforço de ventilação para diluir as emissões de poluentes existentes no ar, como também a longo prazo os materiais de construção vão-se desagregando, libertando substâncias perigosas, e a sua inalação poderá ter um grave impacto para a saúde, como exemplo as placas de amianto, que quando degradadas poderão originar tumor pulmonar [1, 4].

A avaliação da qualidade do ar interior estende-se por dois critérios: **critério de saúde** e **critério sensorial**, sendo o primeiro um critério quantificativo que se baseia no valor limite das substâncias poluentes em função do tempo de permanência dos ocupantes no ambiente contaminado, enquanto que o segundo baseia-se no efeito sensorial das substâncias causadas ao ser humano [1].

Por vezes, pelo simples facto de existir odores difíceis de se quantificar, que são incomodativos para o ser humano, a necessidade do critério de saúde torna-se irrelevante e insuficiente para avaliar a qualidade de ar interior. Por outro lado, existem substâncias que não têm qualquer efeito sensorial no ser humano, e que representam um alto risco para a sua saúde, como é o caso do monóxido de carbono, que é um gás incolor, inodoro e tóxico, difícil de se detetar sensorialmente. Portanto, a avaliação da qualidade do ar deve ser escolhida consoante o critério que possuir maior efeito negativo para o bem-estar dos ocupantes [1].

O Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH), Decreto-Lei nº118/2013 de 20 de Agosto, estabelece como política de qualidade de ar interior a imposição em manter os valores mínimos de renovações por hora, de forma a limitar as concentrações de poluentes do ar interior, e assim garantir níveis de proteção de saúde e de bem-estar favoráveis para os ocupantes dos edifícios. Este regulamento destaca a importância de intervir no controlo das fontes de poluição, e da adoção de medidas preventivas ao nível da conceção e funcionamento dos edifícios, de tal modo que sejam asseguradas as exigências legais para a redução de possíveis riscos para a saúde pública [5].

2.1.1. QUALIDADE DO AR INTERIOR EM EDIFÍCIOS HABITACIONAIS

Para garantir uma boa qualidade do ar interior em edifícios de habitação, é necessário proporcionar aos edifícios uma suficiente admissão de ar exterior, sendo que o ar exterior normalmente é de melhor qualidade.

A admissão de ar exterior tem como função [1]:

- a diluição e remoção de poluentes;
- o fornecimento de oxigénio necessário para respiração dos ocupantes;
- a moderação da humidade no interior do edifício;
- proporcionar o ar para o funcionamento de aparelhos de combustão.

Contudo, nem todos os locais do interior do edifício têm de salvaguardar as mesmas exigências de ventilação. É, assim, importante definir as estratégias de ventilação, nos espaços em que ocorre maior desequilíbrio no controlo da qualidade do ar interior, destas estratégias é possível destacar [1]:

- a exaustão localizada, ou seja, a exaustão de substâncias poluidoras nos locais com maior produção de poluentes;
- a diluição da concentração de substâncias poluidoras a partir da insuflação de ar não viciado e por conseguinte a exaustão do ar viciado nesse mesmo espaço interior;
- a remoção das substâncias poluidoras através da filtragem.

Conclui-se que a ventilação funciona como uma estratégia para garantir o controlo da qualidade de ar interior, devendo existir o controlo entre as fontes poluidoras, para não se manifestar a acumulação dos poluentes durante o tempo. Nos locais de intensas e pontuais fontes de emissões, como é o caso da cozinhas e quarto de banho, a extração deve ser localizada e reforçada. Deste modo, a diluição e a remoção deverão ser vistas como um meio de suprimir os poluentes [1].

Os ocupantes dos edifícios também são agentes importantes na intervenção da qualidade de ar no interior. Para tal, os ocupantes devem seguir as seguintes ações [6]:

- Verificar a qualidade do ar exterior, uma vez que não é recomendável ventilar no período de tempo em que são emitidas intensas quantidades de contaminantes no exterior, considerando que essa fonte de produção de poluentes, não é continua ao longo do tempo;
- Localizar e eliminar ou limitar todas as fontes de poluição do interior da habitação;
- Não fumar no interior;
- Não colocar roupa húmida no interior, a menos que o local seja bem ventilado;
- Aumentar os níveis de ventilação de pelo menos 8-10 l/s por habitante, caso se verifique que os odores e/ou as concentração de CO_2 atingem valores intoleráveis devido ao aumento do número de ocupantes no mesmo compartimento;
- Certificarem que todas as zonas húmidas têm um sistema de extração eficaz.

2.1.2. PRINCIPAIS POLUENTES E FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE DO AR INTERIOR

Como é sabido, existe uma variedade de substâncias poluidoras e fatores que afetam a qualidade do ar interior dos edifícios, e por si só a saúde e conforto do seu utilizador.

Através do Tabela 1 é possível destacar uma lista das principais substâncias poluidoras.

Tabela 1 - Principais substâncias poluidoras (adaptado de [7]).

Poluentes	Fontes Poluidoras
Dióxido de carbono	Número de pessoas, queima de combustíveis fosseis, (gás, aquecedores, etc.).
Monóxido de carbono	Emissões de veículos (garagens, entradas de ar), combustão, fumo do tabaco.
Formaldeído	Madeira prensada, contraplacado não selado, isolamento de espuma de ureia – formaldeído, tecidos, cola, carpetes, mobiliário, papel químico.
Partículas	Fumo, entradas de ar, papel, isolamento de tubagens, resíduos de água, carpetes, filtros de HVAC, limpezas
Compostos Orgânicos Voláteis (COV)	Fotocopiadoras e impressoras, computadores, carpetes, mobiliário, produtos de limpeza, fumo, tintas, adesivos, calafetagem, perfumes, laca, solventes.

A partir do Tabela 2 são referidos outros fatores que afetam a qualidade de ar interior.

Tabela 2 - Fatores que afetam a qualidade do ar interior (adaptado de [7]).

Fatores	Fontes
Temperatura e valores extremos de humidade	Sistemas de aquecimento e dispositivos de ventilação inadequados, reduzida inercia térmica, número de equipamentos instalados e a densidade de ocupação.
Ventilação inadequada (ar exterior insuficiente, deficiente circulação)	Medidas de poupança de energia e manutenção, má conceção de sistemas, operação deficiente de funcionamento, alteração do funcionamento de sistema pelos ocupantes, conceção desajustada dos espaços em avaliação.
Matéria microbiana	Inadequado sistemas de HVAC, materiais molhados e húmidos, desumidificadores,

2.1.3. CAUSAS DE ODORES

Também os odores interferem no conforto e bem-estar dos ocupantes no Tabela 3 estão representados os principais odores, que são indicadores de problemas nos edifícios.

Tabela 3 - Odores como indicadores de problemas nos edifícios (adaptado de [7]).

Descrição	**Problema**	**Queixas**
Gases de escape da exaustão (diesel)	Monóxido de carbono	Dores de cabeça, náuseas, cansaço, vertigens
Odores corporais	Sobre lotação, baixa taxa de ventilação (elevados níveis de dióxido de carbono)	Dores de cabeça, cansaço, abafamento
Cheiro a mofo (bafio)	Material microbiano	Sintomas de alergia
Cheiro a químicos	Formaldeído, pesticidas, outros químicos	Irritação dos olhos, nariz e garganta
Cheiro a solventes, perfumes, outros	COVs	Odores, sintomas de alergia, vertigens, dores de cabeça
Cheiro a cimento molhado, pó, calcário	Partículas, sistema de humidificação	Olhos secos, problemas respiratórios, irritação do nariz e garganta, irritação na pele, tosse, espirros
Odor a esgoto	Sifão de água seco	Olhos secos, problemas respiratórios, irritação do nariz e garganta, irritação na pele, tosse, espirros

2.2. CONFORTO TÉRMICO

O ser humano é fisiologicamente menos adaptável às temperaturas extremas em relação aos outros seres vivos, por isso existiu a necessidade de construir locais de abrigo que o protegesse contra as condições adversas do exterior. Esta, é desde já umas das principais razões para a construção de habitações, capazes de obedecer à necessidade de conforto desejável, de forma a estabelecer um ambiente estável e capaz de controlar as adversidades do exterior. Dessa maneira, para garantir o conforto interior é fundamental encontrar o equilíbrio favorável entre a temperatura, humidade, taxa de renovação de ar, temperatura radiante média, velocidade do ar, radiação solar e arrefecimento evaporativo. Essas condições de conforto variam de país para país, como é o caso, dos países do norte da Europa, em que as condições climáticas ultrapassam o limite de tolerância de conforto das pessoas. Entretanto em países amenos como Portugal, o clima é preferencialmente mais tolerante para o conforto das pessoas, com temperaturas que possibilitam adaptação, uma vez que as temperaturas médias anuais variam cerca de 7ºC nas terras altas do interior norte e centro, e cerca de 18ºC no litoral Sul, o que significa que não são necessárias exigências de conforto tão rigorosas e dispendiosas, tais como nos países do norte da Europa [8, 9].

2.2.1. CONFORTO VS VENTILAÇÃO

O conforto e a ventilação estão juntamente interligados, pois para atingir os patamares ideais de conforto interior é indispensável o uso de meios de ventilação, passivo ou ativo, para proporcionar condições aceitáveis de qualidade do ar, temperatura, humidade, velocidade do ar entre outros, que interferem na comodidade do interior. Assim, um sistema de ventilação deve-se evidenciar com os seguintes aspetos relacionados com o conforto:

- este deve permitir diminuir, conforme o comportamento direto ou indireto dos ocupantes, gastos energéticos relacionados com o aquecimento e arrefecimento do interior;
- em dias quentes deve permitir diminuir as temperatura de pico e estimular um atraso temporal no equilíbrio da temperatura [10];
- deve ser vantajoso ao nível da sua eficiência, no que diz respeito ao mínimo de renovações de ar novo do interior do edifício, de forma a garantir um equilibrado controlo entre as concentrações mínimas para garantir a qualidade do ar e as perdas de calor que pode existir nesse processo;
- a velocidade do ar deve ser controlada, de forma a não ser incómoda, isso pode ser contrariada através da localização das grelhas de admissão. Esta incomodidade é ilustrada através do Tabela 4, no qual se pode verificar, a partir de que velocidade do ar interior se instaura incómodo para a sensibilidade do corpo humano.

Tabela 4 – Sensibilidade do corpo humano às velocidades de ar interior para sistemas de ventilação mecânica no Verão (adaptado de [8]).

Velocidade do ar interior	Sensibilidade
Até 0,25 m/s	Pouco percetível
Entre 0,25 e 0,5 m/s	Agradável
Entre 0,5 e 1,0 m/s	Agradável, mas bastante percetível
Entre 1,0 e 1,5 m/s	Incómodo
Mais de 1,5 m/s	Bastante incómodo (exige medidas corretivas)

Como é sabido, em climas severos como o norte da Europa, existe uma maior preferência na utilização de sistemas de ventilação mecânicos e ambientes mais estanques para se obter maior controlo da circulação do ar e das perdas de calor no interior, contudo o custo de operacionalidade são elevados. O que não se justifica a utilização desses sistemas em Portugal, pois como o clima é ameno, através do devido comportamento dos ocupantes, consegue-se assegurar condições vantajosas no que se refere ao conforto, e o custo de instalação e de operacionalidade de sistemas relativamente baixos. Todavia, se o comportamento dos ocupantes não for o ideal, as condições de ventilação, por norma, continuam a ser cumpridas, apenas não são aproveitadas as oportunidades de garantir um melhor conforto no interior da habitação. Diante disso, o simples abrir e fechar das janelas, em certas alturas do dia, contribui para o melhor conforto interior em determinadas situações através da ventilação.

Para o arrefecimento, a ventilação diurna deve ser minimizada para dias muitos quentes, pois provocam o aquecimento das habitações e aumento da temperatura interior, no entanto outros autores defendem que desde que se mantenha uma circulação aceitável de ar, a ventilação diurna poderá ser aconselhável para as condições de sensação de conforto. Porém, o mais adequado é maximizar-se a ventilação noturna, de modo a arrefecer a habitação para o dia seguinte [8].

2.2.2. VENTILAÇÃO NOTURNA

A ventilação noturna desempenha um papel importante para o arrefecimento do interior da habitação em dias com temperaturas exteriores elevadas. Para beneficiar deste arrefecimento natural de custo operacional nulo, despromovido de qualquer sistema de arrefecimento mecânico, os ocupantes do edifício devem manter as janelas e portas fechadas durante o dia para impedir a entrada de calor para o interior, e assim assegurar uma temperatura constante dos espaços interiores. Durante a noite, a temperatura exterior já tende a ser inferior à temperatura interior, e daí, reúne-se as condições adequadas para o arrefecimento do espaço interior para o dia seguinte. De tal maneira que é essencial que se abram as janelas durante um período de tempo, para que o arrefecimento do espaço interior ocorra [10].

A inercia térmica também tem um papel positivo para o arrefecimento do interior. Durante o dia a massa superficial das envolventes do edifício é aquecida, restituindo durante a noite esse calor para o ambiente interior, quando a temperatura do ar é mais baixa. Por isso, é possível diminuir esse aquecimento do ambiente interior com base na ventilação noturna, arrefecendo as massas superficiais dos diversos elementos construtivos, por meio da circulação do ar exterior, que durante a noite, normalmente, se apresentam com temperaturas inferiores ao do interior [10] (Fig. 2).

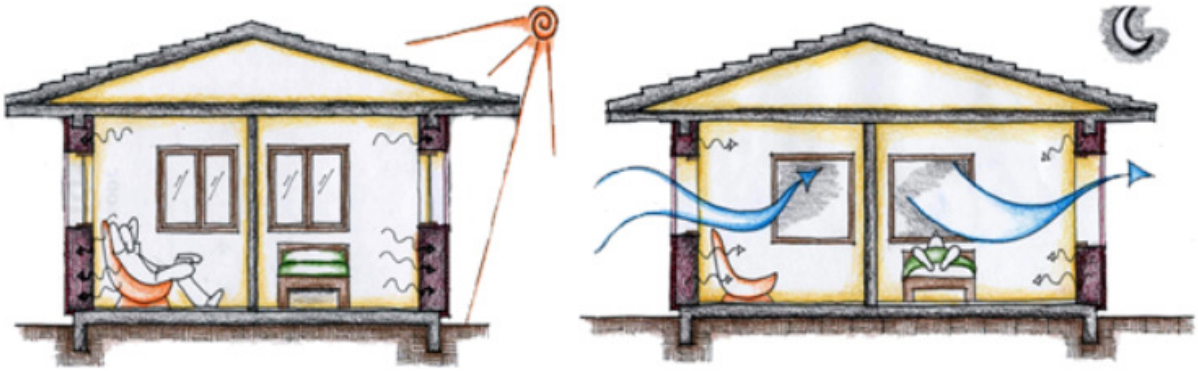


Fig. 2– Efeito da inercia térmica (adaptado de [11]).

Mediante o exposto, a ventilação noturna permite no dia seguinte a diminuição dos picos da temperatura interior ao longo do dia, reduz a sensação de calor, e minimiza a temperatura dos elementos construtivos com capacidade para o armazenamento térmico [12].

É de frisar que a ventilação noturna depende dos seguintes parâmetros para possuir um maior rendimento [12]:

- aptidão para armazenamento de calor por parte dos elementos construtivos;
- aptidão de troca de calor entre os elementos construtivos com o ambiente interior;
- do caudal de admissão e temperatura exterior durante o período noturno.

Conclui-se, deste modo, que a ventilação noturna potencializa o arrefecimento do interior das habitações, de forma simples e económica.

2.2.3. NORMA EN 15251:2007

De acordo com a norma EN15251 são estabelecidos critérios para o ambiente interior e avaliação da eficiência energética dos edifícios, relativamente à qualidade do ar interior, térmica, iluminação e acústica dos edifícios [13].

Esta norma define 4 categorias de conforto (Tabela 5):

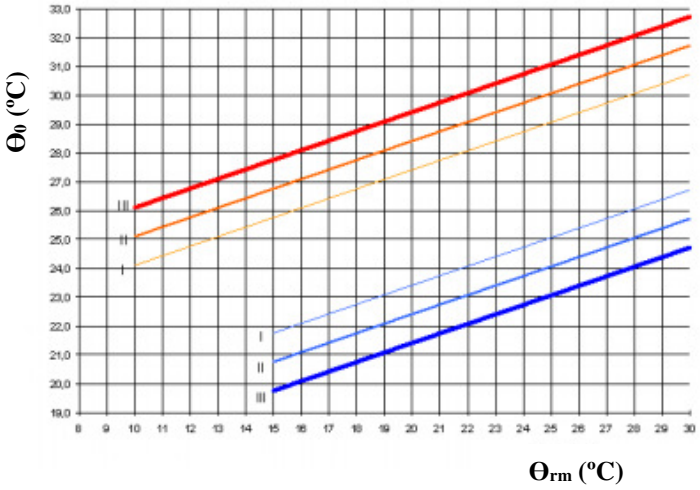
Tabela 5 – Norma EN15251 – Categorias de conforto [13].

Categorias	Descrição
I	**Alto nível de expectativa**: recomendado para espaços ocupados por pessoas sensíveis e frágeis com necessidade especiais, como pessoas com deficiência, doentes, crianças muito pequenas e pessoas de idade.
II	**Normal nível de expectativa:** deve ser usado para novos edifícios e renovações.
III	**Aceitável, moderado nível de expectativa:** pode ser usado para os edifícios existentes.
IV	Valores fora dos critérios para as categorias acima. Esta categoria deve ser apenas aceite para uma parte limitada do ano.

A norma EN 15251 permite avaliar o conforto interior através do seguinte método adaptativo [13]:

- Temperatura interior aceitável para o projeto de edifícios sem sistema de arrefecimento mecânico.

A Fig. 3 representa a temperatura operativa do interior, válida para habitações residenciais e outros tipos de edifícios, em que é possível o acesso a janelas reguláveis pelos ocupantes, onde estes podem livremente adaptar o seu vestuário relativamente às condições térmicas do interior e/ou exterior.



Legenda:

Θ_0 (ºC) – Temperatura operativa interior

Θ_{rm} (ºC) – Temperatura média exterior ponderada

Fig. 3– Temperatura operativa interior aceitável para o projeto de edifícios sem sistema de arrefecimento mecânico em função temperatura média exterior ponderada [13].

A norma EN15251 estabelece a seguinte equação para a representação no modelo adaptativo da Fig. 3, conforme a respetiva categoria. Esta equação permite o cálculo da temperatura operativa interior de conforto, $\Theta_{i,}$ em função da temperatura média exterior ponderada, Θ_{rm}.

$$\Theta_{i\ max} = 0{,}33\Theta_{rm} + 18{,}8 \qquad (1.1)$$

Para cada categoria especificada é acrescentado à equação 1.1 as seguintes larguras de banda (Tabela 6):

Tabela 6 – Largura de banda em função das categorias de conforto (adaptado de [13, 14]).

Categoria	Largura de banda - $\Theta_{i\ max}$
I	± 2
II	± 3
III	± 4

onde Θ_i - valor limite de temperatura operativa interior, ºC

Para o cálculo da temperatura média exterior ponderada, $\Theta_{rm,}$ é aplicado a seguinte equação:

$$\Theta_{rm} = \frac{(\Theta_{ed-1} + 0{,}8.\Theta_{ed-2} + 0{,}6.\Theta_{ed-3} + 0{,}5.\Theta_{ed-4} + 0{,}4.\Theta_{ed-5} + 0{,}3.\Theta_{ed-6} + 0{,}2.\Theta_{ed-7})}{3{,}8} \quad (1.2)$$

Em que:

Θ_{rm}– Temperatura média exterior ponderada (ºC)

Θ_{ed-1}- Temperatura média do dia (i) anterior (ºC)

Esta equação fundamenta-se nos valores da temperatura média diárias da semana antecedente. A temperatura ponderada média baseia-se no período de tempo necessário para um individuo se adaptar as alterações climáticas do exterior, que é, aproximadamente, uma semana [14].

Os limites das categorias de conforto aplicam-se quando $10<\Theta_{rm}<30$ºC para o limite superior e $15<\Theta_{rm}<30$ºC para o limite inferior.

Esta norma estabelece as seguintes condições gerais [14]:

- os limites de temperatura só se aplicam quando as condições térmicas no espaço interior são reguladas principalmente pelos ocupantes através do abrir e fechar janelas. Neste sentido, a seguinte norma não inclui qualquer sistema de ventilação mecânica, a não ser a utilização de sistemas de ventilação mecânica de ar não condicionado, com reduzido custo energético, nomeadamente ventoinhas, persianas e outros métodos passivos de arrefecimento;
- estima-se que os ocupantes realizam uma atividade física sedentária com taxas metabólicas que variam entre 1,0 a 1,3;
- A seguinte norma permite a utilização de um sistema de aquecimento, desde que não seja integrado qualquer meio de ventilação mecânica do ar.

De uma forma simplificada definiu-se como temperatura média exterior ponderada as temperaturas médias mensais, fornecidas pelo instituto português do mar e atmosfera (ipma) (Tabela 7), que permitem descrever o clima de um determinado local, correspondente a um período de tempo, e conforme a norma EN 15251 (Fig. 3) é possível prever o intervalo da temperatura operativa interior na estação de arrefecimento para uma categoria de tipo II.

Temperaturas médias mensais na estação de arrefecimento do Porto (Tabela 7):

Tabela 7 - Normas Climatológicas referentes a 1981-2010 no Verão (Porto) [9].

	Junho	**Julho**	**Agosto**	**Setembro**
Normais Climatológicas referentes a 1981-2010	19ºC	20,6ºC	20,8ºC	19,5ºC

De acordo com a Organização Meteorológica Mundial (OMM), estas temperaturas correspondem a um conjunto de valores climáticos de um período compreendido de 30 anos. Neste caso, é aplicado como caso de exemplo as normas climatológicas correspondentes ao período de 1981-2010 (provisórias) do Porto [9].

Intervalo da temperatura operativa na estação de arrefecimento para uma categoria do tipo II no Porto:

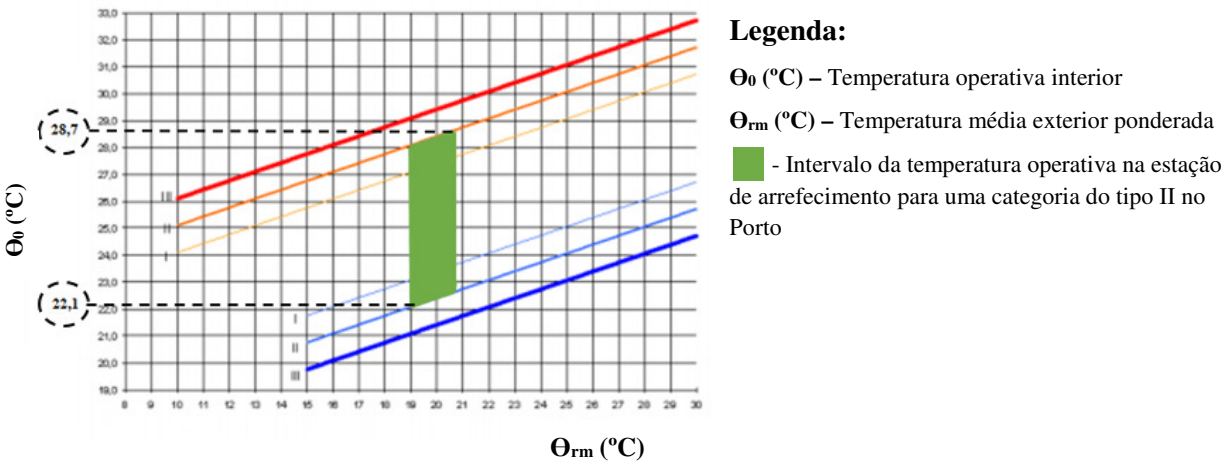


Fig. 4– Intervalo de temperatura operativa aceitável na estação de arrefecimento para uma categoria do tipo II no Porto [13].

Pode observar-se que durante a estação de arrefecimento a temperatura operativa interior pode atingir um mínimo de 22,1ºC e um máximo de 28,7ºC, sendo que a temperatura operativa base para garantir o conforto higrotérmico de Verão, definido pelo ISO 7730:1995, situa-se entre os 23 e 26ºC, e velocidade media do ar menor que 0,25 m/s [15].

Em situações em que a temperatura é inferior à temperatura de conforto há vantagens em reduzir o caudal de ventilação sem causar a deterioração da qualidade do ar e patologias de carácter higrotérmico (condensações), e quando a temperatura interior é superior à temperatura operacional, a solução para esse efeito seria a ventilação noturna. É de salientar que o mês de agosto é o mês que desfruta de maior temperatura operativa, logo a preocupação de ventilação noturna deverá ser maior para esse mês, de forma assegurar conforto.

2.3. TAXA DE VENTILAÇÃO

A taxa de ventilação representa o valor necessário de ar novo a ventilar para assegurar os limites satisfatórios de qualidade de ar no interior, de modo a manter o ambiente interior aceitável para os ocupantes, dependendo das dimensões do espaço, do número de pessoas no interior do compartimento ou da produção de substâncias contaminantes no interior. Esse limite é estabelecido segundo dois critérios [1, 16]:

- **Método exigêncial**: limita as concentrações das substâncias contaminadoras do interior da habitação ou odores.
- **Método prescritivo**: através de um parâmetro de renovação por hora [h^{-1}] – RPH, define-se o caudal de ar novo necessário, de forma a garantir qualidade e conforto dentro da habitação.

Além destes critérios, existe outros como a quantidade de caudal novo necessária que um aparelho de combustão deve admitir para o seu normal funcionamento, determinado conforme a potência do aparelho ou através da colocação de um dispositivo que autorregulável que permite regular a admissão em função dos caudais necessários para a combustão ou através do controle de uma abertura para ventilação natural.

Normalmente, o método prescritivo é o mais comum para definir a taxa de ventilação a níveis práticos recorrendo à utilização do RPH, pois o método exigêncial nem sempre garante as características sensoriais, já que todas as concentrações das substâncias poluentes podem estar abaixo do limite exigido para promover os requisitos de saúde, e ainda assim os ocupantes sentirem incomodidade devido ao ar interior. No entanto, deve-se optar pelo critério com maior valor da taxa de ventilação resultante [1, 16].

Assim, a taxa nominal horária de renovação de ar interior, RPH, corresponde à soma dos caudais de ar admitidos no interior a dividir pelo volume interior útil do edifício [17].

$$\boldsymbol{RPH} = \frac{\sum \boldsymbol{Q}}{\boldsymbol{V}} \tag{2.1}$$

A taxa de renovação de ar interior tem de ser estimada em conformidade com o equilíbrio entre o conforto, a saúde e produtividade do interior. É aconselhável que esse valor seja superior a 0,5 h^{-1}, com o objetivo de reduzir o risco de desenvolvimento de ácaros e humidades, ou outros inconvenientes associados para a saúde [1, 16].

De acordo com o REH, a taxa mínima de renovação de ar exigida em Portugal deve ser superior ou igual a 0,4 h^{-1} [18] para nas estações de aquecimento, e para as estações de arrefecimento o $RPH_{,v}$ não deve ser inferior a 0,6 h^{-1} [17].

A escolha do valor de RPH recomendável, parte do princípio que este é apropriado para os seguintes parâmetros de bem-estar:

- qualidade do ar interior;
- conforto e poupanças de energia;
- degradação da habitação.

2.3.1. RPH VS QUALIDADE DE AR INTERIOR

Com a redução da permeabilidade das caixilharias para tirar partido de um maior aproveitamento energético, originou a diminuição dos níveis de infiltração de ar, o que teve um impacto negativo na qualidade do ar interior. Essas alterações podem vir a provocar o sobreaquecimento nas estações de arrefecimento, em que resulta numa baixa renovação do ar interior, e sucessivamente afetará a saúde dos ocupantes e dos edifícios através do desenvolvimento de agentes patogénicos e do aumento de humidades [19].

2.3.2. RPH VS CONFORTO E ENERGIA

Com o aumento do RPH gera-se desconforto interior por perdas de calor e aumento da velocidade do ar, para além de que a excessiva renovação de ar interior provoca a necessidade para o consumo desnecessário de energia para que se consiga manter uma temperatura constante e adaptativa ao conforto [6]. Nestas circunstâncias, o mais recomendável é manter o RPH baixo para promover as condições de conforto e gastos energéticos, o que não quer dizer que não irá ter impacto negativo nos outros parâmetros de bem-estar.

2.3.3. RPH VS DEGRADAÇÃO HIGROMÉTRICA DA HABITAÇÃO

Considerando que não há introdução de água no interior da habitação devido à má construção ou deficiência da estanquidade da envolvente, parte-se do princípio que a humidade interior deriva das seguintes origens [4]:

- Metabolismo dos ocupantes;
- Número de ocupantes;
- Atividade relacionadas com a emissão de vapor de água: tomar banho, lavar e secar roupa, lavar loiça, etc…
- Emissão constante de vapor de água devido a plantas no interior;
- Entrada de vapor de ar a partir do ambiente exterior;
- etc.

Para combater esse excesso de produção de humidade interior, estabelece-se o seguinte critério de ventilação de forma a determinar o RPH mínimo necessário para que a humidade interior não exceda um dado valor de referência [20]:

$$\boldsymbol{RPH} \geq \frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{V} \times (\boldsymbol{U_i} - \boldsymbol{U_e})} \tag{2.2}$$

Em que:

RPH - número de renovações horárias

V – Volume, m^3

W – Produção de vapor, g/kg

U_x – Humidade absoluta exterior ou interior, g/kg

2.3.4. RPH REGULAMENTAR VS RPH RECOMENDÁVEL

Como foi dito anteriormente o RPH mínimo aconselhado é de 0,5 h^{-1}, contudo o regulamento português não respeita essa condição, com um RPH exigido superior ou igual a 0,4 h^{-1}.

«Será que o valor de RPH mínimo de 0,4 h^{-1} continua a ser recomendável para assegurar as condições de conforto e qualidade de ar interior?»

O estabelecimento do RPH exigido pelo REH na estação de aquecimento, de um mínimo de 0,4 h^{-1}, é de todo desadequado para a qualidade do ar interior e degradação da habitação, no que se conclui que este regulamento apenas favorece o conforto e o consumo energético. Em Portugal, com base nas condições climáticas, o valor de RPH recomendável é de 0,7 a 0,8, para impor o equilíbrio entre a qualidade de ar, conforto, consumo energético e degradação dos espaços interiores. No entanto, não existe um único RPH específico para cada habitação, tudo irá depender de vários fatores como por exemplo dos materiais de acabamento no interior do edifício, das diferentes taxas de emissão de poluentes que poderão exigir diferentes taxas de ventilação, da diferentes culturas e atitudes dos ocupantes em relação à qualidade de ar interior e consumo de energia [1, 16].

2.4. MECANISMOS DE VENTILAÇÃO NATURAL

2.4.1. VENTILAÇÃO NATURAL

A ventilação natural é o processo de ventilação mais básico e simples de se inserir nos edifícios, sem custo adicionais no que inclui à sua operacionalidade, exige poucos cuidados de manutenção e garante as condições de adaptação [6, 21].

Este tipo de ventilação resulta de duas forças naturais: a ação do vento, e a diferença de temperatura.

A ventilação natural advém das trocas de ar através de aberturas intencionais como janelas, chaminés, grelhas de ventilação, e de aberturas acidentais, tais como frinchas e fendas que provocam a infiltração (ou exfiltração) do ar [22].

Uma das desvantagens deste sistema é a falta de controlo que se pode gerar durante a sua utilização, e nem sempre este sistema pode funcionar devidamente como o esperado. Esta falta de controlo poderá implicar maiores gastos de energia, e desconforto para os ocupantes, principalmente no inverno, em que se intensificam as diferenças de temperatura entre o interior e exterior da habitação, e a velocidade do vento que são, normalmente, elevadas.

A ventilação natural depende, assim, de vários fatores tais como a localização do edifício, a configuração da envolvente do edifício, as condições climáticas (diferenças de temperaturas entre o interior e o exterior do edifício, velocidade, pressão e direccionalidade do vento), do comportamento dos ocupantes, entre outros.

É normal que a ventilação natural não se adeque a todos os tipos de clima. Para climas muito severos, a ventilação natural pode originar uma excessiva taxa de infiltração o que não é adequado. Pelo contrário, em climas em que forças naturais são fracas, a taxa de infiltração é reduzida, tornando a ventilação natural impraticável [6].

Assim, a ventilação natural permite aumentar a qualidade do ar interior assente na redução das concentrações das substâncias contaminantes do espaço interior, reduzindo o custo energético, e mantendo um conforto térmico adaptativo para o utilizador se for bem dimensionada. Para que essas condições sejam cumprídas é fundamental que [12]:

- a concentração de contaminantes no exterior seja inferior ao do ar interior, cumprindo os critérios de qualidade de ar recomendáveis;
- a temperatura exterior deve estar dentro dos limites de conforto, para não produzir desconforto nos habitantes;
- Para além da poluição do ar, outros parâmetros como o ruído e a privacidade devem ser tidas em conta, sobretudo em ambientes urbanos e pisos baixos. Estes fatores influenciam o bem-estar e a segurança dos ocupantes, e por isso a localização das aberturas devem ser devidamente estudadas [21].

2.4.2. AÇÃO DO VENTO

A ventilação natural, com base na ação do vento, é o resultado da variação de pressão causada pelo vento, sobre a envolvente do edifício, devido à conversão da energia cinética do vento em pressão estática [21]. Esta pressão é positiva quando o vento incide sobre barlavento, e no lado oposto do edifício, sotavento, a pressão é negativa. Nas coberturas, as pressões e depressões podem variar consoante a geometria desta [1, 22] (Fig. 5).

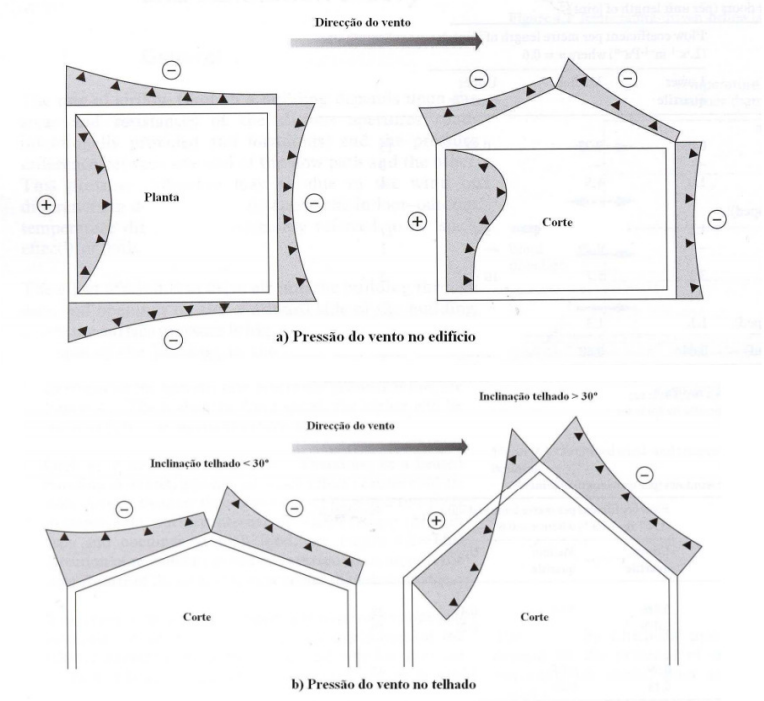


Fig. 5–Variações de pressões causada pelo efeito do vento [1].

Para o dimensionamento do sistema de ventilação, este conhecimento permite saber onde é mais favorável a localização de aberturas para admissão de ar e extração, no caso da pressão ser positiva é adequado a instalação de aberturas de admissão de ar, já quando a pressão é negativa, é adequado a colocação de aberturas de extração [22].

Este método depende da localização, da forma e dimensão do edifício, dos obstáculos da envolvente (como por exemplo a obstrução de outros edifícios, a orografia, o local, a vegetação, etc…[16]) e do número de aberturas, como também da direção e intensidade do vento. Desta forma, a ventilação devido à ação do vento, é um método imprevisível e incontrolável [6].

Em edifícios de habitação unifamiliares e nos pisos superiores dos edifícios multifamiliares, a ação do vento é assumida como sendo a ação de ventilação predominante, visto que devida à sua reduzida altura total, a ação térmica irá ser pouco relevante em comparação aos restantes pisos dos edifícios de habitação multifamiliares [23].

2.4.3. EFEITO TÉRMICO

A ventilação por efeito térmico ocorre quando a temperatura interior do edifício é superior à temperatura exterior. Este efeito deve-se ao movimento produzido pela entrada de ar frio no nível inferior do edifício que provoca com que o ar quente do interior, mais leve, se desloque para o exterior no nível superior do edifício. Este efeito também se pode designar por efeito chaminé (Fig. 6).

O efeito térmico apenas é eficiente se a diferença de temperatura entre o interior e o exterior da habitação for superior a 8ºC. Caso essa condição não seja atingida durante as mudanças climáticas deve-se considerar apenas ação do vento, ou então mesmo dimensionar um sistema de ventilação mecânico eficaz [19].

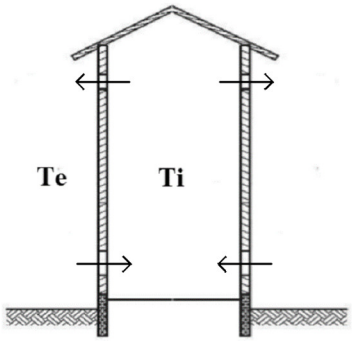


Fig. 6 - Ventilação por ação da diferença de temperatura (adaptado de [1]).

2.4.4. EFEITO COMBINADO

O efeito combinado acontece quando existe o envolvimento das ações do vento e da diferença de temperatura em simultâneo, podendo produzir pressões combinadas ou opostas no interior do edifício. Portanto, as distribuições globais de pressões são variáveis ao longo do edifício, a qual irá depender do potencial das duas ações sobre a envolvente, e da posição e dimensão das aberturas que influenciam a ventilação global do sistema, como se pode observar na Fig. 7 [1].

A quantificação das pressões exercidas varia consoante o sentido das duas ações climáticas (eólica e térmica), ou seja [1]:

- A intensidade da pressão exercida é máxima, quando as duas ações têm o mesmo sentido, deste modo a pressão resultante é a soma das duas respetivas ações.
- A intensidade da pressão exercida é mínima, quando as duas ações têm sentidos opostos, podendo ser nula ou até mesmo originar inversão do fluxo em função à ação com maior intensidade.

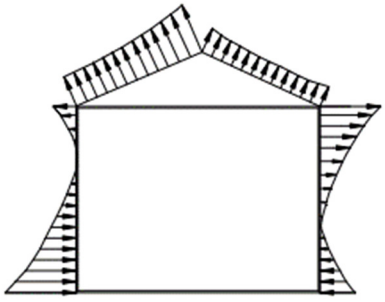


Fig. 7 – Distribuição global de pressões como resultado da ação combinada do vento e do efeito de chaminé [1].

2.4.5. TÉCNICAS DE VENTILAÇÃO NATURAL

2.4.5.1. Ventilação cruzada

A ventilação cruzada ocorre quando o vento incide sobre a superfície dos quais resulta em diferentes pressões no interior desta, gerando a circulação de ar da zona de maiores pressões para a zona de menor pressão. Este método de ventilação está normalmente associado a edifícios com aberturas em fachadas opostas [22] (Fig. 8).

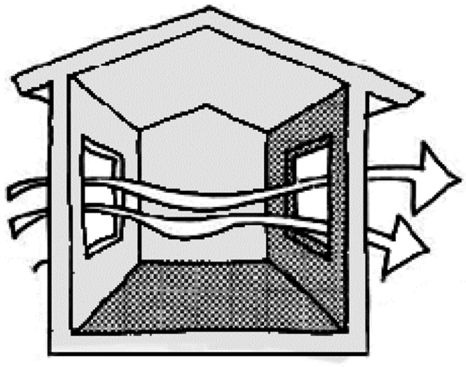


Fig. 8 - Ventilação cruzada (adaptado de [24]).

2.4.5.2. Ventilação unilateral

Na ventilação unilateral, o edifício dispõe de uma única abertura na fachada, se essa abertura for suficientemente grande é gerado um fluxo de ar devido às circunstâncias climáticas do exterior.

Essa abertura de admissão deve estar posicionada na fachada com maior incidência de vento, de modo que a ventilação seja mais eficaz [22] (Fig. 9).

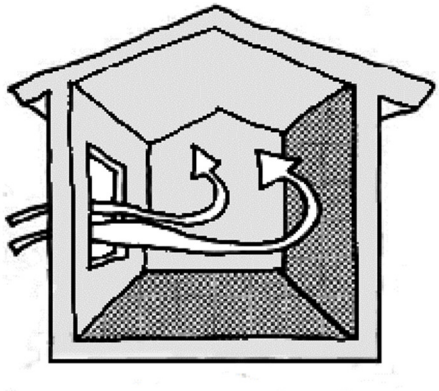


Fig. 9 – Ventilação unilateral (adaptado de [24]).

Este tipo de ventilação não é o mais adequado, uma vez que o aconselhável é a colocação de duas aberturas em fachadas opostas, de modo que o escoamento de ar seja o mais longo e turbulento possível. Desta maneira, este tipo de ventilação é mais adequado para ventilar espaços reduzidos.

2.5. SÍNTESE CRÍTICA DO CAPÍTULO

Neste capítulo pode-se retirar as seguintes conclusões:

- As habitações estão constantemente a receber e produzir poluentes para o ambiente interior. Esses poluentes têm consequências negativas para os ocupantes, afetando a sua saúde, rendimento e bem-estar.
- Os poluentes derivam sobretudo da ocupação e das atividades dos ocupantes, mas também das substâncias provenientes do exterior e das substâncias libertadas pelos próprios materiais de construção das habitações.
- Existem dois critérios de avaliação da qualidade do ar interior: critério de saúde e critério sensorial. Prevalecendo o critério com maior efeito negativo para o bem-estar dos ocupantes.
- A ventilação é um meio que permite eliminar os poluentes presentes no ambiente interior através da diluição e remoção.
- A ventilação e o conforto estão interligados, pois a ventilação permite obter condições aceitáveis de qualidade de ar, temperatura, humidade e velocidade do ar.
- Através da ventilação noturna, é possível arrefecer as habitações para o dia seguinte, sem gastos energéticos.
- Por meio de modelos adaptativos (EN 15251) permite-nos determinar o intervalo de temperatura operativa para garantir as condições de conforto interior.
- Existem vários métodos para definir a taxa de ventilação, recorrendo-se normalmente ao método prescritivo através da utilização do RPH.
- O valor de RPH deve estabelecer o equilíbrio entre a qualidade do ar interior, o conforto, o consumo energético e a degradação da habitação.
- O REH estabelece limites dos valores de RPH, que beneficia o conforto térmico e as poupanças de energia na estação de aquecimento, não sendo adequado para garantir as condições de qualidade de ar interior e a degradação da habitação.
- A ventilação natural é um processo de ventilação simples, sem custos energéticos, e é apropriado para climas amenos como o de Portugal. Uma das desvantagens é que permite pouco controlo sobre a ventilação, o que implica maiores perdas de calor e desconforto.
- A ventilação natural procede-se por duas ações naturais: a ação do vento e o efeito térmico.

3
EXIGÊNCIAS DE VENTILAÇÃO

3.1. SISTEMAS DE VENTILAÇÃO EM EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO

3.1.1. TIPO DE SISTEMAS DE VENTILAÇÃO:

Os sistemas de ventilação podem ser de dois tipos:

- **Natural:** através da diferença de temperatura e da velocidade do vento;
- **Mecânico:** sistema de ventilação assistida, com recurso a dispositivos mecânicos.

A ventilação natural é concebida através de:

- aberturas na envolvente: janelas, portas ou através de fendas ou frinchas;
- colocação de grelhas e condutas.

A ventilação mecânica é utilizada para regular as condições de qualidade do ar interior dentro da habitação (como a renovação do ar interior, temperatura, humidades, etc…), mantendo-os em padrões aceitáveis [25].

A ventilação mecânica pode ser aplicada para:

- Admissão do ar;
- Extração do ar;
- Combinação entre a admissão e extração do ar.

Apesar da ventilação mecânica permitir uma ventilação mais eficiente e controlada do ponto de vista de admissão e extração do ar, e do conforto interior, tem um grande impacto no consumo de energia. A aplicação deste tipo de ventilação verifica-se mais em países com climas frios, pois não permite perdas significativas de calor nas habitações.

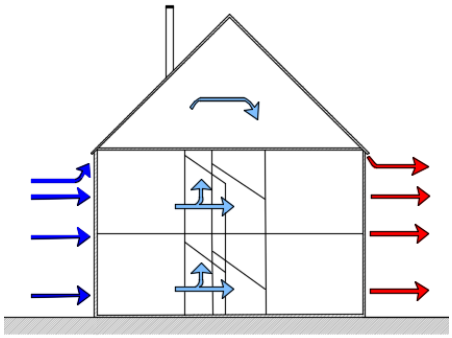
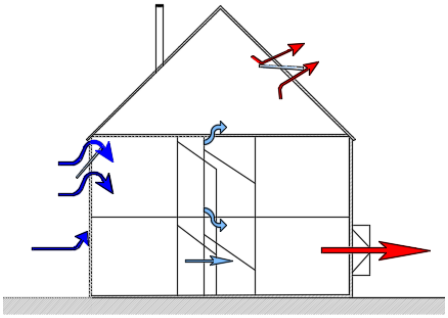
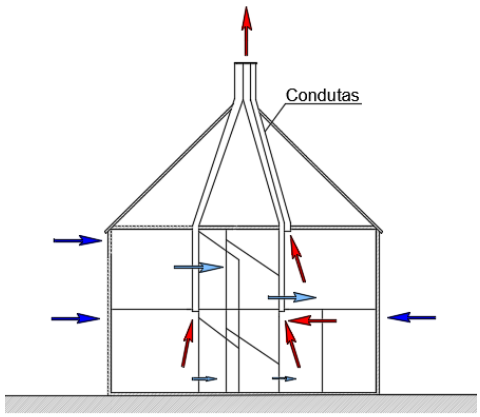
Cada sistema tem o seu mérito particular. O sistema mais indicado para um determinado edifício deve geralmente ser determinado pelas suas dimensões e forma espacial, deve impedir a propagação de partículas e odores indesejáveis, e permitir condições favoráveis de temperatura e ruído. Para além disso, existe também a necessidade de prever os encargos energéticos e se são adequados para a situação financeira dos seus ocupantes. Caso contrário, se isso não se verificar, o que pode acontecer é que os ocupantes rejeitem esses sistemas de ventilação e os desliguem ou obstruam de alguma forma os elementos de circulação de ar, tornando-se assim o sistema inutilizável, e por isso, considera-se como um mau investimento. Antes de se decidir por um dos sistemas a usar, é necessário considerar as suas características relacionadas com a sua aplicação [25].

3.2. DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS CORRENTES DE VENTILAÇÃO

3.2.1. SISTEMAS DE VENTILAÇÃO NATURAL:

Com base no Tabela 8 pode-se identificar os seguintes sistemas de ventilação natural:

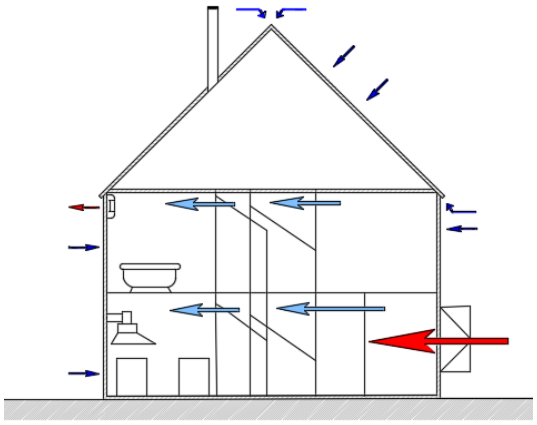
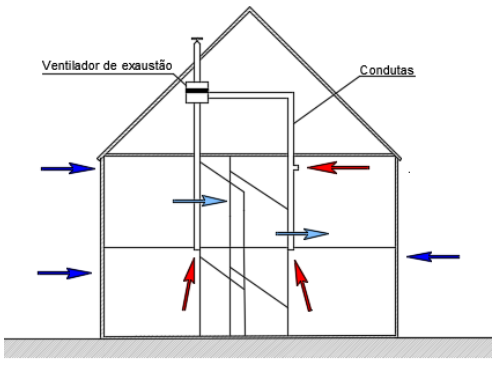
Tabela 8 – Sistemas de ventilação natural (adaptado de [4]).

VENTILAÇÃO COM BASE NA INFILTRAÇÃO/ EXFILTRAÇÃO POR FENDAS/FRINCHAS: A admissão e a extração ocorrem através de fendas e frinchas na habitação. Este tipo de ventilação é considerado como sendo acidental e, portanto, é dificilmente controlada. A ação do vento tem influência sobre este tipo de ventilação através da variação de pressão, que esta exerce sobre o edifício.	
VENTILAÇÃO ATRAVÉS DAS JANELAS: Este sistema de ventilação ocorre através da admissão e extração das janelas. É um sistema pouco controlável, que se pode desenvolver num ou vários quartos, e depende muto do comportamento dos ocupantes.	
VENTILAÇÃO ATRAVÉS DE CONDUTAS VERTICAIS DE EXTRAÇÃO: Neste caso, a admissão efetua-se através da utilização de diversos processos como: fendas e aberturas na habitação; janelas, grelhas e outros dispositivos através da fachada que são instaladas nos compartimentos principais e nos compartimentos de serviço. A extração procede-se a partir de condutas verticais nos compartimentos de serviço.	

3.2.2. SISTEMAS MISTOS DE VENTILAÇÃO:

Este sistema está associado à combinação entre a ventilação natural e mecânica. O seu funcionamento baseia-se na admissão do ar em compartimentos principais por processos de ventilação natural, enquanto que a extração é mecânica nos compartimentos de serviço a partir de extratores mecânicos individuais ou coletivos, localizados normalmente nas cozinhas e instalações sanitárias [16] (Tabela 9).

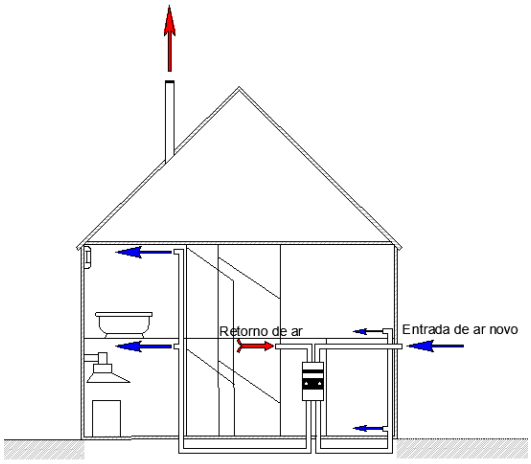
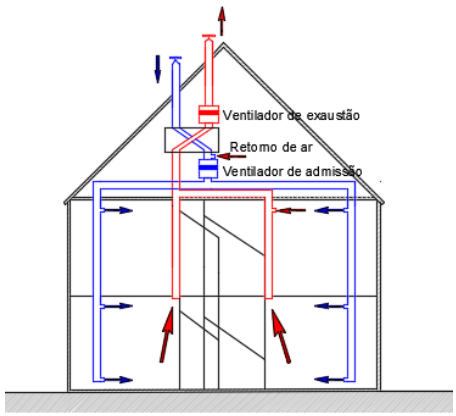
Tabela 9 – Sistemas mistos de ventilação (adaptado de [4]).

VENTILAÇÃO COM ADMISSÃO NATURAL E EXTRAÇÃO MECÂNICA INDIVIDUAL: Tal como nos sistemas anteriores, a admissão efetua-se através da utilização de diversos processos como: fissuras e aberturas na habitação; janelas, grelhas e outros dispositivos através da fachada que são instaladas nos compartimentos principais e nos compartimentos de serviço. A extração efetua-se nos compartimentos de serviço, em que são produzidas maiores quantidades de poluentes como cozinha e casa de banho, onde são instalados sistemas extração mecânicos individuais.	
SISTEMA DE ADMISSÃO NATURAL E EXAUSTÃO MECÂNICO CENTRAL: A admissão é realizada a partir de métodos de ventilação natural, equivalente aos sistemas naturais anterior. A exaustão realiza-se segundo condutas, ligadas a um ventilador mecânico central. A extração ocorre em compartimentos de serviço.	

3.2.3. SISTEMA DE ADMISSÃO E EXAUSTÃO MECÂNICA CENTRAL:

Os sistemas de admissão e exaustão mecânica central existentes são os seguintes (Tabela 10):

Tabela 10 – Sistemas de admissão e exaustão mecânica central (adaptado de [4]).

SISTEMA DE ADMISSÃO CENTRAL E EXAUSTÃO INDIVIDUAL: A admissão é realizada a partir de ventiladores de admissão centrais através de condutas para o interior dos compartimentos principais. A exaustão ocorre a partir de exaustores individuais nas zonas de maior contaminação, compartimentos de serviço. Normalmente, este sistema está ligado a permutador de calor, para reduzir as perdas de energia, porém existe um maior consumo de energia. A envolvente é dimensionada para ser o mais estanque possível, com fim de usufruir-se de um sistema mais controlado.	
SISTEMA DE ADMISSÃO E EXAUSTÃO MECÂNICO CENTRAL: Este sistema é incorporado por um sistema de admissão central, como também por um sistema de exaustão central. Tem as mesmas características de estanquidade como o sistema anterior, e também é possível ser ligado a um sistema equipado com um permutador de calor.	

3.2.4. SISTEMA VENTILAÇÃO HÍBRIDA

O sistema de ventilação híbrido é pouco corrente em Portugal. O seu funcionamento assenta na operacionalidade de ventiladores mecânicos de baixa pressão e baixa potência, programados para o funcionamento automático, caso as condições naturais não sejam as suficientes para assegurar os caudais de ventilação mínimos [16, 26].

3.2.5. SISTEMA DE VENTILAÇÃO MAIS HABITUAL EM PORTUGAL:

Em Portugal, como o clima é moderado, não existe tanta necessidade de utilizar de sistemas de ventilação mecânico, desta maneira o uso de sistemas de ventilação naturais é recomendado. Contudo, nos compartimentos de maior produção de contaminantes, opta-se pela utilização de sistemas individuais ou centrais de extração mecânica para capturar os cheiros e vapores de água, ou outros tipos de poluentes.

3.3. REGULAMENTAÇÃO DE PAÍSES COM CLIMAS SEMELHANTES AO DE PORTUGAL:

No subcapítulo 3.3 serão abordados um conjunto de regulamentos ou recomendações de países com condições climáticas semelhante às de Portugal, como o caso da França e da Espanha. No final deste subcapítulo também irão ser abordados as normas de ventilação em vigor em Portugal.

3.3.1. REGULAMENTAÇÃO FRANCESA: « ARRETE DU 24 MARS 1982 RELATIF A L'AERATION DES LOGEMENTS ».

O regulamento francês «*Arrêté du 24 mars 1982 relatif à l'aération des logements*», (traduzido para português "Decreto de 24 de Março de 1982 sobre a ventilação das habitações") define as exigências de circulação do ar interior da habitação, assim como os dispositivos de ventilação obrigatórios em compartimentos específicos e os caudais-tipos mínimos de admissão e de extração [27].

Este regulamento segue dois princípios:

- a ventilação deve ser geral e permanente;
- a entrada do ar deve-se efetuar nos compartimentos principais, enquanto que a extração se realiza em compartimentos de serviço.

A entrada de ar nos compartimentos principais procede-se por aberturas nas fachadas ou por condutas, podendo ocorrer por processos de ventilação natural ou mecânicos. As características e localização de entradas devem ser inseridas em locais que não haja desconforto para os ocupantes ou provoque implicações negativas para os elementos construtivos e equipamentos. Estes dispositivos podem ser autorreguláveis ou ajustáveis pelos ocupantes, mas não podem ser fechados.

A saída de ar em compartimentos de serviço, como cozinhas, casas de banho ou chuveiros, e wc, ocorrem a partir de condutas verticais, podendo o ar ser extraído por ventilação natural ou por dispositivos mecânicos [27].

É importante que o ar circule livremente pelos compartimentos principais até aos compartimentos de serviço. (Fig. 10)

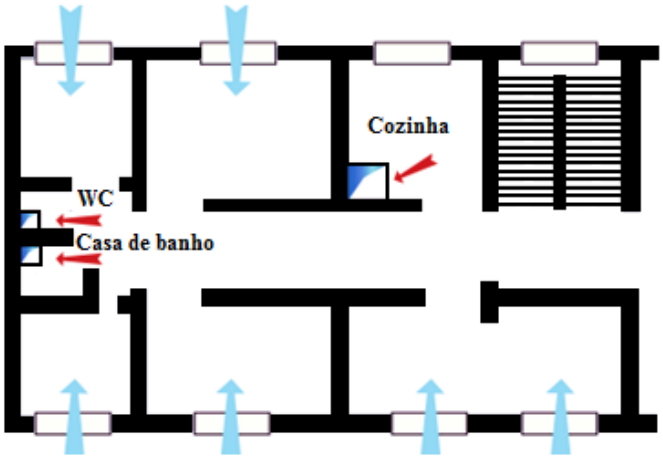


Fig. 10 – Exemplo esquemático da circulação do ar numa habitação (adaptado de [3]).

Em edifícios com instalações coletivas de ventilação, se um compartimento de serviço dispuser de uma saída de ar mecânico, todos os outros compartimentos de serviço devem dispor também de uma saída.

Os requisitos da taxa de extração devem estar definidos de acordo com as condições médias climáticas de inverno, quer para o funcionamento de sistemas naturais ou mecânicos [27].

O caudais-tipo de extração em cada compartimento de serviço estão estabelecidos na Tabela 11, com base no número de compartimentos principais da habitação, em que devem ser assegurados, simultaneamente ou não.

Tabela 11 – Caudais-tipo de extração em cada compartimento de serviço (adaptado de [27]).

Número de compartimentos principais da habitação	**Caudais de extração em m^3/h**				
	Cozinha	**Casa de banho ou compartimentos com chuveiros**	**Outras casas de banho**	**Sanitários (WC)**	
				Único	**Múltiplo**
1	75	15	15	15	15
2	90	15	15	15	15
3	105	30	15	15	15
4	120	30	15	30	15
5 ou mais	135	30	15	30	15

Com a introdução de dispositivos individuais de regulação mecânica (VMC) pode-se diminuir os caudais anterior. Geralmente, os caudais totais extraídos e os caudais reduzidos em cozinhas são pelo menos iguais aos valores indicados na tabela seguinte (Tabela 12):

Tabela 12 – Caudais totais extraídos e os caudais reduzidos em cozinhas (adaptado de [27]).

	Número de compartimentos principais						
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
Caudais mínimo total em m^3/h	35	60	75	90	105	120	135
Caudais mínimo na cozinha em m^3/h	20	30	45	45	45	45	45

Quando a ventilação é garantida por um dispositivo mecânico que regula automaticamente as trocas de ar da habitação, de modo que o nível de poluição do ar interior não constitua uma ameaça para a saúde e que possa evitar condensações no interior, com exceções momentâneas, as taxas de fluxo podem ser reduzidas como são definidas pela Tabela 13. A utilização de tal dispositivo deve ser autorizada pela Ministro da Construção e Habitação e o Ministro da Saúde, que estabelece taxas mínimas a serem observadas [27].

Tabela 13 – Caudais totais mínimos quando a ventilação é garantida por VMC com condições de qualidade do ar controladas (adaptado de [27]).

	Número de compartimentos principais						
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
Caudais total mínimo em m^3/h	10	10	15	20	25	30	35

3.3.2. REGULAMENTAÇÃO ESPANHOLA: « CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN »

No regulamento espanhol publicado em 20 de abril de 2009, «*Código Técnico de edifício seção HS3 - Qualidade do ar interior*» é estabelecido a verificação dos seguintes procedimentos, dos quais os edifícios têm de cumprir [28]:

- Cumprimento das condições estabelecidas pelos caudais;
- Cumprimento dos esquemas dos sistemas de ventilação:
  - para cada tipo de local, tipo de ventilação e condições relativas aos meios de ventilação (natural, mecânica ou híbrida);
  - relativamente às condições construtivas dos seguintes elementos:
    - aberturas e grelhas de ventilação;
    - condutas de admissão;
    - condutas de extração para ventilação híbrida;
    - condutas de extração para ventilação mecânica;
    - dispositivos mecânico, híbridos e de extração;
    - janelas e portas exteriores
- Cumprimento das condições de dimensionamento dos elementos construtivos;
- Cumprimento das condições dos produtos construtivos;
- Cumprimento das condições de construção;
- Cumprimento das condições de manutenção e conservação.

Este regulamento aplica-se a edifício de habitação, edifícios de outro uso e em locais de qualquer outro tipo.

3.3.2.1. Cumprimento das condições estabelecidas pelos caudais

Conforme o regulamento, considera-se que o número de ocupante seja igual a [28]:

- um em quartos individuais e dois em quartos de casal;
- em cada sala de jantar e em cada sala de estar, contabiliza-se a soma de todos os ocupantes de cada quarto da habitação correspondente.

Nos locais da habitação destinado para os vários usos consideram-se que o caudal corresponde ao uso, para qual resulta maior caudal.

A partir da Tabela 14 é possível determinar os caudais de ventilação mínimo para cada compartimento.

Tabela 14 – Caudal de ventilação mínimo exigido em cada compartimento [28].

		Caudal de ventilação mínimo exigido qv em l/s (m^3/h)		
		Por ocupante	Por m^2 útil	Em função de outros parâmetros
Locais	Quartos	5 (18)		
	Sala de estar /Sala de Jantar	3 (10,8)		
	Sanitários/Casa de banho			15 (54) por local
	Cozinha		2 (7,2)	50 (180) por local (1)
	Arrecadação/Zonas comuns		0,7 (2,52)	
	Estacionamento/Garagem			120(432) por local
	Armazenamento de resíduos		10 (36)	

(1) Caudal correspondente à ventilação adicional da cozinha.

3.3.2.2. Condições gerais [28]:

- Os edifícios devem conter um sistema de ventilação geral que pode ser híbrido ou mecânico.
- As cozinhas, salas de jantar, dormitórios e salas de estar devem ter um sistema complementar de ventilação natural. Para tal, deve dispor de uma janela exterior que se possa abrir ou uma porta exterior.
- As cozinhas devem ter um sistema adicional específico de ventilação com extração mecânica para os vapores e a libertação de contaminantes. Para isso, devem possuir um extrator mecânico ligado a uma conduta de extração independente da ventilação geral do edifício que não pode ser utilizado para extração do ar de locais de outros usos. Quando esta conduta é compartilhada por vários extratores, cada um destes deve estar dotado por uma válvula automática que se mantenha aberta a sua ligação com a conduta única quando está a funcionar ou qualquer outro sistema de corrente descendente.

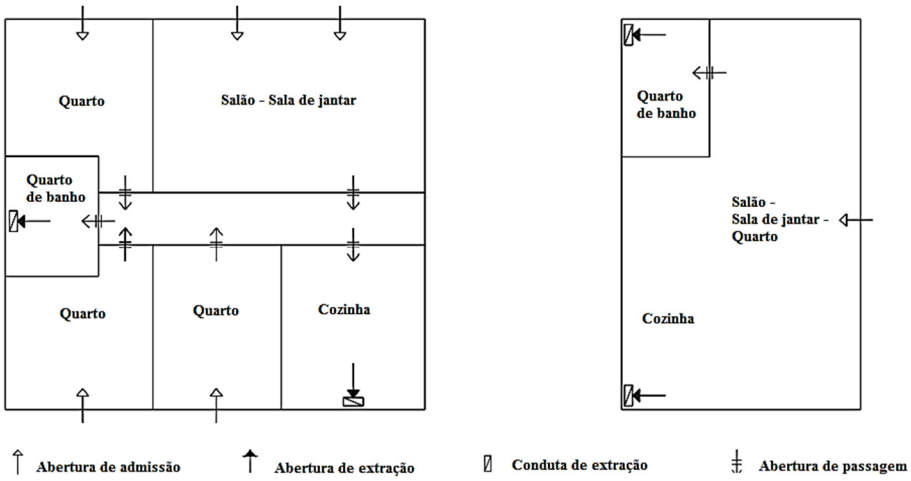


Fig. 11 – Exemplo esquemático da circulação do ar numa habitação (adaptado de [28]).

- O ar deve circular desde dos locais secos para os locais húmidos, para isso as salas de jantar, os quartos e as salas de estar devem possuir aberturas de admissão; os sanitários, as cozinhas e os quartos de banho devem dispor de aberturas de extração; as divisórias situadas entre os locais com admissão e os locais com extração devem conter aberturas de passagem. (Fig. 11)
- Quando a ventilação é híbrida as aberturas de admissão devem comunicar diretamente para o exterior.
- As aberturas de extração devem localizar-se nos compartimentos mais contaminados, sanitários e quartos de banho, e nas cozinhas; as aberturas de passagem inseridas na habitação devem estar situadas nos locais onde haja menor probabilidade de difusão de contaminantes.
- As aberturas de extração de ar devem estar ligadas as condutas de extração e devem ser colocadas a uma distância a partir da parte inferior da laje do teto de 200mm e uma distância de qualquer canto ou esquina vertical maior que 100mm.

3.4. LEGISLAÇÃO/ NORMALIZAÇÃO E RECOMENDAÇÕES EXISTENTES EM PORTUGAL

A norma NP 1037 "Ventilação e evacuação dos produtos da combustão dos locais com aparelhos a gás" divide-se em 5 partes:

- Parte 1: Edifícios de habitação. Ventilação natural.
- Parte 2: Edifícios de habitação. Ventilação mecânica centralizada de fluxo simples.
- Parte 3: Volume dos locais. Posicionamento dos aparelhos a gás.
- Parte 4: Instalação e ventilação de cozinhas profissionais.
- Parte 5: Edifícios de habitação. Ventilação mista.

3.4.1. NP 1037-1 (2002) - PARTE 1: EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO. VENTILAÇÃO NATURAL [23].

3.4.1.1. Generalidades:

- A ventilação deve ser geral e permanente, mesmo que os elementos do edifício com comunicação direta para exterior estejam fechados, como é o caso de janelas e portas.
- As disposições dos compartimentos e as aberturas para exterior devem estar orientadas conforme a incidência de ventos dominantes, de maneira a favorecer a admissão nos compartimentos principais e a evacuação nos compartimentos de serviço.
- De acordo com a norma, são referidas as regras de permeabilidade ao ar, de instalação e de dimensionamento que a ventilação das habitações deve cumprir. No entanto, também são permitidas alterações ao dimensionamento quando recomendado, salvo se não afetar o funcionamento da ventilação.
- São propostos pela norma, duas regras de disposição da ventilação em compartimentos: **ventilação conjunta** e **ventilação separada**. Sendo a ventilação separada recomendada para compartimentos com lareira, aparelhos combustão a gás (aparelhos dos tipos A e B) ou que sejam providos por outro tipo de combustível.

3.4.1.2. Exigências de ventilação:

A presente norma estabelece-se a partir da quantificação de caudais tipos, seguindo as exigências dos critérios de qualidade do ar interior quando os compartimentos principais e de serviços estão em pleno funcionamento. Os aparelhos tipo C não são considerados para a quantificação do caudais-tipo, pois devem possuir uma admissão e ventilação independentes.

3.4.1.3. Caudais-tipo:

No caso de dimensionamento da ventilação natural, estes caudais servem apenas de elementos de apoio para o dimensionamento, mas podem não ser fisicamente assegurados devido ao facto da ventilação natural ser imprevisível, e difícil de controlar.

Conforme a norma, define-se as seguintes exigências mínimas de renovação de ar:

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

No caso de instalação de aparelhos a gás, à exceção de caldeiras, considera-se o caudal de ar a ventilar correspondente ao seguinte produto:

$$1{,}19 \times Q_n \ (l/s) \qquad (3.1)$$

sendo Q_n a potência nominal do aparelho em kW.

Para instalação de caldeiras considera-se o seguinte produto:

$$1{,}39 \times Q_n \text{ (l/s)} \quad (3.2)$$

De acordo com a norma, os caudais-tipo a respeitar para a admissão dos compartimentos principais em função do volume, são:

Tabela 15–Caudais-tipos a admitir nos compartimentos principais [23].

Volume (m³)	**≤ 30**	**> 30 ≤ 60**	**> 60 ≤ 90**	**> 90 ≤ 120**	**> 120 ≤ 150**	**> 150 ≤ 180**	**> 180 ≤ 210**	**> 210 ≤ 240**
Caudal-tipo (l/s) (m3 /h)	8 (30)	17 (60)	25 (90)	33 (120)	42 (150)	50 (180)	58 (210)	67 (240)

Os caudais-tipo recomendados para extração nos compartimentos de serviços em função do volume, são:

Tabela 16 – Caudais-tipo a extrair nos compartimentos de serviço [23].

COMPARTIMENTO		**VOLUME**				
		≤ 8 m³	**> 8 m³ ≤ 11 m³**	**> 11 m³ ≤ 15 m³**	**> 15 m³ ≤ 22 m³**	**> 22 m³ ≤ 30 m³**
Cozinha e outros espaços para instalação de aparelhos a gás		(1)	17 l/s (60 m³/h)		25 l/s (90 m³/h)	33 l/s (120 m³/h)
Instalação Sanitária	com banheira ou duche	13 l/s (45 m³ /h)		17 l/s (60 m³/h)	25 l/s (90 m³ /h)	(2)
	sem banheira nem duche	8 l/s (30 m³ /h)	13 l/s (45 m³ /h)	17 l/s (60 m³ /h)	(2)	(2)
Espaços para lavandaria		8 l/s (30 m³ /h)	13 l/s (45 m³ /h)	17 l/s (60 m³ /h)	(2)	(2)

(1) Volumes para os quais não é permitida a instalação de aparelhos a gás dos tipos A. Esta montagem é permitida para os aparelhos do tipo B desde que o local seja destinado apenas para alojamento deste (ver, também, a NP 1037-3).

(2) Volumes pouco usuais em compartimentos deste tipo em relação aos quais se recomenda o dimensionamento caso a caso tendo em conta as exigências acima referidas.

3.4.1.4. Admissão de ar.

A admissão do ar efetua-se de duas maneiras: pela parede da fachada e por condutas. A admissão pela parede das fachadas depende da exposição ao vento, e a admissão por condutas podem ser individuais ou coletivas.

a) Aberturas de admissão de ar em parede de fachada.

O dimensionamento da abertura de admissão em paredes de fachada deve respeitar estas áreas uteis, conforme o caudal-tipo do compartimento em relação ao volume (Tabela 17):

Tabela 17 – Áreas úteis recomendadas para aberturas em paredes de fachadas em edifícios da classe de exposição Exp 1 [23].

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

b) Admissão de ar por condutas.

O dimensionamento das aberturas das condutas de admissão de ar com contato com o exterior procede-se conforme a Tabela 18, para perdas de carga da ordem de 3 Pa.

Tabela 18 - Área útil das aberturas de entrada de ar nos compartimentos a partir de condutas [23].

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

3.4.1.5. Passagens de ar interiores.

Para o dimensionamento das aberturas de passagem de ar dos compartimentos principais para os compartimentos de serviço adota-se a seguinte tabela de valores (Tabela 19). Para caudais até 60m^3/h, a perda de carga deve ser da ordem de 1Pa, enquanto para caudais superiores, a perda de carga não deve ultrapassar os 3Pa.

Tabela 19 - Áreas úteis das aberturas de passagem de ar dos compartimentos principais para os compartimentos de serviço [23].

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

3.4.1.6. Evacuação de ar.

Para a evacuação de ar estão estipuladas na Tabela 20 as áreas mínimas das aberturas de evacuação de ar para as condutas individuais ou coletivas, sob a condição de essas condutas, se localizarem nos cinco últimos pisos do edifício. Para tal, a perda de carga dessas grelhas não deve ser superior a 3 Pa, para os respetivos caudais.

Tabela 20- Áreas úteis das aberturas de evacuação de ar (perda de carga de aproximadamente 3 Pa) [23].

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

Para condutas coletivas aplicadas como aberturas de evacuação, devem possuir uma seção uniforme para todos os pisos excluído os últimos cinco pisos. Neste caso, a área útil das grelhas a considerar corresponde aos valores da seguinte tabela, com perdas de carga na ordem dos 10 Pa, para os seguintes caudais correspondentes (Tabela 21).

Tabela 21 - Áreas úteis das aberturas de evacuação de ar (perda de carga de aproximadamente 10 Pa) [23].

Área útil	**Caudal-tipo**
40 cm^2	8 l/s (30 m^3/h)
60 cm^2	13 l/s (45 m^3/h)
800 cm^2	17 l/s (60 m^3/h)
120 cm^2	25 l/s (90 m^3/h)
150 cm2	33 l/s (120 m^3/h)

3.4.1.7. Dimensionamento da ventilação do fogo.

Mediante a norma são detalhados dois tipos de disposição de ventilação:

a) Ventilação conjunta.

Esta disposição fundamenta-se nos seguintes princípios:

- A ventilação deve ser geral e permanente com evacuação do ar por tiragem térmica;
- A entrada de ar efetua-se nos compartimentos principais segundo aberturas diretas para o exterior, tais como aberturas nas paredes da fachada (abertura posicionada nas caixas de estore e outros elementos da fachada) ou por condutas;
- A passagem do ar interior processa-se desde os compartimentos principais até aos compartimentos de serviço através de folgas na porta ou grelhas posicionadas na porta ou na parede;
- A saída de ar realiza-se nos compartimentos de serviço por meio de aberturas providas por condutas individuais ou coletivas de evacuação de ar para o exterior;
- O dimensionamento das aberturas de extração deve ser realizado a partir do caudal total de admissão do conjunto.



Fig. 12 – Exemplo de esquema de ventilação conjunta do fogo [23].

b) Ventilação separada

Entende-se por ventilação separada quando se proporciona a ventilação de uma única fração da habitação.

A ventilação separada não deve intervir na ventilação das repartições contíguos, por isso é relevante a utilização de portas estanques para impedir que haja o cruzamento entre a ventilação das repartições diferentes. Na presença de uma lareira de fogo aberto, esta condição é obrigatória, de forma manter-se uma depressão no interior desse compartimento.

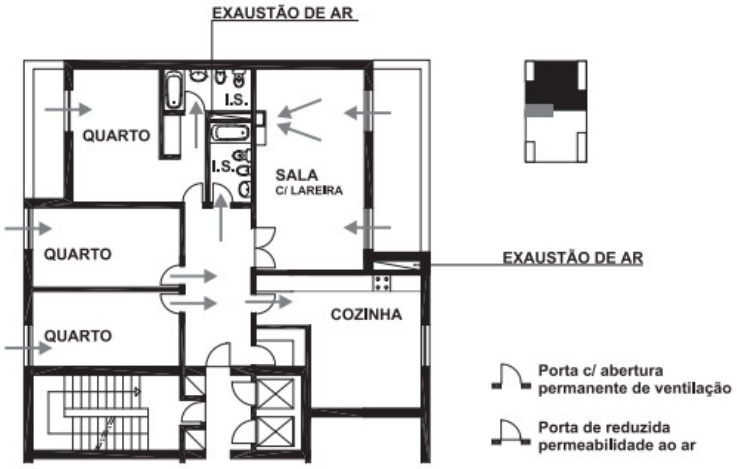


Fig. 13 – Exemplo de esquema de ventilação separada de um fogo com lareira de fogo aberto [23].

3.4.2. NP 1037-2 (2009) - PARTE 2: EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO. VENTILAÇÃO MECÂNICA CENTRALIZADA (VMC) DE FLUXO SIMPLES.

Na presente norma são evidenciadas exigências de conceção, dimensionamento e de execução de equipamentos de extração mecânica do ar viciado em edifícios de habitação. Estes tipos de equipamento são denominados por ventilação mecânica central (VMC) [29].

Em geral, esta norma não é utilizada na reabilitação, tendo em atenção que na reabilitação se refere a edifícios que recorram a condutas pré-existentes, tanto as coletivas como as condutas individuais.

3.5. CARACTERÍSTICAS DISPONÍVEIS DE DISPOSITIVOS DE VENTILAÇÃO NO MERCADO

3.5.1. FICHA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Neste subcapítulo apresentam-se fichas com características de dispositivos de ventilação de diferentes fornecedores, de modo a permitir ter uma ideia dos produtos de ventilação e a suas características disponíveis por alguns fornecedores da área de ventilação, tais como: *Aereco, Anjos, Astato, Decflex, France Air, Renson* [30-35].

De entre os dispositivos destaca-se:

- Grelhas de admissão;
- Grelhas de extração;
- Ventiladores estáticos.

3.5.1.1. Modelo da ficha de características técnicas

A Fig. 14 mostra um modelo tipo de uma ficha de características técnicas, em que o objetivo foi realizar uma síntese de todas as características de todos os produtos de ventilação disponíveis de um único fornecedor, através da marcação com um "x", ou através da indicação de uma característica particular.

GRELHA DE ADMISSÃO

A **CARACTERÍSTICAS GEOMETRIAS:**

LOCALIZAÇÃO		TIPO DE GRELHA		PREÇO €					
Caixa de estore	☐	Autorregulável	☐	0-10	11-20	21-30	31-40	41-50	≥51
Caixilharia da Janela	☐	Higro-regulável:	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Parede	☐	Silenciadores:	☐						
Sob o telhado	☐	Outros:	_____						

DIMENSÕES (mm)												
	Interior		Exterior			Interior		Exterior			Interior		Exterior	
L	≤ 200	☐	≤ 200	☐	H	≤ 20	☐	≤ 20	☐	Esp.	< 15	☐	≤ 15	☐
	201 - 400	☐	200 - 400	☐		21 - 40	☐	21 - 40	☐		16-30	☐	16-30	☐
	401 - 600	☐	401 - 600	☐		41 - 60	☐	41 - 60	☐		31-45	☐	31-45	☐
	601-1000	☐	601-1000	☐		61 - 80	☐	61 - 80	☐		46-60	☐	46-60	☐
	≥ 1001	☐	≥ 1001	☐		≥ 81	☐	≥ 81	☐		≥ 61	☐	≥ 61	☐

B **CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:**

CAUDAL (m3/h) – 10Pa				ISOLAMENTO ACÚSTICO (dB)						FLUXOGRAMA	
≤ 15	15-30	30-45	≥ 46	≤ 27	29-31	32-34	35-37	39-41	≥ 42	Sim	Não
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

ESTANQUIDADE À ÁGUA (PA)							U (W/m².K)	
< 150	[150;350]	]350;400]	]400;900]	]900;1200]	]1200;1500]	> 1500	Sim	Não
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

C **OUTRAS CARACTERÍSTICAS:**

COR:

RAL DEFINIDOS — SIM ☐ / NÃO ☐

MATERIAL:

D **REFERÊNCIA COMERCIAL:**

Fig. 14 – Modelo de ficha de características.

3.5.1.2. Funcionamento da ficha de características técnicas

Através da ficha de cada fornecedor é possível verificar se existe o dispositivo pretendido. Ao escolher um conjunto de características, de um determinado dispositivo, se elas estiverem disponíveis na ficha significa que é condição necessária, mas não suficiente para garantir a sua existência. Na Fig. 15 ilustra-se a verificação da possibilidade de existir, em cada marca o produto pretendido. Definem-se as exigências e nas fichas de fornecedores pode confirmar-se a eventual disponibilidade numa 1º fase e a eventual confirmação dos produtos efetivamente disponíveis numa 2º fase.

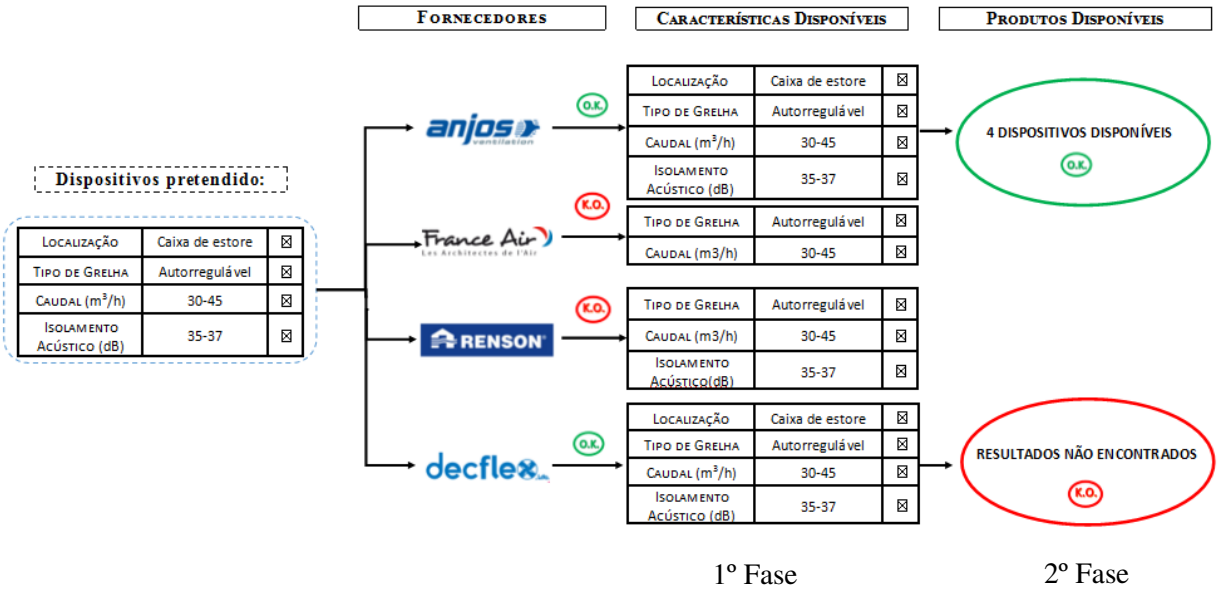


Fig. 15 – Exemplo de funcionamento das fichas de características técnicas.

3.5.1.3. Características disponíveis

Na tabela seguinte apresentam-se uma ficha com as características disponíveis (assinaladas com x) de grelhas de admissão de uma marca comercial. (Tabela 22)

Tabela 22 – Grelha de admissão: Anjos.

GRELHA DE ADMISSÃO — anjos ventilation

A CARACTERÍSTICAS GEOMETRIAS:

LOCALIZAÇÃO		TIPO DE GRELHA		PREÇO €					
Caixa de estore	☒	Autorregulável	☒	0-10	11-20	21-30	31-40	41-50	≥51
Caixilharia da Janela	☒	Higrorregulável:	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Parede	☒	Silenciadores:	☒						
Sob o telhado	☐	Outros:	Ajustadores de fluxo						

DIMENSÕES (mm)												
	Interior		Exterior			Interior		Exterior			Interior		Exterior	
L	≤ 200	☒	≤ 200	☒	**H**	≤ 20	☒	≤ 20	☒	**Esp**	< 15	☒	≤ 15	☒
	201 - 400	☒	200- 400	☒		21 - 40	☒	21 - 40	☒		16-30	☒	16-30	☒
	401 - 600	☒	401 - 600	☐		41 - 60	☒	41 - 60	☒		31-45	☒	31-45	☒
	601-1000	☐	601-1000	☐		61 - 80	☐	61 - 80	☐		46-60	☒	46-60	☐
	≥ 1001	☐	≥ 1001	☐		≥ 81	☒	≥ 81	☒		≥ 61	☒	≥ 61	☐

B CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

CAUDAL (m3/h)				ISOLAMENTO ACÚSTICO(dB)						DÉBITO (ΔP)	
≤ 15	15-30	30-45	≥ 46	≤ 27	29-31	32-34	35-37	39-41	≥ 42	Sim	Não
☒	☒	☒	☐	☐	☒	☒	☒	☒	☒	☐	☒

ESTANQUIDADE À ÁGUA (PA)							U (W/m².K)	
< 150	[150;350]	]350;400]	]400;900]	]900;1200]	]1200;1500]	> 1500	Sim	Não
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒

C	**OUTRAS PROPRIEDADES:**						
	COR:						
	RAL DEFINIDOS	SIM ☒ NÃO ☐					
	MATERIAL:			Poliestireno		Alumínio	
D	**REFERÊNCIA COMERCIAL:**						
	ISOLA HY	Mini ÉSÉA	EM A	VM	STM	Silenciador para entrada de ar VM	Grilles
	EM HY	ISOLA 2	VM-G	L 30 S	SRT+	RDR	GA / GO
	AIRA HY	ÉSÉA	M	STM ext	SC	RDR HP	

Na tabela seguinte apresentam-se uma ficha com as características disponíveis (assinaladas com x) de grelhas de extração de uma marca comercial. (Tabela 23)

Tabela 23 - Grelha de admissão: France Air

GRELHA DE EXTRAÇÃO

France Air
Les Architectes de l'Air

A CARACTERÍSTICAS GEOMETRIAS:

LOCALIZAÇÃO		TIPO DE GRELHA		PREÇO €					
Casa de banho	☒	Autorregulável	☒	0-10	11-20	21-30	31-40	41-50	≥51
Cozinha	☒	Higrorregulável:	☒	☐	☒	☒	☒	☒	☒
Teto	☒	VMC:	☒						
Parede	☒	Outros:	-Reguladores de fluxo constante -Termogás						

DIMENSÕES (mm)		
D	Abertura	
	≤ Φ100	☒
	101-150	☒
	150-200	☒
	≥ 201	☐

B CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

CAUDAL (m3/h)									DÉBITO (ΔP)	
≤ 15	15-30	31-45	46-60	61-75	76-90	91-120	121-150	≥ 151	Sim	Não
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☐	☒	☐

ISOLAMENTO ACÚSTICO(dB)								
≤ 27	28-32	32-37	38-42	43-47	48-52	53-57	58-62	≥ 63
☐	☐	☒	☐	☒	☐	☒	☒	☐

C	**OUTRAS CARACTERÍSTICAS:**			
	COR:			
	RAL DEFINIDOS	SIM ☒ NÃO ☐		
	MATERIAL:		Poliestireno	Alumínio
D	**REFERÊNCIA COMERCIAL:**			
	Boréa	Vauban	Alizé Hygro / Tempo / Vision	
	Aérys	Thermogaz		
	BS 80 /BC 125	Alizé S et C		

Na tabela seguinte apresentam-se uma ficha com as características disponíveis (assinaladas com x) de ventiladores estáticos de uma marca comercial.

Tabela 24 -Ventiladores estáticos: Decflex

VENTILADORES ESTÁTICOS

decflex Lda

A CARACTERÍSTICAS GEOMETRIAS:

DIMENSÕES (mm)							
Φ FIXO		Φ TUBO		H		DIAM. EXT.	
≤ 100	☐	≤ 100	☒	≤ 100	☐	≤ 100	☐
101-150	☒	101-150	☒	101-150	☐	101-150	☐
151-200	☒	151-200	☒	151-200	☐	151-200	☐
201-250	☒	201-250	☒	201-250	☐	201-250	☒
251-300	☒	251-300	☒	251-300	☒	251-300	☒
301-400	☐	301-400	☒	301-400	☐	301-400	☒
≥ 500	☐	≥ 500	☐	≥ 500	☐	≥ 500	☒

B CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

DÉBITO (ΔP)	
Sim	Não
☐	☒

C OUTRAS CARACTERÍSTICAS:

COR:

RAL DEFINIDOS — SIM ☐ / NÃO ☒

MATERIAL: Betão

Inox

Alumínio

PREÇO €							
≤ 80	81 - 90	91 - 100	101 - 125	126 - 150	151 - 200	201 -250	≥ 250
☒	☒	☒	☒	☒	☐	☒	☒

D	**REFERÊNCIA COMERCIAL:**
	ASPIROM EXTRAC'TOR
	ROTA'TOR CIMENT'OR

- Esquema de ventilador estáticos:

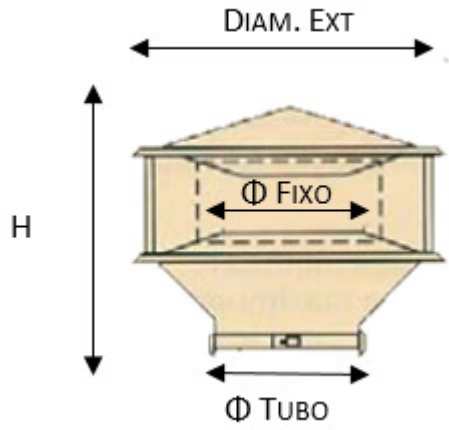


Fig. 16 – Esquema de ventilador estático (adaptado de [38]).

3.6. SÍNTESE CRÍTICA DO CAPÍTULO

As principais conclusões do estudo elaborado são as seguintes:

- Os sistemas de ventilação podem ser de dois tipos: natural ou mecânico;
- A ventilação mecânica em relação à ventilação natural tem a vantagem de permitir uma ventilação mais eficiente e controlada do ponto de vista de admissão e extração de ar, e do conforto térmico em relação à ventilação natural. No entanto, tem a desvantagem de ter um impacto negativo no consumo energético;
- Cada país tem as suas próprias exigências de ventilação;
- Em todos os regulamentos/normas analisados verifica-se que seguem o mesmo princípio de circulação de ar: a admissão processa-se nos compartimentos principais (salas e quartos) e a extração efetua-se nos compartimentos de serviço (cozinhas e instalações sanitárias);
- Para o dimensionamento de caudais de admissão e de extração, a norma Portuguesa determina o caudal-tipo em função do volume útil dos compartimentos, enquanto que o regulamento Francês determina o caudal-tipo em função do número de compartimentos existentes, e o regulamento Espanhol determina o caudal-tipo em função do número de ocupantes, área útil dos compartimentos e em função de outros parâmetros;
- Uma análise das exigências regulamentares dos diversos países evidencia que Portugal apresenta princípios similares, embora os caudais não sejam todos coincidentes;
- A NP 1037-1 exige que a ventilação das habitações deve ser geral e permanente. Define duas disposições de ventilação de compartimento: ventilação conjunta e ventilação separada, e também define outros critérios de dimensionamento, disposições e soluções construtivas;
- Há uma grande variedade de dispositivos de ventilação no mercado, com diversas características. As fichas com as características dos dispositivos permitem fazer uma rápida avaliação da sua disponibilidade no mercado.

4

CONCEÇÃO E DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS DE VENTILAÇÃO

4.1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo serão abordados os métodos de conceção e dimensionamento de sistemas de ventilação natural e mista. Estes sistemas são praticamente idênticos, uma vez que seguem o mesmo princípio de admissão de ar, porém nos sistemas mistos recorre-se a dispositivos de extração mecânica.

Para a implementação de um sistema de ventilação é fundamental a conceção e o dimensionamento desse sistema de ventilação. A conceção é a fase em que, consoante as características do edifício, se escolhe o sistema de ventilação mais apropriado. Após a escolha desse sistema é necessário o dimensionamento de dispositivos intervenientes (Fig. 17).

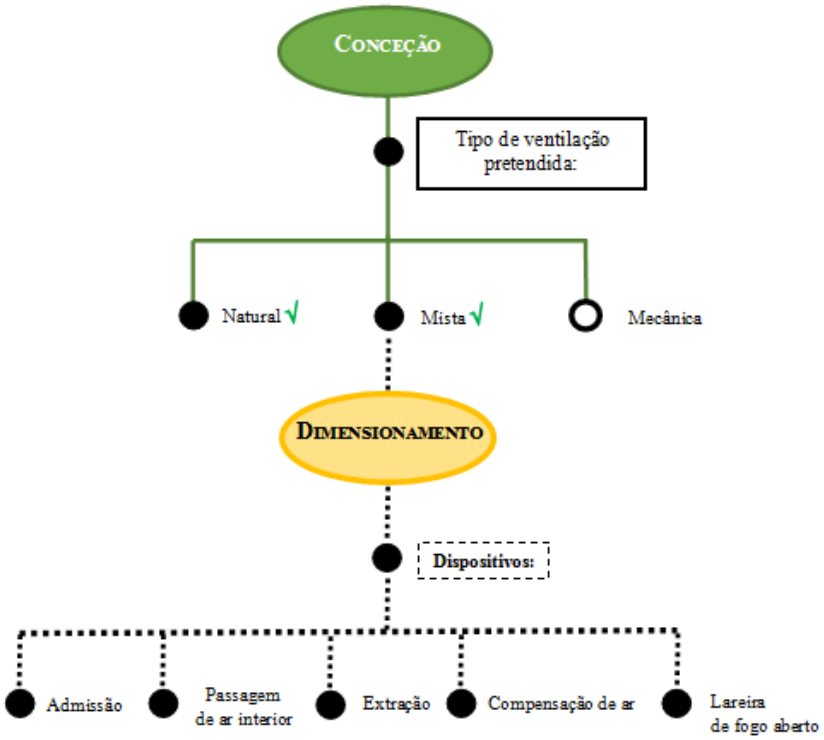


Fig. 17 – Procedimento de conceção e dimensionamento de um sistema de ventilação.

Em Portugal, na maioria dos edifícios de habitação existentes, o sistema de ventilação aplicado é o sistema de ventilação mista.

4.2. CONCEÇÃO DE SISTEMA DE VENTILAÇÃO MISTA

Do ponto de vista metodológico a conceção dos sistemas de ventilação mista pressupõe [20]:

- A ventilação das habitações deve ser geral e permanente.
- A admissão deve-se efetuar por grelhas autorreguláveis, e a exaustão das cozinhas ou instalações sanitárias por dispositivos de ventilação mecânica individual ou conjunta. O somatório desses caudais deve permitir estabelecer um RPH global de 0,7 a 0,8.
- Nas estações de aquecimento, não há necessidade da abertura de janelas ou portas, sendo que as condições de ventilação continuam a ser garantidas. Porém, em estações de arrefecimento, a diferença de temperatura entre o interior e exterior não permite a ventilação por efeito térmico, por isso é necessário abrir as janelas ou as portas para assegurar a ventilação por ação do vento.
- A permeabilidade das janelas e portas deve ser dimensionada mediante a classe exposição do vento.
- Nas cozinhas não se devem colocar aparelho do tipo B próximos de exautores mecânicos, de modo a evitar-se o risco de inversão do sentido do escoamento.

4.3. DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS DE VENTILAÇÃO NATURAL E MISTA

Neste subcapítulo serão abordados os dispositivos de admissão e passagem de ar para a ventilação natural e mista em simultâneo, e os dispositivos de extração em separado, para ventilação natural e para a ventilação mista.

Para o dimensionamento dos dispositivos de ventilação é necessário garantir condições de segurança, qualidade do ar, fluxo do ar e isolamento sonoro.

4.3.1. ADMISSÃO DE AR

4.3.1.1. Permeabilidade ao ar das janelas e das portas:

A permeabilidade ao ar afeta a ventilação das habitações, pois permite a entrada de caudais de ar indesejável. Considera-se desprezável, a permeabilidade ao ar de juntas fixas por ter uma permeabilidade muito baixa, enquanto que nas caixilharias e portas exteriores a permeabilidade do ar, já é considerável. Portanto, deve-se restringir a permeabilidade desses elementos em função da exposição ao vento, ou seja, quanto maior a exposição ao vento, menor deverá ser a permeabilidade ao ar destes elementos [23].

A partir da Tabela 25 estão definidas as classes de exposição ao vento em função da altura acima do solo, da região-tipo e da rugosidade. Estas classes são fundamentais para a definição da perda de carga das aberturas para o exterior que constituem o sistema de ventilação.

Tabela 25 – Classes de exposição ao vento [23].

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

Na Tabela 26 é definida a classe de permeabilidade ao ar mínima das janelas e das portas da habitação em contacto com o exterior em função da classe de exposição, da altura, da rugosidade e da região.

Tabela 26 – Classes de permeabilidade ao ar das janelas e das portas exteriores em função da sua exposição. [43]

Altura acima do solo	Região A			Região B		
	I	II	III	I	II	III
≤ 10 m	1	2	2	1	2	2
>10 m e ≤15 m	1	2	2	1	2	2
>15 m e ≤18 m	1	2	2	1	2	3
>18 m e ≤28 m	1	2	2	2	2	3
>28 m e ≤40 m	2	2	3	2	2	3
>40 m e ≤50 m	2	2	3	2	2	3
>50 m e ≤60 m	2	2	3	2	3	3

Considerando:

- **Região A:** generalidade do território português, à exceção dos locais pertencentes à região B;
- **Região B:** 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.

4.3.1.2. Dispositivos de admissão de ar

As aberturas de admissão de ar devem ser dimensionadas de forma a não provocar desconforto aos ocupantes, sendo recomendado a localização dos dispositivos de admissão de ar a uma altura mínima de 1,80 metros, e onde não seja previsível a possível obstrução da mesma. Possíveis locais para instalar essas aberturas são: as caixilharias, parede, caixa de estore, ou parapeito (Fig. 18).

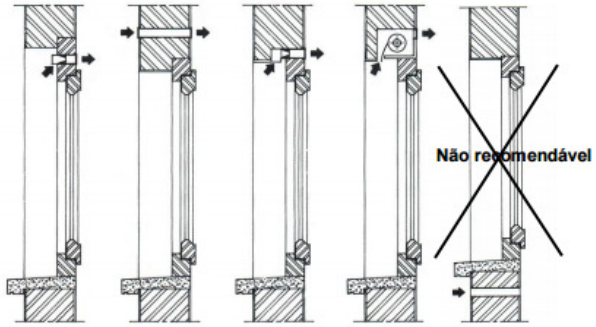


Fig. 18 – Posicionamento das aberturas de admissão de ar [20].

A aplicação de aberturas de admissão instaladas sobre uma altura inferior a 1,80 metros não é recomendável, pois pode provocar desconforto para os ocupantes, no entanto é possível diminuir esse desconforto a partir da colocação de um aparelho de aquecimento sobre essa abertura, contudo se o aparelho não for ligado, o desconforto mantém-se (Fig. 19).

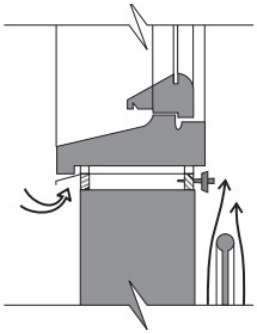


Fig. 19 – Possível solução de grelha posicionada sobre o parapeito [23].

O dimensionamento das aberturas de admissão fixas tem de respeitar as áreas uteis dispostas em 3.4.1.4.

As aberturas de admissão de ar podem ser fixas, reguláveis, higrorreguláveis e autorreguláveis, sendo preferível as aberturas autorreguláveis e higrorreguláveis, pois como a ventilação natural é muito variável e as habitações não são totalmente estanques, estas grelhas permitem um maior controlo sobre as taxas de ventilação, e normalmente permitem uma maior redução de ruído em relação aos outros tipos de grelhas. Estas grelhas também têm a capacidade de quando a habitação estiver desocupada, permitir diminuir as taxas de renovação de ar, proporcionando a poupança de energia [23].

a) Grelha Higrorregulável

Este tipo de grelha funciona de acordo com a humidade relativa do interior. Quando a humidade relativa no interior é elevada, um obturador antirretorno abre, e permite a admissão de caudal máximo para que esse dispositivo foi dimensionado. Em contrapartida, quando a humidade relativa é baixa, o obturador fecha. Esse obturador antirretorno funciona através de um elemento em seda, sensível à humidade, que se expande ou contrai conforme a humidade relativa do interior [34].

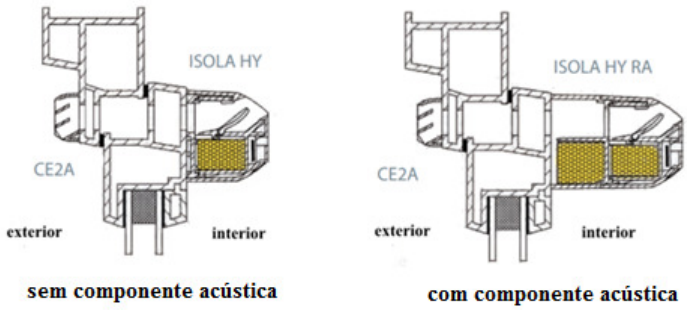


Fig. 20 – Exemplo de uma grelha higrorregulável [30].

Conforme a Fig. 21, com o aumento da humidade relativa do interior o caudal de admissão de ar aumenta até atingir o caudal máximo admissível pela grelha.

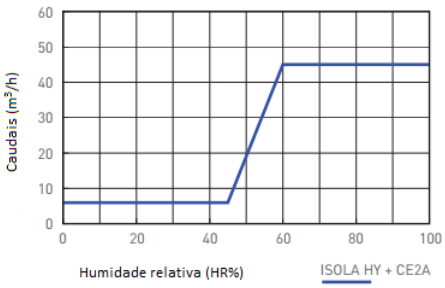
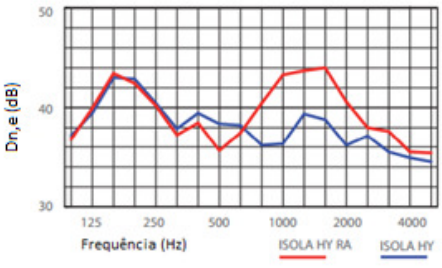


Fig. 21 – Variação do caudal com a humidade relativa [30].

Seguidamente, com a Fig. 22 verifica-se um exemplo das características acústicas de dois tipos de grelhas higroreguláveis.



Tipo	Dn,e,w (C)	Dn,e,w (Ctr)
ISOLA HY + CE2A*	37 dB	37 dB
ISOLA HY RA + CE2A*	39 dB	39 dB
ISOLA HY RA + CFA	42 dB	42 dB

Fig. 22 – Caraterísticas acústicas de duas grelhas higroreguláveis [30].

b) Grelha autorregulável

Estas grelhas funcionam a partir da variação da sua secção em função da variação de pressão do interior da habitação.

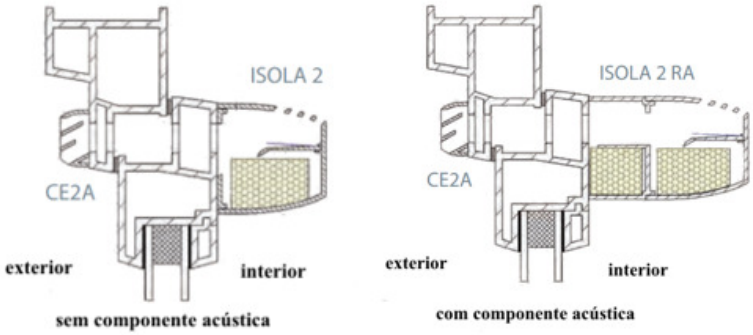


Fig. 23 - Exemplo de uma grelha autorregulável [30].

Na Fig. 24 e Fig. 25 estão representados exemplos de um fluxograma e características de caudal e acústicas de grelhas, que permitem avaliar o caudal e o isolamento sonoro. Estas características devem ser especificadas pelo fornecedor.

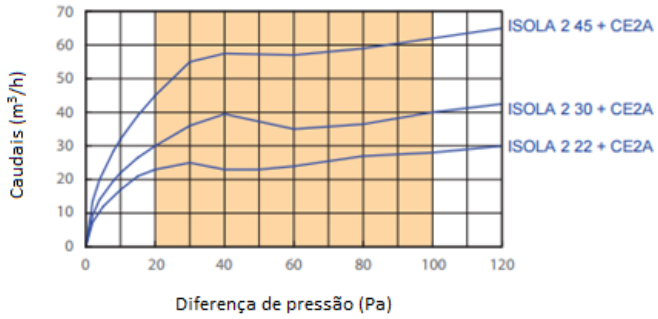
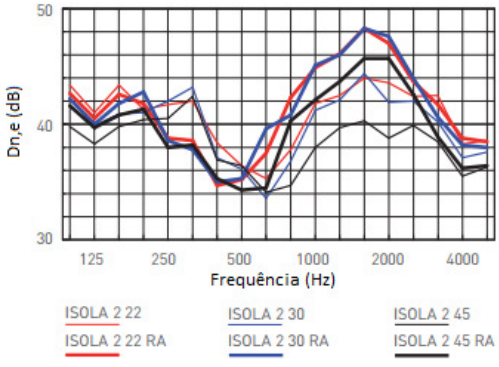


Fig. 24 – Variação do caudal em função da diferença de pressão [30].



Tipo	Dn,e,w (C)	Dn,e,w (Ctr)
ISOLA 2 22 + CE2A	39 dB	39 dB
ISOLA 2 30 + CE2A	39 dB	39 dB
ISOLA 2 45 + CE2A	37 dB	37 dB
ISOLA 2 22 RA + CE2A	41 dB	41 dB
ISOLA 2 30 RA + CE2A	41 dB	41 dB
ISOLA 2 45 RA + CE2A	39 dB	39 dB

Fig. 25 - Caraterísticas acústicas de uma grelha autorregulável [30].

As características a ter em conta na escolha de uma grelha autorregulável são [16]:

- Assegurar os caudais mínimo de admissão nos compartimentos principais, por norma corresponde a 30m^3/h ou 1RPH para diferença de pressão de 20Pa;
- Assegurar as condições de estanquidade de água;
- Não permitir o retorno do fluxo de ar;
- Garantir níveis de isolamento sonoro superiores a 35 dB em função da solicitação acústica de preferência em todas as frequências.

4.3.1.3. Abertura de admissão de ar em parede de fachada

A escolha das aberturas de admissão do ar é adotada consoante a classe de exposição ao vento em que estão sujeitas. A tabela seguinte define as características de dimensionamento das aberturas na parede de fachada, conforme a classe de exposição, o tipo de abertura e os intervalos de diferença de pressão a que as aberturas devem admitir (Tabela 27) [23].

Tabela 27 – Características de dimensionamento das aberturas em parede de fachada conforme a classe de exposição* [36].

Classe de exposição ao vento	Tipo de aberturas	Caudais-tipo a considerar
Exp 1	Seção constante (abertura não reguláveis) (1)	Caudais não inferiores aos previstos para os compartimentos principais (ΔP=10 Pa), sem ser excedido o quádruplo do caudal para ΔP≥60Pa.
Exp 2	Seção variável por ação do vento (aberturas autorreguláveis)	Caudais não inferiores aos previstos para os compartimentos principais (ΔP=10 Pa), sem ser excedido o quádruplo do caudal para ΔP≥160Pa.
Exp 3	Seção variável por ação do vento (aberturas autorreguláveis)	Caudais não inferiores aos previstos para os compartimentos principais (ΔP=10 Pa), sem ser excedido o quádruplo do caudal para ΔP≥240Pa.
Exp 4	Seção variável por ação do vento (aberturas autorreguláveis)	Caudais não inferiores aos previstos para os compartimentos principais (ΔP=10 Pa), sem ser excedido o quádruplo do caudal para ΔP≥380Pa. 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 autorreguláveis.

*Entretanto, foi publicada uma versão mais atualizada desta tabela, na recente norma NP1037-1:2015.

4.3.2. DISPOSITIVOS DE PASSAGEM DE AR INTERIOR

As aberturas de passagem de ar interior devem estar constantemente abertas, podendo dispor de grelhas para proporcionar a ocultação visual ou outros dispositivos que promovam a atenuação acústica dos ruídos aéreos. Estas aberturas de passagem podem ser praticadas por grelhas posicionadas na porta ou na parede e por folgas na porta, o que pode provocar determinados inconvenientes nos que diz respeito à acústica e à privacidade do local. As aberturas por folgas nas portas têm o inconveniente de poderem ser facilmente obstruídas a partir da colocação de carpetes e alcatifas, o que prejudica a passagem de ar para os outros compartimentos [23].

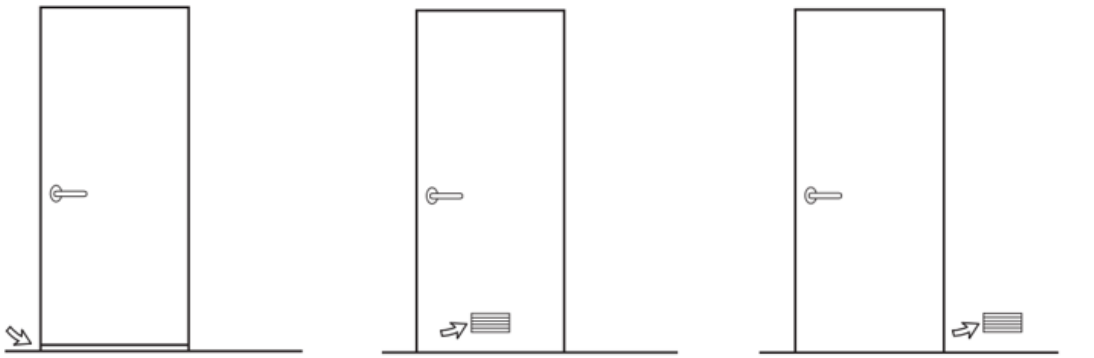


Fig. 26 - Dispositivos de passagem de ar interior (adaptado de [23]).

4.3.2.1. Permeabilidade ao ar das portas interiores.

A permeabilidade das portas interiores não deve exceder os 12 $m^3/(h\text{-}m^2)$ para uma diferença de pressão de 100Pa, quando se é limitado por sectores separado de ventilação, como por exemplo as salas com lareira de fogo aberto. Nos outros casos em que as portas de interior permitem a circulação de ar entre compartimentos devem ter uma abertura permanente, para quando as portas estiverem fechadas permitirem a circulação limitada de ar. O dimensionamento destas aberturas de passagem do ar interior tem de respeitar as áreas uteis dispostas em 3.4.1.5 [23].

Com base em catálogos comerciais é possível obter alguns exemplos de dispositivos de passagem de ar interior como grelhas acústicas, com uma redução sonora de 32 dB, própria para porta de interiores; ou grelhas discretas localizadas na parte superior da porta [35].



Fig. 27 – Exemplo de dipositivos de passagem de ar interior [35].

4.3.3. EXTRAÇÃO DO AR POR VENTILAÇÃO NATURAL

4.3.3.1. Aberturas de extração de ar

As aberturas de extração devem ser colocadas nos locais onde há maior produção de poluentes como é o caso das cozinhas, em que sobre o fogão deve-se situar uma embocadura de chaminé (espaço delimitado pelo pano de apanhar) a uma altura maior ou igual a 1,80 m.

Nas instalações sanitárias, onde as aberturas de extração do ar devem estar situadas a pelo menos 2,1m acima do pavimento, e o mais afastado possível da porta de comunicação com esse compartimento.

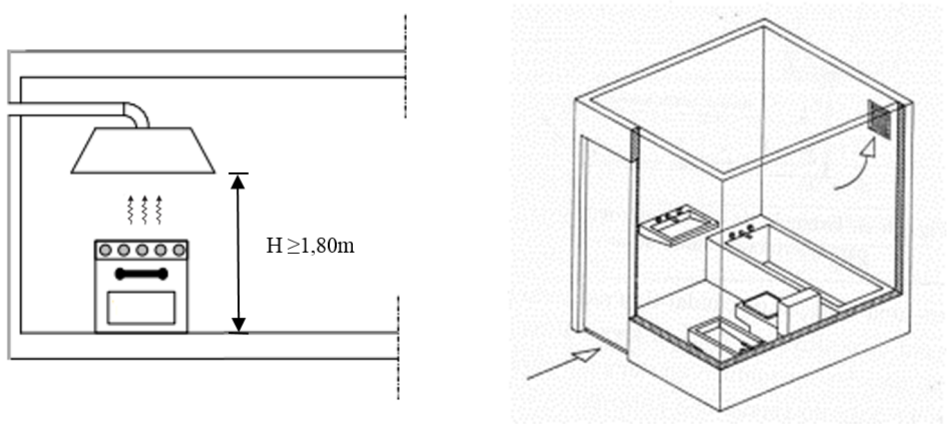


Fig. 28 - Exemplo de abertura de evacuação em cozinhas e instalações sanitárias (adaptado de [29, 37]).

4.3.3.2. Condutas de evacuação do ar

As condutas de evacuação podem ser individuais ou coletivas, de acordo com a norma 1037. No que se refere às disposições construtivas: as condutas individuais devem ser, sempre quando possível, verticais para evitar a estagnação do ar no interior da conduta. Em casos em que não seja possível garantir a verticalidade das condutas, as condutas podem incluir apenas um troço inclinado, com um desvio de verticalidade inferior a 20º para condutas com altura superior a 5 metros, se a conduta de exaustão conter uma altura inferior a 5 metros e não for destinada para a evacuação de produtos de combustão, esse desvio deve atingir um desvio máximo de 45º. Para condutas de evacuação de produtos de combustão esse desvio não deve exceder o 30º, estas condutas devem possuir uma secção de área superior a 400cm^2[23].

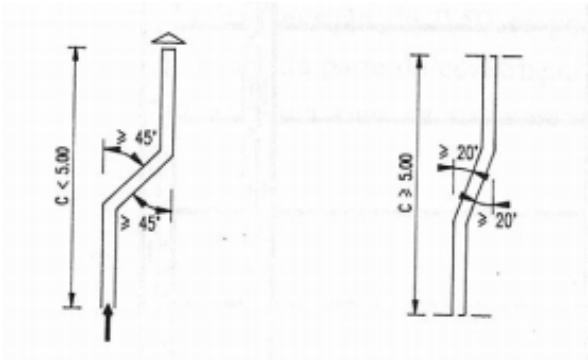


Fig. 29- Troços inclinados nas condutas de evacuação de ar [37].

As condutas coletivas devem ser dispostas sempre na vertical até à emergência da cobertura, podendo apenas apresentar um desvio de verticalidade que não ultrapasse os 20º a partir desse nível. A ligação entre ramais à conduta coletiva deve ser feita, quanto possível, com um pequeno ângulo de desvio.

Em geral, as condutas para evacuação de produtos de combustão devem suportar temperaturas de 350ºC, em permanência, e temperaturas de 400ºC no período de 1 hora, devendo ser capazes de suportar temperaturas de 900ºC, sem sofrer perdas de estabilidade. Para condutas utilizadas para a evacuação de produtos da combustão do gás esses valores podem ser inferiores, sendo a temperatura de permanência de 200ºC, e a temperatura no período de 1 hora de 250ºC, não sendo necessário assegurar a estabilidade da conduta a temperaturas superiores a estas [23].

Na exaustão de produtos de combustão, as condutas podem ser compostas pelos seguintes materiais [37]:

- Chapa de aço galvanizado
- Aço inox, ferrítico ou austenítico;
- Alumínio a 99,5%
- Chapa de aço esmaltada
- Fibrocimento

Outros materiais, se forem asseguradas a estanquidade das juntas entre os elementos [37]:

- Pedra ou tijolo;
- Elementos pré-fabricados com materiais incombustíveis;
- Tubos de material incombustível e de reduzida condução ao calor (por exemplo: tubos de grés vidrado.

De forma, a não reduzir a tiragem térmica das condutas de evacuação, as paredes adjacentes à conduta devem ser isoladas termicamente, como também os troços que abrangem o desvão dos telhados e nos troços emergentes das coberturas [37].

4.3.3.3. Saída das condutas de evacuação do ar.

A ação do vento sobre as condutas de evacuação de ar interfere no funcionamento das condutas de evacuação, por isso a abertura de saída das condutas devem estar devidamente posicionadas.

a) Critérios a respeitar [23]:

- A condutas de evacuação devem ser capazes de extrair o ar poluído para o exterior;
- Deve impedir que o ar poluído se propague para os edifícios vizinhos;
- Deve impedir a reentrada de ar poluído para o próprio edifício (auto-poluição).

b) Disposição das coberturas [37]:

As disposições dos elementos de evacuação de ar sobre a cobertura devem cumprir algumas exigências de conceção:

- As condutas de evacuação para o exterior devem estar posicionadas a 0,50m acima do plano horizontal de qualquer parte da cobertura, e de construções próximas se a distância entre a conduta e as essas construções estiverem contidas numa superfície circular de 10m com o eixo coincidente com a vertical no ponto de emergência da conduta, para coberturas superiores a 15º.

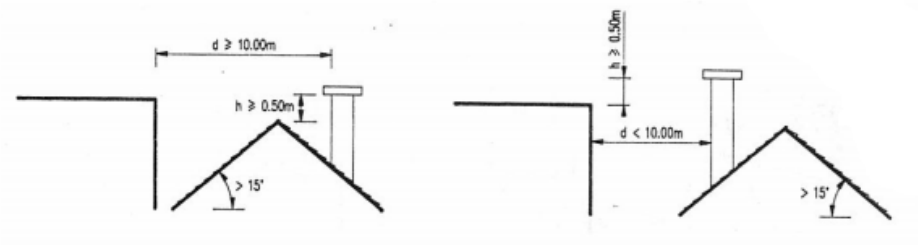


Fig. 30 – Esquema da altura da conduta de evacuação de ar para coberturas com inclinação superior a 15º [37].

- Esta exigência dos 0,5m de altura pode ser dispensado, na eventualidade das construções terem dimensões reduzidas, não induzindo a possibilidade da abertura se localizar numa zona de sobrepressão.
- Em coberturas de telhado com inclinação inferior a 15º e em coberturas de terraço, as condutas devem ter uma altura no mínimo de 1,20m a partir do ponto de emergência e 1,00 acima da guarda da cobertura quando esta tem uma altura superior a 0,20m.

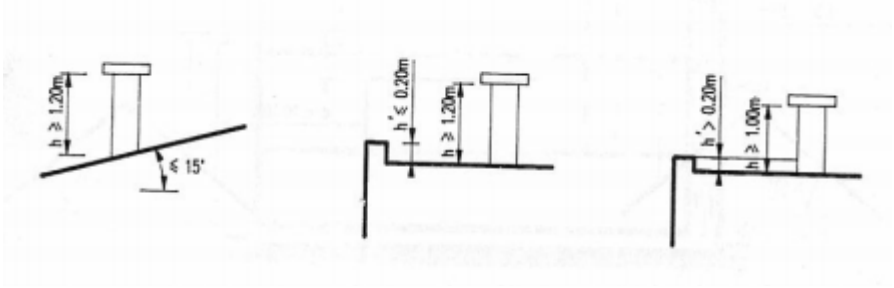
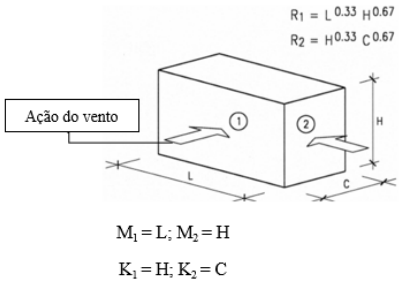


Fig. 31 - Esquema da altura da conduta de evacuação de ar para coberturas de telhado com inclinação inferior a 15º e coberturas em terraço [37].

Para além das disposições sugeridas, a norma NP 1037-1 também define um conjunto de procedimentos para o posicionamento das saídas das condutas.

c) Metodologia de dimensionamento da posição das saídas das condutas de evacuação do ar pela Norma NP 1037-1, que se encontra definido nas figuras seguintes. Trata-se de um procedimento completo de dimensionamento [23].



- Definir parâmetros característico do edifício:

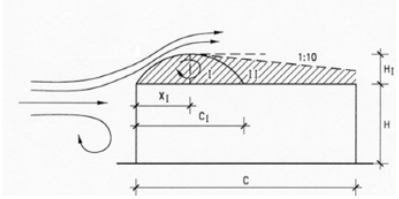
$$R = M^{0,33} \times K^{0,67}$$

Em que,

M – maior das dimensões da fachada frontal ao vento incidente.

K – menor das dimensões da fachada frontal ao vento incidente.

Se M>8K então M=8K;



- Traçar a linha que limita a zona I;
- Traçar a linha que limita a zona II, desde H_I e com um declive descendente de 1:10 (5,7º) no sentido do vento incidente, até encontrar a cobertura ou a vertical da fachada de jusante;
- A chaminé deve ter uma altura, H_{ch}, tal que a boca de saída fique acima daquelas linhas.

Fig. 32 - Método de dimensionamento da posição das saídas das condutas de evacuação do ar (adaptado de [23]).

Na Fig. 32 representa-se a tracejado a zona interdita para posicionar as saídas das condutas de extração, o método distingue os edifícios unifamiliares e multifamiliares.

Para edifícios unifamiliares as coberturas podem ser em terraço ou inclinadas. No caso de coberturas em terraço:

$$H_I=0,22R \qquad X_I=0,5R \qquad C_I=0,9R \tag{4,1}$$

Para cobertura inclinada considera-se dois casos:

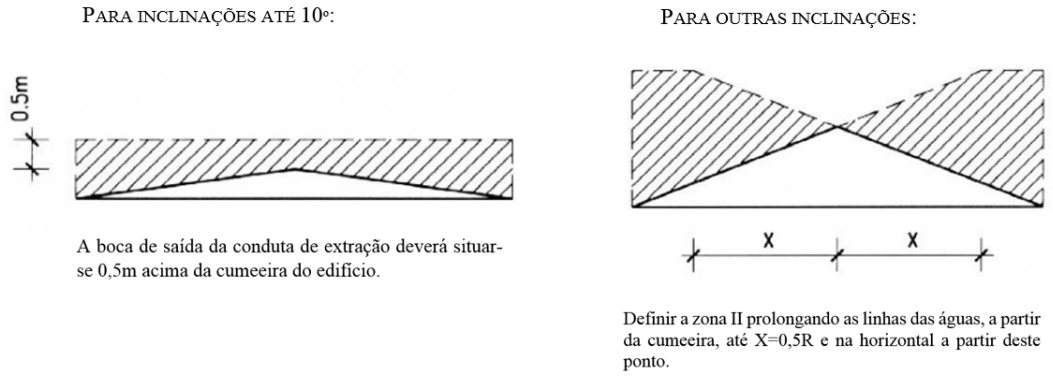


Fig. 33 – Área de inclusão para chaminés de edifícios unifamiliares (adaptado de [23]).

Para edifícios multifamiliares, a configuração mais comum é um paralelepípedo, o método utilizado para esses edifícios é igual ao descrito anteriormente.

No caso de a fachada frontal não ser contínua, C_{RS}, com dimensões maiores que a menor dimensão de K (K_1 e K_2), define-se o parâmetro R.

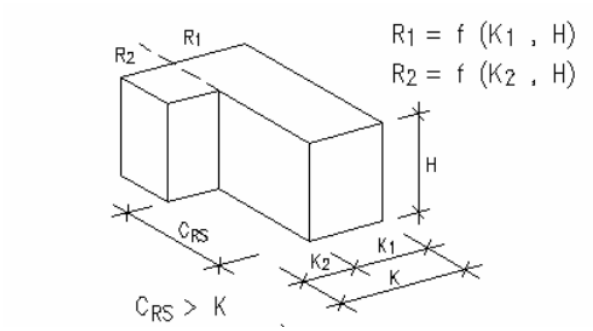


Fig. 34 – Edifício com fachada frontal não contínua. (adaptado de [23]).

Se existir um recuado na cobertura que forma um ressalto ou uma arquitetura em escada, as zonas I e II devem ser determinadas de acordo o seguinte procedimento:

- Determina-se X_{rs} que corresponde à distância entre o bordo da cobertura e o inicio do ressalto, e também se determina o parâmetro R_{rs} para dimensão do ressalto.
  - Se $X_{rs}=0$, a zona II a jusante do ressalto é delimitada por uma linha reta horizontal com início no seu bordo posterior e com um comprimento $CII_{rs}=R_{rs}$, seguindo-se uma outra de declive 1:10 (5,7º), descendente.

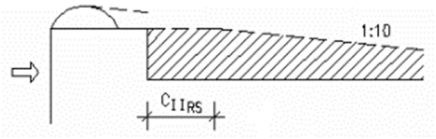
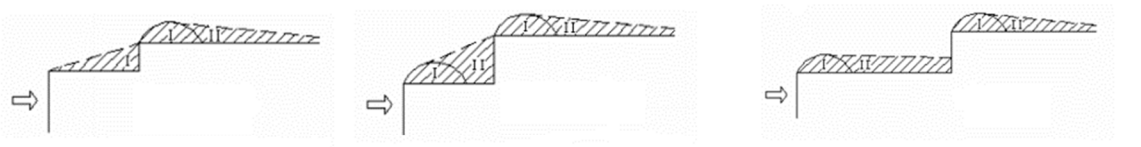


Fig. 35- Zona a considerar se $X_{rs}=0$ (adaptado de [23]).

- Se Xrs≠0, define-se uma dimensão característica total, $R_T=R + R_{rs}$, em que R é calculada com as dimensões da fachada.

As zonas a considerar são então obtidas por:



$X_{rs}<0,5R_T$	$0,5\ R_T<X_{rs}<2R_T$	$X_{rs}>2R_T$
Uma primeira zona I é limitada por uma linha reta unindo o bordo da cobertura com o do ressalto. Todas as outras características são determinadas usando o parâmetro R_T.	Define-se uma zona I na cobertura usando R_T e uma zona II entre o topo dessa bolha de recirculação e o bordo do ressalto. As zonas geradas pelo ressalto são estimadas usando R_{rs}.	Neste caso edifício e ressalto devem ser tratados como entidades separadas usando R e R_T.

Fig. 36- Zonas a considerar se $X_{rs}\neq0$.(adaptado de [23])

Este método é executado para uma largura da fachada de 1,5 L_{RS}, centrado no ressalto. Nas zonas exteriores a esta largura utilizam-se o método de coberturas em terraço.

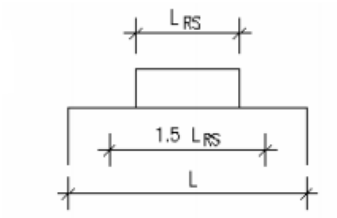


Fig. 37 – Largura da fachada em o método é executado (adaptado de [23]).

d) Edifícios sob a influência de obstáculos próximos [36]

Considera-se que os obstáculos próximos podem interferir na extração do ar quando a seguinte equação se verificar:

$$\alpha = \frac{a}{H_{obs}} \tag{5,1}$$

$$\alpha < 0{,}02\ \mathrm{Robs2} - 0{,}65\ \mathrm{Robs} + 6{,}2 \tag{5,2}$$

Em que:

- a, é a distância entre obstáculo e conduta;
- $H_{obs,}$ é altura do obstáculo;
- R_{obs}: é o parâmetro R calculado com as dimensões do obstáculo.

É importante salientar que, entretanto, este método sofreu algumas alterações com a nova versão da norma NP1037-1:2015.

4.3.4. VENTILADORES ESTÁTICOS E EÓLICOS

4.3.4.1. Ventiladores estáticos

Os ventiladores estáticos têm por função minimizar a influência das condições atmosféricas exterior. A ação do vento sobre o ventilador provoca uma depressão sobre a conduta que permite assim extrair os caudais de evacuação de ar necessários, reduzindo assim a possibilidade de retorno do ar viciado para o interior.

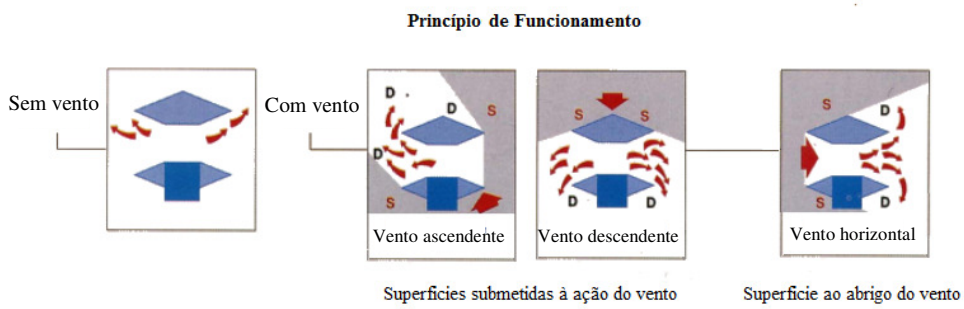


Fig. 38 –Princípio de funcionamento dos ventiladores estáticos (adaptado de [38]).

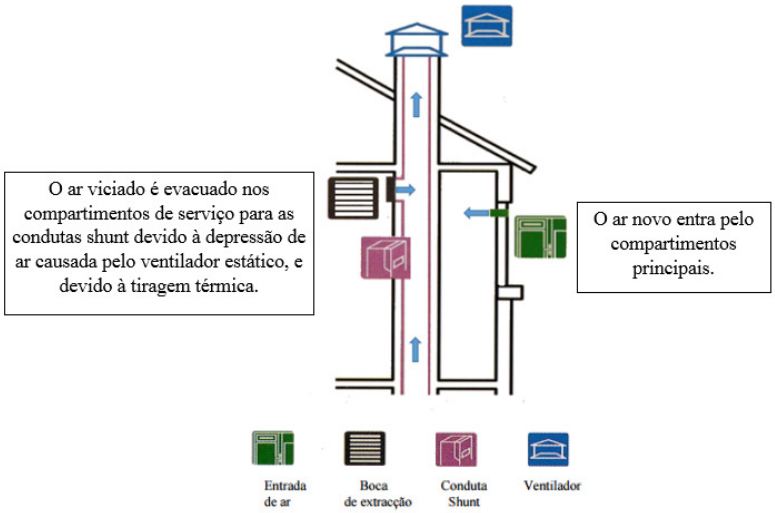


Fig. 39 – Esquema de uma habitação com sistema de ventilação natural com um ventilador estático (adaptado de [38]).

Os ventiladores estáticos devem assegurar as seguintes características [23]:

- não permitir a entrada de água para interior das condutas;
- na inexistência de vento, a perda de carga no ventilador deve ser menor que 4 Pa, quando o caudal é igual à soma dos caudais-tipo de saída das aberturas providas por condutas;
- Os ventiladores estáticos podem pertencer às classes definidas na Tabela 28 dependendo do fator de depressão do ventilador que variam consoante o ângulo de incidência do vento segundo um plano horizontal.

Tabela 28 – Classes dos ventiladores estáticos consoante o fator de depressão [39].

Tipo de ventilador estático	Fator de depressão máximo para -30≤α≤30	Fator de depressão máximo para restantes α
Classe A	-0,50	-0,35
Classe B	-0,65	-0,50

Atualmente existem inúmeros ventiladores estáticos disponíveis para a ventilação das habitações, os ventiladores com maior eficiência são os têm a forma de "H" [16].

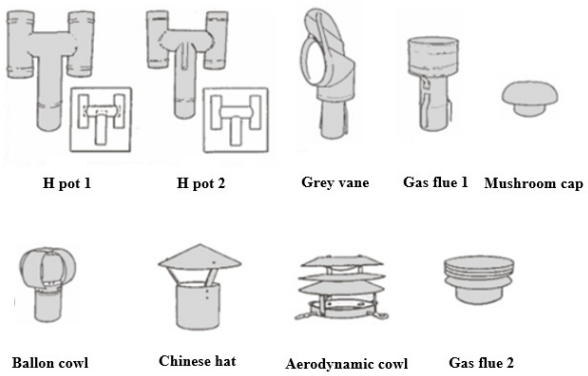


Fig. 40 - Diversos formatos de ventiladores estáticos e eólicos (adaptado de [16, 40]).

4.3.4.2. Ventiladores eólicos

Os ventiladores eólicos podem conduzir a extrações significativas, funcionam a partir da ação do vento que incide sobre as laminas do ventilador, provocando um movimento giratório deste, e assim permitindo a sução do ar interior. Na ausência de vento, os ventiladores eólicos funcionam através do efeito térmico.



Fig. 41 – Ventilador eólico [33].

Estes ventiladores podem ser ligados a condutas individuais ou coletivas (Fig. 42):



Fig. 42 – Condutas de ligação a ventiladores estáticos e eólicos [16].

4.3.5. CAIXA DE ESCADAS

A ventilação das comunicações do interior dos edifícios pode se realizar a partir de sistemas de ventilação natural ou por mecanismos de insuflação e/ou extração mecânica. A ventilação destes espaços depende muito da altura de referência do edifício, e deve obedecer as exigências impostas pelo regulamento de segurança contra incêndios, que indica a necessidade de conciliar meios de ventilação corrente compatíveis com a desenfumagem passiva em situação de incêndio, uma vez que em situação de incêndio a libertação de fumos e gases tóxicos para o interior podem causar maior taxa de mortalidade do que comparado com a própria combustão [37].

Para edifícios com altura de referência até 9 metros, ou seja, 4 pisos, a ventilação das comunicações interiores pode ser conjunta entre os compartimentos horizontais e as escadas, ou separada através uma porta de separação entre esses dois espaços [37].

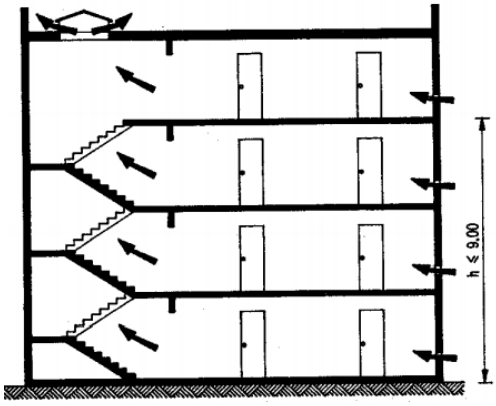


Fig. 43 – Ventilação conjunta em comunicações interiores de edifício com alturas até a 9 metros [37].

Quando a ventilação é conjunta, as aberturas de admissão do ar exterior devem localizar-se nas extremidades das comunicações horizontais, o mais distante possível das escadas, e das aberturas permanentes no topo da caixa de escadas.

Quando a ventilação é separada por uma porta de fecho automático, a ventilação das comunicações horizontais procede-se por condutas coletivas com ramais da altura de um piso para admissão e extração de ar. As aberturas de admissão de ar nas comunicações horizontais devem estar a uma altura inferior ou igual a 1 metros acima do piso, enquanto que as aberturas de extrações devem-se situar a uma altura igual ou superior a 1,80 metros. As seções destas aberturas não devem ser inferiores a 0,2 m^2. A admissão de ar exterior para as condutas realiza-se ao nível da base do edifício, e a rejeição do ar para o exterior se realiza ao nível da cobertura. A ventilação dessas condutas pode ser efetuada por tiragem térmica. A ventilação da caixa de escada procede-se por aberturas permanentes em cada piso, ou por tiragem térmica com aberturas permanentes ao nível da base e no topo da caixa de escadas [37].

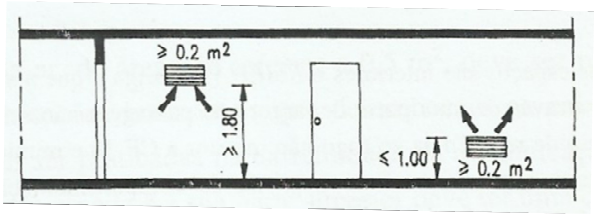


Fig. 44 – Aberturas de admissão e exaustão para a ventilação separada de comunicações horizontais [37].

Em edifícios com altura de referência entre 9 metros e 28 metros, ou seja, entre 4 e 10 pisos, só é admitido ventilação separada das comunicações interiores.

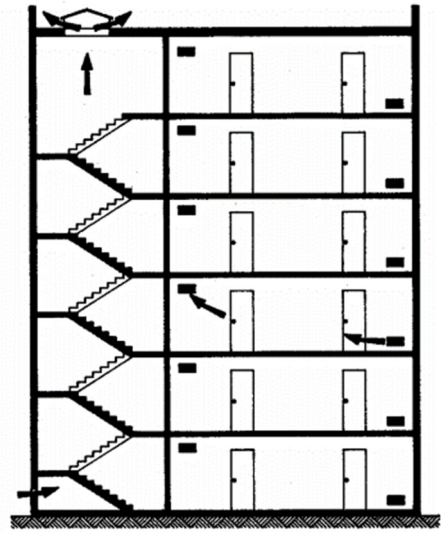


Fig. 45 - Ventilação separada em comunicações interiores de edifício com alturas entre 9 metros e 28 metros [37].

Para edifícios com altura de referência compreendida entre 28 metros e 60 metros, o que corresponde entre 10 e 21 pisos, só é admitido a aplicação de sistemas de ventilação natural quando as comunicações interiores estão separadas por uma câmara corta-fogo exterior, ou quando as comunicações horizontais interiores dispõem de escadas exteriores, ou quando as escadas interiores estão ligadas as comunicações horizontais exteriores [37].

Para outras situações deve-se utilizar sistemas de ventilação mecânica [37].

4.3.6. LAVANDARIA

A ventilação da lavandaria deve ser realizada num compartimento separado, por ser um local com muita produção de vapor de água, essa separação deve ser realizada por uma porta hermética com uma permeabilidade não superior a 12 $m^3/(h.m^2)$. Este compartimento deve ser autoventilado com uma abertura de admissão fixa localizada sobre a zona inferior de uma parede do compartimento, e na parede oposta deve ser colocada uma abertura de extração na zona superior. Estas aberturas podem ser equipadas por um filtro anti-inseto e contra a entrada de partículas. Na lavandaria deve ser garantida 4 RPH.

4.3.7. LAREIRAS DE FOGO ABERTO

Nos compartimentos com lareira de fogo aberto deve ser dimensionado uma abertura de admissão própria para o normal funcionamento da lareira, em que o caudal de ar ventilado nunca pode ser inferior ao caudal de funcionamento da lareira. O caudal a considerar em compartimentos onde estejam inseridas lareiras de fogo aberto não deve ser inferior a 4 renovações por hora.

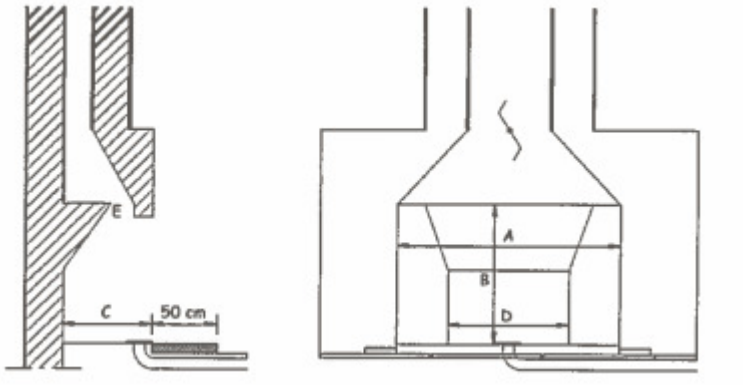
A abertura de admissão de ar deve dispor uma área útil de 200 cm^2 por meio de uma grelha, protegida contra a exposição do vento. Estas aberturas são agrupadas por condutas individuais com uma área mínima de 200 cm^2, introduzidas no pavimento, de forma a reduzir a altura das condutas (Fig. 47) [16].

A exaustão de ar e fumos das lareiras de fogo aberto deve ser efetuadas a partir de condutas individuais com uma área útil igual ou maior de 400 cm^2 para secções circulares no caso de se aplicar condutas de secção retangulares, a razões das dimensões do retângulo deve ser menor que 2 [37]. É recomendado a colocação de isolamento térmico nas condutas de exaustão, para não inferir na exaustão por efeito chaminé, e assim evitar o refluxo dos fumos para o interior da habitação, para tal é aconselhável uma resistência térmica do isolamento das condutas não seja inferior a 0,50 $m^2.ºC/W$. Estas condutas devem ser de materiais incombustíveis, e é aconselhável inserir um ventilador estático na cobertura para assegurar uma melhor evacuação do ar poluído. É essencial evitar-se desvios nas condutas de extração para que não haja estagnação do fumo no interior das condutas [16].

O compartimento onde está instalado a lareira de fogo aberto deve seguir uma disposição de ventilação separada, em que as portas de separação dessa fração com as outras frações devem ser herméticas, com uma permeabilidade ao ar reduzida de 12 $m^3/(h.m^2)$, para que não ocorra retorno dos gases de combustão para o interior da habitação devido ao funcionamento dos mecanismos de extração mecânica. No funcionamento da lareira de fogo aberto, as portas de separação do respetivo compartimento devem estar fechadas, por isso para o caso de possíveis esquecimentos essas portas devem ter um fecho automático.

4.3.7.1. Pormenorização de uma lareira de fogo aberto

Uma lareira de fogo aberto deve respeitar as seguintes dimensões da Fig. 46:



Dimensões da lareira

Compartimento		Lareira				
Área (m²)	Volume (m³)	A (cm)	B (cm)	C (cm)	D (cm)	E (cm)
7-24	18-60	61	51	33	36	10
24-32	60-90	76	61	36	48	10
32-43	90-120	91	69	41	61	13

Fig. 46 – Dimensionamento de lareira de fogo aberto (adaptado de [16, 37]).

4.3.7.2. Disposição das condutas de admissão de ar das lareiras de fogo aberto

De modo a que a abertura de admissão de ar esteja protegida contra a exposição ao vento, as condutas de admissão de ar podem ser dispostas da seguinte maneira:

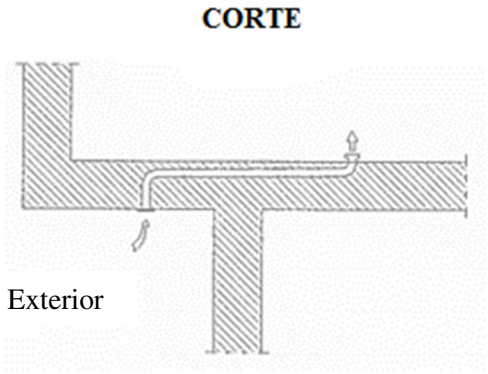


Fig. 47 – Exemplos de disposições de condutas de admissão de ar em lareiras de fogo aberto (adaptado de [16]).

4.3.8. ARMÁRIOS

É muito comum nos armários o aparecimento de humidades e de maus cheiros no interior destes, para isso uma das soluções para os armários embutidos na parede é permitir a circulação de ar desde a zona inferior do armário, percorrendo o seu interior através de orifícios na retaguarda do armário, e saindo pela zona superior deste (Fig. 48).

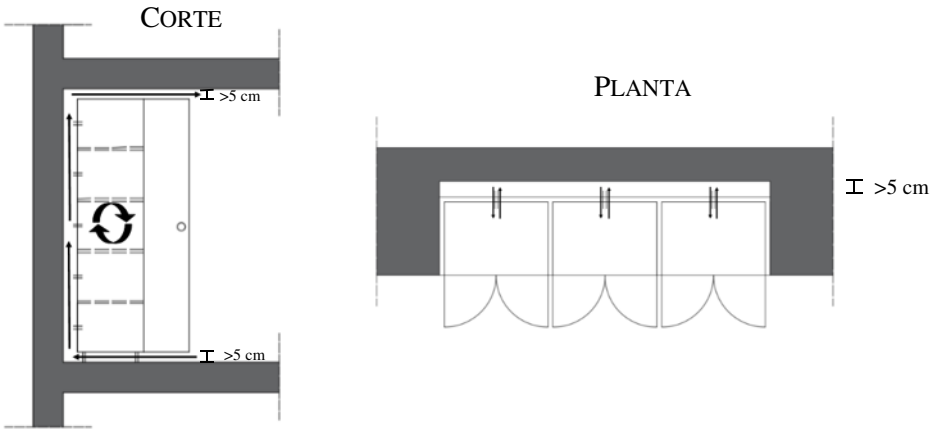


Fig. 48 – Solução construtiva para a ventilação armários embutidos na parede.

Outra solução é a utilização de portas em armários que permitem a autoventilação deste, no entanto tem a desvantagem de afetar a estética do armário (Fig. 49).

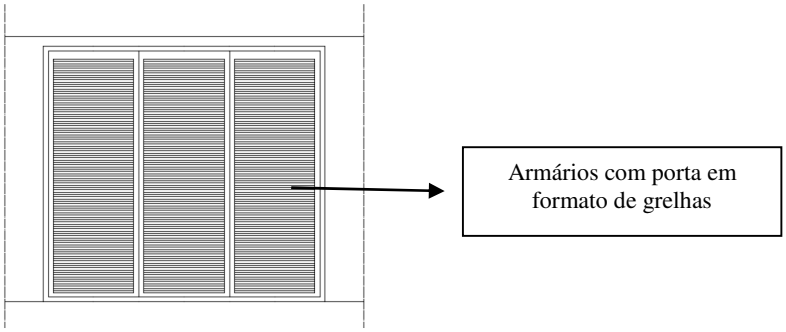


Fig. 49 – Armário com portas autoventilado.

4.3.9. DESPENSAS

Para compartimentos sem aberturas de admissão e extração de ar, como as despensas, a ventilação desses espaços deve-se realizar por portas com aberturas que permitem a passagem do ar (por exemplo: portas venezianas), e assim possibilita a autoventilação do compartimento. Essa passagem de ar deve garantir um caudal mínimo de 15m^3/h ou um caudal maior que 4RPH.

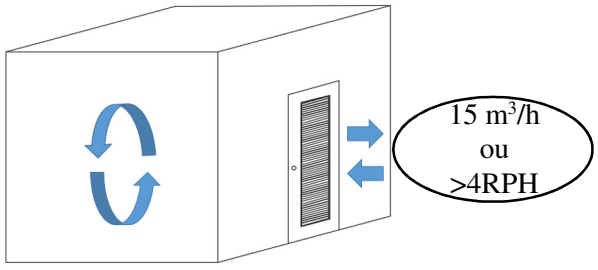


Fig. 50 – Esquema de passagem de ar interior em despensas.

4.3.10. EXTRAÇÃO DE AR POR VENTILAÇÃO MISTA

4.3.10.1. Dispositivos de extração mecânica em cozinhas e instalações sanitárias

Nas cozinhas com exaustão mecânica o caudal mínimo de extração é de 60m^3/h ou 2 RPH. A exaustão pode ser por dispositivos de extração mecânica individuais ou por ventilação mecânica central. Sendo que o primeiro dispositivo é regulável pelo ocupante, enquanto que segundo fornece uma extração constante ao longo do tempo, e intensifica a sua extração nos períodos de maior utilização e produção de poluentes. Para além disso, a ventilação mecânica central proporciona menos ruído sonoro para os ocupantes durante o seu funcionamento devido ao facto desse mecanismo estar normalmente instalado na cobertura da habitação. O caudal máximo desses mecanismos deve variar entre os 180-200 m^3/h nos períodos de maior produção de poluentes [36].

Nas instalações sanitárias, o processo de extração mecânico, tal como a extração da cozinha, pode ser a partir de dispositivos mecânico individuais ou a partir de ventilação mecânica central. Estes mecanismos devem assegurar 4 RPH.

4.3.10.2. Dispositivos de compensação do ar interior em cozinhas

Durante o período de funcionamento dos dispositivos de extração mecânica nas cozinhas, é conveniente a utilização de caudais superior de extração para remover poluentes durante a confeção dos alimentos, para tal os caudais de admissão de ar correspondentes a uma renovação por hora nos compartimentos principais não é o suficiente para salvaguardar a ventilação base da habitação, deste modo é fundamental dimensionar uma abertura de admissão de ar, de forma a que o excesso de extração não interfira no normal fluxo de ventilação.

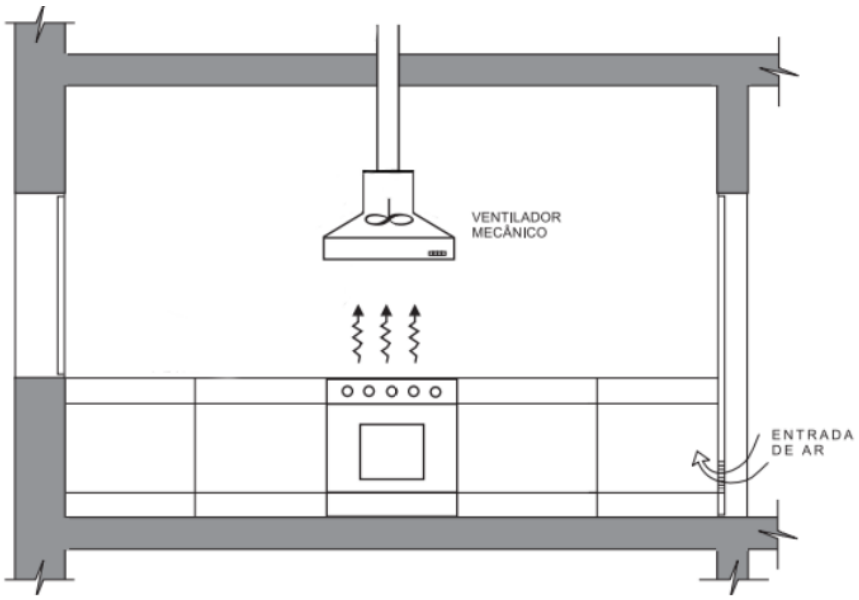


Fig. 51 –Dispositivo de compensação do ar interior em cozinhas (adaptado de [23]).

Recomenda-se a utilização de grelhas reguláveis, que podem ser fechadas no momento de não funcionamento dos dispositivos de extração mecânica. Conforme a norma belga, estas grelhas devem ser dimensionadas para uma área útil de 160 cm^2 por cada 100 m^3/h de caudal a extrair, para uma diferença de pressão de 5 Pa [16].

4.3.11. APARELHO A GÁS

Conforme a norma 1037-1, são classificados os seguintes tipos de aparelhos de combustão a gás [16, 23]:

- **Tipo A**: este tipo de aparelho não é destinado a ser ligado por nenhuma conduta de evacuação de produtos de combustão, sendo assim o produto da combustão é evacuado para as imediações;
- **Tipo B:** este tipo de aparelho é destinado para ser ligado por conduta de evacuação dos produtos de combustão, mas o ar de admissão é aquele que está presente no compartimento onde o aparelho está alojado.
- **Tipo C:** este tipo aparelho é considerado como estanque, pois tem o seu próprio mecanismo de admissão e evacuação de ar para combustão, sem necessitar de consumir o ar interior do compartimento.

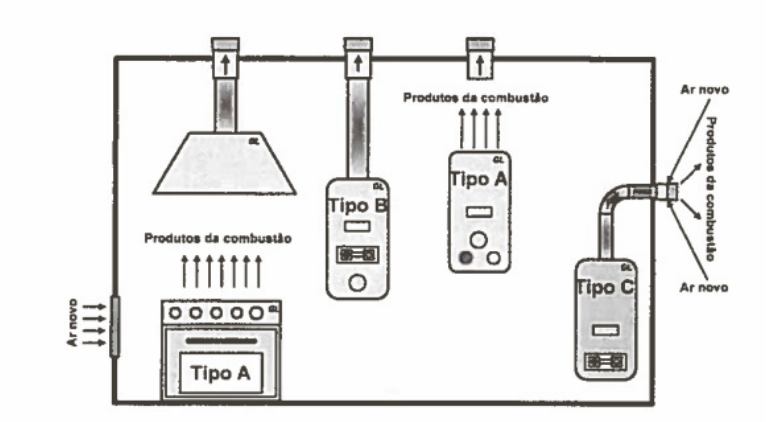


Fig. 52 – Tipo de aparelho de combustão a gás [16].

O tipo de aparelho mais comum em Portugal é o aparelho tipo B. A aplicação desse aparelho na proximidade de um exaustor mecânico, pode provocar a inversão do sentido do escoamento do gás de combustão, o que não é favorável para o funcionamento do aparelho, nem sequer cumpre as condições de segurança. Para tal, as possíveis solução seriam [16]:

- A aplicação de um aparelho tipo C, em vez da utilização de um aparelho tipo B;
- Colocar o aparelho tipo B no compartimento separado com ventilação própria como por exemplo a lavandaria;
- Instalar um dispositivo de controlo, que proíba o funcionamento simultâneo entre o exaustor mecânico e o aparelho tipo B.

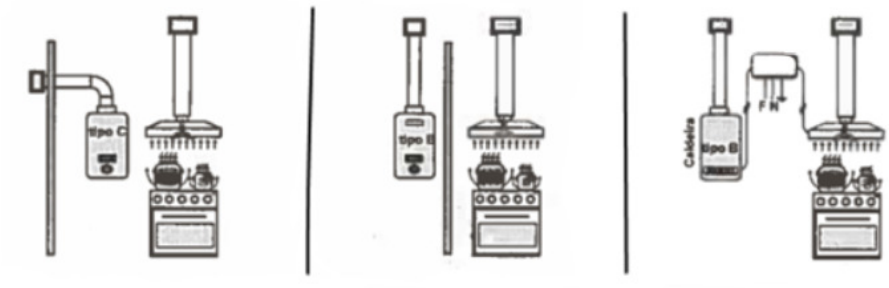


Fig. 53 – Soluções para o funcionamento de um aparelho tipo B e exaustor mecânico (adaptado de [16]).

4.4. SÍNTESE CRÍTICA DO CAPÍTULO

As principais conclusões deste capítulo são as seguintes:

- Para que a ventilação seja geral e permanente é necessário dimensionar os elementos intervenientes na circulação do ar interior do edifício. Esses elementos devem respeitar um conjunto de condições de segurança, conforto e qualidade do ar para garantir o seu bom funcionamento;
- Nos dias de hoje, já se encontram disponíveis no mercado soluções tecnológicas que permitem satisfazer as exigências. No entanto, convém sempre adotar a solução economicamente mais favorável, e que possuam os requisitos desejáveis;
- A saída de evacuação de ar deve permitir extrair o ar poluído para o exterior do edifício, sem se propagar para os edifícios vizinhos, ou até mesmo voltar a entrar para o próprio edifício;
- A ventilação das comunicações interior de um edifício é bastante importante, não só para garantir as condições de conforto e qualidade do ar, mas porque em situação de incêndio a libertação de fumos e gases tóxicos para o interior podem causar maior taxa de mortalidade do que comparado com a própria combustão;
- A lareira de fogo aberto não é de todo recomendável, devido ao facto da sua eficiência ser reduzida e pode ter implicações negativas se o sistema de ventilação não for devidamente dimensionado, especialmente nas habitações com sistema de ventilação mista. Neste caso, a melhor alternativa é a colocação de um recuperador de calor, em vez de uma lareira de fogo aberto;
- Locais e equipamentos como lavandarias, despensas e armários devem ter dispositivos que permitem a sua autoventilação, evitando a degradação da habitação e o desenvolvimento de odores;
- É usual em Portugal, a utilização de aparelhos a gás do tipo B e de exaustores mecânicos. Estes quando funcionando em simultâneo pode provocar inconvenientes no sentido do escoamento do gás de combustão, para isso devem-se aplicar algumas soluções para evitar esse constrangimento;
- A reabilitação de sistemas de ventilação deve seguir os princípios já referidos. No entanto nem sempre é possível o cumprimento integral pelo que é necessária alguma flexibilidade.
- No capítulo 5 faz-se a aplicação da metodologia de conceção e dimensionamento aqui explicito à realidade de um conjunto de habitação social.

5

PROJETO DE VENTILAÇÃO DE UM BAIRRO SOCIAL REABILITADO

5.1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo serão aplicadas todas as exigências enunciadas nos capítulos anteriores de conceção, dimensionamento, pormenorização e especificação de um sistema de ventilação mistos, para um caso de estudo real, nomeadamente um bairro localizado no Porto que se encontra neste momento em fase de reabilitação (fachada, caixilharias, coberturas, renovação da caixa de escadas e ventilação). A intervenção tem um custo superior a 4 milhões de euros [41].

5.2. DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO

O bairro foi construído em 1979, é constituído por 7 blocos, cada bloco é composto por rés-do-chão, mais 3 pisos. Este bairro atualmente, possui 272 fogos, e é habitado por 680 pessoas [41] (Fig. 54).



Fig. 54 – Fotografia aérea do bairro [42].

No geral, todas as plantas de cada bloco são semelhantes, por isso basta apenas estudar um dos blocos do bairro social. Para simplificar ainda mais este caso de estudo, os blocos são praticamente simétricos, pelo que basta analisar metade de um dos blocos (Fig. 55).

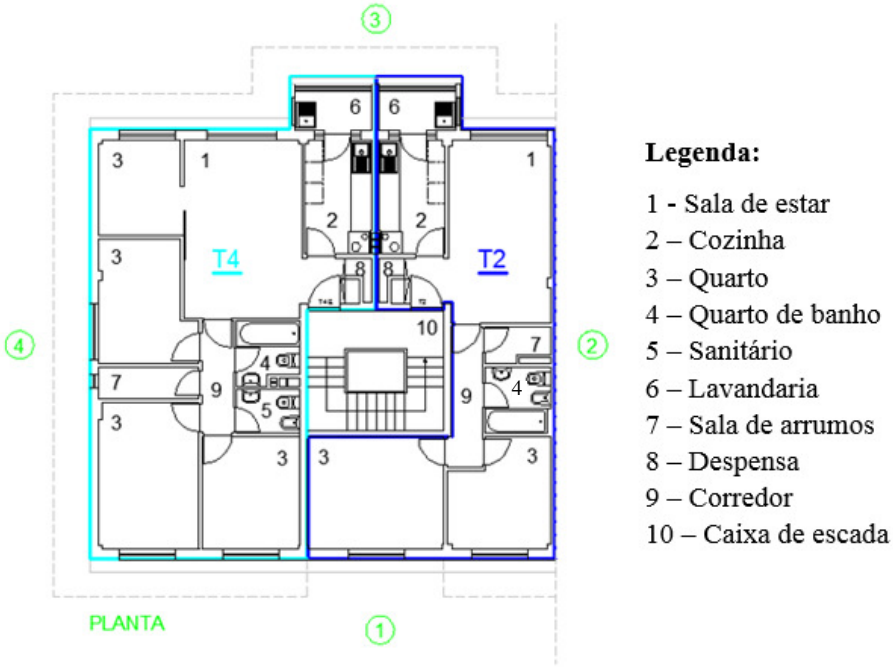


Fig. 55 - -Metade de um bloco do Bairro de Ramalde.

Esta metade de bloco é constituída por dois fogos por piso com as respetivas tipologias, T_4 e T_2.

A habitação com tipologia T_4 é constituída por:

1. Uma sala de estar, com $A_{útil}$ =19,4 m^2;
2. Uma cozinha, com $A_{útil}$ =6,3 m^2;
3. Quatros quartos, com $A_{útil}$ =6,5 m^2; $A_{útil}$ =9,0 m^2; $A_{útil}$ =12,0 m^2; $A_{útil}$ =9,0 m^2;
4. Um quarto de banho, com $A_{útil}$ =3,1m^2;
5. Um sanitário, com $A_{útil}$ =2,3m^2;
6. Uma lavandaria, com $A_{útil}$ =3,0m^2;
7. Uma sala de arrumos, com $A_{útil}$ =2,6 m^2;
8. Uma despensa, com $A_{útil}$ = 0,56 m^2;
9. Um corredor, com $A_{útil}$ =3,2m^2.

A habitação com tipologia T_2 é constituída por:

1. Uma sala de estar, com $A_{útil}$ =17,6 m^2;
2. Uma cozinha, com com $A_{útil}$ =6,3 m^2;
3. Dois quartos, com $A_{útil}$ =11,5m^2; $A_{útil}$ =8,4m^2;
4. Um quarto de banho, com $A_{útil}$ =3,5m^2;
6. Uma lavandaria, com $A_{útil}$ =3,0 m^2;
7. Uma sala de arrumos, com $A_{útil}$ =1,7 m^2;
8. Uma despensa, com $A_{útil}$ = 0,56 m^2;
9. Um corredor, com $A_{útil}$ =3,9 m^2.

Cada habitação possui um pé direito igual a 2,5 m.

5.2.1. CAIXA DE ESCADAS

A caixa de escadas tem uma área útil de 13,26 m^2, com um volume útil aproximado de 120 m^3 e está ligada diretamente com a entrada principal do edifício, no rés-do-chão, sendo que não dispõe de nenhum elemento de separação (Fig. 56).

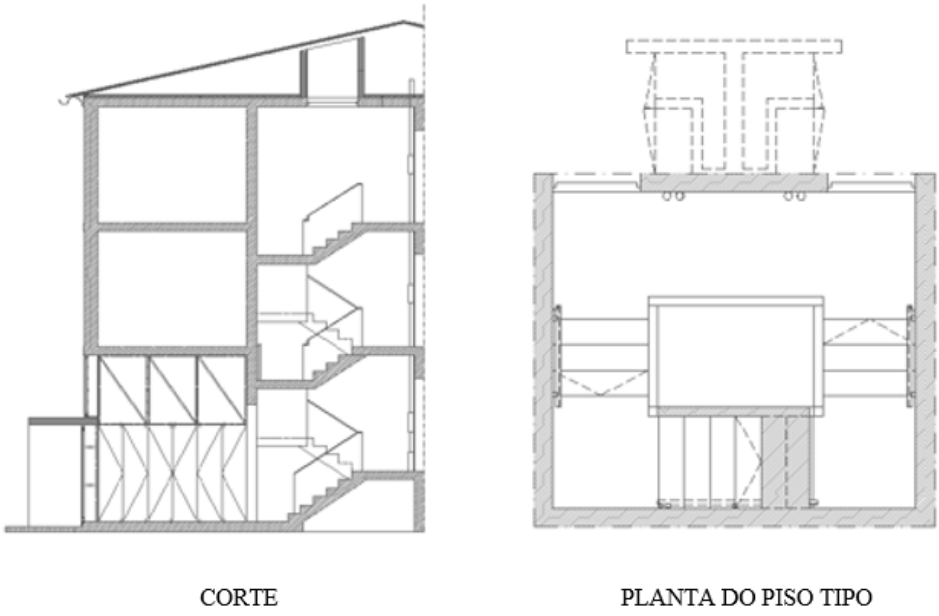


Fig. 56 - Corte e planta da caixa de escada.

5.3. CONCEÇÃO

A ventilação, no caso das habitações, deve ser geral e permanente, com entrada de ar pelos compartimentos principais e saída pelos compartimentos de serviço.

Neste caso de estudo, foi adotado um sistema de ventilação mista, que anteriormente se realizava por um sistema de ventilação natural. Como se trata de uma obra de reabilitação, nem todos os elementos ligados à ventilação podem ser substituídos.

A admissão de ar efetua-se nos compartimentos principais por grelhas autorreguláveis, colocadas nas caixas de estore das janelas.

Para a passagem de ar entre os compartimentos, admite-se que as portas existentes possuem uma permeabilidade ao ar suficiente para permitir a passagem do ar pela frincha inferior das portas, exceto nos arrumos e despensas onde será necessário o dimensionamento de uma grelha que assegure a sua autoventilação.

A extração do ar localiza-se nos compartimentos de serviço, ou seja, na cozinha e nas instalações sanitárias. Essa extração ocorre a partir de ventiladores mecânicos centrais instalados na cobertura. Para a cozinha é ainda necessário inserir uma grelha de compensação de ar regulável.

Nestas habitações adotou-se uma ventilação conjunta, exceto na lavandaria em que a ventilação é separada. A lavandaria é autoventilada, separada por uma porta com permeabilidade reduzida da cozinha, de forma a não interferir na circulação de ar, evitando a circulação de fumos ou vapores entre estas divisões.

Para o aquecimento de água quente sanitária, serão utilizados termoacumuladores instalados na lavandaria, pois esses aparelhos não necessitam de condutas de admissão e evacuação de ar, logo são ideais para edifícios de reabilitação que não têm condutas de evacuação pré-existentes.

Na caixa de escadas, a ventilação também se realiza por ventilação mista, com aberturas fixas na entrada principal do edifício na fachada, e a exaustão realiza-se por ventiladores mecânicos centrais na cobertura. A caixa de escadas é separada por uma porta hermética das respetivas habitações (Fig. 57).

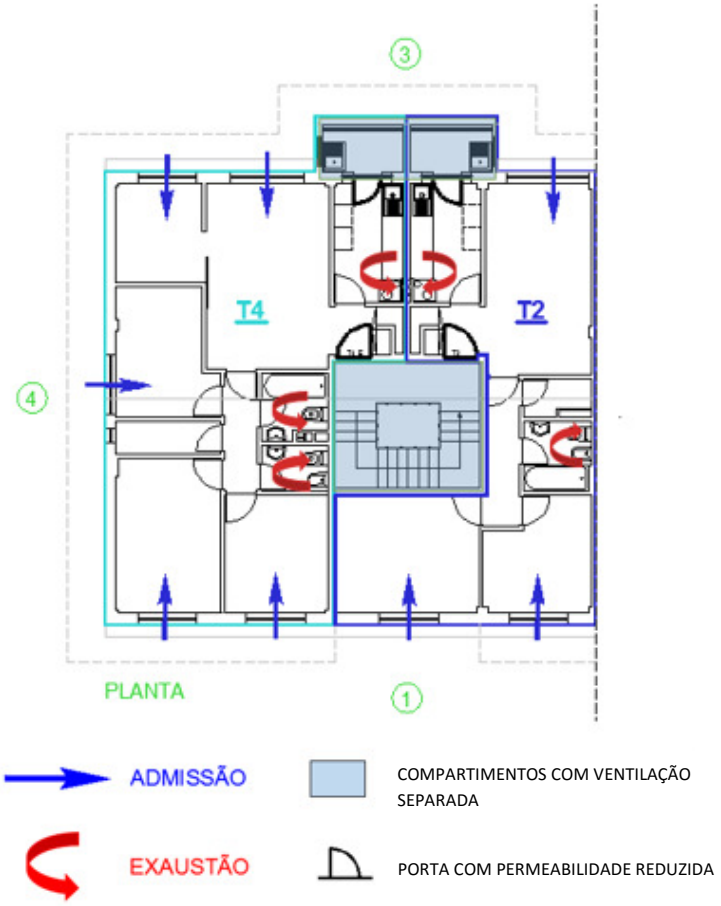


Fig. 57 – Planta da circulação do ar no interior das habitações.

5.4. DIMENSIONAMENTO

5.4.1. DISPOSITIVOS DE ADMISSÃO

A admissão de ar efetua-se nos compartimentos principais por grelhas autorreguláveis, colocadas na caixa de estore das janelas, e devem admitir uma renovação por hora (Fig. 58).

Cada grelha deve assegurar um caudal minino de 30 m^3/h para uma diferença de pressão de 20 Pa, (exceto em casos especiais, que podem vir a causar desconforto). Como tal, é admitido que alguns compartimentos possuam mais que uma grelha de admissão de ar para garantir os caudais de admissão desejáveis.

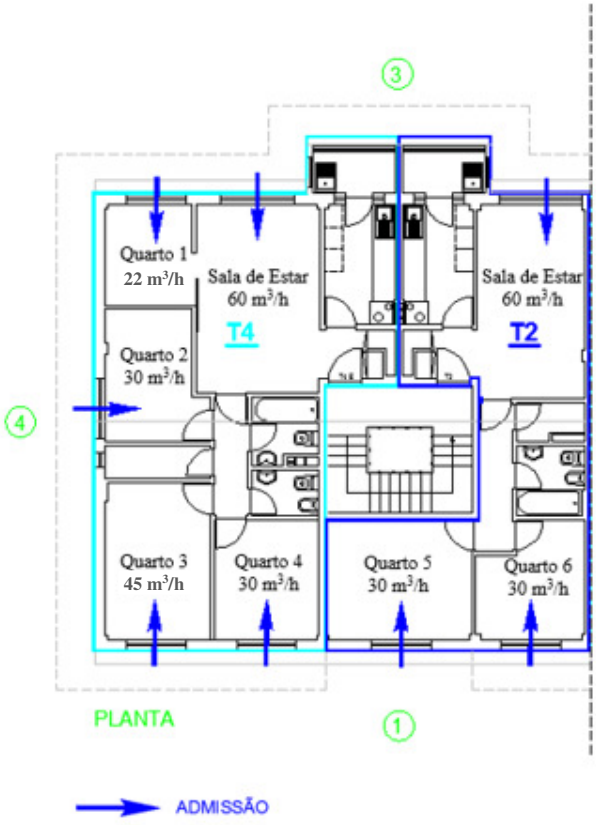


Fig. 58 - Planta de admissão de ar para interior das habitações.

A admissão de ar dos quartos, como se pode verificar, deve ser de 30 m^3/h, à exceção do quarto 1 e 3, cujo o caudal é, respetivamente, de 22 m^3/h e 45m^3/h, e para as salas de estar deve ser 60 m^3/h, de modo a respeitar as exigências da norma 1037-1. Nesses compartimentos com caudais de admissão de 60 m^3/h deve ser aplicadas duas grelhas de admissão de caudal mínimo de 30 m^3/h para uma diferença de pressão de 20 Pa, e nos restantes compartimentos com caudais de admissão de 30 m^3/h (exceto o quarto 1 e 3), basta aplicar uma grelha de admissão de caudal mínimo de 30 m^3/h para uma diferença de pressão de 20 Pa.

A lavandaria, como já foi dito anteriormente, deve ser um compartimento autoventilado, com uma ventilação separada por uma porta com permeabilidade não superior a 12 $m^3/(h.m^2)$ para uma diferença de pressão de 100 Pa. Como é um compartimento com enorme produção vapor, deve ser assegurado 4 RPH nesse compartimento. A ventilação desse espaço dever ser efetuado por grelhas fixas com uma área útil de 2205 cm^2, localizada na parte inferior da parede.

Tabela 29 – Dimensionamento dos dispositivos de admissão.

Compartimentos	Área (m^2)	Volume (m^3)	Admissão (m^3/h)		RPH
			Parcial	Total	
T4					
Sala de estar	19,4	48,6	60		1,24
Quarto 1	6,5	16,2	22		1,36
Quarto 2	9,0	22,4	30		1,34
Quarto 3	12,0	29,9	45		1,51
Quarto 4	9,0	22,5	30		1,33
			∑	187	
T2					
Sala de estar	17,6	44,0	60		1,36
Quarto 5	11,5	28,8	30		1,04
Quarto 6	8,4	21,0	30		1,43
			∑	120	

Como se pode verificar todos os compartimentos principais admitem uma renovação por hora, cumprindo as exigências mínimas de renovação de ar.

5.4.2. DISPOSITIVOS DE EXTRAÇÃO

A extração do ar efetua-se nos compartimentos de serviço por ventilação mecânica central instalada na cobertura, quer para as instalações sanitárias, quer para as cozinhas (Fig. 59).

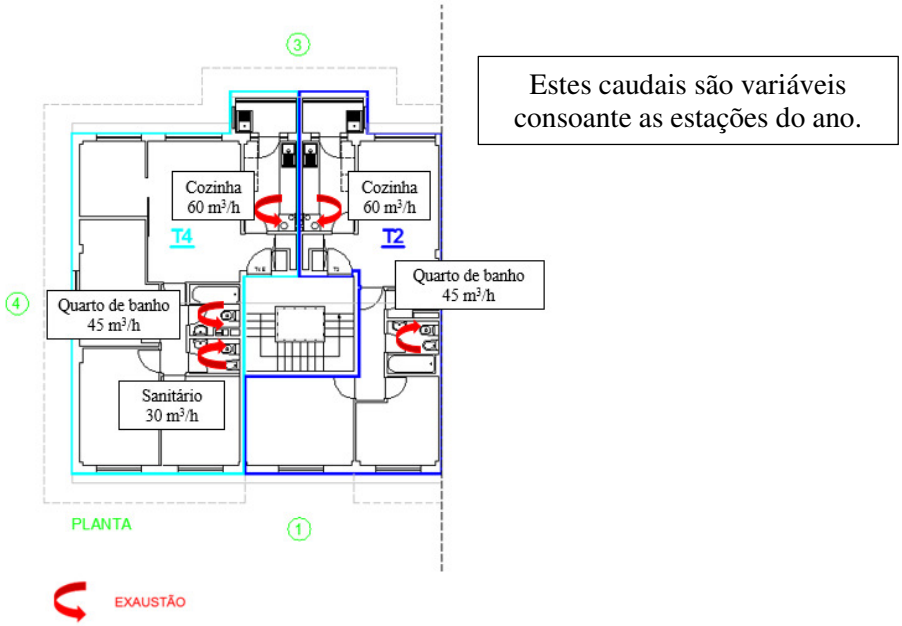


Fig. 59 – Planta de extração do ar interior das habitações.

Nas instalações sanitárias deve-se garantir 4 RPH, no mínimo 30 m^3/h para instalações sem duche ou banheira, e 45 m^3/h para instalações com duche ou banheira. A extração desses compartimentos procede-se por uma grelha regulável, acima 2,1 metros do nível do pavimento ligadas por condutas acusticamente isoladas até um ventilador de extração mecânica central na cobertura. Os ventiladores mecânicos coletivos devem garantir numa prumada de ventilação um caudal mínimo de 120 m^3/h. e um caudal de

ponta máximo de 240 m^3/h em instalações sanitárias com duche, em instalações sanitárias sem duche o caudal mínimo é de 60 m^3/h e o caudal de ponta máximo é de 120 m^3/h.

A extração em situação de inverno e verão deve ser abordada de maneira diferente. Por isso, no inverno o caudal de extração nas instalações sanitárias com duche deve ser de 45 m^3/h durante o dia e durante a noite deve ser de 30 m^3/h. Para instalações sanitárias sem duche deve ser de 30 m^3/h durante o dia, e 15 m^3/h durante a noite. Em situação de Verão, os caudais de extração devem manter-se nos valores estipulados pela Fig. 59 durante o dia. Durante a noite para promover a ventilação noturna, de forma a arrefecer as habitações, o caudal de extração nas instalações sanitária com duche deve aumentar para 60 m^3/h e para as instalações sanitárias sem duche deve manter os 30m^3/h.

Nas cozinhas deve-se garantir no mínimo 60 m^3/h ou 2 RPH. Os ventiladores mecânicos devem garantir em duas prumadas um caudal mínimo de 480 m^3/h e de 1600 m^3/h de caudal máximo (no período de preparação de refeições), e o seu funcionamento deve ser contínuo.

Os caudais de ponta de exaustão numa única cozinha podem alcançar os 180 a 200 m^3/h, sendo necessário inserir uma grelha de compensação do ar interior da cozinha para não interferir na normal ventilação da habitação com uma área útil não inferior a 2x160=320 cm^2.

Como se trata de uma obra de reabilitação, não é possível alterar as condutas pré-existentes de exaustão, sem se proceder a uma grande intervenção sobre o edifício. Para tal, nas instalações sanitárias e nas cozinhas, estão instalados um sistema de condutas shunt que irão ser ligadas a um sistema de ventilação mecânica central. Assim, estão instaladas nas instalações sanitárias condutas shunt com uma área de 450 cm^2 em ramais coletivos, e 175 cm^2 em ramais individuais. Para a cozinha, as condutas shunt têm uma área de 340 cm^2 para os ramais individuais ou coletivos. É importante salientar que estes valores das dimensões das condutas shunts e dos seus respetivos ramais, foram deduzidos através das dimensões dos courettes presentes na planta do edifício (Fig. 60).

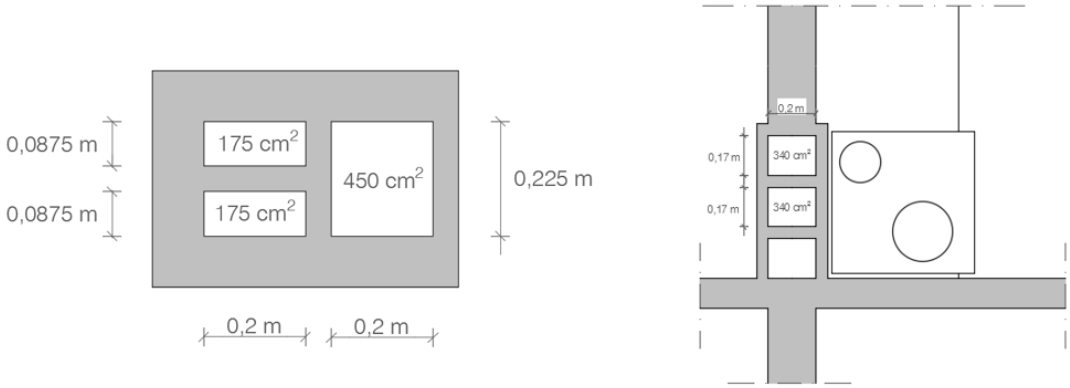


Fig. 60 – Dimensões das condutas de extração.

Na lavandaria será inserido uma grelha de extração com uma área útil de 2205 cm^2, instalada na zona superior da mesma parede onde está localizada a grelha de admissão de ar.

5.4.3. DISPOSITIVOS DE PASSAGEM DE AR INTERIOR

Os dispositivos de passagem de ar interior permitem a circulação do ar desde os compartimentos principais até aos compartimentos de serviço. Como já foi dito anteriormente, não serão aplicados novos dispositivos de passagem de ar interior sobre as portas e paredes entre os compartimentos, pois assume-se que as portas existentes já têm uma permeabilidade ao ar suficiente para garantir a passagem do ar interior pelas frinchas das portas. Exceto nos compartimentos de arrumos e despensas, em que as portas irão ser substituídas por portas do tipo "venezianas" como descrito em 4.3.9. Estas portas devem garantir um caudal mínimo de passagem de ar de 15m^3/h ou de 4 RPH (Fig. 61).

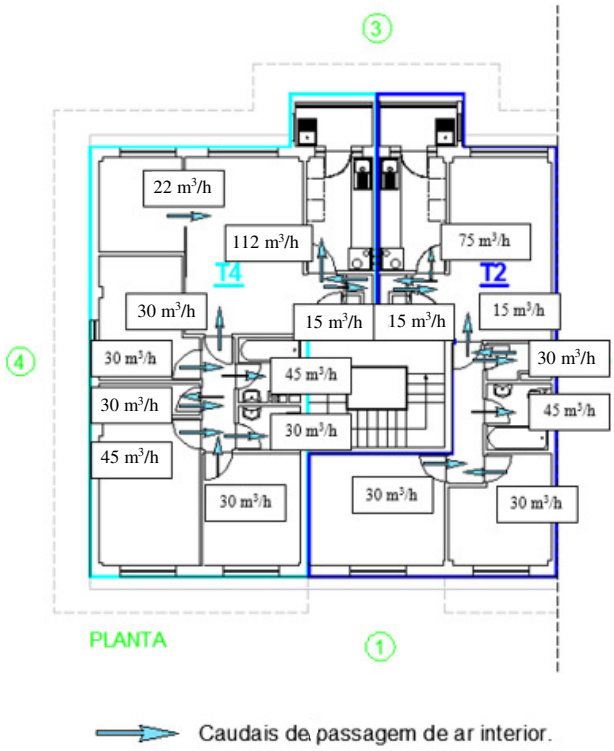


Fig. 61 - Planta de passagem de ar interior das habitações.

Como já dito anteriormente, não se irá intervir nos dispositivos de passagem de ar interior, no entanto foi na mesma dimensionado os caudais de passagem e as suas respetivas áreas para cada compartimento (Tabela 30).

Tabela 30 - Dimensionamento dos dispositivos de passagem de ar interior.

Passagens	**Caudal de passagem (m^3/h)**	**Área (cm^2)**
T4		
Quarto 1 → Sala de estar	22	100
Quarto 2 → Corredor	30	200
Quarto 3 → Corredor	45	200
Quarto 4 → Corredor	30	200
Corredor → Sanitário	30	200
Corredor → Quarto de banho	45	200
Corredor → Sala de estar	30	200
Sala de estar → Cozinha	112	250
T2		
Quarto 5 → Corredor	30	200
Quarto 6 → Corredor	30	200
Corredor → Sala de estar	15	100
Corredor → Quarto de banho	45	200
Sala de estar → Cozinha	75	200

O caudal resultante de passagem de ar para a cozinha é de 112 m^3/h para a habitação T4 e de 75 m^3/h para a habitação T_2. Como a extração é mecânica, a extração contínua de 60m^3/h é o suficiente para garantir a extração desses caudais resultantes da passagem de ar.

5.4.4. CAIXA DE ESCADAS

Na caixa de escadas, a admissão executa-se por aberturas na fachada na entrada do edifício, e exaustão por ventilação mecânica central na cobertura. Como se trata de edifícios de habitação social, este compartimento deve admitir 4 renovações por hora, o que significa que com um volume útil aproximado de 120 m^3, corresponde a um caudal mínimo de 480 m^3/h. Para a evacuação do ar foram colocadas 3 condutas com um diâmetro de 125mm ligadas a um ventilador mecânico central. O funcionamento destes ventiladores deve ser contínuo, e pode variar consoante as estações do ano. Em situação de inverno, o funcionamento dos ventiladores pode diminuir, uma vez que devido à ação térmica permite com que as 4 RPH sejam atingidas através da combinação simultânea entre o efeito das ações naturais e mecânicas. No verão, como a ação da diferença de temperaturas é reduzida, o funcionamento do ventilador mecânico deve-se manter constante, podendo aumentar durante a noite para garantir o arrefecimento das caixas de escadas para o dia seguinte (Fig. 62).

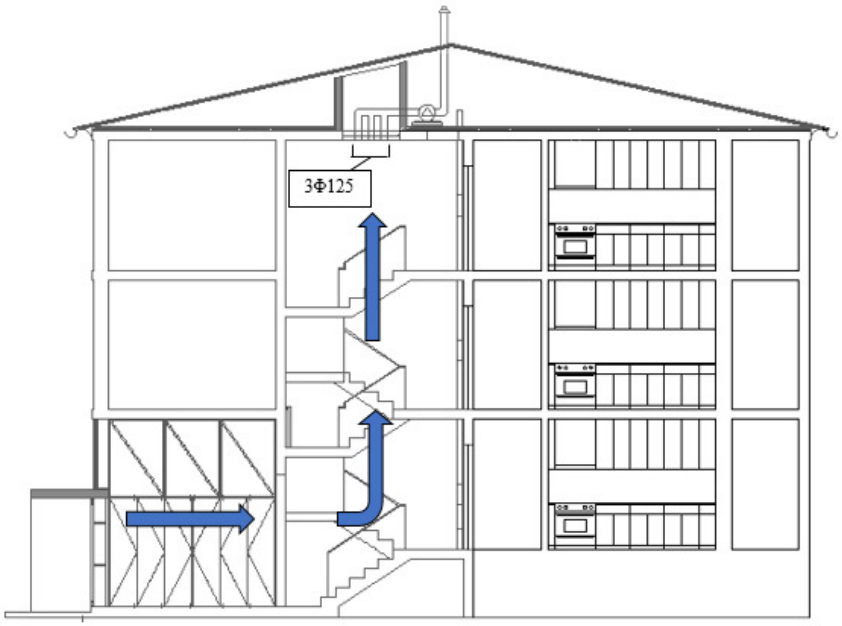


Fig. 62 – Esquema da circulação de ar na caixa de escadas.

5.5. PORMENORIZAÇÃO

5.5.1. ALÇADOS, CORTES E PORMENORES

5.5.1.1. Dispositivos de admissão

A admissão de ar efetua-se por grelhas autorreguláveis na caixa de estore das janelas (Fig. 63).

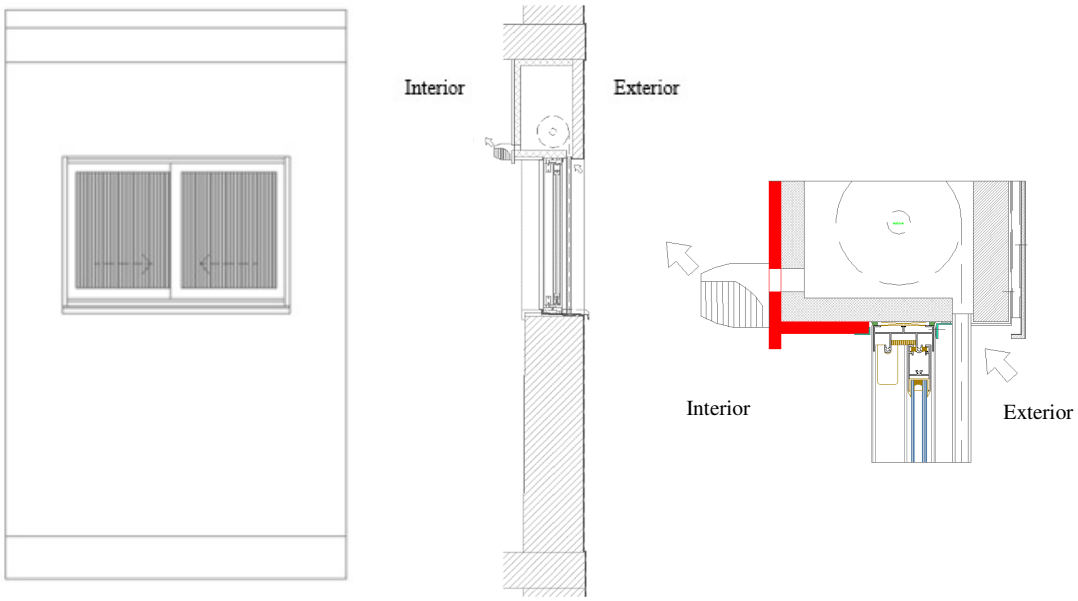


Fig. 63 – Dispositivos de admissão: alçado, corte, pormenor.

5.5.1.2. Dispositivos de Extração

- Instalações sanitárias

A extração das instalações sanitária procede-se por ventiladores mecânicos colocados na cobertura. As aberturas de extração devem estar localizadas a uma altura de pelo menos 2,1 m (Fig. 64).

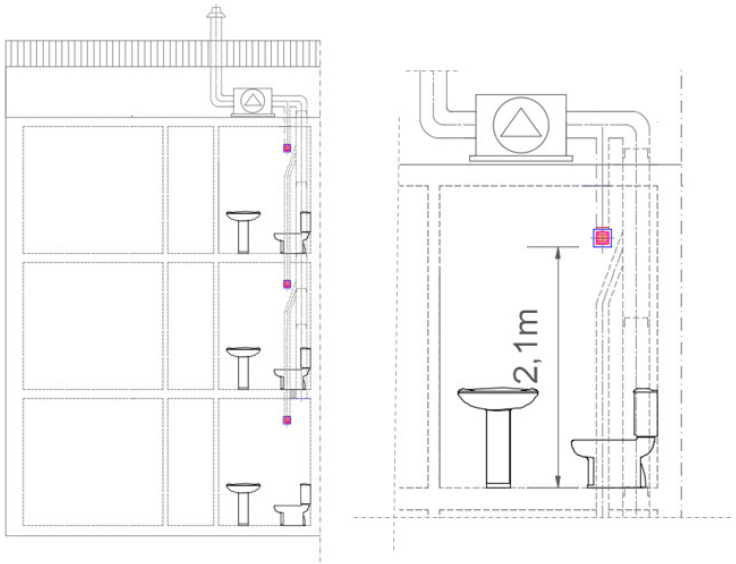


Fig. 64 - Dispositivos de extração das instalações sanitárias: corte, pormenor.

- Cozinha

A extração na cozinha realiza-se por condutas de extração ligadas a ventiladores mecânicos coletivos colocados na cobertura. (Fig. 65)

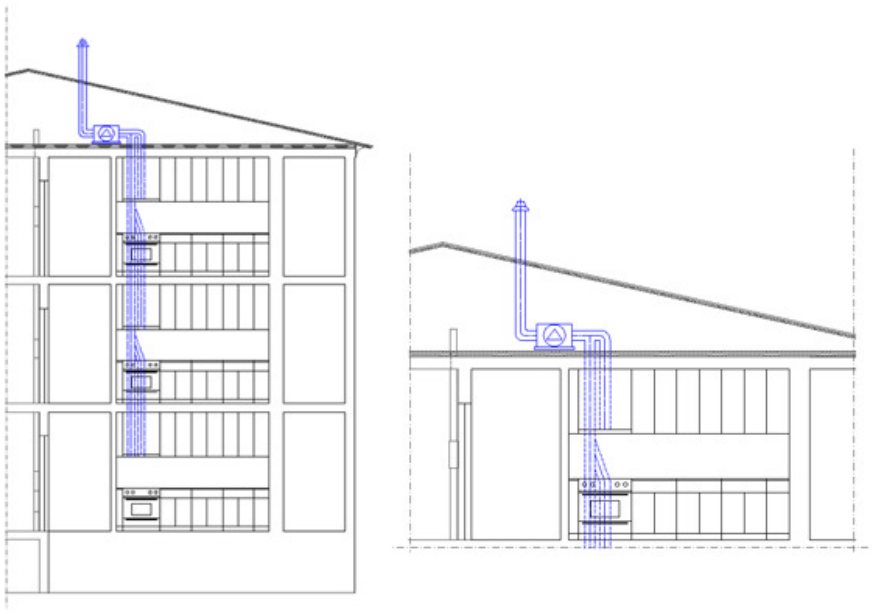


Fig. 65 - Dispositivos de extração das cozinhas: corte.

5.5.2. CAIXA DE ESCADAS

A admissão efetua-se por uma abertura na fachada, e a extração por ventilação mecânica central (Fig. 66).



Fig. 66 - Dispositivos de admissão da caixa de escadas: alçado, corte.

5.5.3. LAVANDARIA

A lavandaria é autoventilada, a sua ventilação procede-se a partir de duas grelhas: uma de admissão e outra de extração. (Fig. 67).

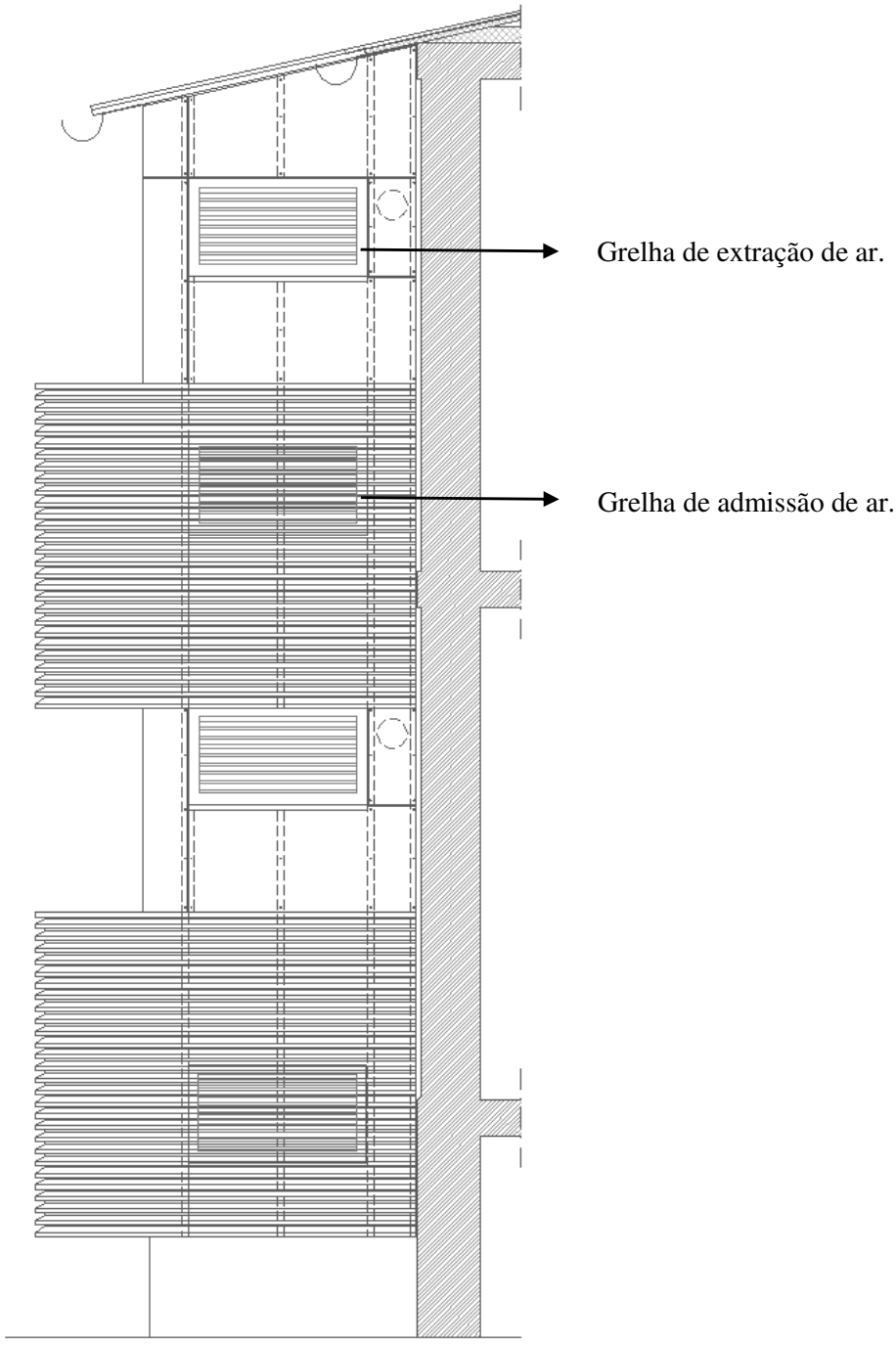


Fig. 67 - Dispositivos de admissão da lavandaria: corte.

5.5.4. MAPA DE TAREFAS E QUANTIDADES

Para o desenvolvimento deste projeto é necessário cumprir o seguinte mapa de tarefas e quantidades para apenas um piso (Tabela 31):

Tabela 31 – Mapa de tarefas e quantidades.

Ref.	Descrição da tarefa	Un.	Quantidade
1	Grelhas de admissão		
1.1	Grelhas de admissão de 22 m^3/h	un.	1
1.2	Grelhas de admissão de 30 m^3/h	un.	8
1.2	Grelhas de admissão de 45 m^3/h	un.	1
1.3	Grelhas de admissão de 480 m^3/h	un.	1
2	Grelhas de extração		
2.1	Grelhas de extração de 30 m^3/h	un.	1
2.2	Grelhas de extração de 60 m^3/h	un.	2
2.3	Grelhas de extração de Φ125 mm	un.	3
2.4	"Hottes" de extração de 60 m^3/h	un.	2
3	Passagem de ar interior	un.	
3.1	Portas de permeabilidade ao ar reduzida	un.	4
3.2	Portas para despensa e salas de arrumos	un.	4
4	Grelhas de compensação de ar		
4.1	Grelhas de compensação de ar de 320 cm^2	un.	2
5	Grelhas para a lavandaria		
5.1	Grelha de admissão de 2205 cm^2	un.	2
5.2	Grelha de extração de 2205 cm^2	un.	2
6	Ventiladores mecânicos		
6.1	Ventiladores coletivos	un.	
6.1.1	Para instalações sanitárias	un.	3
6.1.2	Para cozinhas	un.	1
6.1.3	Para caixa de escadas	un.	1

5.6. ESPECIFICAÇÃO

5.6.1. CADERNO DE ENCARGOS

5.6.1.1. Características dos materiais ou componentes

Para execução do projeto, as componentes de ventilação devem ter os seguintes requisitos:

a) Dispositivos de admissão

As grelhas de admissão de ar dos compartimentos principais devem ser grelhas autorreguláveis, colocadas na caixa de estore, com as seguintes características:

- Devem garantir um caudal de 30 m³/h para um ΔP de 20 Pa (exceto no quarto 1 e 3).
- O índice de isolamento normalizado ($D_{n,e,w}$) deve ser de, pelo menos, 35 dB.

Para a caixa de escada e lavandaria devem ser colocadas uma grelha fixa com um filtro de proteção da entrada de insetos e poeiras.

As grelhas devem ser de cor cinza, correspondendo preferencialmente à referência RAL 9006.

b) Dispositivos de extração

a. Extração na cozinha e caixa de escadas

A extração das cozinhas e caixas de escada realizam-se por ventiladores mecânicos centrais instalados no desvão da cobertura, e devem cumprir os seguintes requisitos:

- Deve garantir um caudal mínimo de 480 m^3/h (continuo) e máximo de 1600 m^3/h;
- O interruptor horário de tomada, para comando do ventilador deve ser localizado no quadro de serviços comuns;
- As unidades devem ser instaladas no desvão da cobertura, adjacentes às prumadas existentes de exaustão das condutas. Os ventiladores devem ser associados às prumadas por tubos flexíveis, isolados acusticamente e montados em caixa de ventilação para ligação a condutas circulares. A caixa deve ser em chapa de aço galvanizado com isolamento acústico de 50 mm de lã mineral protegida com capa perfurada, com painel lateral desmontável;
- Para a fixação de equipamentos e tubagens deve-se realizar uma laje de inércia flutuante, em betão armado (6 cm), para apoio e fixação do equipamento sobre camada resiliente (com 40 mm e 160 kg/m³), ajuste do remate com os elementos do contorno e atravessamentos e eventual correção acústica da envolvente;
- O ventilador de extração de ar deve permanecer em funcionamento durante todo o período de ocupação do edifício, apenas sendo parado durante os períodos de manutenção. Para o efeito deve ser instalado associado a cada ventilador, um dispositivo de corte de alimentação elétrica para prevenção de possíveis acidentes durante os trabalhos de manutenção.

No interior das cozinhas devem ser instalados, sobre o fogão, hottes não motorizadas, em chapa de Aço Inox. A hotte deve ser de parede, em Inox com 60 cm, equipada com filtros em malha metálica desmontáveis e laváveis, devendo apresentar uma perda de carga máxima de 10 m.c.a..

Devem também ser instalados registos antirretorno em cada ramal de extração de ar das hottes instaladas nas cozinhas das habitações. Este registo deve estar normalmente fechado, sendo apenas aberto quando o ventilador de extração estiver em funcionamento, evitando deste modo o fluxo de ar viciado.

Para a compensação do ar interior nas cozinhas devem ser colocadas grelhas reguláveis de 320 cm^2 na parede de separação entre a cozinha e lavandaria. Estas grelhas devem ser de cor cinza, correspondendo preferencialmente à referência RAL 9006.

b. Extração nas instalações sanitárias

i. Ventilação mecânica coletivos

A extração nas instalações sanitárias realiza-se por ventiladores mecânicos centrais instalados no desvão da cobertura, e devem cumprir os seguintes requisitos:

- Os ventiladores mecânicos coletivos devem garantir um caudal mínimo de 120 m³/h (contínuo, em horas de banho) e máximo de 240 m³/h para as instalações com duche, e para as instalações sanitárias sem duche, o caudal mínimo deve ser de 60 m³/h (contínuo) e máximo de 120m³/h (em horas de banho).
- O interruptor horário de tomada, para comando do ventilador deve ser localizado no quadro de serviços comuns;
- As unidades devem ficar instaladas no desvão da cobertura, adjacentes às prumadas existentes de exaustão das condutas. Os ventiladores devem ser associados às prumadas por tubos flexíveis, isolados acusticamente e montados em caixa de ventilação para ligação a condutas circulares. A caixa deve ser em chapa de aço galvanizado com isolamento acústico de 50 mm de lã mineral protegida com capa perfurada, com painel lateral desmontável;
- Para a fixação de equipamentos e tubagens deve-se realizar uma laje de inércia flutuante, em betão armado (6 cm), para apoio e fixação do equipamento sobre camada resiliente (com 40 mm e 160 kg/m³), ajuste do remate com os elementos do contorno e atravessamentos e eventual correção acústica da envolvente;
- O ventilador de extração de ar deve permanecer em funcionamento contínuo. Para o efeito deve ser associado a cada ventilador, um dispositivo de corte de alimentação elétrica para prevenção de possíveis acidentes durante os trabalhos de manutenção.

Relativamente aos dispositivos de abertura para evacuação de ar:

- As grelhas de extração devem ser substituídas por novas em alumínio, com dimensões análogas, incluindo-se a sua aplicação e o ajuste do remate com o contorno, em particular com o registo circular do tipo IRIS;
- Entre a grelha e a conduta deve ser aplicado um registo circular manobrável, do tipo IRIS ou equivalente. Deve aplicar-se um acessório em alumínio complementar para permitir a fixação da grelha.

c) Dispositivos de passagem

a. Portas de separação em despensas e sala de arrumos

Substituição das portas existentes por portas do tipo venezianas.

b. Portas de separação entre as caixas de escadas e as habitações

As portas de separação entre as caixas de escadas e as habitações, e as portas de separação entre as cozinhas e a lavandarias deve ter uma permeabilidade ao ar não superior 12 $m^3/(h.m^2)$ para uma diferença de pressão de 100Pa.

d) Lavandaria

A extração na lavandaria deve ser realizada a partir de uma grelha fixa com um filtro de proteção da entrada de insetos e poeiras. Esta grelha deve ser de cor cinza, correspondendo preferencialmente à referência RAL 9006.

5.6.1.2. Procedimento de execução

Como se trata de uma reabilitação em edifícios habitáveis, o processo de execução das tarefas deve ser o mais rápido e eficiente possível, para isso é necessário planear com os habitantes um período disponível para a realização dos trabalhos. É necessário realizar-se uma pré-montagem dos dispositivos de ventilação numa habitação-tipo, que esteja desocupada, para se eliminar quaisquer dúvidas ou erros de execução. Nesta reabilitação será necessário retirar grelhas, hottes e outros dispositivos pré-existentes no edifício, em que alguns moradores podem não aceitar, e por isso devem ser devidamente informados consoante as desvantagens que esses dispositivos podem interferir no sistema de ventilação. Após a execução de todas as tarefas deve-se testar todos os equipamentos de forma a garantir o seu funcionamento, e procede-se à limpeza da zona de intervenção. Posteriormente, deve-se explicar o modo de funcionamento de cada dispositivo aos ocupantes e salientar a sua importância para ventilação.

5.6.1.3. Controle da qualidade

Para o controlo da qualidade é essencial que os dispositivos de ventilação estejam com a marcação CE. É importante testar todos os equipamentos de ventilação após a sua execução, de forma a cumprir todas as exigências de fluxos de ar, ruído, permeabilidade ao ar, e estanquidade à água, e que se verifique a circulação de ar esperada. Deve-se limitar o nível de ruído à noite nas habitações, e escolher os ventiladores com menor consumo energético. Também é possível realizar-se ensaios para a determinação do fluxo de ar e a permeabilidade de ar da envolvente.

Após a instalação dos elementos do sistema de ventilação central, devem ser realizar medições para equilibrar os caudais.

5.7. SÍNTESE CRÍTICA DO CAPÍTULO

Com base na informação deste capítulo é possível retirar as seguintes conclusões:

- O projeto de ventilação deve estar de acordo com o princípio de ventilação geral e permanente das habitações, com entrada de ar pelos compartimentos principais e saída pelos compartimentos de serviço;
- Como nas habitações sociais não há um gradiente de temperatura significativo entre o interior e o exterior, foi necessário implantar um sistema de ventilação mista. Logo a admissão de ar realiza-se por ventilação natural, enquanto a extração do ar se efetua por ventilação mecânica central na cobertura;
- Como ainda não existe um regulamento próprio para a reabilitação de edifício de ventilação mistas, adotou-se para dimensionamento dos elementos de admissão as recomendações da NP1037-1. E para a extração determinou-se os caudais necessário de evacuação de um sistema de ventilação mecânico, considerando as dimensões das condutas pré-existentes;
- De forma a manter uma solução economicamente favorável, considerou-se que as portas interiores têm uma permeabilidade suficiente para a circulação do ar, exceto nas despensas e nos arrumos;
- A extração deve variar consoante as estações do ano para maximizar o conforto e a qualidade do ar interior e o arrefecimento noturno no verão das habitações;
- Na caixa de escada, a ventilação realiza-se por sistemas de ventilação mista;
- O projeto de ventilação deve especificar todas as características dos materiais e componentes de ventilação presentes nos diversos compartimentos, como também os procedimentos de execução e de controlo de qualidade.

6
CONCLUSÕES

6.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em Portugal, o princípio de ventilação geral e permanente continua por não ser aplicado em muitos edifícios de habitação, o que afeta a saúde, rendimento e bem-estar dos ocupantes. A longo prazo este problema poderá vir a ter custos significativos para o país, por isso deve-se apostar na prevenção e tratamento dessas situações.

A ventilação das habitações pode-se realizar por vários sistemas, deste modo é importante escolher o sistema mais adequado conforme a envolvente do edifício e as condições exteriores. Em Portugal, o sistema de ventilação mais habitual é o sistema misto. Como Portugal é um país com clima ameno e moderado, é possível aproveitar as ações naturais para admitir o ar para o interior do edifício a baixo custo. Contudo, nem sempre as ações naturais permitem garantir as renovações de ar desejáveis, e por isso, para contrariar esse efeito, utiliza-se dispositivos de extração mecânica para reforçar a extração do ar.

Conforme a norma portuguesa NP1037, define-se como exigências mínimas de renovação de ar: uma renovação por hora nos compartimentos principais e quatro renovações por hora nos compartimentos de serviço. A circulação do ar deve-se realizar a partir da admissão do ar em compartimentos principais até aos compartimentos de serviço, onde se efetua a exaustão do ar. Espaços como lavandarias e com lareiras de fogo aberto devem ter uma ventilação separada dos restantes compartimentos para não interferir na ventilação prevista da habitação, e assim não provocar a libertação de substâncias contaminantes no ambiente interior.

Para o dimensionamento dos dispositivos de admissão é recomendado a utilização de grelhas autorreguláveis para assegurar o maior controlo da ventilação natural, e que devem estar localizadas a uma altura superior a 1,80m, de modo a não provocar desconforto para os ocupantes. Estes dispositivos devem assegurar os caudais mínimos de admissão, garantir condições de isolamento sonoro, entre outras características.

Para a passagem de ar interior pode-se colocar uma grelha de passagem de ar na porta ou sobre a parede interior, ou através de frinchas na porta.

A extração do ar em sistemas mistos pode ser por dispositivos de extração mecânica individuais ou por dispositivos de extração mecânica central, sendo que os dispositivos de extração mecânica central provocam menor ruído para os ocupantes por estarem normalmente localizados na cobertura. A extração deve variar consoante as estações do ano para maximizar o conforto e a qualidade do ar interior e para o arrefecimento noturno no verão das habitações. Nas cozinhas com exaustão mecânica deve-se colocar uma grelha de compensação de ar interior para admitir ar nos períodos de maior funcionamento do exaustor.

É usual em Portugal, a utilização de aparelhos a gás do tipo B e de exaustores mecânicos para a extração de ar nas cozinhas. Estes quando funcionando em simultâneo podem provocar inconvenientes no sentido do escoamento do gás de combustão, para isso deve-se aplicar soluções adequadas para evitar esse constrangimento.

A saída de evacuação de ar do edifício deve permitir extrair o ar poluído para o exterior, sem se propagar para os edifícios vizinhos, ou até mesmo voltar a entrar para o próprio edifício.

A ventilação da caixa de escadas de um edifício é bastante importante, não só para garantir as condições de conforto e qualidade do ar, mas porque em situações de incêndio a libertação de fumos e gases tóxicos para o interior podem causar maior taxa de mortalidade do que comparado com a própria combustão.

Outros locais e equipamentos como despensas e armários devem ter dispositivos que permitem a sua autoventilação, evitando a degradação da habitação e o desenvolvimento de odores.

O projeto de ventilação deve especificar os métodos de conceção e dimensionamento, de pormenorização e especificação. Para um projeto de ventilação de reabilitação de edifícios não existe um regulamento específico, pois depende da obra de reabilitação em questão, e dos tipos de alterações construtivas que se pretende executar. Em caso do incumprimento das exigências regulamentares, cabe ao projetista adequar as soluções às características de cada projeto.

6.2. CONCLUSÕES OBTIDAS DO PROJETO:

O projeto de reabilitação elaborado conduziu às seguintes soluções:

- Como nas habitações sociais não há um gradiente de temperatura significativo entre o interior e o exterior, foi necessário implantar um sistema de ventilação mista.
- Para o dimensionamento de dispositivos de admissão do ar foram colocados uma ou duas grelhas autorreguláveis, dependendo do volume do compartimento, nos compartimentos principais com caudal de 30 m^3/h para ΔP de 20Pa, e com um índice de isolamento sonoro normalizado ($D_{n,e,w}$), de pelo menos, 36 dB;
- Para a extração dos compartimentos de serviço (instalações sanitárias e cozinhas) foram instalados no desvão da cobertura ventiladores mecânicos centrais para a exaustão contínua do ar;
- Para os dispositivos de passagem de ar interior considerou-se que as portas de separação entre os compartimentos têm uma permeabilidade ao ar suficiente para a circulação do ar, apenas foram introduzidas portas de separação herméticas entre a caixa de escadas e as habitações, e nas lavandarias. Nas despensas foram inseridas portas do tipo "venezianas";
- Na lavandaria foram colocadas duas grelhas fixas em paredes opostas, protegidas com filtros contra a entrada insetos e poeiras.

Para assegurar um favorável grau de satisfação deve-se garantir um procedimento de execução e o controle de qualidade adequado.

6.3. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Para trabalhos futuros perspetiva-se como relevante o desenvolvimento dos seguintes estudos:

- Quantificação de custos;
- Elaboração de um caderno de encargos mais rigoroso;
- Elaboração de catálogos com caracterização de todos os componentes dos sistemas de ventilação;
- Medição de caudais de ventilação em edifícios em serviço após o processo de reabilitação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] AMARAL, Manuel António Pinto da Silva (2008) - Sistemas de ventilação natural e mistos em edifícios de habitação. Porto: [s. n.].

[2] ABREU, Catarina Fabíola Cardoso (2010) - O ambiente interior e a saúde dos ocupantes de edifícios de habitação.

[3] *http://www.vti.fr* acedido em março de 2016.

[4] MANSSON, Lars-Goran (1995) - Evaluation and Demonstration of Domestic Ventilation Systems - State of the Art.

[5] PORTUGAL. LEIS, decretos etc (2013) - Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de Agosto. [Lisboa: Imprensa Nacional Casa da Moeda].

[6] Concannon, P., *Technical Note AIVC 57*, in *Residential Ventilation*, I.-E. AIVC, Editor. 2002.

[7] AMBIENTE, APd (2009) - Qualidade do Ar em espaços interiores-Um guia técnico.

[8] ABRANTES, João Bartolomeu Catarino (2012) - Implicações do conforto térmico no consumo energético–uma hipótese de modelo adaptativo aplicada ao Verão. Faculdade de Ciências e Tecnologia.

[9] *https://www.ipma.pt* acedido em maio de 2016.

[10] JERÓNIMO, Rui Miguel Sendas (2015) - Avaliação do desempenho higrotérmico e do conforto de edifícios rurais reabilitados.

[11] *http://150.162.76.139/aplicacao/47/* acedido em abril de 2016.

[12] VERDELHO, Sara Isabel Carvalho (2012) - Avaliação do potencial de arrefecimento de edifícios através da ventilação natural.

[13] *CEN - COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION, 2006. prEN 15251:2006 – Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics. CEN, Brussels, Belgium.*

[14] CURADO, António José Candeias (2014) - Conforto Térmico e Eficiência Energética nos Edifícios de Habitação Social Reabilitados.

[15] ISO 7730 (1995) – *Moderate thermal environments. Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort.*

[16] Vasco Freitas e Manuel Pinto, Ventilação Natural de Edifícios de Habitação (no Prelo)

[17] *Despacho n.º15793K (2013). Diário da República, 2.ª série – N.º 234, Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013, dezembro, Lisboa.*

[18] *Portaria n.º349B (2013). Diário da República, 1ª série – N.º 232, Portaria n.º 349-B/2013, novembro, Lisboa.*

[19] SILVA, Joaquim Mayer Botelho da (2012) - A ventilação natural como melhoria do desempenho energético de edifícios residenciais. Faculdade de Ciências e Tecnologia.

[20] FREITAS, Vasco; PINTO, Manuel; GUIMARÃES, Ana (2007) - Sistemas de Ventilação Natural/Mistos em Edifícios de Habitação. Implicações Construtivas. Climatização. 52: 40-56.

[21] SILVA, Fernando Vítor Marques da (2004) - Ventilação natural de edifícios turbulência atmosférica. Lisboa: LNEC. ISBN 978-972-49-2020-7972-49-2020-8.

[22] ARAÚJO, Andreia Idalina Ribeiro de (2013) - Avaliação da taxa de renovação de ar de edifícios de habitação.

[23] PORTUGAL. INSTITUTO PORTUGUÊS DA, Qualidade (2002) - Ventilação e evacuação dos produtos da combustão dos locais com aparelhos a gás - Parte 1: Edifícios de habitação. Ventilação natural.

[24] *http://www.mibiocasa.com* acedido em abril de 2016.

[25] WOODS OF COLCHESTER, Limited (1970) - Guia prático de la ventilación. Barcelona: Blume.

[26] CLÉRIGO, Vitor Hugo de Oliveira (2015) - Ventilação mista em edifícios de habitação.

[27] *"ARRÊTE DU 24 MARS 1982", modifié par arrête du 28 Octobre 1983 - Disposition relative à l'aeration des logements.*

[28] *Código Técnico de la Edificatión - Sección HS3 Calidad del air interior (20 de Abril de 2009), Documento Básico HS Salubridad.*

[29] PORTUGAL. INSTITUTO PORTUGUÊS DA, Qualidade (2009) - Ventilação e evacuação dos produtos da combustão dos locais com aparelhos a gás Parte 2 edificios de habitação. Ventilação mecânica centralizada (VMC) de fluxo simples NP 1037-2: 2009. Caparica: IPQ.

[30] *www.anjos-ventilation.com* acedido em março de 2016.

[31] *http://www.aereco.com/* acedido em março de 2016.

[32] *http://www.astato.com/* acedido em março de 2016.

[33] *http://www.decflex.com/* acedido em março de 2016.

[34] *http://www.france-air.com/* acedido em março de 2016.

[35] *http://www.renson.eu/home/index.html* acedido em março de 2016.

[36] DE ARAÚJO PENEDA, Miguel Armando (2013) - Recomendações para o Projeto de Sistemas de Ventilação Mista em Edifícios de Habitação.

[37] VIEGAS, João Carlos (1995) - Ventilação natural de edifícios de habitação. Lisboa: LNEC. ISBN 972-49-1671-5.

[38] *http://www.euroventil.pt/ acedido* em abril de 2016.

[39] DE MAGALHÃES FERREIRA, Miguel Jorge Monteiro (2004) - Caudais de ventilação recomendados para edifícios residenciais. UNIVERSIDADE DO PORTO.

[40] *welsh, P., Flow Resistance and Wind Performance of some common Ventilation Terminals, IP 6/95, BRE Information Paper,1995.*

[41] *http://www.porto.pt/* acedido em maio de 2016.

[42] *www.google.pt/maps* acedido em maio de 2016.

[43] PORTUGAL. INSTITUTO PORTUGUÊS DA, Qualidade (2015) - Ventilação e evacuação dos produtos da combustão dos locais com aparelhos a gás - Parte 1: Edifícios de habitação. Ventilação natural.

ANEXOS

CARACTERÍSTICAS DISPONÍVEIS

Nas tabelas seguintes apresentam-se fichas com as características disponíveis (assinaladas com x) de grelhas de admissão.

GRELHA DE ADMISSÃO

AERECO

A CARACTERÍSTICAS GEOMETRIAS:

LOCALIZAÇÃO		TIPO DE GRELHA		PREÇO €					
Caixa de estore	☐	Autorregulável	☒	0-10	11-20	21-30	31-40	41-50	≥51
Caixilharia da Janela	☒	Higrorregulável:	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Parede	☒	Silenciadores:	☐						
Sob o telhado	☐	Outros:	_____						

DIMENSÕES (mm)												
	Interior		Exterior			Interior		Exterior			Interior		Exterior	
L	≤ 200	☐	≤ 200	☐	**H**	≤ 20	☐	≤ 20	☐	**Esp**	< 15	☒	≤ 15	☐
	201 - 400	☒	200- 400	☐		21 - 40	☒	21 - 40	☐		16-30	☒	16-30	☐
	401 - 600	☒	401 - 600	☐		41 - 60	☒	41 - 60	☐		31-45	☐	31-45	☐
	601-1000	☐	601-1000	☐		61 - 80	☐	61 - 80	☐		46-60	☒	46-60	☐
	≥ 1001	☐	≥ 1001	☐		≥ 81	☐	≥ 81	☐		≥ 61	☐	≥ 61	☐

B CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

CAUDAL (m^3/h) – 10Pa				ISOLAMENTO ACÚSTICO(dB)						DÉBITO (ΔP)	
≤ 15	15-30	30-45	≥ 46	≤ 27	29-31	32-34	35-37	39-41	≥ 42	Sim	Não
☒	☒	☒	☐	☐	☐	☐	☒	☒	☒	☒	☐

ESTANQUIDADE À ÁGUA (PA)							U ($W/m^2.K$)	
< 150	[150;350]	]350;400]	]400;900]	]900;1200]	]1200;1500]	> 1500	Sim	Não
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒

C	**OUTRAS CARACTERÍSTICAS:**	
	COR:	
	RAL DEFINIDOS — SIM ☒ / NÃO ☐	
	MATERIAL:	Poliestireno
D	**REFERÊNCIA COMERCIAL:**	
	EMM	AC
	EHA²	Window canopies
	EHT	E-TFR

GRELHA DE ADMISSÃO

decflex Lda.

A CARACTERÍSTICAS GEOMETRIAS:

LOCALIZAÇÃO		TIPO DE GRELHA	
Caixa de estore	☐	Autorregulável	☒
Caixilharia da Janela	☒	Higrorregulável:	☐
Parede	☒	Silenciadores:	☐
Sob o telhado	☐	Outros:	_____

PREÇO €					
0-10	11-20	21-30	31-40	41-50	≥51
☒	☒	☒	☐	☐	☒

DIMENSÕES (mm)													
	Interior		Exterior			Interior		Exterior			Interior		Exterior	
L	≤ 200	☐	≤ 200	☐	**H**	≤ 20	☐	≤ 20	☐	**Esp**	< 15	☐	≤ 15	☐
	201 - 400	☒	200- 400	☐		21 - 40	☒	21 - 40	☐		16-30	☐	16-30	☐
	401 - 600	☐	401 - 600	☐		41 - 60	☐	41 - 60	☐		31-45	☒	31-45	☐
	601-1000	☐	601-1000	☐		61 - 80	☐	61 - 80	☐		46-60	☐	46-60	☐
	≥ 1001	☐	≥ 1001	☐		≥ 81	☒	≥ 81	☐		≥ 61	☒	≥ 61	☐
D	≤ Φ100	☒	150-200	☒										
	101-150	☒	≥ 201	☐										

B CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

CAUDAL (m^3/h)				ISOLAMENTO ACÚSTICO(dB)						DÉBITO (ΔP)	
≤ 15	15-30	30-45	≥ 46	≤ 27	29-31	32-34	35-37	39-41	≥ 42	Sim	Não
☐	☒	☒	☐	☐	☐	☐	☒	☒	☒	☐	☒

ESTANQUIDADE À ÁGUA (PA)							U ($W/m^2.K$)	
< 150	[150;350]	]350;400]	]400;900]	]900;1200]	]1200;1500]	>1500	Sim	Não
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒

C	**OUTRAS CARACTERÍSTICAS:**	
	COR:	
	RAL DEFINIDOS — SIM ☐ / NÃO ☒	
	MATERIAL:	Alumínio
D	**REFERÊNCIA COMERCIAL:**	
	EA	MTC
	EAI	Grelhas
	ELLIA	

GRELHA DE ADMISSÃO

A CARACTERÍSTICAS GEOMETRIAS:

LOCALIZAÇÃO		TIPO DE GRELHA		PREÇO €					
Caixa de estore	☐	Autorregulável	☒	0-10	11-20	21-30	31-40	41-50	≥51
Caixilharia da Janela	☒	Higrorregulável:	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Parede	☐	Silenciadores:	☐						
Padieira	☒	Outros:	Antirretorno						

DIMENSÕES (mm)												
	Interior		Exterior			Interior		Exterior			Interior		Exterior	
L	≤ 200	☐	≤ 200	☐	**H**	≤ 20	☐	≤ 20	☐	**Esp**	< 15	☐	≤ 15	☒
	201 - 400	☒	200- 400	☐		21 - 40	☒	21 - 40	☒		16-30	☒	16-30	☐
	401 - 600	☒	401 - 600	☒		41 - 60	☒	41 - 60	☐		31-45	☒	31-45	☐
	601-1000	☐	601-1000	☐		61 - 80	☐	61 - 80	☐		46-60	☐	46-60	☐
	≥ 1001	☐	≥ 1001	☐		≥ 81	☐	≥ 81	☐		≥ 61	☐	≥ 61	☐

B CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

CAUDAL (m^3/h) – 20 Pa				ISOLAMENTO ACÚSTICO(dB)						DÉBITO (ΔP)	
≤ 15	15-30	30-45	≥ 46	≤ 27	29-31	32-34	35-37	39-41	≥ 42	Sim	Não
☐	☒	☒	☐	☐	☐	☒	☒	☒	☐	☒	☐

ESTANQUIDADE À ÁGUA (PA)							U ($W/m^2.K$)	
< 150	[150;350]	]350;400]	]400;900]	]900;1200]	]1200;1500]	> 1500	Sim	Não
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒

C	**OUTRAS PROPRIEDADES:**
	COR:
	RAL DEFINIDOS — SIM ☒ / NÃO ☐
	MATERIAL: PVC, Poliestireno
D	**REFERÊNCIA COMERCIAL:**
	HELM 45 LESTE M30/45 SONORA

GRELHA DE ADMISSÃO

France Air
Les Architectes de l'Air

A CARACTERÍSTICAS GEOMETRIAS:

LOCALIZAÇÃO		TIPO DE GRELHA		PREÇO €					
Caixa de estore	☐	Autorregulável	☒	0-10	11-20	21-30	31-40	41-50	≥51
Caixilharia da Janela	☒	Higrorregulável:	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
Parede	☒	Silenciadores:	☒						
Sob o telhado	☐	Outros:	_____						

DIMENSÕES (mm)												
	Interior		Exterior			Interior		Exterior			Interior		Exterior	
L	≤ 200	☐	≤ 200	☒	**H**	≤ 20	☒	≤ 20	☐	**Esp**	< 15	☐	≤ 15	☒
	201 - 400	☐	200- 400	☐		21 - 40	☐	21 - 40	☒		16-30	☒	16-30	☒
	401 - 600	☒	401 - 600	☒		41 - 60	☒	41 - 60	☐		31-45	☐	31-45	☐
	601-1000	☐	601-1000	☐		61 - 80	☐	61 - 80	☐		46-60	☐	46-60	☐
	≥ 1001	☐	≥ 1001	☐		≥ 81	☒	≥ 81	☒		≥ 61	☒	≥ 61	☐

B CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

CAUDAL (m^3/h)				ISOLAMENTO ACÚSTICO (dB)						DÉBITO (ΔP)	
≤ 15	15-30	30-45	≥ 46	≤ 27	29-31	32-34	35-37	39-41	≥ 42	Sim	Não
☒	☒	☒	☐	☐	☐	☒	☒	☒	☒	☒	☐

ESTANQUIDADE À ÁGUA (PA)							U ($W/m^2.K$)	
< 150	[150;350]	]350;400]	]400;900]	]900;1200]	]1200;1500]	> 1500	Sim	Não
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒

C	**OUTRAS CARACTERÍSTICAS:**			
	COR:			
	RAL DEFINIDOS	SIM ☒ NÃO ☐		
	MATERIAL:		Poliestireno	Madeira
			PVC	
D	**REFERÊNCIA COMERCIAL:**			
	STM	EM HY	M-G	
	SHF	Isola hygro		
	EM A	Isola 2		

GRELHA DE ADMISSÃO

A CARACTERÍSTICAS GEOMETRIAS:

LOCALIZAÇÃO		TIPO DE GRELHA		PREÇO €					
Caixa de estore	☒	Autorregulável	☒	0-10	11-20	21-30	31-40	41-50	≥51
Caixilharia da Janela	☒	Higro-regulável:	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Parede	☒	Silenciadores:	☐						
Sob o telhado	☒	Outros:	Regulável						

DIMENSÕES (mm)									
L	Globais		**H**	Globais		**Esp**	Globais	
	≤ 200	☐		≤ 20	☐		< 15	☐
	201 - 400	☐		21 - 40	☐		16-30	☒
	401 - 600	☐		41 - 60	☒		31-45	☒
	601-1000	☒		61 - 80	☒		46-60	☒
	≥ 1001	☒		≥ 81	☒		≥ 61	☒

B CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

CAUDAL (m3/h) (20Pa)				ISOLAMENTO ACÚSTICO(dB) (Fechado)						DÉBITO (ΔP)	
≤ 15	15-30	30-45	≥ 46	≤ 27	29-31	32-34	35-37	39-41	≥ 42	Sim	Não
☒	☒	☒	☒	☐	☐	☐	☒	☒	☒	☐	☒

ESTANQUIDADE À ÁGUA (PA)							U (W/m^2.K)	
< 150	[150;350]	]350;400]	]400;900]	]900;1200]	]1200;1500]	> 1500	Sim	Não
☐	☒	☐	☒	☒	☒	☐	☒	☐

C	**OUTRAS CARACTERÍSTICAS:**						
	COR:						
	RAL DEFINIDOS	SIM ☒					
		NÃO ☐					
	MATERIAL:			Alumínio		ASA polymer type Luran S	
				PVC		Poliestereno	
D	**REFERÊNCIA COMERCIAL:**						
	AK80	AR45	AR90	SONOSLOT	Sonovent	TH45	THK90
	AK80^{EVO}	AR60	Invisivent®EVO	THM90EVO	T45	Oxyvent	Transivent
	AK80 GL	AR75	FIXVENT® MONO AK	FIXVENT® MONO AK/UT EVO	TC45	THK60	

Nas tabelas seguintes apresentam-se fichas com as características disponíveis (assinaladas com x) de grelhas de extração.

GRELHA DE EXTRAÇÃO

A CARACTERÍSTICAS GEOMETRIAS:

LOCALIZAÇÃO		TIPO DE GRELHA		PREÇO €					
Casa de banho	☒	Autorregulável	☒	0-10	11-20	21-30	31-40	41-50	≥51
Cozinha	☒	Higro-regulável:	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Teto	☒	VMC:	☐						
Parede	☒	Outros:	_____						

DIMENSÕES (mm)		
	Abertura	
D	≤ Φ100	☒
	101-150	☒
	150-200	☒
	≥ 201	☐

B CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

CAUDAL (m^3/h)									DÉBITO (ΔP)	
≤ 15	15-30	31-45	46-60	61-75	76-90	91-120	121-150	≥ 150	Sim	Não
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☐	☐	☐	☒	☐

ISOLAMENTO ACÚSTICO(dB)								
≤ 27	28-32	32-37	38-42	43-47	48-52	53-57	58-62	≥ 63
☐	☐	☐	☐	☒	☒	☒	☐	☐

C	**OUTRAS CARACTERÍSTICAS:**
COR: RAL DEFINIDOS	SIM ☒ NÃO ☐
MATERIAL:	Poliestireno
D	**REFERÊNCIA COMERCIAL:**
EURUS BF	AZUR
ESTEREL	
ESTEREL HY	

GRELHA DE EXTRAÇÃO

A CARACTERÍSTICAS GEOMETRIAS:

LOCALIZAÇÃO		TIPO DE GRELHA	
Casa de banho	☒	Autorregulável	☒
Cozinha	☒	Higro-regulável:	☒
Teto	☒	VMC:	☒
Parede	☒	Outros:	_____

PREÇO €					
0-10	11-20	21-30	31-40	41-50	≥51
☐	☐	☐	☐	☐	☐

DIMENSÕES (mm)		
D	Abertura	
	≤ Φ100	☒
	101-150	☒
	150-200	☒
	≥ 201	☐

B CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

CAUDAL (m^3/h)									DÉBITO (ΔP)	
≤ 15	15-30	31-45	46-60	61-75	76-90	91-120	121-150	≥ 150	Sim	Não
☒	☒	☒	☐	☐	☒	☒	☒	☒	☒	☐

ISOLAMENTO ACÚSTICO(dB)								
≤ 27	28-32	32-37	38-42	43-47	48-52	53-57	58-62	≥ 63
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☒	☒

C	**OUTRAS CARACTERÍSTICAS:**				
	COR:				
	RAL DEFINIDOS	SIM ☒ NÃO ☐			
	MATERIAL:	Poliestireno			
		Chapa de aço			
D	**REFERÊNCIA COMERCIAL:**				
	ALIZE HYGRO ET TEMPO	BES	FUTURUM	BEIP	TP
	ALIZE TEMPO	BEMR	VMF et VMRC	BOREA	BI 80
	ALIZE HYGRO ET TEMPO	BIR	VMT et VMTR	TMM et TMP	

GRELHA DE EXTRAÇÃO

decflex Lda.

A CARACTERÍSTICAS GEOMETRIAS:

LOCALIZAÇÃO		TIPO DE GRELHA	
Casa de banho	☒	Autorregulável	☒
Cozinha	☒	Higro-regulável:	☒
Teto	☒	VMC:	☒
Parede	☒	Outros:	_____

PREÇO €					
0-10	11-20	21-30	31-40	41-50	≥51
☒	☒	☒	☒	☐	☒

DIMENSÕES (mm)		
D	Abertura	
	≤ Φ100	☒
	101-150	☒
	150-200	☒
	≥ 201	☐

B CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

CAUDAL (m^3/h)									DÉBITO (ΔP)	
≤ 15	15-30	31-45	46-60	61-75	76-90	91-120	121-150	≥ 150	Sim	Não
☒	☒	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☒	☐

ISOLAMENTO ACÚSTICO(dB)								
≤ 27	28-32	32-37	38-42	43-47	48-52	53-57	58-62	≥ 63
☒	☐	☒	☐	☐	☒	☐	☒	☒

C	**OUTRAS CARACTERÍSTICAS:**				
	COR:				
	RAL DEFINIDOS	SIM ☐ NÃO ☒			
	MATERIAL:		INOX Plástico		
D	**REFERÊNCIA COMERCIAL:**				
	KS	AXS	B-23 RA	Sygma	VALVE
	DISCREET monofásicos 230V/50HZ	CV2GIP	Bahia Curve S	C Glass	
	SILENT monofásico 230V/50HZ Classe II	DF	Bap`si	TF	

Nas tabelas seguintes apresentam-se fichas com as características disponíveis (assinaladas com x) de ventiladores estáticos de uma marca comercial.

VENTILADORES ESTÁTICOS

A CARACTERÍSTICAS GEOMETRIAS:

DIMENSÕES (mm)							
Φ FIXO		Φ TUBO		H		DIAM. EXT.	
≤ 100	☐	≤ 100	☐	≤ 100	☐	≤ 100	☐
101-150	☐	101-150	☒	101-150	☐	101-150	☐
151-200	☐	151-200	☒	151-200	☒	151-200	☐
201-250	☐	201-250	☒	201-250	☒	201-250	☒
251-300	☐	251-300	☐	251-300	☒	251-300	☒
301-400	☐	301-400	☒	301-400	☒	301-400	☒
≥ 500	☐	≥ 500	☒	≥ 500	☒	≥ 500	☒

B CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

DÉBITO (ΔP)	
Sim	Não
☐	☒

C OUTRAS CARACTERÍSTICAS:

COR:

RAL DEFINIDOS — SIM ☐ / NÃO ☒

MATERIAL: Alumínio

Inox

D REFERÊNCIA COMERCIAL:

AST0 AST1 AST2 AST3 AST4 AST5 AST7 AST10

AST12