



**Hugo Miguel Santos Belo**

Licenciado em Ciências de Engenharia do Ambiente

## **O ruído e o ordenamento do território – caso de estudo: o concelho de Cascais**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Engenharia do Ambiente, perfil de Ordenamento do Território e  
Impactes Ambientais

Orientador: Francisco Manuel Freire Cardoso Ferreira,  
Professor Auxiliar, Faculdade de Ciências e Tecnologia da  
Universidade Nova de Lisboa

Co-orientador: João António Muralha Ribeiro Farinha,  
Professor Auxiliar, Faculdade de Ciências e Tecnologia da  
Universidade Nova de Lisboa

Júri:

Presidente: Prof. Doutor Pedro Manuel da Hora Santos Coelho  
Arguente: Doutor Vitor Fernando Guerreiro da Silva  
Vogaais: Prof. Doutor Francisco Manuel Freire Cardoso Ferreira  
Prof. Doutor João António Muralha Ribeiro Farinha



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

**Abril, 2013**



*Copyright* © Hugo Miguel Santos Belo, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Universidade Nova de Lisboa

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



## **Agradecimentos**

A realização deste trabalho contou com a contribuição de várias pessoas, como tal, não posso deixar de expressar o meu agradecimento.

Ao Professor Doutor Francisco Ferreira, por todo o apoio, orientação, disponibilidade, incentivo e conhecimento que me transmitiu ao longo do processo de realização desta dissertação.

Ao Professor Doutor João Farinha, pela orientação, apoio e conhecimentos que me transmitiu ao longo do processo de realização desta dissertação.

Agradeço à Divisão de Planeamento e Ordenamento do Território (DORT) do Departamento de Planeamento e Qualificação Ambiental (DPQ) da Câmara Municipal de Cascais, em particular à Eng<sup>a</sup>. Sara Dias, por toda a informação disponibilizada e dúvidas tiradas que contribuíram para o enriquecimento deste trabalho.

Aos meus amigos, que estiveram sempre presentes nos altos e baixos dos últimos anos académicos e que, durante a elaboração deste trabalho, sempre se mostraram disponíveis para me auxiliar e para me dar força. Mais do que amigos, são companheiros de vida.

Aos meus queridos pais, que demonstraram sempre esperança em mim, que me levantaram sempre que cai. Sem o seu esforço e sacrifício, não teria alcançado este patamar. A eles se deve esta dissertação.

Ao meu querido irmão Rodrigo Belo, a ele dedico esta dissertação, por no momento mais difícil da sua vida, ser um exemplo de força, determinação e vontade de viver. Pelo seu apoio e orientação, por fazer de mim uma pessoa melhor todos os dias.



«Os ouvidos foram feitos, não para ouvir, mas para escutar»

Julian Treasure



## Resumo

A acústica é a ciência que estuda o som, a sua propagação e os meios onde se propaga, assim como o impacto que este fenómeno tem nos seres vivos. O termo “ruído” associa-se a um som indesejável ou incomodo, geralmente de volume elevado que, em algumas situações, pode afetar a saúde e o bem-estar.

O presente trabalho apresenta a análise do impacto que o ruído pode ter na saúde da população, principais fontes de ruído no meio urbano, estratégias de mitigação e a análise da classificação em zona mista e zona sensível aplicada a nível municipal. O caso de estudo escolhido foi o concelho de Cascais.

Para a realização deste trabalho, procedeu-se a uma caracterização da área de estudo, em particular a identificação das principais fontes de ruído. De forma a conhecer-se a percepção do problema pela população, realizaram-se inquéritos, recorrendo a uma amostragem que ponderou a dimensão populacional de cada freguesia do concelho. Dada a importância que o zonamento acústico representa para o estudo e caracterização do ruído a nível municipal, fez-se uma avaliação ponderando a localização dos vários equipamentos sensíveis do concelho. Esta análise foi realizada com base em cartografia disponibilizada on-line pela câmara de Cascais e com as definições estabelecidas por lei para “zonas sensíveis” e “zonas mistas”.

A análise à proposta de zonamento acústico de Cascais revelou que a maioria das áreas assinaladas como sensíveis são zonas verdes urbanas, existindo uma quase total ausência de elementos urbanos classificados como sensíveis.

Os inquéritos revelaram que o ruído rodoviário é a fonte de ruído que mais impacto tem na população inquirida (maioria considerou-o uma fonte “Relevante” de ruído). Sobre o ruído interior, a fonte que demonstrou maior impacto foi aquela que habitualmente se designa por “Vizinhança”, seguindo-se o tráfego automóvel. Relativamente ao impacto do ruído na saúde, os resultados foram menos claros. No entanto, a maioria achou que seria possível que o ruído poderá estar a afeta-los em termos de saúde. A qualidade sonora do concelho é do agrado dos inquiridos, acreditando-se que esta se vai manter no futuro.

Concluindo, não sendo o ruído um fator crítico de incómodo no concelho, ele representa um problema em algumas zonas, facto comprovado pelos mapas de ruído e de conflito elaborados pela autarquia. No entanto, este problema encontra-se bem acompanhado e estudado, antevendo-se que serão tomadas medidas de fundo para a resolução/diminuição do impacto do ruído na população.

**Palavras-chave:** Ruído, Cascais, Ordenamento do Território, Saúde, Zonamento acústico



## **Abstract**

Acoustics is the science of sound and its propagation, including the impact it has on living beings. The term "noise" is associated with an undesirable or uncomfortable sound, generally through high volume, which can affect health and well-being.

This work presents an analysis of the impact that noise can have in the population's health, the main sources of noise in the urban environment, mitigation strategies, and the analysis of the legal classification performed as mixed or sensitive areas at municipal level. The case study chosen is the municipality of Cascais.

For this work, a characterization of the study area was performed, in particular identifying the major sources of noise. In order to understand the perception of the problem by the population, surveys were carried out, using a sample that weighed the population size of each parish in the municipality. Given the importance that the acoustic zoning has to the study and to the characterization of the noise at the municipal level, an evaluation was made considering the location of the various sensitive equipments. This analysis was based on maps made available online by the Municipality of Cascais and the definitions established by law of "sensitive areas" and "mixed zones".

The analysis of the proposed acoustic zoning of Cascais revealed that most areas are marked as sensitive are urban green areas, and that there is an almost total absence of residential areas classified as sensitive.

The investigations revealed that road noise is the source that has the highest impact reported by the population (the majority considered it a "relevant" source of noise). On indoor noise, the source that showed the greatest impact was the one commonly referred to as "neighbourhood noise", followed by traffic. For the noise impact on health, results were less clear. However, most people think that it would be possible that noise may be affecting their health. However, most respondents considered that they have a satisfactory noise level which will hold up in the future.

In conclusion, noise nuisance is not a critical factor; it is a problem in some areas, a fact proven by noise maps and conflict maps prepared by the municipality. However, the problem is considered well studied and monitored, foreseeing that substantive steps will be taken to solve / reduce the impact of noise in people.

**Keywords:** Noise, Cascais, Planning, Health, Zoning acoustic



## Índice de Matérias

1. Introdução .....	1
1.1. Objetivos e âmbito .....	3
1.2. Organização da dissertação .....	3
2. Revisão de Literatura .....	5
2.1. Avaliação do Ruído .....	5
2.2. Propagação do Ruído.....	7
2.3. Efeitos do Ruído na Saúde.....	10
2.3.1. Efeitos fisiológicos associados ao sistema auditivo .....	13
2.3.2. Efeitos fisiológicos não-auditivos.....	17
2.4. Estratégias de Mitigação de Ruído .....	24
2.4.1. Barreiras Acústicas.....	24
2.4.2. Pavimentos .....	32
2.4.3. Medidas de gestão de tráfego .....	34
2.4.4. Edifícios .....	36
3. Enquadramento Legal.....	39
3.1. Ruído .....	39
3.2. Ordenamento do Território e Ruído .....	42
3.2.1. Planos Municipais de Redução de Ruído (PMRR) .....	43
3.3. Instrumentos de Gestão Territorial (IGT) .....	44
3.3.1. Planos Municipais de Ordenamento do Território (PMOT) .....	45
4. Caso de estudo: O concelho de Cascais.....	47
4.1. Enquadramento .....	47
4.2. Caracterização da região .....	48
4.2.1. Caracterização ecológica .....	48
4.2.2. Características demográficas e socioeconómicas .....	49
4.2.3. Acessibilidade.....	55
5. Metodologia.....	59
5.1. Avaliação da influência do Ruído na área de estudo.....	60
5.1.1. Análise ao Zonamento Acústico Estabelecido .....	60
5.1.2. Avaliação da percepção do ruído pela população .....	62
6. O ruído no concelho de Cascais.....	65

6.1.	Eixos rodoviários .....	65
6.2.	Linha ferroviária .....	72
6.3.	Unidades Industriais .....	73
6.4.	Aeródromo Municipal de Cascais.....	74
6.5.	Autódromo do Estoril .....	75
7.	Análise ao Zonamento Acústico do Concelho de Cascais. ....	77
7.1.	Equipamentos escolares .....	78
7.2.	Ocupação do solo.....	78
7.3.	Equipamentos de Saúde .....	80
7.4.	Equipamentos Culturais e Recreativos .....	80
7.5.	Proposta de Zonamento .....	80
8.	Avaliação da percepção do ruído pela população .....	83
8.1.	Considerações Gerais e Caracterização.....	83
8.2.	Informação e Avaliação da qualidade Sonora.....	83
8.3.	Ruído Ambiente .....	84
8.4.	Ruído Interior .....	86
8.5.	Saúde e Perspectivas Futuras .....	87
8.6.	Avaliação da independência das variáveis (Teste Qui-Quadrado).....	89
8.7.	Discussão de resultados .....	90
9.	Conclusões.....	93
9.1.	Principais Conclusões .....	93
9.2.	Desenvolvimentos Futuros .....	94
10.	Referências Bibliográficas .....	95
Anexos.....		103
Anexo 1 – Inquérito.....		104
Anexo 2 – Resultados dos testes de Qui-Quadrado. ....		109
Anexo 3 – Cartas representativas do Capítulo 8 – “Análise ao Zonamento Acústico do Concelho de Cascais”.....		113

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.1</b> - O ruído e os seus impactes .....	2
<b>Figura 2.1</b> - Representação de uma onda sonora. (a) Compressões e rarefações causadas no ar pela onda de som; (b) representação gráfica das variações de pressão, acima e abaixo, da pressão atmosférica .....	5
<b>Figura 2.2</b> - Esquema descritivo de ondas sonoras .....	7
<b>Figura 2.3</b> - Propagação sonora de uma fonte linear .....	9
<b>Figura 2.4</b> - Influência das características da estrada, veículo e pneus no Ruído Rodoviário .....	10
<b>Figura 2.5</b> - Possíveis relações entre a exposição ao ruído, relacionado com doenças cardiovasculares e problemas auditivos .....	12
<b>Figura 2.6</b> - Aparelho auditivo .....	14
<b>Figura 2.7</b> - Relação entre o stress produzido pelo ruído e seus efeitos .....	19
<b>Figura 2.8</b> - Possíveis consequências do <i>stress</i> associado ao ruído .....	21
<b>Figura 2.9</b> - Exemplos de estratégias de mitigação de ruído .....	24
<b>Figura 2.10</b> - Fenómenos de absorção, transmissão, reflexão e difração numa barreira acústica .....	25
<b>Figura 2.11</b> - Barreira acústica com extremidades dobradas para garantir um bom desempenho acústico.....	25
<b>Figura 2.12</b> - Barreiras acústicas devem colocar-se perto da estrada.....	26
<b>Figura 2.13</b> - Colocação da barreira acústica caso a estrada e o recetor estejam separados por um relevo elevado .....	26
<b>Figura 2.14</b> - Tipos de topos que podem ser colocados em barreiras acústicas.....	27
<b>Figura 2.15</b> – Efeito do som refletido numa barreira acústica com material absorvente .....	30
<b>Figura 2.16</b> - Comparação de alturas entre motas de terra e barreiras acústicas.....	32
<b>Figura 2.17</b> - Comparação acústica da disposição de edifícios em relação à via .....	37
<b>Figura 2.18</b> - A construção de pátios interiores com edifícios "em recorte" é uma das melhores formas para se criarem espaços "quase imunes" ao ruído de tráfego rodoviário.....	38
<b>Figura 3.1</b> - Organograma de legislação do ruído.....	42
<b>Figura 4.1</b> - Concelho de Cascais na Área Metropolitana de Lisboa .....	47
<b>Figura 4.2</b> - Planta de Ordenamento do PDM de Cascais .....	48
<b>Figura 4.3</b> - REN e RAN no concelho de Cascais.....	49
<b>Figura 4.4</b> - Densidade populacional no concelho de Cascais .....	51
<b>Figura 4.5</b> - Empresas Sedeadas no concelho de Cascais, por sector de atividade.....	52
<b>Figura 4.6</b> - Empresas do sector terciário em Cascais .....	53
<b>Figura 4.7</b> - Empresas do sector primário em Cascais .....	53
<b>Figura 4.8</b> - Empresas do sector secundário.....	53
<b>Figura 4.9</b> - População empregada por sector de atividade económica e por Freguesia .....	55
<b>Figura 4.10</b> - Acessibilidades do concelho de Cascais .....	56
<b>Figura 4.11</b> - Diagrama da Linha de Cascais .....	57
<b>Figura 5.1</b> - Modelo metodológico aplicado.....	59
<b>Figura 5.2</b> - Zonamento Acústico do concelho de Cascais .....	61

<b>Figura 6.1</b> - A5 (Auto-Estrada da Costa do Estoril) .....	66
<b>Figura 6.2</b> - Exemplo de aglomerados urbanos próximos da A5 na freguesia de S. Domingos de Rana .....	67
<b>Figura 6.3</b> - Exemplo de aglomerados urbanos próximos da A5 na freguesia de Alcabideche .....	68
<b>Figura 6.4</b> - Proximidade da Linha ferroviária de Cascais e Av. Marginal .....	70
<b>Figura 6.5</b> - Estação de São Pedro do Estoril, Cascais .....	73
<b>Figura 6.6</b> - Carta de Ruído do Aeródromo Municipal de Cascais, para o indicador de ruído $L_{den}$ ....	75
<b>Figura 7.1</b> - Áreas classificadas como "Zonas sensíveis" no concelho de Cascais .....	77
<b>Figura 7.2</b> - Proposta de Zonamento Acústico .....	81
<b>Figura 8.1</b> - Nível de conhecimento da legislação do ruído existente.....	84
<b>Figura 8.2</b> - Percepção do ruído na rua.....	84
<b>Figura 8.3</b> - Incómodo face ao tráfego automóvel.....	87
<b>Figura 8.4</b> – Incómodo face ao tráfego aéreo .....	85
<b>Figura 8.5</b> – Incómodo face ao tráfego ferroviário.....	87
<b>Figura 8.6</b> – Incómodo face à construção civil .....	85
<b>Figura 8.7</b> - Incómodo face à indústria .....	85
<b>Figura 8.8</b> - Nível de percepção de ruído exterior, dentro de casa .....	86
<b>Figura 8.9</b> - Grau de incómodo pelos diferentes tipos de ruído, dentro de casa .....	87
<b>Figura 8.10</b> - Influência do ruído na saúde.....	87
<b>Figura 8.11</b> - Consequências do ruído na saúde .....	88
<b>Figura 8.12</b> - Avaliação da qualidade sonora do concelho de Cascais .....	88

## Índice de Tabelas

<b>Tabela 1.1</b> - Escala de decibéis e possíveis efeitos do ruído .....	1
<b>Tabela 2.1</b> - Proporção da população que vive em agregados familiares que referem a existência de ruído vindo dos vizinhos ou da rua.....	11
<b>Tabela 2.2</b> - Efeitos de diferentes níveis de ruído noturno sobre a saúde .....	23
<b>Tabela 3.1</b> - Nível sonoro máximo por tipo de zona .....	41
<b>Tabela 4.1</b> - População residente em 2001 e 2011 no Município de Cascais .....	50
<b>Tabela 4.2</b> - Número de Alojamentos, edifícios e famílias por freguesia do concelho de Cascais .....	50
<b>Tabela 4.3</b> - Índice de Envelhecimento.....	52
<b>Tabela 5.1</b> - Proporção e número de inquéritos realizado por freguesia .....	62
<b>Tabela 6.1</b> - População exposta ao ruído da A5, para o indicador Lden .....	68
<b>Tabela 6.2</b> - População exposta ao ruído da A5, para o indicador Ln .....	69
<b>Tabela 6.3</b> - Unidades industriais retratadas no mapa de ruído do concelho de Cascais .....	73
<b>Tabela 8.1</b> – Avaliação da independência das variáveis testadas .....	90



## Lista de Siglas e Acrónimos

AML – Área Metropolitana de Lisboa  
APA – Agência Portuguesa do Ambiente  
BBDr – Betão betuminoso drenante de camada única  
BMB – Betume modificado com borracha  
C.M. Cascais – Câmara Municipal de Cascais  
CCDR-N – Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte  
CCZ – Carta de Classificação de Zonas  
dB – decibel  
dB (A) – decibel correspondente ao nível de ponderação A  
DL – decreto-lei  
DPGU - Direção Municipal de Planeamento do Território e da Gestão Urbanística  
EEA – *European Environment Agency*  
EN – Estrada Nacional  
EPA – *Environmental Protection Agency*  
EP-GRIP - Revestimentos superficiais em resinas epoxídias  
ETAC - Estudo de Trânsito de Âmbito Concelhio para Cascais  
GIT – Grande Infraestrutura de Transporte  
IA – Instituto do Ambiente  
INE – Instituto Nacional de Estatística  
 $L_{den}$  – Indicador de ruído para os períodos “diurno”, “entardecer” e “noturno”  
 $L_n$  – Indicador de ruído para o período “noturno”  
MBD – Camadas de desgaste em mistura betuminosa delgada  
MBGD – Mistura betuminosa de granulometria descontínua  
OMS – Organização Mundial de Saúde  
PA – Plano de Ação  
PDM – Plano Director Municipal  
PERS – Superfícies porosas elásticas  
PMOT – Planos Municipais de Ordenamento do Território  
PMRR – Planos Municipais de Redução de Ruído  
RAN – Reserva Agrícola Nacional  
REN – Reserva Ecológica Nacional  
RGR – Regulamento Geral do Ruído  
RMRA – Regulamento Municipal de Ruído Ambiente  
RLPS – Regime Legal da Poluição Sonora  
SBTx – Superfície de betão texturado longitudinalmente  
UE – União Europeia  
WHO – *World Health Organization*



## 1. Introdução

Quando se ouve um som elevado ou de certa forma incomodativo, a primeira impressão que se sente é o desconforto. Depois, consoante o tipo de fonte, ou a pessoa se afasta desta ou então é obrigada a esperar que a mesma se silencie. Agora imagine-se que esta fonte ruidosa se localiza perto de casa ou da escola. Neste caso o seu impacte pode ser constante e permanente. Por estas razões é que deve ser tido em atenção o ruído no ordenamento do território.

O ruído é normalmente definido como “som indesejado”, mais especificamente, um som audível que causa danos ou perturbações na saúde (Tabela 1.1). Os efeitos adversos do ruído ocorrem quando as atividades do indivíduo são perturbadas. No entanto, durante o sono, a ativação do sistema nervoso acontece de forma inconsciente, devido à interação direta entre o nervo auditivo e as estruturas superiores do sistema nervoso central (EEA, 2010). O ruído representa um importante problema ambiental, especialmente em áreas urbanas, afetando um grande número de pessoas. Até hoje, a maioria das avaliações deste problema têm sido baseadas no incómodo que este provoca em seres humanos, ou na extensão em que perturba várias atividades (WHO Europe, 2011). A avaliação de problemas de saúde potencialmente relacionados com a exposição ao ruído, tem registado um aumento de estudos.

**Tabela 1.1** - Escala de decibéis e possíveis efeitos do ruído (AAP, 1999 in EEA, 2002)

Exemplo	dB(A)	Efeito
Bairro tranquilo, conversa tranquila	50	Sem efeito significativo
Conversa em lugar ocupado, música de fundo, ruído de tráfego de fundo	60	Intrusivo
Tráfego rodoviário, a menos de 15m	70	Incómodo
Comboio a 15m	80	Possíveis danos auditivos
Rua urbana movimentada, camião a diesel	90	Danos auditivos crónicos (> 8h de exposição), interferência na fala
Descolagem de jacto (300m), cortador de relva eléctrico	100	Tal como em cima, mais provável e mais grave
Rádio perto do ouvido	110	Tal como em cima, mais provável e mais grave
Concerto de rock, Descolagem de jacto (160m)	120	Tal como em cima, mais provável e mais grave (limiar da dor humana)
Fones com volume elevado	130	Tal como em cima, mais severo
Disparo de pistola de brincar, fogo de artifício (muito perto dos ouvidos)	150	Lesões auditivas agudas (ruptura do tímpano)

Estima-se que pelo menos 25% da população da União Europeia (UE) sente uma redução da qualidade de vida devido à irritação induzida pelo ruído ambiente, e, entre 5% a 15% da população, sofre de perturbações do sono graves induzidas igualmente pelo ruído. Além disso, é estimado que, na UE os custos do ruído ambiental se encontrem entre 13 e 38 mil milhões de euros/ano devido a despesas médicas, dias de trabalho perdidos, redução dos preços das casas e redução do potencial de utilização do território (REC, 2008).

O ruído é uma ameaça subestimada que pode causar um número de problemas de saúde a curto e longo prazo, como por exemplo, distúrbios do sono, efeitos cardiovasculares, pior desempenho escolar e no trabalho, perda auditiva, entre outros (Figura 1.1). Alguns grupos etários são mais vulneráveis ao ruído, como é o caso das crianças, doentes crónicos e idosos. O incómodo durante o período noturno pode levar a um aumento de consultas médicas e gastos em medicamentos para dormir, o que afeta diretamente as despesas de saúde dos países e das famílias (WHO Europe, 2013).

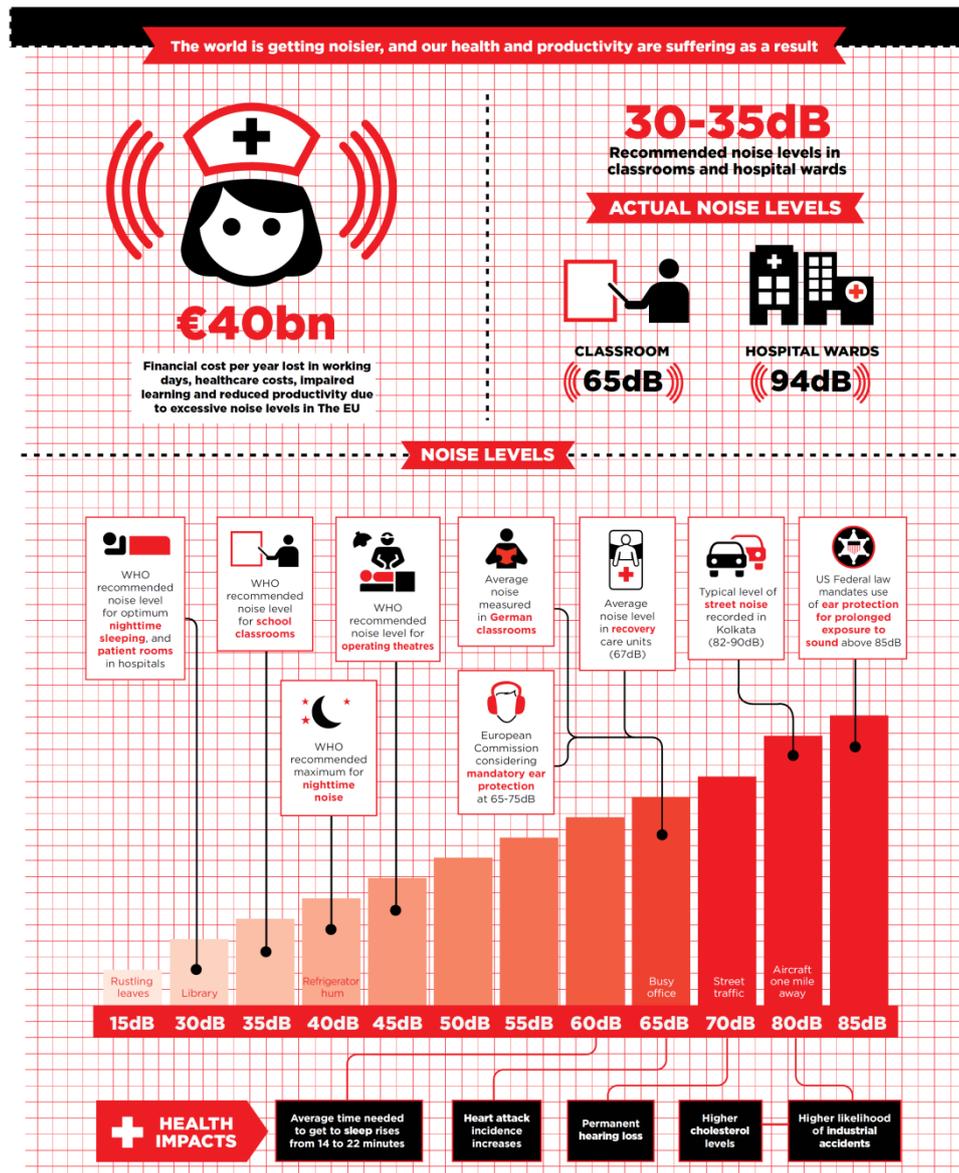


Figura 1.1 - O ruído e os seus impactes (Biamp, 2012)

Esta preocupação já teve algum desenvolvimento e aplicação práticas nos sistemas legislativos e administrativos de alguns países europeus, como é o caso do Reino Unido, que estabeleceu o seu quadro legal do planeamento e ordenamento do território no pressuposto de que as figuras de planeamento têm uma aplicação coordenada e complementar às medidas de controlo e gestão ambiental, onde necessariamente se inclui o ruído (UK Government, 2004).

Portugal possui uma boa base legislativa em termos de ruído bastante forte. No entanto, nem todos os municípios possuem os elementos exigidos no RGR (68 dos 308 municípios de Portugal Continental aprovaram em Assembleia Municipal e entregaram formalmente à APA os seus mapas de ruído). No que diz respeito aos planos municipais de redução de ruído, nenhum plano foi submetido à APA, sendo este passo importante para reduzir os elevados níveis de ruído nas áreas identificadas, onde a exposição é mais crítica (Quercus, 2012).

### **1.1. Objetivos e âmbito**

O presente trabalho tem como principal objetivo a análise temática do ruído no ordenamento do território e desenvolvimento urbano. Pretende-se analisar o impacto que o ruído pode ter na saúde da população, principais fontes em meio urbano, estratégias de mitigação em meio urbano e a classificação de zona mista e zona sensível aplicada a nível municipal. Para tal, escolheu-se como caso de estudo o concelho de Cascais, por ser um meio urbano consolidado (o que representa um desafio para a resolução dos problemas do ruído), por apresentar diferentes características urbanas e por possuir uma boa base de estudo sobre o ruído.

Para atingir os objetivos, após a realização da revisão bibliográfica sobre os conceitos relacionados com o ruído e o seu impacto, procedeu-se ao estudo do concelho de Cascais, assim como do impacto do ruído do concelho, nomeadamente a localização das principais fontes e impactes na malha urbana, e à análise do zonamento acústico proposto pela Câmara Municipal de Cascais. No final procedeu-se à elaboração de uma proposta de zonamento acústico para o concelho de Cascais.

### **1.2. Organização da dissertação**

Esta dissertação está estruturada em dez capítulos denominados “Introdução”, “Revisão de Literatura”, “Enquadramento Legal”, “Caso de estudo: O concelho de Cascais”, “Metodologia”, “O ruído no concelho de Cascais”, “Análise do Zonamento Acústico da área de estudo”, “Avaliação da percepção do ruído pela população”, “Conclusões” e “Referencias Bibliográficas”.

Na “Introdução” é feita uma introdução ao trabalho desenvolvido, sendo justificado o âmbito e os objetivos da dissertação, assim como a sua estrutura e organização.

A “Revisão de Literatura” encontra-se dividida em quatro subcapítulos devido à abrangência do tema face a diversos temas. Assim, encontra-se dividido em:

- “Avaliação do ruído”, onde são apresentados alguns conceitos de acústica;
- “Propagação do ruído”, que apresenta os efeitos relacionados com a propagação sonora, meios de propagação, elementos condicionantes, entre outros;
- “Efeitos do ruído na saúde”, onde se descreve os principais impactes que o ruído pode causar sobre a população, tanto a nível auditivo como não-auditivo;
- “Estratégias de mitigação do ruído”, apresentação e descrição de medidas e metodologias com o objetivo de diminuir o impacto do ruído na população.

No “Enquadramento Legal” enunciam-se os instrumentos em vigor a nível europeu e nacional. Dentro deste capítulo encontra-se ainda o subcapítulo dos “Instrumentos de Gestão do Território” onde se encontram descritos os planos de ordenamento do território que influenciam a área de estudo.

No capítulo “Caso de estudo: o concelho de Cascais” descreve-se a área de estudo da presente dissertação face às características relevantes para o caso de estudo. Este capítulo possui dois subcapítulos: “Enquadramento” e “Caracterização da região”.

Na “Metodologia” apresentam-se os métodos utilizados em cada uma das etapas de análise do caso de estudo.

O capítulo “O ruído no concelho de Cascais” possui a caracterização das diferentes fontes de ruído a atuar no concelho de Cascais. Cada fonte de ruído encontra-se descrita num subcapítulo, num total de cinco: “Eixos rodoviários”, “Linha ferroviária”, “Unidades Industriais”, “Aeródromo Municipal de Cascais” e “Autódromo do Estoril”.

Na “Análise ao Zonamento Acústico do concelho de Cascais” procedeu-se ao estudo do concelho face à localização das zonas sensíveis e mistas, através do cruzamento de diversas cartas e análise de definições presentes na legislação nacional.

No capítulo “Avaliação da percepção do ruído pela população” são abordadas as conclusões retiradas dos inquéritos realizados e consequente análise estatística dos mesmos.

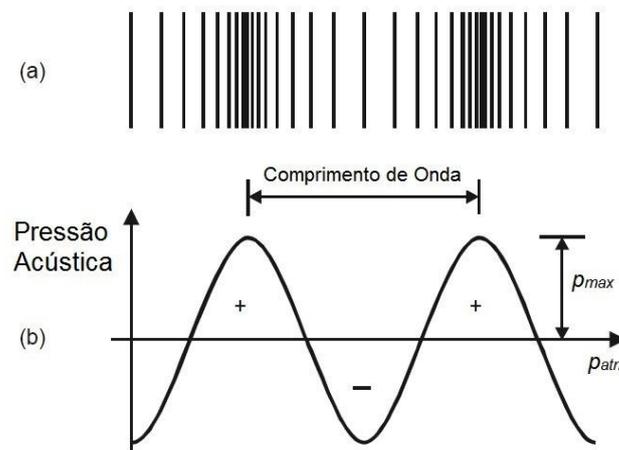
Nas “Conclusões” apresentam-se os principais resultados e conclusões do caso de estudo, seguindo-se o capítulo das “Referencias Bibliográficas”.

## 2. Revisão de Literatura

### 2.1. Avaliação do Ruído

A acústica é a ciência que estuda o som e/ou o ruído, a sua propagação e os meios onde e como se propaga, assim como o impacto que este fenómeno tem nos seres vivos (Mateus, 2008).

“Som” está normalmente associado aquilo que ouvimos. No entanto, é um processo físico, que consiste em ondas mecânicas longitudinais, que necessitam de um meio para se propagarem (Rosenberg, 1982). A sua propagação dá-se através de uma sucessão de compressões e rarefações no meio de propagação, ou seja, resulta de variações ou oscilações de pressão que ocorrem em meios elásticos (como por exemplo ar, água, sólidos). Quando uma onda sonora se propaga no ar, as oscilações de pressão estão acima e abaixo da pressão atmosférica (Figura 2.1) (WHO, 1995).



**Figura 2.1** - Representação de uma onda sonora. (a) Compressões e rarefações causadas no ar pela onda de som; (b) representação gráfica das variações de pressão, acima e abaixo, da pressão atmosférica (adaptado de WHO, 1995)

O termo “ruído” associa-se a um som indesejável ou incomodo, geralmente de volume elevado (Coelho e Ferreira, 2009). Em algumas situações, o ruído pode afetar negativamente a saúde e o bem-estar dos indivíduos ou populações. Os especialistas concordam que não é possível definir o ruído exclusivamente com base em parâmetros físicos do som, sendo assim definido como energia acústica audível, que afeta ou pode afetar o bem-estar fisiológico e psicológico das pessoas (Berglund e Lindvall, 1995).

Psicologicamente, o som é uma percepção sensorial originada por um evento mental, evocado por processos fisiológicos. Assim, é através da análise perceptivo-auditiva que o complexo padrão de ondas sonoras permite “rotular” os diferentes sons em música, ruído, fala, entre outros. Do ponto de vista físico, não há diferença entre o “som” e o “ruído”, embora seja uma distinção importante para o ouvido humano (Berglund e Lindvall, 1995).

Como foi referido anteriormente, o som é a sensação produzida no ouvido por oscilações de pressão muito pequenas no ar. Essas oscilações de pressão são geralmente causadas por uma superfície sólida de vibração, mas podem também ser geradas de outras maneiras. Por exemplo, os dentes de uma serra elétrica, em alta velocidade (aproximadamente 60 m/s) produzem um ruído de banda muito alto de origem aerodinâmica, que não está relacionado com a vibração da lâmina. À medida que a sensação de incómodo que o som produz se propaga até ao ouvido, por qualquer meio elástico, o conceito de um campo sonoro é alargado para incluir as vibrações do ar. Um **campo sonoro** é descrito como uma perturbação das variáveis de estado, que descrevem um meio através do qual o som é transmitido (Bies e Hansen, 2009).

As ondas sonoras caracterizam-se por (WHO,1995):

- **Amplitude** das variações de pressão: pode ser descrita pela pressão máxima de amplitude,  $p_M$ , ou a raiz-quadrada-média (RMS) de amplitude,  $p_{rms}$ . É expressa em Pascal (PA) ( $p_{rms}=0.707 p_M$ );
- **Comprimento de onda ( $\lambda$ )**: distância percorrida pela onda de pressão durante um ciclo;
- **Frequência ( $f$ )**: número de ciclos de variação de pressão média, por unidade de tempo, ou o número de ciclos por segundo. É expressa em Hertz (Hz). O ruído é normalmente composto por muitas frequências combinadas. A frequência de um som é em função do comprimento de onda e do seu meio de transmissão, e é expressa por:

$$f = \frac{c}{\lambda} \quad (1)$$

onde,  $f$  = frequência (Hz)

$c$  = velocidade do som (m/s)

$\lambda$  = comprimento de onda (m)

- **Período ( $T$ )**: tempo necessário para que o ciclo de uma onda se repita. Expressa-se em segundos (s) e está relacionado com a frequência, através da relação:

$$T = \frac{1}{f} \quad (2)$$

Um fluxo de energia mecânica acompanha uma onda sonora, sendo que a taxa à qual a energia do som chega a uma unidade de área perpendicular à direção de propagação é conhecida como a **intensidade do som** ( $I$ ). A intensidade do som define-se em qualquer direção, muitas vezes como um vetor. Num campo de som livre, a intensidade do som está relacionada com a média da pressão do som ( $p_{rms}$ ) ao quadrado, a densidade de massa do meio ( $\rho$ ), e a velocidade do som no meio ( $c$ ), através da equação (3) (Berglund e Lindvall, 1995):

$$I = \frac{p_{rms}^2}{\rho c} \quad (3)$$

A intensidade sonora é normalmente medida em Watts por metro quadrado ( $W/m^2$ ) (Berglund e Lindvall, 1995). O valor  $\rho c$  denomina-se *impedância acústica* e corresponde a um valor de  $414 \text{ Ns/m}^3$  a  $20^\circ\text{C}$  e  $1 \text{ atm}$ . Em altitudes superiores é consideravelmente menor (WHO,1995).

A energia sonora total emitida por uma fonte, por unidade de tempo, é a **potência de som**, medida em watts (W). É definida como a energia sonora total irradiada pela fonte na banda de frequência especificada, ao longo de um certo intervalo de tempo, dividido pelo intervalo. É obtido através da integração da intensidade sonora sobre uma superfície imaginária em torno de uma fonte. Assim, a potência irradiada por qualquer fonte acústica define-se pela equação 4:

$$W = \int_A \mathbf{I} \cdot \mathbf{n} \, dA \quad (4)$$

onde a multiplicação de  $I$  com o vetor de unidade,  $n$ , indica a componente de intensidade normal à superfície envolvente que é usada. Para fontes sonoras que produzem ondas uniformemente esféricas (ou que irradiam igualmente em todas as direções), é a mais conveniente utilizar neste caso a seguinte expressão (obtida através da equação anterior):

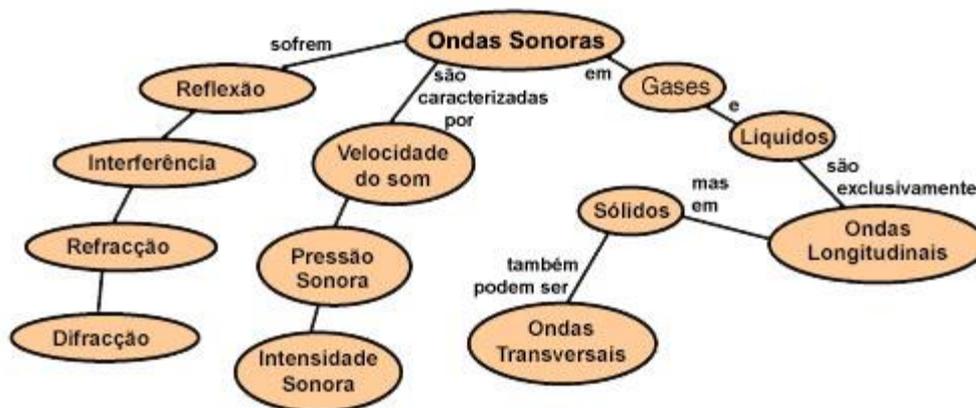
$$W = 4\pi r^2 I \quad (5)$$

onde  $I$  é medida a uma distância  $r$  da fonte (WHO, 1995).

As variações relacionadas com o tempo, a nível sonoro, podem ser constantes (como por exemplo, uma queda de água), periódicas ou cíclicas (como por exemplo um ar condicionado) ou aleatórias (atividade exteriores de vizinhança) (Corbitt *et al.*, 2004).

## 2.2. Propagação do Ruído

O som propaga-se através do ar como uma onda longitudinal. A velocidade de propagação do som é determinada pelas propriedades do ar, e não pela frequência ou amplitude do som. As ondas sonoras podem ser descritas pelos fenómenos de onda que se apresentam na Figura 2.2 (HyperPhysics, 2012).



**Figura 2.2** - Esquema descritivo de ondas sonoras (Adaptado de HyperPhysics, 2012)

Ao serem emitidas, as ondas sonoras podem sofrer diferentes fenómenos, consoante as características do local onde a fonte de ruído se encontra. Deste modo, estas ondas podem sofrer diversos fenómenos durante a sua propagação. Os fenómenos mais comuns são:

- **Reflexão:** quando a onda incide sobre uma superfície e volta para trás, seguindo a lei da reflexão. O ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão, sendo que o raio incidente, o raio refletido e a normal ao ponto de incidência estão num mesmo plano (Vassallo, 2005);

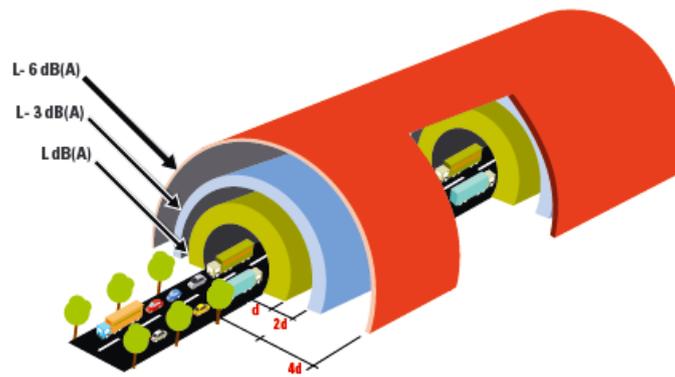
- **Refração:** quando uma onda passa de um meio *A* (no qual se propaga), para um meio *B*, vai sofrer uma mudança de direção, causada pela diferente velocidade de propagação existente no meio *B* (HyperPhysics, 2012);
- **Interferência:** quando duas ondas que se propagam no mesmo meio e interferem uma com a outra. Esta interferência pode ter um caráter negativo, quando as fases não são as mesmas (interferência destrutiva) ou pode ter um caráter positivo quando as fases combinam (interferência construtiva) (Vassallo, 2005);
- **Difração:** quando uma onda é interceptada por um obstáculo com irregularidades comparáveis com o seu comprimento de onda (por exemplo, um orifício), ocorre a dispersão da energia sonora em mais que uma direção (Vassallo, 2005).

A propagação sonora é principalmente afetada por (Brüel e Kjær, 2001):

- Tipo de fonte sonora (pontual ou em linha);
- Distância da fonte ao recetor;
- Condições atmosféricas (humidade, precipitação, vento, temperatura);
- Obstáculos (barreiras, edifícios);
- Absorção do solo;
- Reflexões.

Para fazer uma correta avaliação do ruído é importante atender às características das fontes e à maneira de como o som se propaga a partir destas. Assim, é importante considerar a direção, variabilidade com o tempo e a frequência da fonte de ruído. Os diferentes tipos de ruído são produzidos pelas mais diversas fontes, pelo que, tanto as características de fontes individuais como as características das fontes combinadas devem ser considerados (Berglund *et al.*, 1999).

O som de uma **fonte pontual** vai espalhar esfericamente os níveis de pressão sonora e diminuirá 6 dB por cada duplicação de distância à fonte (Berglund *et al.*, 1999). Se uma fonte de ruído é estreita numa direção e na outra é longa, em comparação com a distância para o recetor, é denominada de **fonte em linha**. Esta pode ser única, como por exemplo um tubo comprido carregando um fluido turbulento, ou pode ser composta por muitas fontes pontuais a operar simultaneamente, como por exemplo uma estrada com veículos em trânsito. O som espalha-se cilíndricamente, sendo que o nível de pressão sonora é o mesmo em todos os pontos, à mesma distância da linha, e diminui 3 dB por duplicação de distância (até a atenuação do solo e do ar afetarem o nível) (Figura 2.3) (Brüel e Kjær, 2001).

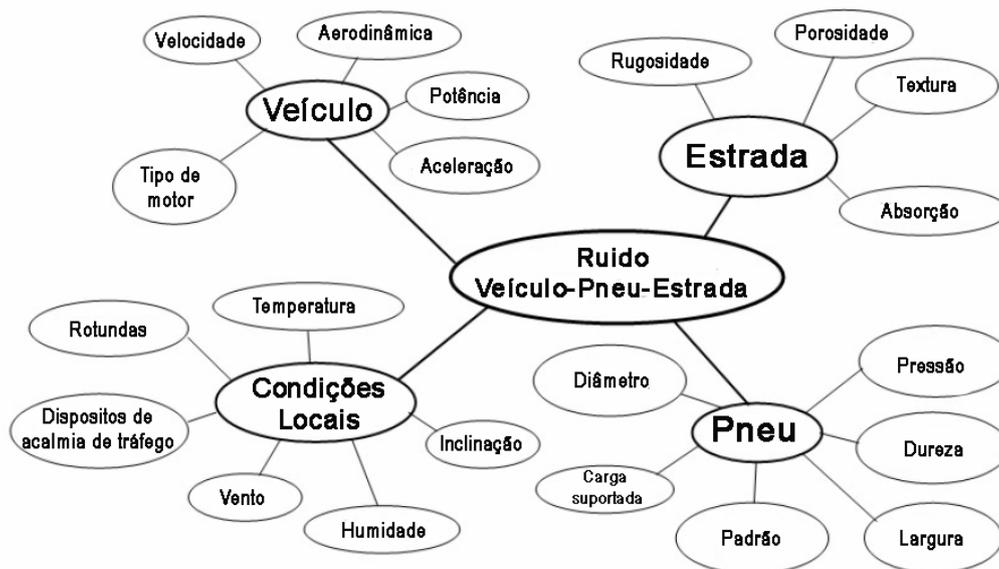


**Figura 2.3** - Propagação sonora de uma fonte linear (IA, 2004a)

Na maioria das situações, este comportamento é consideravelmente modificado por reflexões causadas pelo chão e/ou por outras superfícies. Quando o som se propaga em terrenos mais abertos parte da energia do som deverá ser absorvida e os níveis de pressão sonora diminuiram mais rapidamente com a distância a partir da fonte. No entanto, a propagação do som entre as fontes e os recetores, perto do chão, é um fenómeno mais complicado. A combinação do som com a reflexão do terreno pode combinar num complexo que pode levar ao anulamento de algumas frequências (Embleton e Piercy, 1976, in Berglund *et al.*, 1999). Mesmo que a distância entre a fonte e o recetor seja muito curta, as interferências causadas por estes complexos podem modificar significativamente a propagação do som. Para distâncias superiores a 100 m, a propagação do som também será significativamente afetada devido às diferentes condições atmosféricas. Os gradientes de temperatura e de vento, a turbulência atmosférica, podem ter grandes efeitos sobre os níveis de pressão sonora mais distantes (Daigle *et al.*, 1986, in Berglund *et al.*, 1999).

Em “espaço aberto”, existem normalmente gradientes de velocidade de vento verticais elevados devido à fricção existente entre o ar e o chão. Os perfis de velocidade do vento dependem essencialmente da hora do dia, das condições climáticas e da natureza da superfície. A velocidade do vento, na ausência de turbulência, varia logarithmicamente até uma altura de 30 a 100 metros. Como resultado deste gradiente de velocidade (e da conseqüente alteração na velocidade do som que provoca), uma onda de som propagada na direção do vento vai ser “dobrada” para baixo. Se for contra o vento, a velocidade do som diminui com a altitude (as ondas sonoras dirigem-se para cima), formando uma “zona de sombra” em que nenhum som penetra diretamente (Lamancusa e State, 2009).

As vias de comunicação terrestre interferem, de forma muito significativa, no ruído ambiente das áreas que atravessam. Não só no contexto da sua utilização mas, muito especialmente no das suas características superficiais, ou seja, nas características da camada de desgaste (superfície de rolamento) (Figura 2.4). Considerando que os veículos cumprem todas as condições legais de circulação (técnicas, de manutenção e de velocidade) e que as superfícies de desgaste se apresentam em boas condições de conservação, o ruído predominante passa a ser o proveniente da interação pneu/estrada (APA, 2008).



**Figura 2.4** - Influência das características da estrada, veículo e pneus no Ruído Rodoviário (adaptado de FEHRL, 2006)

A presença de declives nas estradas pode provocar um aumento das emissões sonoras dos veículos que podem chegar até 3 dB (A). Em estradas onde se registam velocidades mais elevadas torna-se particularmente importante escolher corretamente uma superfície menos ruidosa uma vez que o aumento do nível sonoro em superfícies mais duras pode ser substancialmente maior que em superfícies mais suaves (APA, 2008).

A principal origem das emissões de níveis sonoros elevados provenientes do transporte ferroviário é a circulação dos comboios. O ruído de circulação inclui (REFER, 2008):

- **Ruído de rolamento** – proveniente da interação roda-carril, causado pelas imperfeições nestas superfícies de contacto;
- **Ruído de Tração** – proveniente dos motores e componentes dos sistemas de tração;
- **Ruído dos equipamentos auxiliares** – proveniente dos equipamentos de climatização, frenagem, entre outros;
- **Ruído Aerodinâmico** – provocado pela deslocação de ar, consequência da passagem do comboio;
- **Ruído Pantógrafo** – resultante da interação do pantógrafo com a catenária.

### 2.3. Efeitos do Ruído na Saúde

Apesar de não ser muito debatido, nem considerado como um fator de intervenção prioritário, o ruído é um problema ambiental bastante relevante e que tem registado uma maior afetação junto das populações, especialmente os habitantes das áreas urbanas. Segundo dados do Eurostat, o número de pessoas que se encontra sobre efeitos de ruído elevado tem sofrido diferentes variações ao longo

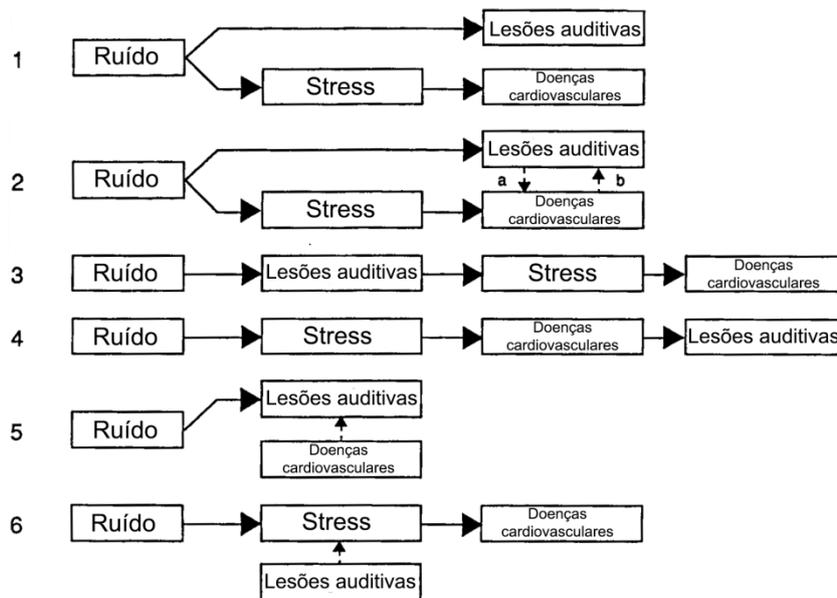
dos últimos anos (Tabela 2.1), não sendo possível determinar se as medidas tomadas estão a fazer efeito.

**Tabela 2.1** - Proporção da população que vive em agregados familiares que referem a existência de ruído vindo dos vizinhos ou da rua (Eurostat, 2012)

<b>Proporção da população que vive em agregados familiares que referem a existência de ruído vindo dos vizinhos ou da rua (%)</b>		
<b>Ano</b>	<b>UE27</b>	<b>Portugal</b>
<b>2005</b>	24,0	25,9
<b>2006</b>	23,8	25,3
<b>2007</b>	23,1	27,5
<b>2008</b>	21,8	24,2
<b>2009</b>	22,2	23,9
<b>2010</b>	20,6	22,9

O ruído é um dos problemas ambientais que regista mais queixas na Europa. Em alguns Estados-Membros da UE, como na Islândia, Noruega, Suíça e Turquia, uma em cada quatro famílias assume o incómodo devido ao barulho dos vizinhos ou da rua. A percentagem de população que apresenta reclamações do ruído varia de 12% (na Hungria, Islândia, Irlanda e Noruega) para 31% (no Chipre e Roménia) (Eurostat, 2009). As pessoas que estão sujeitas a sons de maior intensidade correm o risco de sofrer determinados problemas de saúde como distúrbios do sono, dificuldade de aprendizagem, problemas cardiovasculares, deficiência auditiva e “zumbido”. Não foi evidente qualquer diminuição notável na percentagem da população em risco, nos países em estudo durante o período entre 2004 a 2008 (WHO Europe, 2010).

O mecanismo fisiológico mais comum para a relação entre a exposição ao ruído e os efeitos na saúde é que o ruído provoca uma série de efeitos negativos (distúrbios do sono, distúrbios nas atividades diárias e repouso, problemas de concentração), que resultam na ativação crónica do sistema nervoso e endócrino, e níveis elevados de fatores de risco (hipertensão fisiológicas, os níveis de lípidos no sangue) ao longo do tempo, que dão origem a problemas de saúde graves, tais como a doença cardiovascular (Fyhri e Klæboe, 2009) (Figura 2.5).



**Figura 2.5** - Possíveis relações entre a exposição ao ruído, relacionado com doenças cardiovasculares e problemas auditivos (The Hague, 1993)

O ruído em excesso pode alterar funções cardiovasculares, endócrinas e neurológicas, causando alterações bioquímicas nos sistemas correspondentes. Mesmo um som moderado e curto, como um caminhão a passar do outro lado da rua, pode produzir efeitos imediatos num indivíduo suscetível, como por exemplo, vasodilatação dos vasos do cérebro, vasoconstrição, aumento da pressão arterial, dilatação das pupilas dos olhos, as glândulas endócrinas podem expelir hormonas adicionais para o sangue e o estômago pode alterar a sua taxa de secreção de ácido. A maioria destas reações é temporária, mas, se o ruído persistir, algumas podem tornar-se crónicas. Uma contínua exposição ao ruído pode levar ao desconforto e incomodidade, aumento da suscetibilidade a infeções, azia, indigestão, mau funcionamento gastrointestinal, úlceras, pressão elevada e doenças cardíacas. Na verdade, os trabalhadores expostos a ininterruptos elevados níveis de ruído apresentam uma maior incidência de doenças cardiovasculares, auditivas, respiratórias e distúrbios de equilíbrio do que os outros trabalhadores (EPA, 1973).

O mundo está cada vez mais ruidoso para as crianças. Comparado com os meados de 1950, os níveis de ruído ambiente têm aumentado significativamente (particularmente por fontes como o tráfego rodoviário e aéreo), fazendo com que surjam níveis mais elevados de ruído durante o dia e noite, independentemente do local (casa, escola, durante atividade de lazer ao ar livre). Além disso, as crianças passam cada vez mais tempo em locais com outras crianças, como é o caso das creches e jardins-de-infância, com altos níveis de ruído, causados por uma combinação de vozes e brinquedos barulhentos. As crianças podem ser mais afetadas pelo ruído do que os adultos, dado que não possuem respostas muito desenvolvidas a estes estímulos, e muitas vezes não são capazes de controlar os seus ambientes. Não se sabe até que ponto o comportamento agressivo e a hiperatividade resultam da exposição contínua ao ruído por parte de crianças (Bistrup, 2001).

Os efeitos do ruído nas crianças podem manifestar-se desde o período de gestação do bebê, sendo que uma exposição crônica ao ruído durante este período pode resultar em consequências graves. Existem três tipos de efeitos possíveis sobre o feto, caso a mãe esteja exposta a elevados níveis de ruído durante a gestação (Bistrup, 2001):

- Deficiência auditiva, avaliada em levantamentos epidemiológicos onde a exposição ao ruído da mãe grávida foi o fator decisivo relativamente à carga de ruído;
- Efeitos associados ao parto: baixo peso, idade gestacional e atraso no crescimento,
- Anomalias do bebê durante a gravidez (teratogénese).

### **2.3.1. Efeitos fisiológicos associados ao sistema auditivo**

O ouvido humano é o órgão central de toda a problemática do ruído, dado que é através deste que o som é perceptível pelo corpo humano. Assim sendo, é apropriado fazer uma sucinta descrição sobre este órgão, de maneira a perceber como é que o som é processado pelo sistema auditivo e como este afeta o restante organismo.

A audição é um dos cinco sentidos e, tal como a visão, é importante para a percepção e comunicação com o mundo e com o que nos rodeia. É uma apreciação consciente de vibração, percebida como som. Para que isto aconteça, o sinal sonoro deve atingir as partes superiores do cérebro, sendo função do ouvido converter a vibração física num impulso nervoso codificado. O ouvido pode, assim, ser considerado como um “microfone biológico”, ou seja, este, ao ser estimulado por vibração, vai processar esse estímulo como um impulso nervoso que, por sua vez, é processado pelas vias auditivas centrais do cérebro (WHO, 1995).

Os ouvidos são órgãos pares, uma em cada lado da cabeça, com terminais nervosos próprios, tecnicamente conhecidos como cóclea, que se encontra profundamente enterrada dentro dos ossos temporais. Parte da orelha está responsável pela condução do som para a cóclea, sendo que esta é responsável pela tradução da vibração. A tradução é realizada pelas células ciliadas que, quando estimuladas, iniciam um impulso nervoso. O mecanismo de transmissão sonora é dividido em três partes: o ouvido externo (que capta o som), o ouvido médio (que é um dispositivo de descodificação de impedância) e o ouvido interno (Figura 2.6) (WHO, 1995).



**Figura 2.6** - Aparelho auditivo (adaptado de fisioterapiaesaude.com)

O **ouvido externo** é constituído pela orelha e pelo canal auditivo externo. A forma especial da orelha provoca reflexão e difração do som, sendo que o sinal que atinge o ouvido dependerá da sua direção (Jacobsen *et al.*, 2011). O canal auditivo externo, possui cerca de três centímetros de comprimento e 0,8 centímetros de diâmetro (Kinsler *et al.*, 2000) e além de funcionar como um recetor de vibrações sonoras, orienta estas vibrações para dentro do canal auditivo (ASHA, 2012). O ouvido externo transmite o som para o tímpano, que se localiza no final do canal auditivo (Kinsler *et al.*, 2000).

O tímpano tem a forma de um “cone achatado” introduzido obliquamente no canal auditivo. Esta membrana é a entrada para o **ouvido médio**, uma cavidade cheia de ar, com cerca de 2 cm<sup>3</sup> de volume, que contém três ossículos. O tímpano encontra-se ligado ao primeiro ossículo, o “martelo”, que comunica com o “estribo” através da “bigorna”. O estribo liga-se diretamente à janela oval do **ouvido interno**. Existe um conjunto de músculos e ligamentos de apoio que controlam a “razão de alavanca” do sistema. Esta ligação dos ossos forma um acoplador ressonante do ouvido interno. O acoplamento varia de forma proporcional com a intensidade do som, ou seja, para altas intensidades, os músculos que controlam o movimento dos ossículos mudam a sua tensão de forma a reduzir a amplitude do movimento do estribo, protegendo o ouvido interno de danos. Esta mudança de tensão denomina-se como reflexo acústico. A cavidade do ouvido médio está ligada à garganta através do trompa de Eustáquio (Kinsler *et al.*, 2000). O ouvido médio tem como função transmitir as vibrações da membrana do tímpano para o fluido presente no ouvido interno (Jacobsen *et al.*, 2011).

O **ouvido interno** tem três partes: o vestíbulo (entrada da câmara), os canais semicirculares e a cóclea. O vestíbulo liga-se ao ouvido médio através de duas aberturas: a janela oval e a janela redonda. Ambas são seladas de forma a impedir a fuga do líquido de enchimento do ouvido interno. Além destas duas exceções, o ouvido interno encontra-se inteiramente rodeado por osso. Os canais semicirculares não desempenham qualquer papel na audição, mas fornecem uma sensação de equilíbrio. A cóclea contém um tubo de secção transversal aproximadamente circular, enrolado em

forma de concha de caracol, formando uma estrutura cônica, com cerca de 0,9 cm diâmetro e uma altura de 0,5 centímetros (Kinsler *et al.*, 2000).

O estímulo sonoro entra no canal auditivo na forma de uma série de ondas de pressão que seguem um determinado padrão, o que leva a que a membrana timpânica vibre na mesma fase. Ligado à face interna do tímpano, existe um sistema de alavancas composto pelos três ossículos que transmitem a força mecânica exercida sobre o tímpano à janela vestibular da cóclea, que se encontra preenchida por líquido. O interior da cóclea é dividido pelo canal coclear, que contém o órgão de Corti, e pelos compartimentos superior e inferior, que percorrem a cóclea. O órgão de Corti suporta os mecanoreceptores que respondem às vibrações sonoras (MacKay, 2009).

O tradutor final das vibrações em potenciais recetores é o órgão de Corti, uma estrutura extremamente complexa, situada diretamente sobre a membrana basilar, banhado pela endolinfa. A sua principal função consiste em traduzir a vibração da membrana basilar, que se efetua no sentido vertical, em força que será exercida no sentido horizontal sobre os esterocílios das células ciliadas recetoras (MacKay, 2009). A membrana basilar atua como um “analisador de frequências”. Quando o ouvido é exposto a um tom puro, a membrana basilar movimenta-se segundo um certo padrão, padrão esse que está ligado a uma certa posição na membrana basilar. Se a frequência for alterada, o padrão não se altera, mas a posição do padrão move-se ao longo da membrana basilar (Kinsler *et al.*, 2000).

A informação traduzida é conduzida por intermédio do nervo acústico, a partir do órgão de Corti, até ao cérebro. O caminho até ao córtex cerebral envolve transmissões sinápticas. Muitos aspetos do processamento auditivo ocorrem na cóclea, no nervo auditivo periférico e no tronco cerebral. Durante o percurso da informação até ao cérebro, existem ligações entre os dois lados do cérebro (Berglund e Lindvall, 1995).

A perda de audição é um dos principais problemas que afeta o sistema auditivo, uma consequência da exposição prolongada ao ruído. As células ciliadas externas são as mais sensíveis a ruídos intensos e podem ser danificadas ou destruídas antes que as células ciliadas internas cheguem a sofrer danos comparáveis. Estas são essenciais para uma boa audição, sendo que, quando são extremamente afetadas, prejudicam a audição normal do ouvido. Está comprovado que a perda de audição se deve à falha das células ciliadas, no entanto, tem sido demonstrado que não são efeitos mecânicos, mas sim químicos, que levam à perda de audição. A exposição regular a ruído leva à formação de moléculas prejudiciais no ouvido interno, consequência do *stress* motivado pelo ruído, provocando reduções no fluxo sanguíneo da cóclea. As moléculas prejudiciais acumulam resíduos tóxicos, conhecidos como “radicais livres de oxigénio”, que prejudicam uma grande variedade de estruturas essenciais na cóclea, causando danos e morte celular. Uma vez danificadas, as células não se renovam, resultando na perda permanente da audição. Este tipo de lesão auditiva é muitas vezes acompanhado por zumbido permanente. Na verdade, o aparecimento do zumbido temporário,

após uma exposição de algumas horas a níveis de ruído excessivos, é um bom indicador de que alguma perda permanente ocorreu (Bies e Hansen, 2009).

A fisiopatologia do prejuízo provocado pelo ruído na orelha tem sido extensivamente estudado nos homens e animais, e agora o mecanismo pelo qual a exposição sonora em excesso danifica o ouvido é muito mais conhecido. Se uma mudança de limiar temporária (MLT) ocorre durante vários dias, a recuperação torna-se menos completa. Uma mudança de limiar permanente (MLP) ocorre devido à exposição persistente a esses sons. Como consequência, algumas células ciliadas não se recuperam. Os primeiros elementos a falhar permanentemente são as células ciliadas externas, na área que responde a 4 kHz e nas áreas adjacentes de 3 e 6 kHz. Estas são as zonas onde a orelha é mais sensível, devido à amplificação do canal auditivo e devido a uma sensibilidade absoluta. Quando existe uma maior exposição ao ruído, por períodos mais longos, a perda de audição estende-se para frequências adjacentes. O limite para MLT situa-se entre os 78 e 85 dB e o ponto em que muda de médio prazo para longo prazo é de cerca de 140 dB (WHO, 1995).

Existem três tipos de perda auditiva: **condutiva**, **neurossensorial** (ou **coclear**) e **retrococlear**. A perda de audição **condutiva** é geralmente associada ao ouvido externo ou médio. É geralmente provocada por uma perfuração ou infeção no ouvido médio ou uma inflamação dos ossos deste. (EPA, 1981). Estes efeitos podem resultar numa atenuação de som que alcança a cóclea, de modo que os sons parecem menos intensos que o normal. Pode ser muitas vezes tratada com medicamentos (no caso de infeções) ou cirurgia (Moore, 2007).

A perda de audição **neurossensorial** (ou **coclear**) resulta de danos provocados na cóclea ou em estruturas neurais do ouvido. Pode ser classificado de várias maneiras: induzida pelo ruído, presbiacusia<sup>1</sup>, defeitos congénitos, lesões, doenças ou medicamentos (EPA, 1981). Para complicar ainda mais, estes danos podem estender-se para além da cóclea. Por exemplo, uma infeção pode produzir danos em vários locais, tais como o nervo auditivo e centros superiores da via auditiva (Moore, 2007).

Por último, a perda de audição pode ocorrer através de danos nas estruturas e sistemas neurais que ocorrem ao nível do sistema auditivo, para além da cóclea (por exemplo, no nervo auditivo ou no córtex auditivo). A este tipo de perda auditiva é dado o nome de perda auditiva **retrococlear**. A causa mais comum é o crescimento de um tumor benigno (muitas vezes denominado neuroma acústico) que pressiona o nervo auditivo. Embora a perda de audição coclear possa envolver estruturas da cóclea, os maiores danos registam-se no interior da mesma. Isto será hipoteticamente verdade para a maioria dos casos de presbiacusia (Moore, 2007).

O zumbido nos ouvidos é um fenómeno comum, registado em cerca de um terço da população adulta; 12% são casos suficientemente graves para que os indivíduos procurem uma opinião médica.

---

<sup>1</sup> **Presbiacusia:** diminuição da acuidade auditiva com o avançar da idade.

As pessoas que sofrem com este problema ficam muitas vezes preocupadas que este possa ser um precursor de alguma doença grave, como tumor, hipertensão ou AVC (acidente vascular cerebral). A sua prevalência, nestas condições, não é relevante, não havendo por isso razões para o ligar a estes problemas. É sim mais comum na ocorrência de perda de audição e esta pode ser desencadeada por um episódio agudo traumático, como por exemplo uma explosão. A ocorrência de um zumbido por períodos de tempo curtos é um fenómeno bastante comum em resposta a um som mais elevado, ocorrendo muitas vezes a pessoas que frequentam discotecas (WHO, 1995).

### **2.3.2. Efeitos fisiológicos não-auditivos**

O sistema auditivo está constantemente a analisar informação acústica, que é filtrada e interpretada por diferentes estruturas corticais e subcorticais, como já referido. A estimulação do sistema nervoso autónomo e do sistema endócrino está associado a repetidas mudanças temporais das respostas biológicas. O stress crónico provocado pelo ruído pode afetar a homeostasia do organismo devido à adaptação incompleta deste, ou seja, à desregulação e/ou exigências fisiológicas das adaptações. O ruído é considerado um “causador de stress” que pode originar efeitos adversos para a saúde a longo prazo. Estudos epidemiológicos sugerem um maior risco de doenças cardiovasculares, incluindo hipertensão arterial e enfarte do miocárdio, em pessoas cronicamente expostas a elevados níveis de ruído, nomeadamente ruído rodoviário e/ou de ruído aéreo (WHO Europe, 2011).

#### **2.3.2.1. Problemas cardiovasculares**

Estudos sobre a relação entre o ruído dos transportes (rodoviário e aéreo) e as suas consequências no sistema cardiovascular foram realizados em adultos e crianças, focando-se na pressão arterial, hipertensão e doenças cardiovasculares isquémicas. Ao longo dos últimos anos, tem-se verificado um aumento da relação entre estes dois fatores. Embora não haja certeza de que o ruído de tráfego rodoviário aumente o risco de doenças isquémicas do coração (incluindo enfarte do miocárdio), há menos provas na associação destas ao ruído aéreo (devido à falta de estudos sobre esta temática). No entanto, há provas de que tanto o ruído do tráfego rodoviário como o ruído aéreo aumentam o risco de hipertensão. Muito poucos estudos sobre os efeitos cardiovasculares de outras fontes de ruído, como por exemplo o tráfego ferroviário, são conhecidos (WHO Europe, 2011).

Os maiores resultados sobre o impacte do ruído no sistema cardiovascular provêm de estudos realizados em locais de trabalho, tendo como base análises à pressão arterial dos trabalhadores. Muitos destes estudos têm sugerido que indivíduos expostos a níveis de ruído contínuo de pelo menos 85 dB (A), durante um longo período de tempo, possuem uma pressão arterial mais elevada do que os que não se encontram expostos continuamente a estes níveis. Um estudo pioneiro sobre ruído industrial tem demonstrado que os níveis de ruído estimados registavam um aumento da pressão arterial sistólica e diastólica em pessoas que realizavam tarefas complexas (Melamed e Froom, 2002; Melamed *et al.*, 2004, in Ad Hoc, 2010).

Um estudo realizado por H. Ising (1980) teve como base a análise da relação entre o metabolismo de íons magnésio ( $Mg^{2+}$ ) e doenças cardiovasculares. Como resultado do *stress*, as catecolaminas (epinefrina e norepinefrina) são libertadas no sangue, diretamente pela glândula supra-renal ou indiretamente pelas sinapses nervosas, causando um aumento na permeabilidade das membranas celulares aos íons cálcio ( $Ca^{2+}$ ) e  $Mg^{2+}$ . Como consequência, a concentração de  $Mg^{2+}$  intracelular diminui e a concentração de  $Ca^{2+}$  aumenta. A longo prazo, este déficit de  $Mg^{2+}$ , aumenta o risco de enfarte (The Hague, 1993).

A resposta do sistema vascular a estímulos de *stress* passa pelo redirecionamento da maior parte do sangue para os músculos e coração, provocando a vasoconstrição nos órgãos digestivos, rins e nos leitos vasculares periféricos, assim como nas pontas dos dedos. É provável que esta resposta seja consequência de um aumento imediato nos níveis circulantes de norepinefrina e epinefrina e a interação da noradrenalina com cortisol (uma hormona que melhora a reatividade vascular às catecolaminas) (EPA, 1980)

Relativamente aos efeitos do ruído sobre outros fatores de risco coronários, estes tem sido menos consistentes. Efeitos do ruído foram observados em análises de colesterol, triglicéridos, viscosidade do sangue, plaquetas e nível de glicose, mas estes não têm demonstrado um padrão consistente de efeitos de forma convincente. Um problema de muitos desses estudos é que os potenciais efeitos da poluição do ar não são ajustados em análises de ruído e desfechos cardiovasculares (Ad Hoc, 2010).

A investigação sobre outros efeitos do ruído, além dos que têm como alvo o aumento da pressão arterial, mostrou vários resultados relativamente a níveis de ruído ocupacionais muito elevados (88-107 dB (A), acima de 90 dB (A) e, acima de 100 dB (A) equivalente, durante o horário de trabalho). Trabalhadores expostos a estes níveis, por um longo período, registaram mais irregularidades ao nível do batimento cardíaco, aumento da frequência de batimentos cardíacos, maiores alterações nos electrocardiogramas (ECG), redução no fornecimento de sangue para o miocárdio, rápido aumento na frequência cardíaca durante um teste físico e recuperação mais lenta da vasoconstrição durante teste de exposição ao ruído (The Hague, 1993).

A única investigação epidemiológica sobre os efeitos da exposição ao ruído sobre o sistema imunológico são os “Estudos Caerphilly e Speedwell”. Este inquérito revelou um aumento do número de leucócitos como uma consequência do ruído rodoviário. Experiências de laboratório têm demonstrado que, em alguns casos, ocorrem alterações nos níveis de leucócitos e de linfócitos, que são consistentes com as alterações devido a outros “causadores de stress” (The Hague, 1993).

### **2.3.2.2. Efeitos Psicológicos e comportamentais**

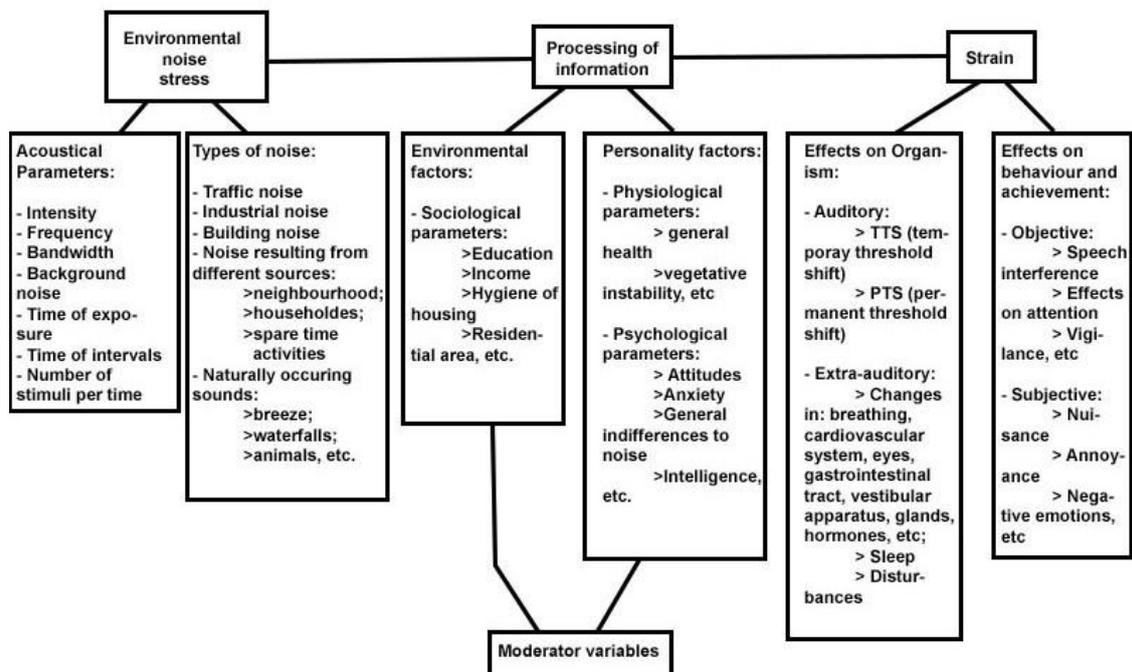
As reações a um causador de stress podem ser de natureza psicológica, comportamental ou somática. Como efeitos psicológicos, o ruído pode causar preocupação, medo, depressão, frustração, irritação, raiva, desamparo, tristeza e decepção. Exemplos de reações comportamentais a

causadores de stress são o isolamento social, agressividade e o uso excessivo de álcool, tabaco, drogas ou alimentos (The Hague, 1993).

A sensação de “incómodo” consiste em qualquer sentimento de desagrado, desconforto e/ou de irritação que ocorre quando, por exemplo, um ruído não desejado interfere com uma atividade ou interrompe uma situação de conforto. O desconforto causado pelo ruído afeta o bem-estar, sendo que o seu grau está, em alguns casos, relacionado com as propriedades acústicas de ruído, tais como o nível do som equivalente, a frequência, as flutuações de nível, a intermitência e número de eventos de ruído, durante um certo período de tempo (The Hague, 1993).

Em relação aos efeitos psicologicamente adversos do ruído, este afeta principalmente o desempenho e diminui o bem-estar das pessoas a nível individual e social. Considera-se como efeitos do ruído **diretos** distúrbios provocados no sistema auditivo, comunicação, processamento de informações, descanso e relaxamento. Os efeitos **indiretos** passam pela perda de bem-estar das pessoas, fazendo com que, por exemplo, as pessoas reduzam a duração das suas conversas ou que se abstenham delas. Várias investigações consolidam a relação da quantidade de poluição sonora e os principais efeitos psíquicos (Jansen e Gros, 1986).

O organismo é um sistema complexo, realiza o processamento de informações, hábitos e atitudes, assim como define importantes características pessoais. A Figura 2.7 mostra a ação combinada de *stress* e tensão (Jansen e Gros, 1986).



**Figura 2.7** - Relação entre o stress produzido pelo ruído e seus efeitos (Jansen e Gros, 1986)

Apesar dos danos auditivos serem a principal preocupação dos regulamentos de segurança, outros efeitos físicos e psicológicos não devem ser negligenciados. Existem provavelmente reações

psicológicas e fisiológicas que podem provocar perturbações nos mecanismos de regulação, durante longos períodos de tempo. A eficiência pode ser afetada se a tarefa a realizar for mais complexa. A complexidade da mesma depende das suas características e da capacidade que a pessoa tem para as realizar. Quanto mais complexa a tarefa, mais facilmente uma pessoa reagirá a perturbações provocadas pelo ruído, tendo como consequência um aumento do número de erros e um abrandamento da conclusão da tarefa (WHO, 1995).

Vários estudos defendem que a exposição sonora provoca a sensação de irritação, podendo mesmo provocar problemas mais sérios a nível psicológico. Os sintomas relatados por um grupo de trabalhadores industriais, habitualmente expostos a elevados níveis de ruído, inclui dores de cabeça, mudanças de humor e ansiedade. Muitos destes estudos industriais são difíceis de interpretar, dado que os trabalhadores foram expostos a outros fatores de *stress* além de ruído excessivo no local de trabalho (por exemplo, situações da vida pessoal, ruído exterior junto das suas habitações, exigências de trabalho). Inquéritos comunitários demonstraram que uma grande percentagem de pessoas relata dores de cabeça, "noites agitadas" e "estar tenso e nervoso" em áreas ruidosas. Uma ligação explícita entre o ruído dos aviões e os sintomas emergentes em tais estudos levantou a possibilidade de uma tendência para o aumento do registo de sintomas (Stansfeld e Matheson, 2003).

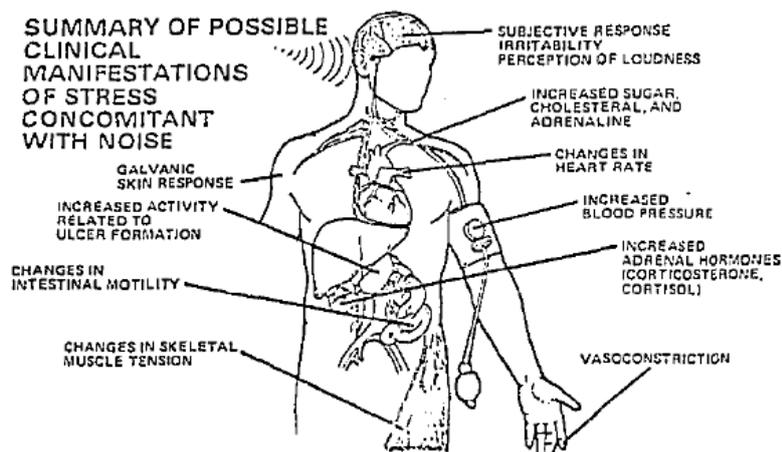
Além dos efeitos já referidos, o excesso de exposição ao ruído é conhecido por provocar também distração, fadiga e problemas na fala. O ruído de baixa frequência (mesmo a níveis reduzidos como 50-60 dB) pode afetar zonas do cérebro causando perturbações na homeostasia do organismo, assim como afeta o sono. Altos níveis de ruído podem provocar alterações comportamentais, provocando nos seres humanos mais suscetíveis, comportamentos neuróticos e irracionais (Agarwal, 2009). A duração do estado de irritação provocado pelo ruído só é espelhada na reação da pessoa. Constatou-se que a ligação entre o grau de irritação e a pressão do som, especialmente nas intensidades médias (45 a 70 dB (A)) não é particularmente estreita (Jansen e Gros, 1986).

Qualquer alteração a nível de ruído pode levar a uma "resposta de atenção", geralmente denominado "reflexo de orientação". Esta resposta envolve, além de um redirecionamento dos órgãos dos sentidos em direção à fonte de ruído, uma série de respostas fisiológicas que duram alguns segundos, incluindo, por exemplo, uma redução do ritmo cardíaco, da pressão sanguínea e do fluxo de sangue periférico, em conjunto com o aumento da atividade glândula sudorípara. Um aspeto importante desta resposta é que o indivíduo pode habituar-se ao ruído, passando a ser considerado um ruído sem importância. Esta "habituação" é mais rápida para níveis de ruído baixos e por curtos intervalos de tempo entre as mudanças. Ruído de níveis muito elevados ( $\geq 90$  dB) provocam um padrão de resposta ligeiramente diferente, denominado "reflexo defensivo". Este não permite a criação de habituação sendo que, em alguns casos, pode existir uma habituação muito lenta. (Kjellberg, 1990).

A predisposição a transtornos mentais assume-se como relacionada com a sensibilidade ao ruído. A análise dos internamentos em instituições de saúde mental de residentes na vizinhança do aeroporto

de Heathrow (Inglaterra) revelou resultados conflitantes, sendo que a última conclusão aponta para que o ruído não seja uma causa importante de internação. Um dos métodos de pesquisa utilizados nesta região foi a utilização do “Questionário de Saúde Geral”, onde cerca de dois terços dos inquiridos confirmaram possuir uma doença psiquiátrica e um terço não qualificaram os sintomas como doença. Em geral, os sintomas foram associados não ao ruído, mas sim ao incômodo causado pelo mesmo. A análise preliminar, no entanto, sugere que a exposição a este foi significativamente associada a perturbações psiquiátricas entre pessoas com educação superior. A conclusão é que, embora tanto as pessoas com problemas mentais como as pessoas normais se sintam incomodadas com o ruído produzido pelos aviões, os primeiros são mais propensos ao sentimento de incômodo ou aborrecimento. O que não está claro a partir dos dados até agora é se o ruído excessivo e a acumulação do incômodo podem ser considerados como a principal causa de um possível transtorno psiquiátrico (Gloag, 1980).

O ruído é conhecido como sendo um causador de **stress** biológico (Kryter, 1971 in EPA, 1981). Na Figura 2.8 apresenta-se algumas das possíveis consequências do *stress* associado ao ruído.



**Figura 2.8** - Possíveis consequências do *stress* associado ao ruído (EPA, 1981)

O *stress* psicológico e comportamental pode ter um efeito indireto sobre os processos fisiológicos do corpo. Os efeitos agudos resultam da ativação do sistema nervoso autônomo e do sistema hormonal e causam, aparentemente, os mesmos efeitos que os outros causadores de *stress*. O sistema auditivo é estruturado de tal forma que os sinais acústicos podem muito facilmente induzir efeitos fisiológicos agudos. Um sinal acústico será conduzido por ligações cerebrais e não apenas para o córtex auditivo - a fim de ser ouvido - mas também para o sistema de estimulação reticular (RAS). O RAS ativa o hipotálamo, o centro de regulação de atividade no corpo. Esta regularização é direta, através de atividade nervosa e indireta através da hipófise (que controla o sistema hormonal). A ativação de ambos os sistemas desencadeia efeitos fisiológicos ao serem submetidos a *stress*. A partir do sistema reticular, são transferidos sinais para o sistema límbico, que são importantes para o desencadear das emoções e humor. Ou seja, existe um sistema inteiro, cuja ativação permite os humanos de reagir adequadamente aos sinais acústicos (The Hague, 1993).

As alterações comportamentais provocadas pelo ruído são geralmente explicadas em termos de “excitação”: o organismo possui um nível ideal de excitação para um desempenho eficiente; abaixo desse nível, o comportamento é lento e, acima deste, o comportamento é tenso e nervoso. Parece razoável supor, que o ruído pode melhorar o desempenho, quando a excitação é muito baixa para a tarefa, e prejudica-lo quando a excitação é ótima ou já muito alta (Bies e Hansen, 2009).

Estudos realizados com crianças expostas ao ruído têm encontrado efeitos consistentes no desempenho cognitivo. As consequências não foram encontradas uniformemente para todas as funções cognitivas. Os resultados da pesquisa sugerem que a exposição crônica ao ruído afeta as funções cognitivas que envolvem, entre outras, o processamento e a compreensão da linguagem. Os efeitos que têm sido encontrados resumem-se em quatro fatores (Stansfeld e Matheson, 2003):

- Registaram-se *deficits* de atenção sustentada e de atenção visual;
- De acordo com relatos de professores, crianças expostas ao ruído apresentam dificuldades de concentração, em comparação com crianças de escolas mais silenciosas;
- As crianças expostas ao ruído sofrem de discriminação por possuírem uma percepção auditiva e fala mais pobre, bem como memória mais fraca;
- As crianças cronicamente expostas tendem a ter uma fraca capacidade de leitura e um fraco desempenho escolar em testes nacionais padronizados.

No entanto, os efeitos mais importantes e comuns nas crianças são as interferências na comunicação (particularmente na fala) e aprendizagem. Por exemplo, a fala é normalmente inteligível para 100% dos níveis de ruído de fundo de cerca de 35 dB (A) e pode ser entendido bastante bem em níveis entre 50-55 dB (A). Os problemas surgem quando o ruído ambiente é de 60 dB (A) ou mais (valor correspondente a ruído rodoviário através de janelas ligeiramente abertas). Os efeitos consequentes podem ir desde dificuldades no desenvolvimento da linguagem e na aquisição de habilidades de leitura, tanto na infância e na escola primária (EEA, 2002).

### **2.3.2.3. Perturbações no sono**

As perturbações do sono são das consequências mais comuns citadas por populações expostas ao ruído, e podem ter um grande impacto na saúde e na qualidade de vida. Estudos demonstram que o ruído que afeta o sono pode ter efeitos imediatos (mudanças de estágios de sono, despertares, movimentos corporais, respostas autônomas, entre outros), efeitos “pós-perturbação” (sonolência, alterações no desempenho durante o dia, deterioração da função cognitiva) e efeitos a longo prazo (distúrbios do sono crônicos). É importante preservar um sono suficientemente tranquilo de forma a manter o desempenho da pessoa durante o dia, assim como para uma boa saúde em geral (Banks e Dinges, 2007 in WHO, 2011). O organismo humano reconhece, avalia e reage a sons exteriores, mesmo durante o sono, reações estas que fazem parte de um processo de ativação integrante do organismo e podem expressar-se através de alterações na estrutura do sono ou aumento da frequência cardíaca. Embora sejam reações naturais ao ruído, presume-se que um aumento substancial do número destes efeitos possa constituir um problema de saúde. O ruído ambiente pode

reduzir o poder restaurador do sono através de perturbações que ocorrem repetidamente (fragmentação do sono) (WHO Europe, 2011).

Vários estudos indicam que para os habitantes de zonas expostas ao ruído noturno aumentou o uso de sedativos ou comprimidos para dormir. Outros relatam efeitos comportamentais do ruído noturno, incluindo fecho das janelas e uso de equipamento de proteção contra o ruído (Berglund *et al.*, 1999).

O sono é uma parte essencial da vida saudável e é reconhecido como um direito fundamental consagrado na Convenção Europeia dos direitos Humanos (Tribunal Europeu dos Direitos Humanos, 2003). Com base na revisão sistemática de resultados produzidos por estudos epidemiológicos e experimentais, a relação entre a exposição a ruído noturno e os seus efeitos sobre a saúde podem ser resumidos, como se apresenta na tabela 2.2 (WHO, 2009).

**Tabela 2.2** - Efeitos de diferentes níveis de ruído noturno sobre a saúde (adaptado de WHO, 2009)

<b>Nível médio de ruído durante um ano (<math>L_n</math>)</b>	<b>Efeitos na saúde observados na população</b>
<b>Até 30 dB</b>	Embora a sensibilidade e circunstâncias individuais possam diferir, aparentemente, até este nível de ruído, não se registam efeitos biológicos substanciais.
<b>30 a 40 dB</b>	Uma série de efeitos sobre o sono observam-se nesta faixa de ruído: movimentos corporais, despertar, relatos de distúrbios do sono. A intensidade do efeito depende da natureza da fonte e do número de acontecimentos. Os grupos mais vulneráveis (crianças, doentes crónicos e idosos) estão mais suscetíveis. No entanto, mesmo nos piores casos, os efeitos aparentam ser modestos
<b>40 a 55 dB</b>	Efeitos adversos na saúde são observados entre a população exposta. Muitas pessoas têm de adaptar a sua vida, de forma a lidar com o ruído noturno. Os grupos mais vulneráveis são os mais afetados.
<b>Acima de 55 dB</b>	A situação é considerada cada vez mais perigosa para a saúde pública. Efeitos adversos à saúde ocorrem com frequência, sendo que uma proporção considerável da população é muito afetada e possui perturbações durante o sono. Há indícios de que o risco de doenças cardiovasculares aumente.

O tempo necessário para adormecer é um aspeto importante relativamente às perturbações de sono induzidas pelo ruído. A quantidade de eventos de ruído, por unidade de tempo, parece ter maior relevância, face ao tempo necessário para adormecer, em vez de o nível de ruído absoluto. Estes efeitos foram similares para 45, 50 e 60 dB (A) de ruído do tráfego rodoviário (Öhrström e Rylander, 1990, Öhrström, 1991 *in* Berglund e Lindvall, 1995).

## 2.4. Estratégias de Mitigação de Ruído

De forma a minimizar os efeitos adversos que o ruído pode provocar nas zonas envolventes à sua fonte, várias estratégias de mitigação podem ser aplicadas (Figura 2.9), tendo em consideração as características da fonte e dos recetores. Estas podem passar pela construção de estruturas (construção de barreiras, utilização de piso absorvente, entre outros) ou pela elaboração de planos de ação e aplicação de taxas (por exemplo, Planos Municipais de redução de ruído).

O seu principal objetivo passa por reduzir o impacto do ruído nos recetores através da redução de emissão de ruído por parte da fonte ou da proteção dos recetores mais sensíveis, através da construção de estruturas que dificultem a propagação deste. Apesar de eficientes, determinadas estratégias podem gerar alguma discussão e insatisfação por parte dos recetores, pelo que a sua aplicação deve ser cuidada, considerando os parâmetros acústicos, paisagísticos e sociais.

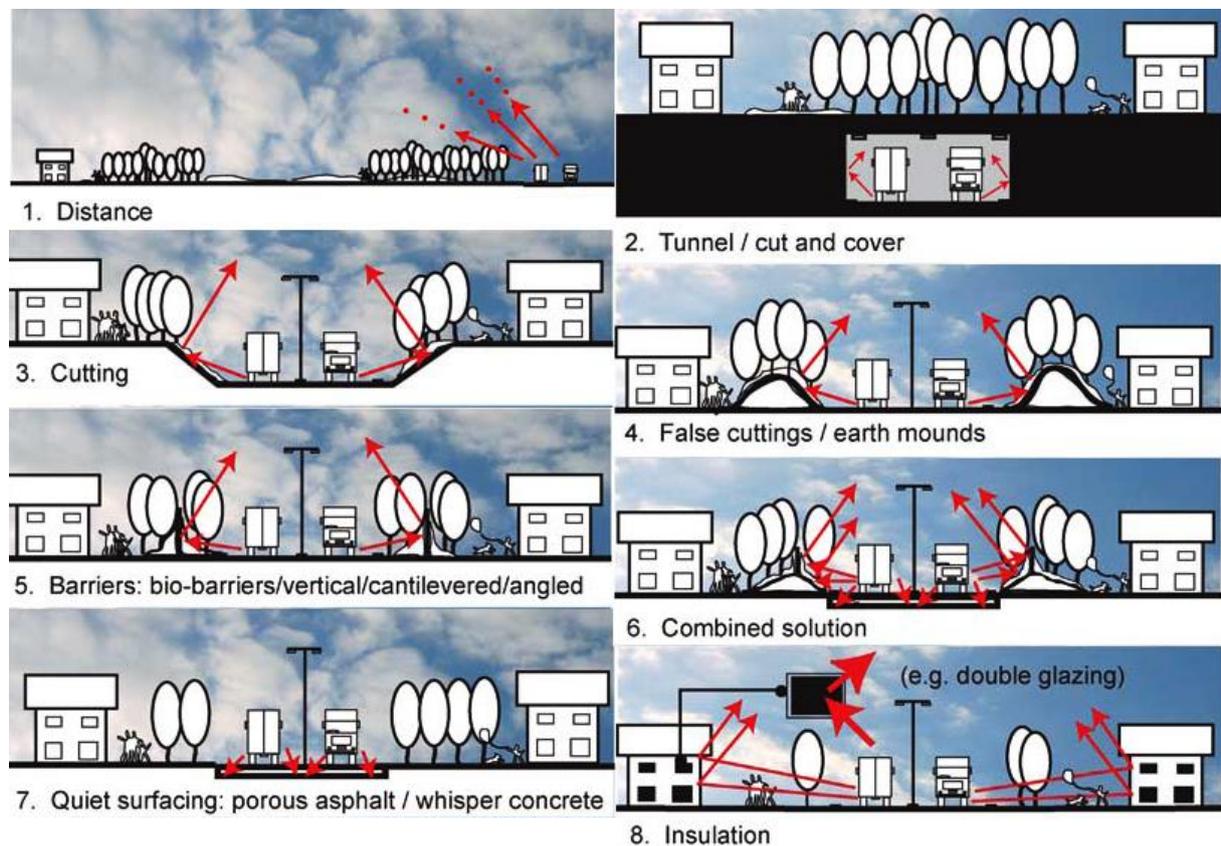
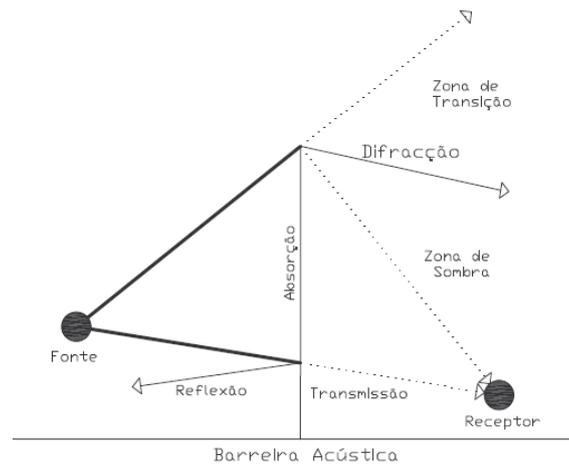


Figura 2.9 - Exemplos de estratégias de mitigação de ruído (Kotzen e English, 2009)

### 2.4.1. Barreiras Acústicas

As barreiras acústicas são estruturas muito utilizadas nos grandes eixos rodoviários para mitigar o impacto do ruído produzido pelo tráfego rodoviário. No entanto, uma barreira tornar-se parte da paisagem circundante, o que poderá causar algum impacto, tanto para os utentes da estrada como para os que vivem perto desta (Bendtsen, 1994). São sistemas que reduzem o nível sonoro entre

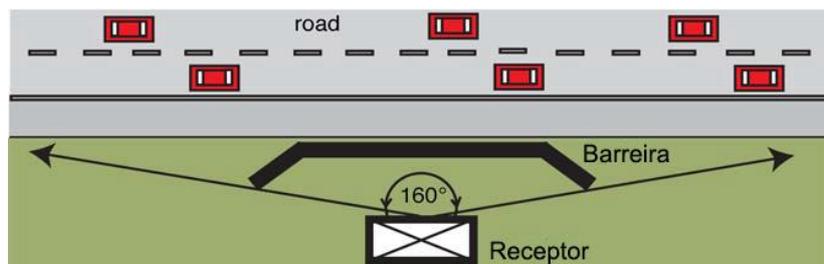
uma fonte emissora de ruído e um recetor através de fenómenos de absorção, transmissão, reflexão e difração (Figura 2.10) (APA, 2008).



**Figura 2.10** - Fenómenos de absorção, transmissão, reflexão e difração numa barreira acústica (adaptado de FHWA *et al.*, 2000)

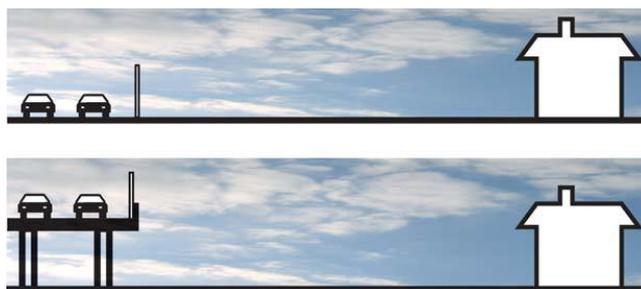
Registam-se reduções de ruído quando a barreira é colocada na linha de visão entre a fonte de ruído e o recetor, interrompendo desse modo a transmissão direta do som. As ondas sonoras serão dispersas através do fenómeno de reflexão, após atingirem a barreira (são refletidas de volta para a fonte), mas, no topo da barreira, elas são difratadas. As barreiras podem ser construídas de materiais que absorvem a energia das ondas de pressão de som, para eliminar a reflexão (The Highways Agency *et al.*, 1994).

A difração do som não acontece apenas na extremidade superior da barreira, mas também em torno das extremidades. Assim, a redução de ruído global proporcionado por uma barreira depende não só da sua altura e localização, mas também do seu comprimento. O som difratado em torno das extremidades tende a ser menos importante do que o som difratado na borda superior, pois este caminho de transmissão beneficia do efeito de absorção do chão, que terá atenuado diretamente o raio sonoro. É geralmente definido que uma barreira que cubra um ângulo de  $160^\circ$  a partir do recetor até à estrada irá garantir que os raios difratados não causem impacto significativo (Figura 2.11). O comprimento da barreira pode ser reduzido ao dobrar as extremidades para dentro, longe da estrada (se houver espaço disponível) (Kotzen e English, 2009).

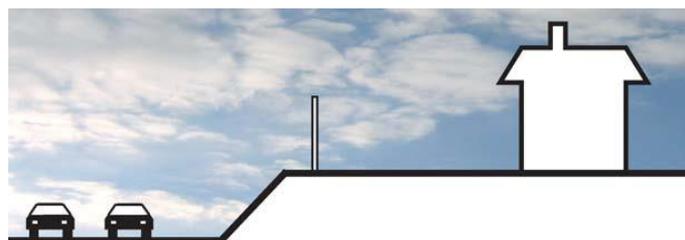


**Figura 2.11** - Barreira acústica com extremidades dobradas para garantir um bom desempenho acústico (Kotzen e English, 2009)

Para obter o melhor desempenho de uma barreira é geralmente desejável colocá-la tão perto da estrada quanto possível. Isto aplica-se quando a estrada e o recetor estão ao mesmo nível ou quando a estrada se encontra a um nível diferente, como por exemplo, num viaduto (Figura 2.12). O mesmo desempenho pode ser obtido através da colocação da barreira junto ao recetor, mas isto raramente é possível e prático, só acontecendo em propriedades isoladas, a alguma distância da estrada. A ideia de que a barreira deve ser colocada tão perto quanto possível da fonte ou do recetor não é aplicável quando a estrada e o recetor são separados por um relevo. Aqui, a barreira estará melhor se for colocada no topo do talude (Figura 2.13) (Kotzen e English, 2009).



**Figura 2.12** - Barreiras acústicas devem colocar-se perto da estrada (Kotzen e English, 2009)



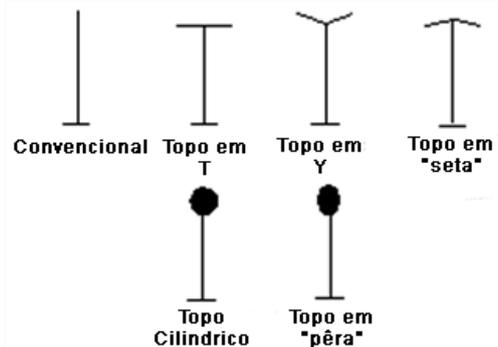
**Figura 2.13** - Colocação da barreira acústica caso a estrada e o recetor estejam separados por um relevo elevado (Kotzen e English, 2009)

Além do já citado, na escolha de uma barreira acústica, deve-se considerar (APA, 2008):

- **A intensidade e espectro do som a atenuar:** Uma dada barreira garante uma maior eficácia para sons com uma componente aguda mais significativa (ruído de motociclos, por exemplo) do que para sons com uma componente grave mais acentuada (como o ruído produzido por veículos pesados);
- **As condições atmosféricas (regime de ventos e inversão térmica):** Sempre que a orientação do vento é desfavorável (da fonte para o recetor) ou ocorre uma inversão térmica (fenómeno natural que acontece com maior frequência em noites quentes no verão) a atenuação realizada pela barreira pode ser praticamente anulada durante um certo período de tempo. Estes fenómenos forçam a curvatura das ondas sonoras em direção ao solo favorecendo a ineficácia da barreira que deixa de ser obstáculo à propagação das ondas sonoras;
- **Propriedades de absorção da barreira:** A absorção acústica revela-se de particular importância quando as barreiras são colocadas de ambos os lados da fonte sonora ou quando existem edifícios do lado oposto ao da colocação da barreira, como forma de evitar

reflexões entre a fonte e as barreiras ou de evitar o acréscimo de nível sonoro nos recetores opostos aos protegidos;

- **Peso por m<sup>2</sup> da barreira:** Uma barreira deve ter uma massa/m<sup>2</sup> mínima (de 10 kg/m<sup>2</sup>) que lhe permita ser eficaz na atenuação do ruído, sendo de evitar a existência de aberturas ou fendas para não ser reduzida essa eficácia;
- **A forma da barreira:** Uma barreira inclinada (por exemplo, um talude) é menos eficaz que uma barreira vertical com a mesma altura. O facto de se terminar uma barreira com um topo especial pode proporcionar um efeito de atenuação acrescido por redução da componente da difração (Figura 2.14);



**Figura 2.14** - Tipos de topos que podem ser colocados em barreiras acústicas (adaptado de FHWA, *et al.*, 2000)

Em média, as barreiras acústicas permitem reduzir valores de ruído entre os 3-7 dB (A), dependendo da sua concepção e altura. Se a densidade da superfície de barreira é superior a 20 kg/m<sup>2</sup>, é possível atingir uma redução de 5 dB (A). Pode ser alcançada uma redução adicional de 1,5 dB (A) por cada metro adicional de altura. Na prática, as barreiras têm normalmente um limite superior de atenuação de cerca de 20 dB para uma única barreira e 25 dB para uma barreira dupla. O comprimento da barreira destina-se a ser, pelo menos, oito vezes maior que a distância a partir do recetor para a barreira (FHWA, 2011).

#### 2.4.1.1. Materiais para construção de barreiras acústicas

As barreiras acústicas podem ser feitas a partir de praticamente qualquer material de construção, ou combinação de materiais, mas devem ser suficientemente duráveis para ter uma baixa necessidade de manutenção (The Highways Agency *et al.*, 1994). Quando se constroem barreiras acústicas, procura-se assegurar que estas possuam uma vida útil de 40 anos (The Highways Agency *et al.*, 1995). A barreira não deve repercutir o barulho do trânsito, uma vez que este iria transferir a energia do som para o lado "protegido". As barreiras mais simples obedecem a uma "lei de massa", o que concede o peso mínimo por unidade de área necessário para assegurar que a barreira seja eficaz na obtenção de um determinado nível de redução de ruído. Em geral, a espessura de material necessária para proporcionar uma rigidez estrutural é superior à necessária para evitar a ressonância. No entanto, existe sempre a possibilidade do ruído passar através de quaisquer aberturas entre elementos ou apoios (The Highways Agency *et al.*, 1994).

O grau de atenuação proporcionada por uma barreira depende da frequência do ruído, do aumento da distância e do efeito sobre a linha de visão (da fonte a partir do recetor). As barreiras devem ser contínuas e sólidas. As barreiras “padrão” incluem um painel duplo de madeiras sobrepostas (pelo menos 25 mm de espessura), alvenaria ou bancos de terra. Estas também podem assumir a forma de elevações de terra. Deve ser assegurado que o ruído não é refletido numa superfície sólida e, em seguida, reflete de volta para o recetor. Isto pode quase anular o efeito da barreira. Desta forma, é a massa do material que permite a atenuação do som através de perdas por atrito sendo que, em geral, quanto maior for a massa a maior atenuação (Environment Agency *et al.*, 2002).

Os materiais mais utilizados para a construção de barreiras acústicas são:

- Madeira;
- Betão;
- Alvenaria;
- Metal;
- Materiais transparentes;
- Plásticos;
- Materiais reciclados e sustentáveis;
- Materiais absorventes;
- Motas de terra.

A **madeira** é um material de vedação comum, mas a sua altura máxima é limitada por exigências estruturais que são necessárias para que as telas de madeira possuam uma vida útil de 40 anos, sem necessidade de manutenção por pelo menos 20 anos. O tratamento que a madeira recebe na fábrica fornece essa durabilidade, mas as modificações no local podem reduzir significativamente a sua longevidade. Painéis de madeira são versáteis, dado que podem ser facilmente moldados em torno de características do solo existentes, garantindo assim a continuidade de barreiras acústicas. Têm sido desenvolvidas barreiras acústicas absorventes de madeira, com cavidades e elementos de dispersão atrás das ripas de madeira, que podem ser dispostas em diversos padrões (The Highways Agency *et al.*, 1995). É de aplicação muito rara em Portugal, sendo que a maioria é construída com madeira, contraplacado de madeira ou ainda com produtos laminados de madeira (tratada contra fungos, insetos e outros organismos capazes de a destruir), podendo apresentar tanto a função de absorção acústica como a função dispersiva (APA, 2008).

O **betão** é utilizado de várias maneiras para a construção de barreiras acústicas. Pranchas de betão pré-moldadas proporcionam um meio rápido de construção e podem ser facilmente reparadas. Este tipo de barreira é construído a partir de painéis pré-fabricados ligados e fixados em diferentes ângulos, de modo a evitar a necessidade da colocação de suportes separados. Este tipo de barreiras necessitam de baixa manutenção, mas as barreiras de ruído pré-fabricadas são relativamente

dispendiosas. As características da superfície podem beneficiar a reflexão do som num ângulo desejado, longe de recetores sensíveis ao ruído (EPD, 2003). Este material, quando bem projectado, executado e curado é considerado um dos mais duráveis (resistente, suporta elevadas temperaturas, não necessitando de muita manutenção). É moldável e texturado e, após sofrer tratamentos superficiais, são capazes de reflectir o som num determinado ângulo, precavendo assim os recetores sensíveis (APA, 2008).

Os muros de **alvenaria** podem ser construídos manualmente ou pré-montados por máquinas. A execução manual tem a vantagem de ser mais versátil, permitindo a inclusão deste elemento em conformidade com a topografia geográfica onde se encontra a via e não necessitar de equipamentos pesados para a colocação de painéis. Contudo, os painéis pré-montados, apesar de mais fáceis de montar, necessitam de maior espaço de manobra para camiões e guias, constituindo soluções que facilmente podem ser utilizadas em terrenos com alguma inclinação – até cerca de 6%. Ambas necessitam de fundações contínuas de betão, encontrando-se os blocos ancorados à fundação através de barras de aço. É preciso espaço e uma base sólida e plana, além de bastante tempo para a sua montagem e desmontagem (APA, 2008). A altura destas barreiras é limitada por razões estruturais, mas esta pode ser aumentada consideravelmente se as fundações forem reforçadas. Precisa de pouca manutenção além da limpeza ocasional para corrigir descoloração irregular de poluentes e lavagem pela chuva. Em geral, são assumidas como reflectoras (The Highways Agency *et al.*, 1995).

O **metal** é normalmente usado para suportes. Recorrendo a chapas, podem formar-se perfis “ocos”, que podem conter cartão ou materiais absorventes. O revestimento metálico pode ser perfurado de um lado, permitindo que o ruído interaja com o material absorvente do interior, sendo que o perfil ondulado proporciona uma rigidez estrutural à barreira (The Highways Agency *et al.*, 1995). Há três tipos de metais habitualmente utilizados em barreiras acústicas: alumínio, aço inoxidável e aço. O alumínio é normalmente revestido com tinta de esmalte ou é anodizado. Não é compatível com revestimentos galvanizados, mas apresenta elevada durabilidade. O aço inoxidável apresenta elevada durabilidade e resistência à corrosão, não necessitando de revestimentos para a sua proteção. O aço é o material metálico mais barato dos três referidos. A maior parte dos painéis de aço e respectiva estrutura de suporte vertical e horizontal são revestidos a tinta de esmalte ou produzidos com acabamento auto-protector contra ferrugem (APA, 2008).

Os **materiais transparentes** têm como principal vantagem permitirem que a luz passe para as áreas que, de outra forma, seriam colocadas na sombra das barreiras. A sua utilização no topo de uma barreira permitirá a redução do impacte visual das barreiras mais altas. "Janelas" (ou seja, a integração de painéis transparentes ao nível dos olhos na barreira) podem permitir que os utilizadores da rodovia se orientem, por oferecer vista sobre a área circundante (EPD, 2003). Alguns painéis transparentes podem tornar-se semi-opacos de forma relativamente rápida, devido à deterioração superficial do material. Os requisitos de manutenção e vida esperada têm de ser considerados

quando o uso de materiais transparentes é proposto. Há produtos no mercado que pretendem ser de “auto-limpeza”. A adoção deste material deve ser considerado para reduzir a necessidade de manutenção (The Highways Agency *et al.*, 1995).

Além da sua utilização em painéis transparentes, o **plástico** também tem sido utilizado em painéis absorventes e como apoio a sistemas plantados. Os plásticos são suscetíveis a danos pelo fogo e vandalismo sendo que alguns, por exemplo, de polietileno tornam-se frágeis após exposição prolongada à luz solar (EPD, 2003). Existem diversos tipos de plásticos que podem ser utilizados em barreiras: o já referido polietileno, o PVC e a fibra de vidro. Uma característica destes materiais é a sua versatilidade e maleabilidade, são leves e passíveis de reciclagem. Possuem, no entanto, algumas limitações, que devem ser tidas em atenção quando se projecta a sua utilização em barreiras acústicas: não são muito estáveis, pelo que podem criar-se falhas entre juntas e originar deformações; alguns não são resistentes à radiação UV, podendo existir uma rápida deterioração da aparência e resistência do material; tem tendência para, a longo prazo, perderem a capacidade de resistência à quebra, sendo que o seu conserto passa pela total substituição do módulo quebrado, elevando assim os custos de manutenção; dependendo da textura da superfície aplicada, são suscetíveis de brilho, podendo ofuscar (APA, 2008).

Alguns produtos possuem atualmente na sua composição **materiais reciclados e sustentáveis**, como, plásticos reciclados em estruturas de suporte, resíduos de processos industriais, entre outros. Pode haver limitações na utilização de produtos reciclados, logo, é importante estabelecer se o produto reciclado é comparável com o material novo e para assegurar que não terá tendência para se degradar mais rapidamente (The Highways Agency *et al.*, 1995). O conceito de sustentabilidade é muitas vezes considerado no âmbito de “ser verde”. Uma série de produtos para a construção de barreiras promovem-se como sendo “verdes”. Essas credenciais baseiam-se principalmente na “naturalidade” do produto, ou seja, materiais de origem natural, como a madeira, assim como serem provenientes de fontes sustentáveis/renováveis. Outras caracterizam-se desta forma por possuírem na sua constituição materiais como cascas de coco e fibras, plásticos reciclados e de alumínio (Kotzen e English, 2009).

Os requisitos acústicos devem ser assegurados para toda a estrutura da barreira (incluindo painéis e estruturas de suporte). O **material absorvente** pode ser fixo a uma estrutura de suporte ou à superfície de uma parede maciça. Estes painéis são muitas vezes baseados em produtos absorventes de ruído desenvolvidos para utilização em ambientes industriais (EPD, 2003). Uma barreira com um material absorvente reduz a força do raio refletido (Figura 2.15) (Kotzen e English, 2009).



**Figura 2.15** – Efeito do som refletido numa barreira acústica com material absorvente (Kotzen e English, 2009)

Os materiais que possuem boas propriedades de absorção tendem a ser porosos, com uma superfície macia acusticamente (isto é, anti-reflexo). O desempenho de um determinado material irá variar ao longo do espectro de frequência, ou seja, a eficiência de absorção depende de vários fatores como a espessura, a densidade, o tamanho de poro e o tamanho de todas as fibras. O coeficiente de absorção (energia sonora absorvida dividida pela energia do som incidente) representa a eficácia da barreira. O seu valor situa-se entre 0 e 1, em que uma boa superfície absorvente regista um valor próximo de 1 e uma superfície altamente reflectora, está perto de 0. Os materiais utilizados são lãs de vidro, lãs minerais e espumas plásticas, que se encontram disponíveis sob a forma de painéis e tapetes. Pode haver riscos de incêndio associados à utilização de alguns materiais ou mesmo à libertação de vapores tóxicos. A lã mineral é adequada para a altas temperaturas e fibras de cerâmica podem suportar temperaturas até cerca de 1200 -1300°C. Alguns materiais absorvem água, óleo ou outros fluidos, o que irá afetar a eficiência e também podem representar um risco de incêndio (Environment Agency *et al.*, 2002).

**Motas de terra** são elevações construídas com materiais naturais (aterros) que funcionam como barreiras acústicas. São soluções que podem apresentar vantagens em relação às barreiras “não naturais” pelo facto de passarem despercebidas na paisagem. O seu enquadramento natural não cria um elemento intrusivo no horizonte visual, criando uma sensação de liberdade e não de enclausura (APA, 2008).

Na verdade, estas estruturas são frequentemente encontradas em auto-estradas e estradas nacionais nas zonas rurais, semi-rural e até mesmo em localidades urbanas e suburbanas. No local apropriado, têm vantagens distintas sobre barreiras acústicas, na medida em que (Kotzen e English, 2009):

- Normalmente não precisam de vedações de segurança;
- Pode custar menos, se o excesso de material estiver disponível para a sua construção;
- Podem ter uma manutenção menos dispendiosa;
- Geralmente têm uma vida ilimitada.

Em caso de novos projectos, é possível utilizar os materiais de terraplenagem excedentários criando bermas elevadas a um custo relativamente baixo, que minoram os impactes negativos do transporte e deposição dos materiais de escavação em vazadouros exteriores (APA, 2008). Quando a terra for insuficiente para a construção destas estruturas com declives naturais, pode ser utilizado um reforço geotêxtil para tornar estas estruturas mais íngremes, apesar de existir o risco de serem visualmente incompatíveis. Em alternativa, existem outros métodos de fixação, tais como o reforço da construção de terra, uso de gabiões, betão ou berços de madeira. As encostas com uma inclinação mais acentuada do que 70° e com faces verticais com mais de 1,5 metros de altura são identificados como estruturas rodoviárias (The Highways Agency *et al.*, 1995). Estas estruturas precisam de ser mais altas do que uma barreira vertical para conseguir o mesmo desempenho acústico (Figura 2.16) (Kotzen e English, 2009).

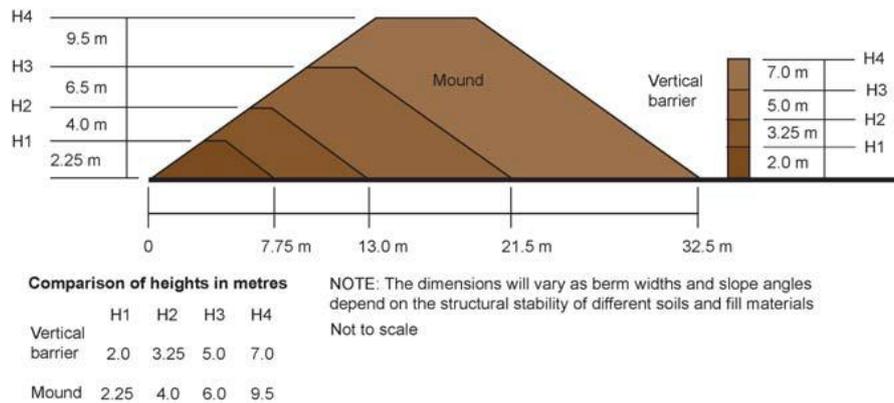


Figura 2.16 - Comparação de alturas entre motas de terra e barreiras acústicas (Kotzen e English, 2009)

## 2.4.2. Pavimentos

O tráfego de veículos ligeiros e pesados de uma estrada é um fator importante na escolha do tipo de pavimento a utilizar. Uma superfície pode ser otimizada para reduzir o ruído de tráfego de veículos pesados, no entanto pode ser diferente de uma pensada para reduzir o ruído de tráfego de veículos ligeiros. É igualmente possível otimizar as diferentes faixas de rodagem na mesma via, como no caso das vias rápidas, em que a faixa da direita é normalmente composta por veículos em marcha mais lenta e veículos pesados, ao contrário da faixa mais à esquerda, onde normalmente se registam velocidades superiores e quase sem tráfego pesado. Desta forma, usar o mesmo tipo de superfície em todas as faixas da via não será a melhor forma de otimizar a redução de ruído (APA, 2008).

Existem diversos tipos de pavimentos:

- Betão betuminoso drenante de camada única (BBDr);
- Camadas de desgaste em mistura betuminosa delgada (MBD);
- Mistura betuminosa de granulometria descontínua (MBGD ou SMA);
- Superfície de betão texturado longitudinalmente (SBTx);
- Revestimentos superficiais em resinas epoxídias (EP-GRIP);
- Betume modificado com borracha (BMB);
- Superfícies porosas elásticas (PERS).

Os pavimentos de **betão betuminoso drenante (BBDr)**, como superfícies de elevada porosidade, vão permitir uma melhor drenagem da água, favorecendo a condução devido à redução da projeção de gotículas de água e do brilho na estrada em tempo de chuva. As suas características de redução do som baseiam-se no fenómeno de absorção pelos poros, sendo o ruído de rolamento e o ruído do motor absorvidos. É uma superfície que funciona ligeiramente melhor em vias de velocidades elevadas do que em vias de velocidades reduzidas, onde quase não se regista um efeito de redução. Sofrem de um desgaste mais rápido, necessitando de maiores cuidados de manutenção, principalmente no que se refere à limpeza dos poros, de forma a evitar a sua colmatação. A resistência ao deslizamento é menor quando sujeito a travagens bruscas, verificando-se que, para veículos pesados, a distância de travagem pode reduzir-se em 20 a 40%. Em condições de

pluviosidade, em comparação com condições secas, o nível de ruído aumenta cerca de 3,5 dB (A), consequência das boas condições de condução que estas superfícies oferecem quando chove, levando os condutores a não reduzirem tanto a velocidade como o que seria esperado (FEHRL, 2006).

As **camadas de desgaste em mistura betuminosa delgada (MBD)** possuem uma boa resistência à deformação e ao desgaste, devido a serem constituídas por agregados, e pela elevada percentagem de materiais de enchimento. Devido ao tipo de textura, o ruído oriundo da interação pneu/estrada é menor, além de originar uma diminuição da projeção de gotículas de água devido às suas características drenantes. São superfícies com um tempo de construção rápido e é possível reciclar até 70% dos materiais utilizados na sua construção. Possuem uma durabilidade de 12 a 20 anos, dependendo da sua porosidade (APA, 2008). Têm a desvantagem de possuir uma menor resistência ao deslizamento nos primeiros meses de utilização e que, para melhorar esta, é obrigatório o uso de agregados especiais, que são de elevado custo. Além disso, em muitos casos este tipo de superfícies possui betões modificados com polímeros que ao serem reciclados podem ser ambientalmente nocivos. Estudos efetuados na Finlândia evidenciaram alguns resultados para MBD com agregados de 5 mm utilizados como superfícies finas: pavimentos novos obtiveram uma redução de 3 de dB(A) a 50 km/h e de 7 dB(A) a 80 km/h. Contudo, devido ao seu uso elevado, o ruído aumentou significativamente após um ano (FEHRL, 2006).

A **mistura betuminosa de granulometria descontínua (MBGD ou SMA)** consiste em material betuminoso caracterizado pela sua grande proporção de agregados grosseiros que se encaixa de modo a formar um “esqueleto de pedra”. Nos EUA, a MBGD é referida como “pedra matriz de asfalto”. O esqueleto de pedra é preenchido com um mástique de betume, agente de enchimento, areia e um inibidor de drenagem ligante (normalmente fibras) (FEHRL, 2006). Este tipo de pavimentos necessitam de um cuidado especial na sua construção, dada a necessidade de obter a exacta proporção volumétrica dos materiais constituintes. Assim, quando corretamente fabricados possuem excelentes características para a condução, como a suavidade e serenidade do pavimento, assim como a redução da projeção de gotículas de água, boa resistência ao deslizamento, elevada resistência a deformações permanentes e a quebras (APA, 2008). Este pavimento pode reduzir o ruído da estrada até 3 dB (A), em condições favoráveis (textura e tamanho otimizado agregado máximo) (FEHRL, 2006).

A **superfície de betão texturado longitudinalmente (SBTx)** não se pode adotar em vias onde se praticam velocidades elevadas, uma vez que a sua textura tem uma fraca resistência ao deslizamento quando comparada com outras soluções. Para se obter as características desejadas, necessitam de duas camadas de betão. A durabilidade, consistência e espessura da camada superficial de argamassa tem elevada importância na textura final esperada, devendo por isso ser usados agregados com alta resistência e um baixo rácio água/cimento (FEHRL, 2006).

Os **revestimentos superficiais em resinas epoxídicas (EP-GRIP)** são superfícies normalmente usadas em zonas críticas, onde é necessária uma elevada resistência ao deslizamento (por exemplo curvas rápidas ou junções). Além disso, possuem um reduzido tempo de construção e mantêm as suas características acústicas ao longo do tempo. São superfícies que possuem um potencial de redução do nível sonoro de entre 2 a 4 dB (A) quando comparadas com pavimentos comuns de betão betuminoso (APA, 2008).

O **betume modificado com borracha (BMB)** é uma superfície que, devido à conjugação de borracha reciclada de pneus (cerca de 22%) ao betume tradicional, aumenta a sua elasticidade, resistência ao envelhecimento e propagação de fendas, além de diminuir a distância de travagem e o ruído de circulação de tráfego. A utilização deste tipo de pavimentos é possível em vias novas e em situações de reabilitação, tanto para estradas de elevada velocidade como em vias de menor velocidade de circulação. São soluções aconselháveis para vias com problemas de fissuração ou de ruído elevado, sendo que proporcionam uma redução sonora na ordem dos 5-6 dB (A) (APA, 2008).

A **superfície poro-elástica (PERS)** é uma camada de desgaste que possui poros em elevado número, de maneira a facilitar a passagem de ar e água através desta, sendo que também possui alguma elasticidade devido ao uso de grânulos de borracha ou fibras como um agregado principal, às vezes complementada por areia ou pedras (FEHRL, 2006).

Ensaio com estas superfícies (Meiarashi, 2004) demonstram que um ligante de poliuretano é utilizado para manter a mistura em conjunto, sendo que o teor deste ligante varia de 5-15%, em peso. Estas superfícies podem provocar uma redução de ruído na ordem dos 10 dB (A). A sua aplicação pode também ser considerada como uma medida de redução na fonte e a área em que se observa a redução de ruído é muito maior do que a de barreiras sonoras. Os vários artigos escritos pelos autores relataram as experiências, incluindo medição de ruído na construção de testes em estradas (Meiarashi e Oishi, 2007). Existem dois tipos de PERS: pré-moldado, constituído por laje e pavimento elástico (é pré-moldado em forma de painel e colocado na base do pavimento); construção no local, onde os materiais são transportados para o local de construção, onde se realiza todo o processo (Fujita *et al.*, 2011).

### **2.4.3. Medidas de gestão de tráfego**

As medidas de gestão de tráfego têm como principal objetivo a redução da velocidade dos veículos. Estas medidas permitem, além de criar vias mais seguras, reduzindo os acidentes e a sua gravidade, reduzir a poluição sonora e criar uma qualidade de vida mais agradável aos utentes da via e da sua envolvente (APA, 2008).

É importante ter a noção que estas medidas não podem ser aplicadas aleatoriamente e de forma isolada. Devem normalmente ser introduzidas após um estudo cuidadoso e em zonas onde exista uma integração lógica e coerente com a restante rede viária (APA, 2008). Por exemplo, a coordenação

dos semáforos, de forma a criar uma “onda verde” e melhorar a fluidez da circulação, pode permitir uma redução dos níveis de ruído até cerca de 5 dB (A) (IA, 2004a).

Como medidas de gestão de tráfego apresentam-se:

- Estreitamento de vias;
- Gincanas;
- Plataformas, intersecções e travessias pedestres sobrelevadas;
- Limitação da velocidade de circulação;
- Limitação à circulação de veículos pesados;
- Semáforos de controlo de velocidade.

Os **estreitamentos de vias** são medidas que se caracterizam pela redução da largura das vias, através da criação de alargamentos dos passeios, da construção de canteiros para vegetação, faixas de estacionamento, ou a construção de um separador no centro da faixa de rodagem. Este tipo de medida pode ser aplicado apenas com a finalidade de reduzir a velocidade dos veículos motorizados em determinado local, ou em alternativa, pode estar associada a uma travessia pedonal ou a uma paragem de transportes públicos, protegendo deste modo os peões nesse local. Uma vez que podem ser aplicáveis em vias com velocidade limite de 50 km/h e sendo que a redução de velocidade que provocam é relativamente modesta, são um tipo de medida passível de ser utilizada em vias de atravessamento de povoações. De qualquer modo a adequação aos diferentes tipos de via e de zona depende da geometria da alteração e do uso de ângulos de desvio da trajectória mais ou menos reduzidos (CCDR-N, 2008). Esta medida pode resultar numa redução de ruído até cerca de 2 dB (A) (APA, 2008).

As **gincanas** baseiam-se numa série de estreitamentos alternados formando curvas em “S”. São construídas através da colocação alternada de obstáculos nas bermas da via, como por exemplo, espaços ajardinados, espaços de estacionamento ou outras medidas físicas, permitindo desta forma uma redução de velocidade. Pode-se também originar um efeito gincana com uma redução de duas para uma via num dos sentidos, tendo assim os condutores de ceder a passagem. Esta medida é a indicada para áreas residenciais e centrais com um volume de tráfego reduzido e vias de atravessamento com velocidades reduzidas. Não é indicada para zonas com circulação de veículos pesados sendo inconveniente para veículos de emergência. A sua localização é fortemente influenciada pelas condições locais, nomeadamente pela existência de acessos às habitações ou locais de carga e descarga de mercadorias (APA, 2008).

As **plataformas sobrelevadas** são lombas alongadas, de forma a ser possível o seu uso por todos os utilizadores. Quando a plataforma é usada como travessia pedestre passa a designar-se por “travessia pedestre sobrelevada”, realizando-se um tratamento da superfície de forma a esta ser semelhante a uma passadeira. Estas medidas têm como finalidade a utilização em áreas residenciais urbanas, onde se pratiquem velocidades moderadas, muitas vezes em intersecções em que se poderia construir uma rotunda mas que iria impossibilitar a passagem de veículos pesados. Não é

aconselhável a sua utilização em vias arteriais e vias frequentemente usadas por transportes públicos ou veículos de emergência (APA, 2008).

A **limitação da velocidade de circulação** rodoviária é uma forma simples de implementar uma redução do nível sonoro na zona envolvente. Se uma frota de veículos circular a 120 km/h e gerar um nível de pressão sonora de cerca de 78 dB (A): a 90 km/h observa-se uma redução para 74 dB (A) e, a 60 km/h o nível de pressão sonora fica reduzido a 70 dB (A). A limitação da velocidade de circulação de veículos permite uma redução até cerca de 6 a 8 dB (A) mantendo-se inalterado o volume de tráfego (IA, 2004a). Normalmente, em zonas de uso sensível, aplica-se uma limitação de 30 km/h como velocidade máxima de circulação. Este tipo de medidas pode resultar numa redução de ruído entre 1 – 4 dB (A) (APA, 2008).

A **limitação à circulação de veículos pesados** é uma medida a ter em conta dado que a circulação de veículos pesados origina sempre alguns níveis sonoros indesejados. Em muitas zonas de passagem, apesar da sua reduzida velocidade de circulação, estes podem provocar incomodidade devido aos níveis de ruído associados. Deve-se por isso restringir, parcial ou totalmente, a sua circulação em zonas sensíveis, tendo sempre em atenção um estudo cuidado para que as novas rotas apontadas para a sua circulação não causem problemas nas novas zonas, devido à sua fraca mobilidade e conseqüente facilidade em originar conflitos de tráfego. Esta medida não abrange transportes públicos, apesar de serem igualmente veículos pesados com um nível de ruído elevado. Esta medida pode permitir uma atenuação do ruído até 7 dB (A) (APA, 2008).

A utilização de **sistemas semafóricos de controlo de velocidade** não são, normalmente, aconselháveis quer para vias distribuidoras locais, quer para vias colectoras onde a sua utilização não faz sentido pela necessidade de garantir bons níveis de fluidez ao tráfego automóvel, devendo nesses casos privilegiar-se os atravessamentos pedonais desnivelados. No entanto, revelam-se eficazes em reduzir localmente a velocidade, mas podem ser pouco eficazes no apoio ao funcionamento de passadeiras simples localizadas nas proximidades (CCDR-N, 2008).

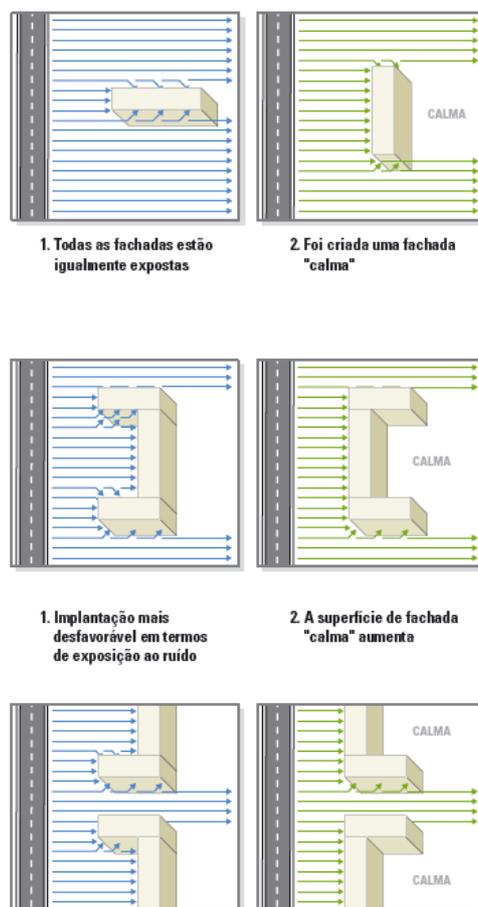
#### **2.4.4. Edifícios**

Quando se planeia a construção de uma nova infra-estrutura perto de vias geradoras de ruído deve-se planejar conveniente e atempadamente o uso do solo de forma a evitar conflitos com o ruído gerado.

É possível atuar no planeamento das formas urbanas de maneira a contribuir para a redução do ruído no interior dos edifícios. Este planeamento pode consistir na aplicação de medidas como o aumento da distância entre a fonte ruidosa e o recetor, modificação da orientação dos edifícios ou a colocação de edifícios de uso não sensível entre a fonte ruidosa e o recetor, funcionando desta forma como barreiras acústicas (APA, 2008).

O aumento da distância entre as fontes ruidosas e os edifícios é uma forma eficaz de reduzir o ruído, sendo que o duplicar da distância à fonte sonora pode resultar numa redução até 6 dB (A). Durante a fase de concepção e projecto pode-se ter em atenção quais as fachadas expostas ao ruído. Assim, é possível projectar os edifícios tendo em mente quais e onde estão localizadas as fontes sonoras, tentando-se desta forma diminuir a superfície de fachada exposta ao ruído (APA, 2008).

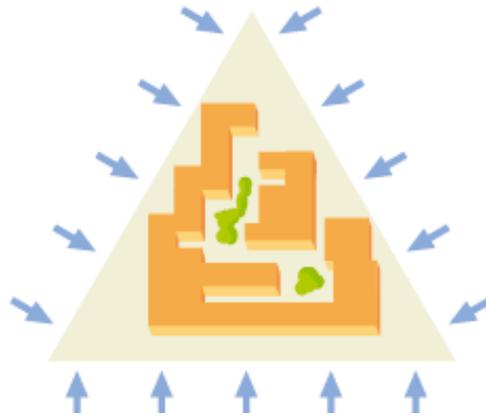
A construção de edifícios com uma forma paralela à estrada é preferível à construção perpendicular à estrada, uma vez que desta maneira o ruído não encontra obstáculos à sua propagação. No caso da construção perpendicular à estrada, a propagação do ruído pode invadir todas as fachadas. Se se construir paralelamente à via, apesar de se obter uma fachada com níveis sonoros mais elevados, também se permite que a fachada oposta não esteja exposta a níveis sonoros elevados, criando assim uma área “mais calma” (Figura 2.17). Desta forma, pode-se organizar a arquitectura da habitação tendo em atenção esta diferença de ruído, tentando-se colocar na zona mais calma as áreas mais sensíveis como os quartos de dormir e salas de estar (APA, 2008).



**Figura 2.17** - Comparação acústica da disposição de edifícios em relação à via (IA, 2004a)

Além disso, deve-se ter atenção à quantidade de fachada exposta à via ruidosa, tentando limitar ao máximo essa situação de forma a libertar uma maior superfície calma às habitações. Aplicando o mesmo princípio para espaços exteriores de edifícios de uso sensível, pode-se construir à volta de um pátio ou jardim interior, diminuindo desta forma as fachadas expostas ao ruído além das mesmas

zonas exteriores serem também áreas calmas de pouca exposição ao ruído (Figura 2.18) (APA, 2008).



**Figura 2.18** - A construção de pátios interiores com edifícios "em recorte" é uma das melhores formas para se criarem espaços "quase imunes" ao ruído de tráfego rodoviário (IA, 2004a).

A forma e orientação do edifício é um aspeto importante de controlo e o objetivo é minimizar as reflexões do som nas fachadas bem como a sua propagação para áreas do edifício mais sensíveis ou outros edifícios. Em ruas estreitas com edifícios contínuos, o ruído proveniente de reflexões das fachadas é maior do que em ruas com edifícios separados. As reflexões entre fachadas de edifícios aumentam o ruído em 4-5 dB (IA, 2002).

Normalmente, as paredes exteriores possuem as exigências de isolamento sonoro necessárias. O ruído exterior pode transmitir-se para o interior dos edifícios através das janelas e caixas de estores se os materiais que as constituem possuírem um baixo "índice de isolamento acústico à transmissão" (IA, 2004a).

Como anteriormente mencionado, na fase de planeamento e construção de um edifício deve assegurar-se que todas as suas fachadas se encontram as mais isoladas possíveis relativamente ao ruído exterior. Mas se o reforço do isolamento é aceitável do ponto de vista acústico, devem ser tomados cuidados especiais na concepção do sistema de ventilação das habitações por forma a assegurar o respectivo conforto térmico nos meses de Verão e de Inverno. Este reforço do isolamento sonoro constitui um último recurso em planos de redução de ruído mas é por vezes a única proteção eficaz para edifícios implantados muito próximo das vias rodoviárias (IA, 2002).

Relativamente ao design das fachadas, este deverá ser feito de modo a promover uma autoproteção do edifício através de varandas e paredes exteriores, permitindo uma atenuação de 5-14 dB. Outro método é por exemplo a existência de lojas ou serviços nos pisos inferiores mais sobressaídos protegendo assim os pisos superiores (IA, 2002).

### **3. Enquadramento Legal**

#### **3.1. Ruído**

Em 1987, foi publicada a Lei de Bases do Ambiente (Lei n.º 11/87, de 7 de Abril), com o princípio geral (artigo 2º, n.º1) de que “todos os cidadãos têm direito a um ambiente humano e ecologicamente equilibrado e o dever de o defender, incumbindo ao Estado, por meio de organismos próprios e por apelo a iniciativas populares e comunitárias, promover a melhoria da qualidade de vida, quer individual, quer colectiva”.

A legislação europeia de combate aos problemas do ruído ambiente existe desde as décadas de 60 e 70 e consiste essencialmente no estabelecimento de níveis máximos de ruído para os diversos meios de transporte (veículos automóveis, aviões). Apesar do estabelecimento dos valores máximos e de se ter verificado a redução dos “pontos negros”, a problemática do ruído, no panorama global, agravava-se devido ao aumento do número de “zonas cinzentas” e de pessoas a residir nestas. A propagação destes níveis elevados de exposição quer em termos espaciais quer temporais, devia-se fundamentalmente ao contínuo aumento do volume de tráfego de todos os modos de transporte, associado ao desenvolvimento suburbano (Comissão Europeia (1996) 540 final).

Assim sendo, em 1996 foi anunciado o primeiro passo desse programa, através de um Livro Verde destinado a estimular o debate público da futura política de ruídos. O Livro Verde “foca as áreas em que a Comissão considera que o envolvimento da Comunidade em cooperação com os Estados-membros e com as autoridades locais poderá representar um valor acrescentado e ser particularmente benéfica para o público em geral” (Comissão Europeia (1996) 540 final). Este livro teve como objetivo estimular a discussão pública sobre a abordagem que deve ser tomada ao futuro da política do ruído. Apresenta um quadro de ação que abrange, entre outros aspetos, a necessidade de melhoramento na recolha de informações e sua comparabilidade, assim como as opções futuras para a redução do ruído de diferentes fontes (REC, 2008).

Em 2002, o 6º Programa de Ação da Comissão Europeia fixou como metas e objetivos “conseguir, no ano 2010, uma redução de cerca de 10 % no número de pessoas regularmente afetadas por níveis elevados de ruído a longo prazo, que segundo estimativas, ascendiam a cem milhões de pessoas em 2000, e uma redução de cerca de 20 % no ano de 2020” (Comissão Europeia (2001) 0031 final).

No seguimento das metas fixadas pelo 6º Programa de Ação da Comissão Europeia, foi criada a Directiva 2002/49/CE, de 25 de Junho, e representa um importante esforço para estabelecer uma política global de ruído. Esta directiva tem como objetivo “definir uma abordagem comum para evitar, prevenir ou reduzir, numa base prioritária, os efeitos prejudiciais da exposição ao ruído ambiente, incluindo o incómodo dela decorrente”. De forma a atingir este objetivo, a directiva prevê que os Estados-Membros devem (Comissão Europeia (2011) 321 final):

- Determinar a exposição ao ruído ambiente mediante a elaboração de mapas de ruído;

- Adotar planos de ação com base nos resultados dos mapas de ruído;
- Assegurar que a informação sobre ruído ambiente seja disponibilizada ao público.

Aplica-se ao ruído ambiente a que as populações estão expostas, particularmente em áreas construídas, zonas calmas de áreas urbanas, parques públicos, zonas tranquilas em campo aberto e perto de escolas, hospitais e outros edifícios e zonas sensíveis. Centra-se nas principais infra-estruturas, como é o caso de estradas, ferrovias e aeroportos. Não se aplica ao ruído causado pela pessoa exposta ao ruído, por vizinhos, o barulho nos locais de trabalho, o ruído no interior dos meios de transporte ou o ruído devido às atividades em zonas militares (REC, 2008).

No panorama nacional, em 2000, ocorreu a aprovação do Decreto-Lei 292/2000, de 14 de Novembro, também conhecido como Regime Legal sobre a Poluição Sonora (RLPS). O RLPS constitui o segundo documento legal sobre o ruído e, efectuou uma alteração significativa nos parâmetros acústicos de avaliação: introdução do novo índice  $L_{Aeq}$  e alteração dos valores-limite máximos anteriormente estabelecidos (reduzidos em 10 dB (A) para os períodos diurno e noturno). Além destas alterações, o documento apresenta também uma nova divisão de classes acústicas do espaço urbano, que são agora divididas em “Zonas Mistas” e “Zonas Sensíveis” (Rocha e Carvalho, 2007).

Em 2006, surgiu o Decreto-Lei 146/2006, de 31 de Julho, que transpõe para a ordem interna a Diretiva n.º 2002/49/CE. Este novo instrumento veio estabelecer a obrigatoriedade de recolha de dados acústicos nos países membros da UE e a posterior elaboração de relatórios sobre o ambiente acústico ao nível comunitário, com o objetivo de criar uma base para a definição de uma futura política europeia neste domínio e garantir uma informação mais ampla ao público. É aplicável ao ruído a que os habitantes estão expostos em zonas destinadas a usos habitacionais, escolares, hospitalares ou similares, espaços de lazer e em qualquer zona onde o uso seja sensível ao ruído produzido nas imediações, seja de aglomerações ou infra-estruturas de transporte (rodoviário, aéreo e ferroviário). Este decreto-lei estabelece um regime especial para a elaboração de mapas estratégicos de ruído, determinando a obrigação de recolha e de disponibilização de informação ao público dos níveis de ruído ambiente, recorrendo aos indicadores e métodos de avaliação conciliados. Este regime de obrigatoriedade recai sobre as grandes infra-estruturas de transporte rodoviário, ferroviários e aéreo e as aglomerações de maior expressão populacional (APA, 2008). Introduziu múltiplas alterações na avaliação acústica, designadamente um novo parâmetro acústico, o  $L_{den}$ , que considera três períodos de referencia: diurno: 07h – 20h, entardecer: 20h – 23h e noturno: 23h – 7h (Rocha e Carvalho, 2007).

Tendo em conta os novos parâmetros e os novos limites, estabelecidos pela Directiva Europeia, Portugal teve que se adaptar a sua legislação ao pensamento europeu sobre o ruído. Assim surge, em Janeiro de 2007 o novo Regulamento Geral do Ruído (Decreto-Lei nº 9/2007).

O Decreto-Lei nº9/2007, de 17 de Janeiro, veio revogar o RLPS (Decreto-Lei nº 292/2000, de 14 de Novembro) e permitiu a uniformidade dos parâmetros de avaliação acústica e dos períodos de

referência, estabelecendo-se novos limites (Tabela 3.1) (Rocha e Carvalho, 2007; APA, 2008). Obriga todos os municípios (independentemente da sua dimensão) a preparar mapas de ruído e planos de redução de ruído para apoio ao planeamento municipal.

**Tabela 3.1** - Nível sonoro máximo por tipo de zona (RGR, 2007)

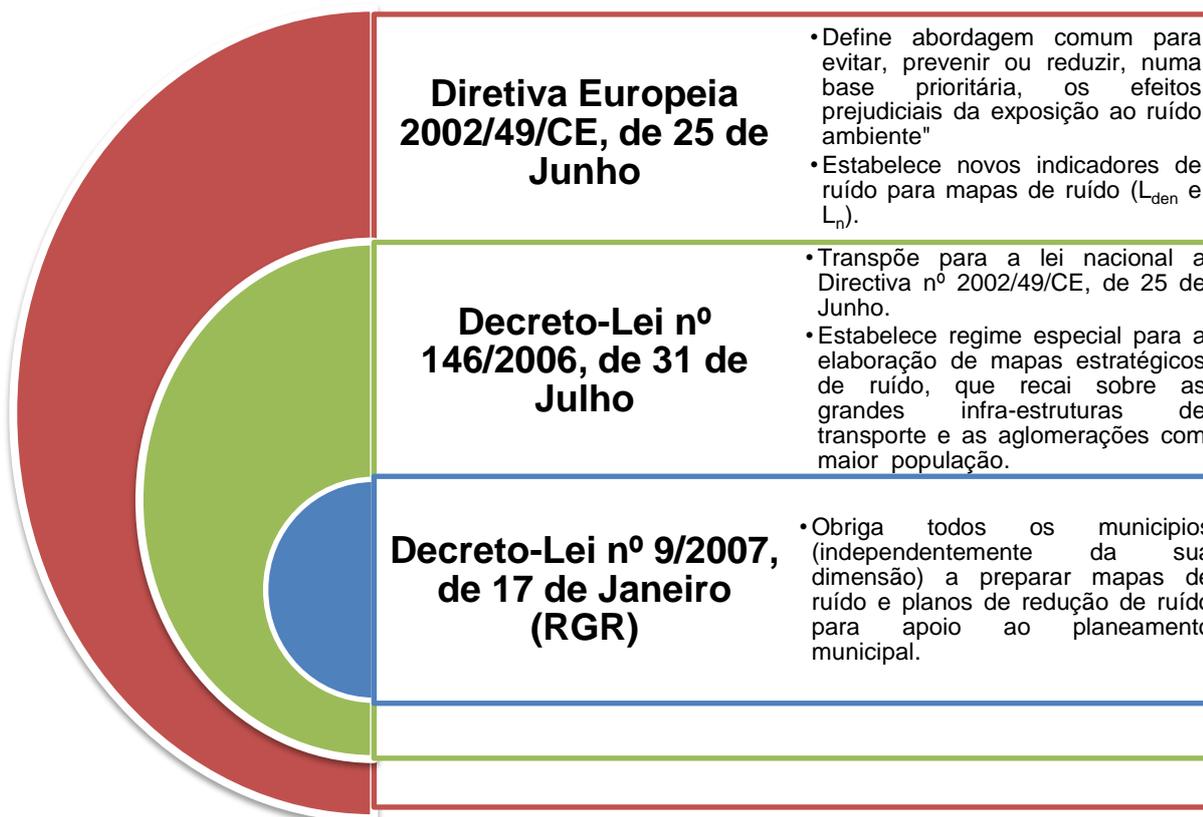
<b>Tipo de Zona</b>	<b>Período Global (L<sub>den</sub>) (0h – 24h)</b>	<b>Período noturno (L<sub>n</sub>) (23h – 7h)</b>
<b>Mista</b>	65 dB(A)	55 dB(A)
<b>Sensível</b>	55 dB(A)	45 dB(A)
<b>Sensível, próxima de GIT existente</b>	65 dB(A)	55 dB(A)
<b>Sensível próxima de GIT não aérea em projecto</b>	60 dB(A)	50 dB(A)
<b>Sensível próxima de GIT aérea em projecto</b>	65 dB(A)	55 dB(A)
<b>Sem classificação</b>	63 dB(A)	53 dB(A)

GIT – Grande Infra-estrutura de Transporte

O RGR define **zona sensível** como a “área definida em plano municipal de ordenamento do território como vocacionada para uso habitacional, ou para escolas, hospitais ou similares, ou espaços de lazer, existentes ou previstos, podendo conter pequenas unidades de comércio e de serviços, destinadas a servir a população local, tais como cafés e outros estabelecimentos de restauração, papelarias e outros estabelecimentos de restauração, papelarias e outros estabelecimentos de comércio tradicional, sem funcionamento no período noturno”. **Zona mista** define-se como a “área definida em plano municipal de ordenamento do território, cuja ocupação seja afeta a outros usos, existentes ou previstos, para além dos referidos na definição de zona sensível”.

Apesar do novo RGR revogar o RLPS, algumas das orientações estabelecidas neste regulamento mantiveram-se, como o incentivo à elaboração de mapas de ruído municipais como instrumento auxiliar à elaboração das Cartas de Classificação de zonas a incluir nos PDM's em revisão. Além das orientações já referidas, o RGR segue a mesma linha do RLPS relativamente à elaboração dos Planos Municipais de Redução de Ruído (PMRR). Além de manter a imposição de elaboração de PMRR, estabelece um prazo para a sua realização: 2 anos (Rocha e Carvalho, 2007).

Na Figura 3.1 encontram-se os principais documentos legislativos do ruído organizados segundo a ordem de influência.



**Figura 3.1** - Organograma de legislação do ruído

O RGR enquadra a adoção da norma NP ISO 1996. A Norma Portuguesa NP ISO 1996 de 2011, designada "Acústica. Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente", conciliada com a Norma Internacional ISO 1996 "Acoustics. Description, measurement and assessment of environmental noise", determina os procedimentos a seguir na realização de ensaios acústicos para avaliação de exposição a níveis de ruído ambiente exterior e para avaliação da incomodidade. Esta norma é constituída por duas partes:

- NP ISO 1996-1 (2011) "Acústica. Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente. Parte 1: Grandezas fundamentais e métodos de avaliação";
- NP ISO 1996-2 (2011) "Acústica. Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente. Parte 2: Determinação dos níveis de pressão sonora do ruído ambiente".

A norma possui também a definição dos vários tipos de ruído e grandezas fundamentais, os fatores a considerar para uma correta seleção dos intervalos de avaliação dos níveis sonoros, assim como o equipamento a utilizar e classe de precisão. Estabelece ainda recomendações sobre as posições de medição, diferenciadas para medições no exterior e interior de recintos (APA, 2012).

### **3.2. Ordenamento do Território e Ruído**

Como anteriormente referido, a interação entre instrumentos de gestão territorial e o ruído são fundamentais para a saúde e bem-estar das populações, e encontram-se fundamentalmente

expressas nos PDMs. Esta interação é representada pelos Instrumentos de Gestão do Ruído: Carta de Classificação de Zonas (CCZ), Mapa de Ruído, PMRR e Regulamento Municipal de Ruído Ambiente (RMRA) (APA, 2008).

Uma CCZ consiste num mapa do concelho que apresenta a classificação e delimitação das zonas sensíveis e mistas. Estas zonas são classificadas de acordo com o uso atual, à data da concepção da carta, sendo que deve ser acautelada a ocupação futura do território, especialmente aquele que se encontra nas imediações das zonas sensíveis, de forma a evitar futuros conflitos entre as estruturas existentes e as futuras. A concepção da CCZ é da competência do município (APA, 2008).

Um mapa de ruído é uma representação geográfica que descreve o ruído exterior existente no município ou de uma zona específica do município, através dos indicadores de ruído estipulados pela Legislação existente ( $L_{den}$  e  $L_n$ ). A representação dos valores dos indicadores de ruído é realizada através de isófonas (linhas que indicam pontos com o mesmo nível sonoro), sendo que os valores apresentam-se expressos em dB (A). A metodologia utilizada para a elaboração destes mapas é variada, podendo-se recorrer a modelos de cálculo ou a medições acústicas. Seguindo sempre a linha de integração e de coerência, a escala associada a estes mapas não deve ser inferior a 1:25.000 (APA, 2008). É uma ferramenta estratégica importante para o conhecimento, análise e planeamento do território, que permite visualizar condicionantes dos espaços por requisitos de qualidade do ambiente acústico (Almeida *et al.*, 2003).

Estes elementos cartográficos possuem um carácter normativo, devendo ser integradores das obrigações e deveres dos munícipes em todos os aspetos que se relacionem com a proteção do ambiente sonoro, assim como tornar explícito os procedimentos administrativos a nível local que decorrem da aplicação da legislação atual (Almeida *et al.*, 2003).

### **3.2.1. Planos Municipais de Redução de Ruído (PMRR)**

Devido à existência de zonas urbanas com edificação consolidada e que se encontram expostas a níveis sonoros elevados, é necessário definir e adotar uma estratégia de redução da poluição sonora.

Segundo o RGR, devem ser delineados planos municipais de redução de ruído de forma a serem assegurados os valores limite de exposição indicados no mesmo para as zonas Sensíveis e Mistas. Os PMRR vinculam as entidades públicas e os particulares, sendo aprovados pela assembleia municipal, sob proposta da câmara municipal (APA, 2008).

Estes planos estabelecem o plano de ação a seguir para se reduzir os níveis de ruído no município, para níveis que não sejam considerados prejudiciais para a saúde humana. São ferramentas de gestão de ruído que seguem um plano de redução a longo prazo e que implicam a participação e envolvimento da população (Rocha e Carvalho, 2007).

Segundo o artigo 9.º do RGR, os planos municipais de redução de ruído devem conter obrigatoriamente:

- Identificação das áreas onde é necessário reduzir o ruído;
- Quantificação da redução global de ruído ambiente exterior relativa aos indicadores  $L_{den}$  e  $L_n$  para zonas Sensíveis ou Mistas que excedam os valores limites fixados;
- Quantificação, para cada fonte de ruído, da redução necessária relativa aos indicadores  $L_{den}$  e  $L_n$  e identificação das entidades responsáveis pela execução de medidas de redução de ruído;
- Indicação das medidas de redução de ruído e respectiva eficácia quando a entidade responsável pela sua execução é o município.

Para os municípios de média e grande dimensão (população superior a 100.000 habitantes e densidade populacional igual ou superior a 2.500 hab/km<sup>2</sup>) que, em termos acústicos, estão sujeitos ao RGR, será necessária a elaboração adicional de planos de ação (PA). Estes planos são mais ambiciosos na medida em que se propõem, além da redução do ruído ambiente, a definir medidas de carácter preventivo para defesa da qualidade do ambiente acústico, estando integrados numa estratégia a longo prazo de redução global do ruído ambiente. Estes planos preveem a participação do público através da realização de consulta pública (APA, 2008).

O objetivo essencial de um PMRR passa por estabelecer e implementar uma estratégia de redução de ruído ambiente, cuja elaboração inclui a organização interna dos diversos sectores municipais (ambiente, planeamento, obras municipais, tráfego, entre outros), cooperação externa (consultores, entidades gestoras de infra-estruturas, investidores privados), relações públicas e participação pública das partes interessadas.

Em Maio de 2004, o Instituto do Ambiente (atual Agência Portuguesa do Ambiente) publicou o relatório resultante do “Projecto-piloto de Demonstração de Mapas de Ruído” à escala municipal e urbana, onde são apresentados os resultados dos estudos realizados nas cidades da Maia e de Santa Maria da Feira. Retira-se deste projecto-piloto algumas orientações a aplicar à escala urbana e municipal: com malhas de cálculo de 8 em 8 m em áreas urbanas e de 18 em 18 m em áreas municipais, ambos com um raio de busca de 2000 m (IA, 2004b).

### **3.3. Instrumentos de Gestão Territorial (IGT)**

Os IGT condicionam a ocupação e o ordenamento do território e servem de orientação para os objetivos estratégicos dos municípios.

A Política de Ordenamento do Território e de Urbanismo (Decreto-Lei 48/98, de 11 de Agosto) foi regulamentada através do Regime Jurídico dos Instrumentos de Gestão Territorial (RJIGT) em 1999 (Rocha e Carvalho, 2008). Este regime define o “regime de coordenação dos âmbitos nacional, regional e municipal do sistema de gestão territorial, o regime geral de uso do solo e o regime de elaboração, aprovação, execução e avaliação dos instrumentos de gestão territorial” (DL 380/99).

Organiza o sistema de gestão territorial em três níveis: nacional, regional e local (Rocha e Carvalho, 2008).

Os três níveis de gestão territorial encontram-se hierarquizados de seguinte maneira:

- Nível nacional:
  - Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território (PNPOT);
  - Planos Sectoriais com Incidência Territorial (PSIT);
  - Planos Especiais de Ordenamento do Território (PEOT).
- Nível Regional:
  - Plano Regional de Ordenamento do Território (PROT).
- Nível Local:
  - Planos Intermunicipais de Ordenamento do Território (PIOT)
  - Planos Municipais de Ordenamento do Território (PMOT)
    - Plano Director Municipal (PDM)
    - Plano de Urbanização (PU)
    - Plano de Pormenor (PP)

### **3.3.1. Planos Municipais de Ordenamento do Território (PMOT)**

Os Planos Municipais de Ordenamento do Território (PMOT) foram estabelecidos pelo Decreto-Lei nº 380/99, de 22 de Setembro, alterado pelo Decreto-Lei nº 316/2007, de 19 de Setembro. São instrumentos da política de ordenamento do território que variam por área e escala de intervenção. Estes planos englobam (C.M. Lisboa, 2012):

- Plano Director Municipal (PDM): instrumento de planeamento de ocupação, uso e transformação do território municipal, pelas diferentes componentes sectoriais da atividade nele desenvolvido. Estabelece um modelo de estrutura espacial do território municipal, constituindo uma síntese estratégica do desenvolvimento e ordenamento local, integra as opções de âmbito nacional e regional. A sua elaboração é obrigatória;
- Plano de Urbanização (PU): define a organização espacial de uma determinada parte do território municipal, que exija uma intervenção integrada de planeamento, como por exemplo, a definição da rede viária estruturante, localização de equipamentos de uso e interesse colectivo, a estrutura ecológica, o sistema urbano de circulação e transportes, o estacionamento, entre outros;
- Plano de Pormenor (PP): desenvolve e concretiza propostas de organização espacial de qualquer área específica do município, definindo com pormenor a forma de ocupação e serve de base aos projectos de execução, tendo em conta as prioridades estabelecidas no PDM e, eventualmente, no PU.

O PDM deve constituir uma síntese da estratégia de desenvolvimento e ordenamento local, e integrar as opções estratégicas de desenvolvimento nacionais, regionais e sectoriais definidas para o território municipal. Este documento é constituído pelo Regulamento, Planta de Ordenamento e Planta de

Condicionantes, sendo ainda acompanhado por Estudos de Caracterização do território municipal, por um relatório onde se fundamenta as soluções adotadas e por um programa contendo as disposições indicativas da execução das ações previstas pelo PDM, bem como os meios de financiamento das mesmas (Avelino, 2005).

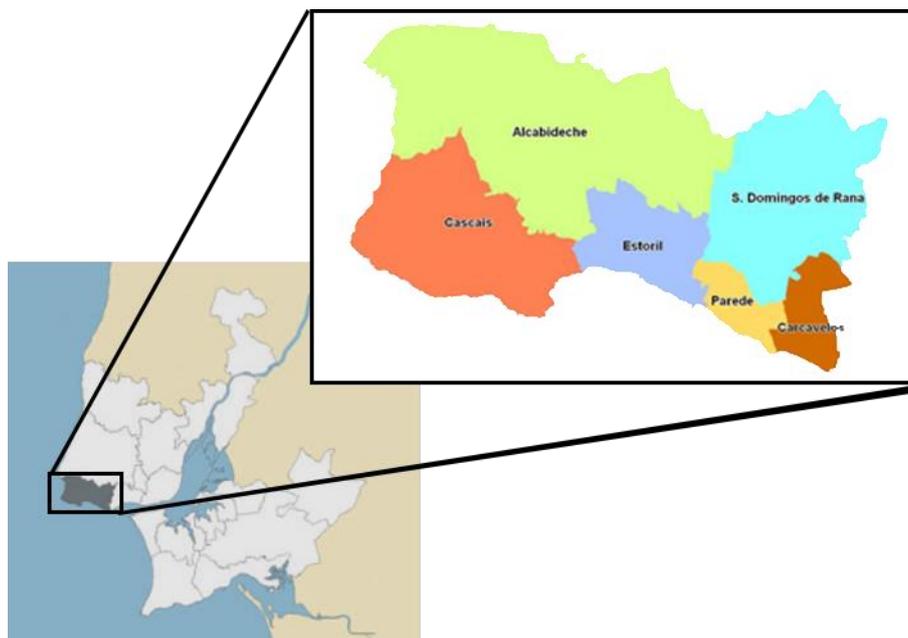
#### 4. Caso de estudo: O concelho de Cascais.

##### 4.1. Enquadramento

Situado a ocidente do Estuário do Tejo, entre a serra de Sintra e o Oceano Atlântico, o concelho de Cascais é limitado a Norte pelo concelho de Sintra, a Sul e a Ocidente pelo Oceano e a Oriente pelo concelho de Oeiras (C.M. Cascais, 2008a).

O município de Cascais localiza-se na Área Metropolitana de Lisboa (AML), na margem norte do rio Tejo. A sua localização geográfica e proximidade a Lisboa tornam o concelho num centro de recursos estratégicos para o desenvolvimento económico, social e cultural, conferindo-lhe condições que proporcionam uma boa qualidade de vida aos seus habitantes, caracterizando-o assim como uma área territorial de grande atratividade (C.M. Cascais, 2008a).

O concelho de Cascais possui uma área de 97,1 km<sup>2</sup>, sendo constituída por seis freguesias: Alcabideche, Carcavelos, Cascais, Estoril, Parede e São Domingos de Rana. A freguesia de Alcabideche é a que possui maior território, seguindo-se Cascais e São Domingos de Rana (Figura 4.1).



**Figura 4.1** - Concelho de Cascais na Área Metropolitana de Lisboa (AML, 2003; C.M. Cascais, 2010a)

O concelho de Cascais apresenta uma grande diversidade de ocupação urbana, conjugando moradias unifamiliares com bairros de edifícios plurifamiliares, que se distribuem pelas diferentes freguesias (Figura 4.2). O território (particularmente S. D. de Rana e Alcabideche) registou um crescimento da ocupação urbana comparável ao efeito “*sprawl*” (efeito “mancha de óleo”). Este tipo de ocupação é propício, por exemplo, a que a mobilidade se organize em função de uma maior utilização do transporte individual (C.M. Cascais, 2011a).

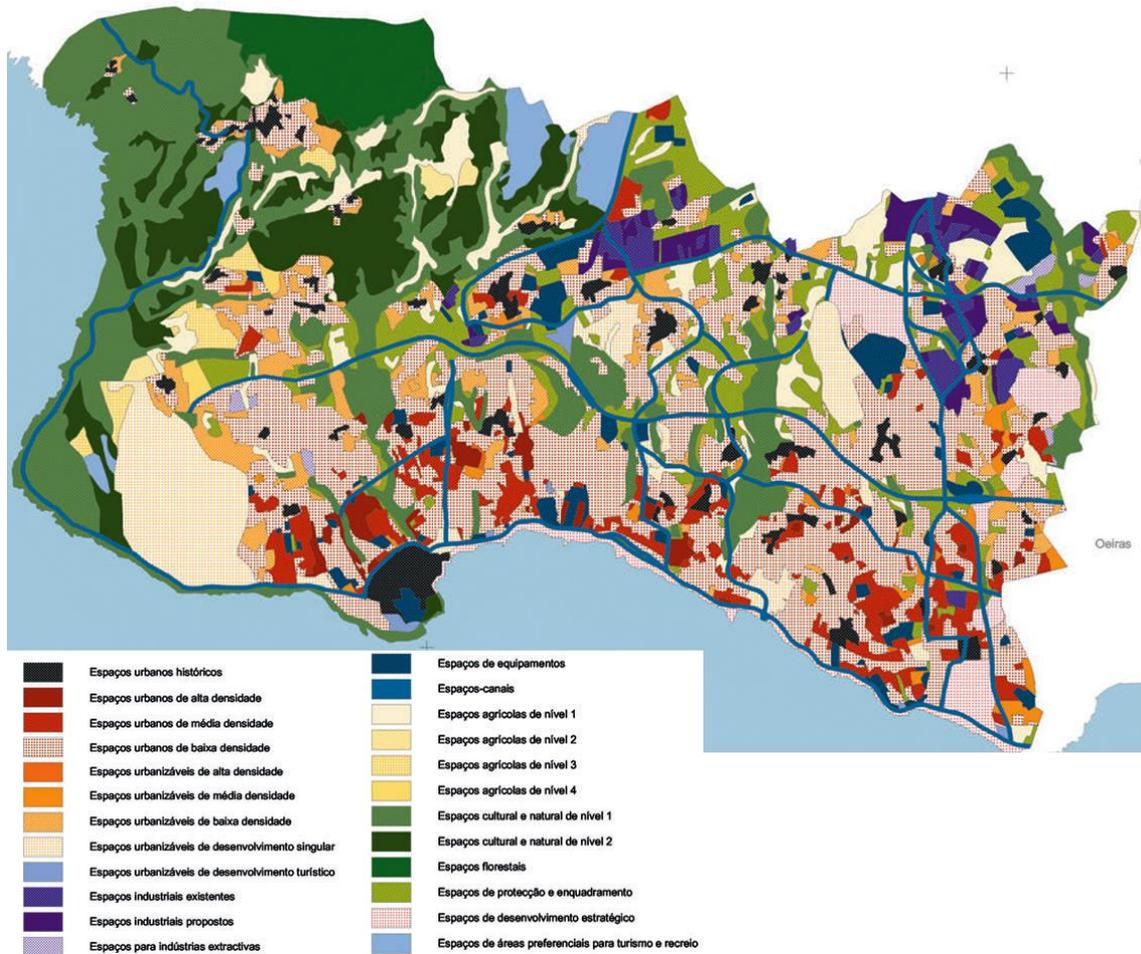


Figura 4.2 - Planta de Ordenamento do PDM de Cascais (AML, 2003)

## 4.2. Caracterização da região

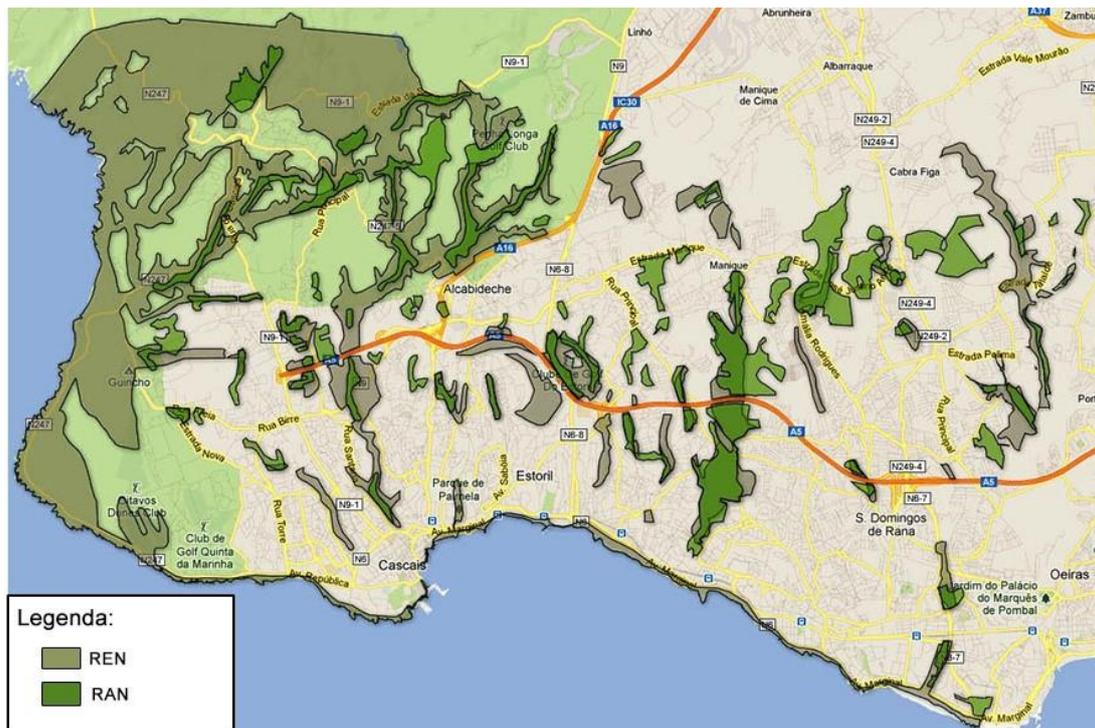
### 4.2.1. Caracterização ecológica

A localização geográfica do concelho confere-lhe uma diversidade biofísica muito importante. É delimitado a Norte pela Serra de Sintra, uma vasta área de património ambiental, geomorfológico e paisagístico. A orla marítima do concelho confere ainda um sistema biofísico costeiro muito diversificado que, em conjunto com a Serra, resulta num enquadramento paisagístico único.

O Parque Natural Sintra-Cascais (PNSC) surgiu a 11 de Março de 1994, tendo entrado em vigor o seu plano de ordenamento dez anos mais tarde, plano este que visa a salvaguarda do património paisagístico do crescimento urbano e das atividade humanas. Cerca de 33 km<sup>2</sup> da área total do concelho de Cascais é afetada pelo PNSC, sendo que aproximadamente 23% do seu território abrange as freguesias de Alcabideche e Cascais (C.M. Cascais, 2008a).

O concelho de Cascais possui uma vasta área representativa de Reserva Ecológica Nacional (REN) e Reserva Agrícola Nacional (RAN). A estrutura REN tem uma vasta área inserida no PNSC, abrangendo diferentes tipos de áreas, como por exemplo, áreas declivosas, cabeceiras das linhas de

água e áreas de infiltração. Nos sistemas litorais, destaca-se o sistema dunar Guincho – Oitavos, as falésias existentes ao longo da costa do concelho. As freguesias de Alcabideche e Cascais são as que possuem uma maior área de interesse ambiental protegido. A RAN ocupa uma área de aproximadamente 806 hectares, não existindo uma estrutura linear ou ordenada de terrenos abrangidos por esta rede. Assim, temos grandes áreas de RAN na freguesia de Alcabideche, correspondendo a áreas adjacentes às ribeiras da Foz do Guincho, Vinhas, Manique e Bicesse (Figura 4.3) (C.M. Cascais, 2008a).



**Figura 4.3** - REN e RAN no concelho de Cascais (GeoCascais, 2013)

O clima do concelho de Cascais caracteriza-se como ameno, do tipo temperado mediterrânico, com Verões secos e quentes e Invernos chuvosos e frios. A variação sazonal das temperaturas é amenizada pela presença do Oceano, com uma temperatura que oscila lentamente e apenas em alguns graus ao longo do ano, o que reduz a amplitude térmica na zona costeira em relação a zonas mais interiores do País. Apesar das dimensões do município, no seu extremo oeste distingue-se um microclima de faixa costeira atlântica, mais seco e ventoso. A encosta Sul da Serra de Sintra também apresenta um clima um pouco mais frio e nublado que o resto do concelho. No entanto, as variações de clima são ligeiras dentro do território (C.M. Cascais, 2010b).

#### **4.2.2. Características demográficas e socioeconómicas**

A população do concelho de Cascais tem aumentado ao longo dos últimos dez anos, como se pode observar na Tabela 4.1, que apresenta os dados relativos à população residente no concelho de Cascais, recolhidos nas campanhas de CENSOS realizadas nos anos de 2001 e 2011 pelo Instituto Nacional de Estatística (INE).

**Tabela 4.1** - População residente em 2001 e 2011 no Município de Cascais (INE, 2012)

Local de residência	População residente (N.º) por Local de residência.	
	Período de referência dos dados	
	2001	2011
<b>Alcabideche</b>	31801	42160
<b>Carcavelos</b>	20037	23296
<b>Cascais</b>	33255	35409
<b>Estoril</b>	23769	26397
<b>Parede</b>	17830	21660
<b>São Domingos de Rana</b>	43991	57507
<b>Total</b>	170683	206429

O aumento da população residente foi, provavelmente, uma consequência do desenvolvimento urbano sofrido no concelho ao longo dos anos. Como se observa na Tabela 4.2, nos últimos dez anos, as freguesias de Alcabideche, Cascais e S. D. de Rana registaram o maior aumento do número de alojamentos e edifícios. Relativamente ao número de famílias, o maior aumento registou-se nas freguesias de Alcabideche, Carcavelos, Parede e S. D. de Rana (INE, 2012)

**Tabela 4.2** - Número de Alojamentos, edifícios e famílias por freguesia do concelho de Cascais (INE, 2012)

Localização Geográfica	Número de Alojamentos por Localização geográfica;		Número de Edifícios por Localização geográfica;		Número de Famílias por Local de residência;	
	Período de referência dos dados					
	2001	2011	2001	2011	2001	2011
<b>Alcabideche</b>	13747	19786	7706	10660	10883	15489
<b>Carcavelos</b>	10828	12322	2580	2934	7838	9975
<b>Cascais</b>	19735	22770	7563	8777	12618	14592
<b>Estoril</b>	14257	16072	5079	5597	9269	11176
<b>Parede</b>	11024	12124	3610	3805	7138	9181
<b>São Domingos de Rana</b>	20384	26059	10092	11832	15234	21807
<b>Total</b>	89975	109133	36630	43605	62980	82220

O desenvolvimento populacional do concelho teve diferentes expressões territoriais ao longo do século XX. O processo de urbanização começou por ocorrer ao longo do litoral, entre Cascais e Carcavelos, beneficiando os núcleos mais antigos, piscatórios e de veraneio, que se expandiram progressivamente em resultado da sua situação e da criação do caminho-de-ferro e, mais tarde, da Estrada Marginal (EN6) (C.M. Cascais, 2008b).

Nos últimos anos, com a expansão da rede de acessibilidades locais e regionais (em particular a construção da auto-estrada A5), o interior e o quadrante ocidental do concelho acolheram um crescimento populacional e urbano substancial. O crescimento urbano na década de 90 foi

particularmente intenso nas freguesias de S. D. de Rana, Alcabideche e Cascais. Este acréscimo populacional introduziu profundas transformações na distribuição da população e nas formas de povoamento do concelho (C.M. Cascais, 2008b).

Atualmente, é na faixa litoral que se encontram os lugares mais densamente povoados, consequência do crescimento urbano se ter desenvolvido no sentido do litoral para o interior. Numa primeira fase, este desenvolvimento urbano resultou da crescente procura turística, para fins balneares, observada desde o início do século XX, associada à qualidade heliotrópica do microclima da freguesia de Parede, mas que, gradualmente se estendeu às restantes freguesias litorais (C.M. Cascais, 2008b).

Nos últimos anos tem-se verificado a consolidação e a expansão da área urbana do concelho, o que ocorreu quase exclusivamente por consequência da expansão residencial. As freguesias que registaram maior dinâmica de desenvolvimento urbanístico foram S. D. de Rana e Alcabideche, com mais de três mil novos alojamentos em 2008, cada uma. As freguesias menores e mais consolidadas foram Parede e Carcavelos, registando os acréscimos de alojamentos mais baixos (C.M. Cascais, 2011a).

A conciliação dos dados relativos à população residente, número de alojamentos e edifícios, permite averiguar como a densidade populacional se distribui pelo concelho (Figura 4.4).

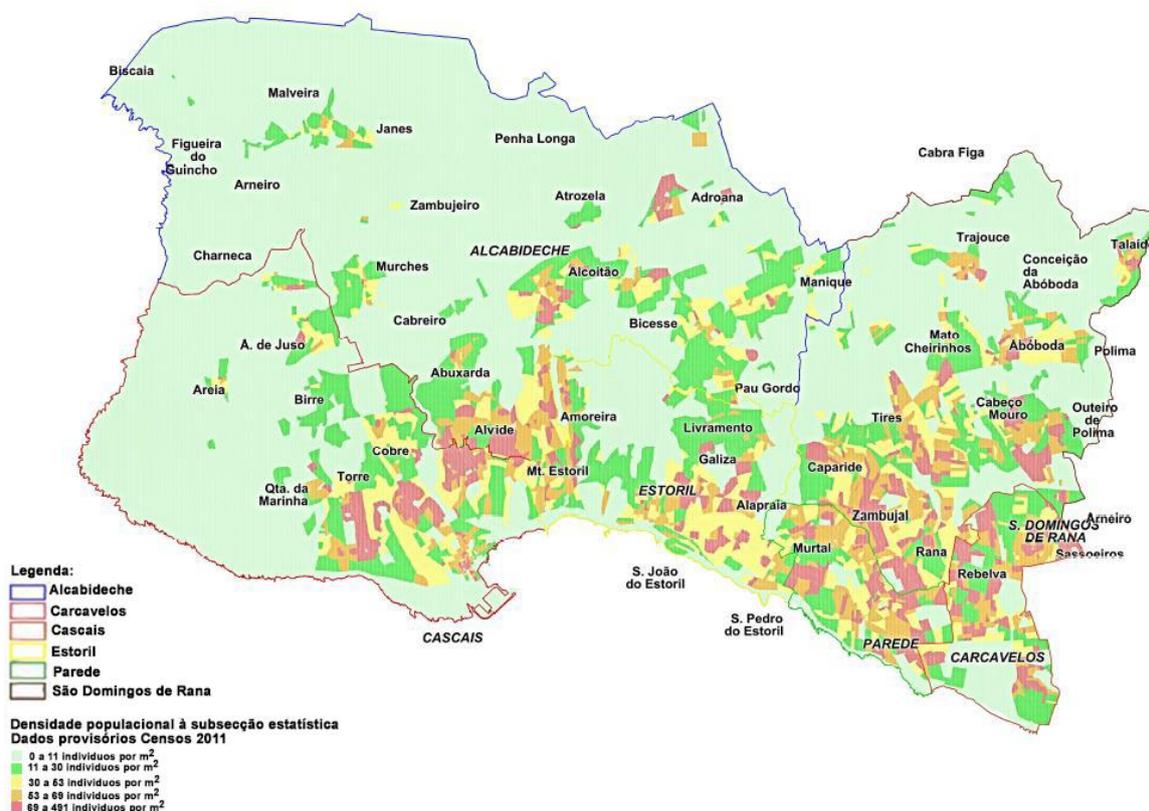


Figura 4.4 - Densidade populacional no concelho de Cascais (C.M. Cascais, 2012)

Como se verifica na Figura 4.4, as freguesias de Carcavelos, Parede e Estoril são aquelas que possuem maior densidade populacional do concelho, ressaltando-se as freguesias de Carcavelos e Parede que possuem, respectivamente, 26% e 30% da densidade populacional do concelho.

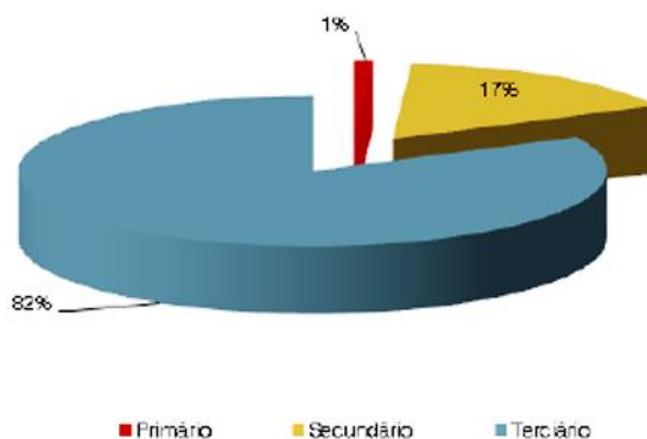
Os grupos etários do concelho têm sofrido algumas alterações ao longo dos últimos anos, destacando-se o aumento do número de idosos (população com mais 65 anos) e a “perda” de população jovem, uma tendência que não se verifica apenas no concelho de Cascais. Em comparação com a Grande Lisboa e o país, apesar de os valores de índice de envelhecimento serem inferiores, todos registaram um aumento (Tabela 4.3) (INE, 2012).

**Tabela 4.3** - Índice de Envelhecimento (INE, 2012)

Local de residência	População Jovem		População Idosa		Índice de envelhecimento	
	2001	2011	2001	2011	2001	2011
<b>Continente</b>	1557934	1484120	1628596	1937788	106,5	131
<b>Grande Lisboa</b>	286576	314091	307618	373657	108	120
<b>Cascais</b>	25801	32655	25757	36714	98,2	113

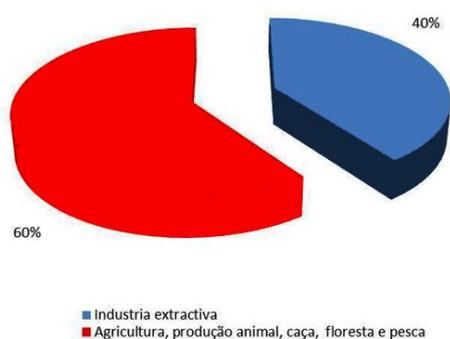
O envelhecimento da população é um dos fenómenos demográficos que mais tem marcado a última década e é transversal a todas as freguesias. Este fenómeno é caracterizado pela diminuição registada da taxa de natalidade e pelo aumento da esperança média de vida, em resultado da melhoria generalizada das condições de vida e do acompanhamento médico (C.M. Cascais, 2008b).

No ano 2007, segundo os dados disponibilizados pelo INE, a distribuição das empresas com sede no concelho de Cascais reflectia a realidade sectorial existente, que se traduzia pela supremacia da representatividade das empresas do sector terciário (comércio e serviços), com 82%, em detrimento das empresas do sector primário, com 1%, ou do sector secundário, com 17% (Figura 4.5) (DPGU, 2012c).



**Figura 4.5** - Empresas Sedeadas no concelho de Cascais, por sector de atividade (INE, 2007)

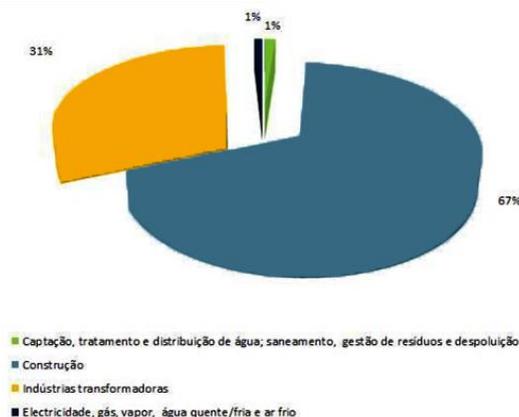
O concelho de Cascais possui cerca de 8856 empresas sedeadas no concelho, que se dividem pelos três sectores de atividade (dez correspondem ao sector primário, 1519 ao sector secundário e 7327 ao sector terciário). Dentro de cada sector de atividade, destaca-se a existência de uma maioria de empresas ligadas a “Agricultura” (Figura 4.7), “Construção” (Figura 4.8) e ao “Comércio por grosso e a retalho; Reparação de veículos automóveis e motociclos” (Figura 4.6) (C.M. Cascais, 2012).



**Figura 4.7** - Empresas do sector primário em Cascais (C.M. Cascais, 2012)



**Figura 4.6** - Empresas do sector terciário em Cascais (C.M. Cascais, 2012)



**Figura 4.8** - Empresas do sector secundário (C.M. Cascais, 2012)

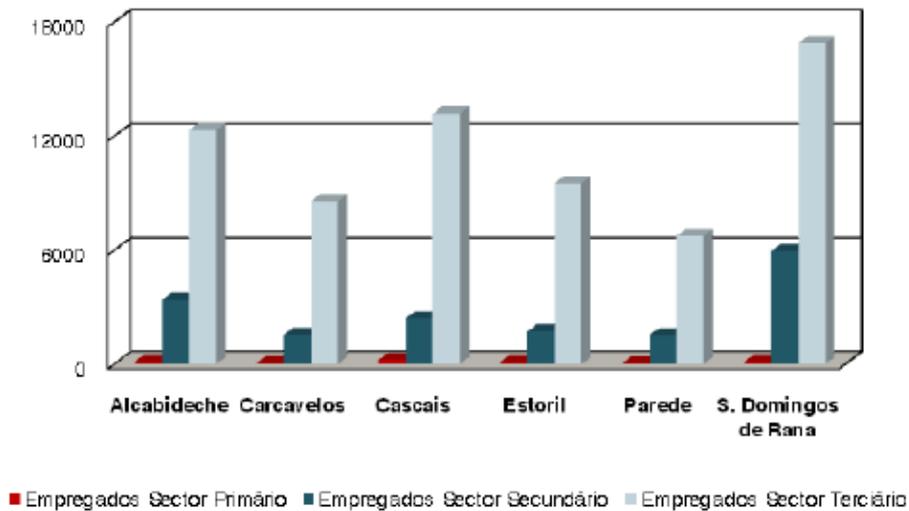
Na última década assistiu-se à continuidade do processo de desindustrialização, com a diminuição significativa do número de estabelecimentos com atividade industrial, nomeadamente no que concerne à indústria extractiva, à indústria de madeiras e cortiça, à fabricação de coque, produtos petrolíferos e combustíveis nucleares, fabrico de produtos químicos, à fabricação de artigos de borracha e materiais plásticos, à fabricação de produtos minerais e não metálicos, às indústrias metalúrgicas de base e produtos metálicos e finalmente à indústria transformadora Não Extrativa. No entanto, assistiu-se a um ligeiro aumento do número de estabelecimentos referentes à indústria têxtil e pasta, papel e cartão e seus artigos (DPGU, 2012c).

Já no sector terciário, comércio e serviços, registou-se um acréscimo relevante de estabelecimentos, com destaque para os serviços de transporte, armazenamento e comunicações, de agências de viagens e turismo, de atividade financeiras, de atividade imobiliárias, de aluguer e serviços às empresas, assim como o crescimento do número de estabelecimentos na área da construção, consequência do crescimento do parque habitacional do concelho (DPGU, 2012c).

Finalmente, o alojamento e restauração apresenta também um crescimento significativo, consequência da dinâmica do turismo no concelho, que representa um eixo estratégico relevante pela sua localização geográfica, diversidade de recursos associados ao património histórico, cultural e ambiental concelhio e pela diversidade de equipamentos estruturais de animação, lazer e mesmo mobilidade, como unidades hoteleiras de elevada qualidade, centros comerciais, aeródromo e autódromo, um centro de congressos, entre outras infra-estruturas (DPGU, 2012c).

No sector primário, quase inexistente, também se assistiu a um crescimento do número de empresas, que se deveu a um aumento da procura de empresas vocacionadas para a área de manutenção de jardins, espaços verdes e viveiros, bem como à existência da localização de sedes deste sector (DPGU, 2012c).

Ao nível das freguesias destacam-se diferentes graus de dependência no que respeita ao emprego e consequentemente à diferenciação da localização das diversas atividade económicas (Figura 4.9). Assim, as freguesias do litoral concentram em grande escala as atividade económicas inerentes ao sector terciário, nomeadamente comércio e serviços. Já as freguesias do interior, apesar da predominância do mesmo sector, apresentam maior potencial na fixação dos restantes sectores de atividade, principalmente do sector secundário, em resultado da impulsão do corredor de atividade industrial ou de armazenagem de Trajouce - Abóbada na freguesia de São Domingos de Rana ou pelo corredor industrial de Albarraque – Abrunheira - Mem Martins no concelho de Sintra (DPGU, 2012c).

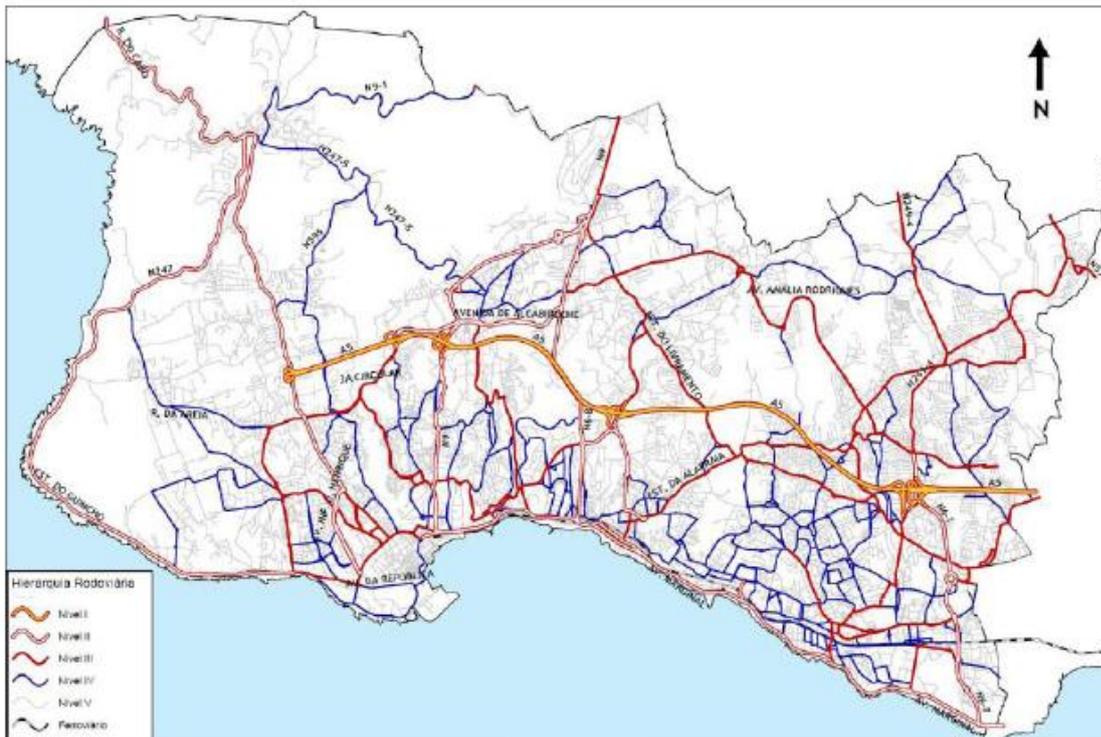


**Figura 4.9** - População empregada por sector de atividade económica e por Freguesia (DPGU, 2012a)

A taxa de desemprego no concelho registou um grande aumento em comparação com o ano de 2001. Segundo dados do INE, recolhidos através da campanha CENSOS 2011, a taxa de desemprego aumentou de 6,9% em 2001 para 12,05% em 2011 (INE, 2012).

#### 4.2.3. Acessibilidade

O concelho de Cascais possui uma vasta rede de estradas e auto-estradas, que permitem a deslocação, dentro e para fora do concelho, de residentes e visitantes. Além dos eixos rodoviários, o concelho é também servido por uma linha férrea, que atravessa o concelho junto à sua faixa litoral (Figura 4.10).



**Figura 4.10** - Acessibilidades do concelho de Cascais (C.M. Cascais, 2011b)

O “Estudo de Trânsito de Âmbito Concelhio para Cascais” (ETAC), caracteriza o sistema rodoviário de Cascais através da definição de uma hierarquia da rede rodoviária. Esta hierarquia divide-se em cinco níveis (C.M. Cascais, 2011b):

- **1º Nível – Rede Supra-Concelhia:** assegura os principais acessos ao concelho, bem como as deslocações intra-concelhias de maior distância. Este nível encontra-se representado pela **A5**, considerado o principal eixo rodoviário do concelho, promovendo a ligação Lisboa – Oeiras – Cascais no corredor central.
- **2º Nível – Rede Estruturante e de Distribuição Principal:** assegura a distribuição dos principais fluxos de tráfego do concelho, bem como os percursos médios e o acesso à rede de **1º Nível**. Inclui as vias com características físicas e funcionais que potenciam a existência de ligações de distribuição entre os diversos pólos de geração do concelho. Dos eixos rodoviários com estas características, destaca-se:
  - **Estrada Nacional 6 (EN6)/avenida Marginal:** promove as ligações entre Lisboa, Oeiras e Cascais, junto ao litoral;
  - **Estrada Nacional 6-8 (EN6-8)/ avenida dos Bombeiros Voluntários:** faz ligação entre S. J. Estoril e Alcoitão;
  - **Via Longitudinal Norte:** estabelece a ligação entre a EN6-8 e o IC30/A16 (C.M. Cascais, 2010c);
  - **Variante à Estrada Nacional 6-7 (EN6-7):** promove a ligação entre Carcavelos e São Domingos de Rana;
  - **Estrada Nacional 9-1 (EN 9-1)/ avenida Adelino Amaro da Costa:** promove a ligação entre o centro da freguesia de Cascais e a EN247;

- **3º Nível – Rede de distribuição Secundária:** constituída por vias internas aos aglomerados urbanos, que asseguram a distribuição próxima, bem como o encaminhamento dos fluxos de tráfego para as vias de nível superior;
- **4º Nível – Rede de Distribuição Local ou de proximidade:** composta por vias estruturantes ao nível do bairro, com alguma capacidade de escoamento, mas onde o peão já marca presença;
- **5º Nível – Rede de Acesso Local:** garante o acesso rodoviário ao edificado, reunindo condições privilegiadas para a circulação pedonal.

A acessibilidade em transporte rodoviário depende maioritariamente dos corredores formados pela A5 e pela EN6/avenida Marginal, nas ligações Nascente-Poente (C.M. Cascais, 2011b).

A rede viária de 1º, 2º e 3º nível garante uma cobertura satisfatória aos principais aglomerados urbanos do concelho, sendo que, dos cerca de 188 mil habitantes que residiam no concelho em 2008, estima-se que 60% da população estava concentrada na área de influência direta da rede de transporte estruturante (C.M. Cascais, 2011b).

Se na freguesia de Cascais a rede de acessibilidades está relativamente bem estruturada, de maneira a acomodar novos potenciais de ocupação urbana, já nas freguesias de Alcabideche e S. D. de Rana é fundamental garantir que o processo de consolidação urbana é acompanhado da estruturação das infra-estruturas rodoviárias e da rede de transporte colectivo, de forma a evitar o aumento da sobrecarga já existente das infra-estruturas, que já hoje são desadequadas face às funções desempenhadas e cargas urbanas adjacentes (C.M. Cascais, 2011b). Diariamente deslocam-se 23.099 residentes (cerca de 14% do total da população residente) para o concelho de Lisboa para exercerem a sua atividade económica ou para estudar (DPGU, 2012a).

Além da rede rodoviária existente, o concelho possui uma linha férrea, que permite a realização de deslocações através do comboio. A linha localiza-se na faixa ribeirinha, e promove a ligação por transporte ferroviário dos concelhos de Cascais e Oeiras a Lisboa (C.M. Cascais, 2011b). As sete estações existentes no concelho encontram-se distribuídas pelas freguesias de Carcavelos, Parede, Estoril e Cascais (Figura 4.11). De realçar, que a deslocação do transporte ferroviário é uma das fontes de ruído que afetam o concelho de Cascais, particularmente as freguesias já mencionadas.



**Figura 4.11** - Diagrama da Linha de Cascais (REFER, 2008)

A Linha de Cascais é electrificada com uma tensão contínua de 1500 V, fornecida à catenária por três subestações eléctricas, situadas junto às estações de Cais do Sodré, Belém e Estoril. O sistema de

sinalização é eléctrica e a linha possui um sistema de controlo de velocidade baseado num controlo automático de frenagem. A velocidade máxima de circulação imposta pelo traçado da via-férrea é de 90 km/h (REFER, 2008).

A rede de transportes públicos colectivos do concelho é constituída pela linha ferroviária da CP e pela vasta rede rodoviária que percorre o concelho (onde circulam os autocarros da *Scotturb* e *LT Transportes*). A rede de transportes colectivos (TC) é substancialmente mais densa na zona litoral do concelho, sendo que, nas zonas mais interiores, a oferta em TC desenvolve-se ao longo dos principais eixos rodoviários. A distribuição das paragens de TC permite garantir uma cobertura praticamente universal quando se considera a população residente e o emprego no concelho de Cascais (C.M. Cascais, 2011a).

Além dos eixos ferroviário e rodoviários já descritos, Cascais possui também uma rede de ciclovias, com cerca de 13,4 km de extensão, sendo que se concentra essencialmente na zona ocidental do concelho (permitindo a ligação de Cascais ao Guincho). A rede ciclável é composta por três circuitos: “Guincho”, “Areia” e “circuito urbano de Cascais”. Excetuando o circuito urbano, os circuitos desenvolvem-se junto à costa. No entanto, este meio de transporte ainda se encontra pouco estruturado no concelho, sendo que, por exemplo, existem poucas infra-estruturas para o estacionamento de bicicletas disponíveis.

## 5. Metodologia

Para a realização deste trabalho, a metodologia aplicada dividiu-se em duas etapas:

1. Caracterização da área de estudo: o concelho de Cascais;
2. Avaliação da influência do ruído na área de estudo:
  - 2.1. Análise ao Zonamento acústico estabelecido;
  - 2.2. Avaliação da percepção do ruído pela população;

A Figura 5.1 apresenta a descrição geral da metodologia aplicada.

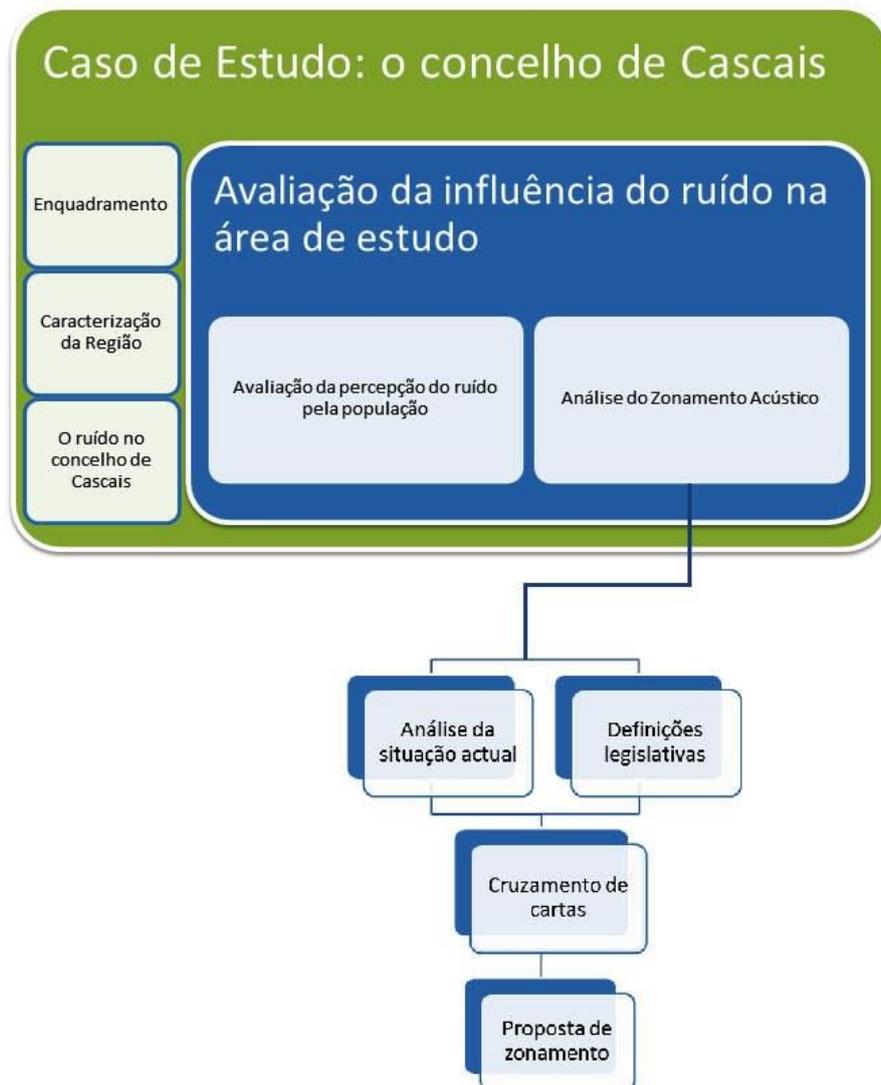


Figura 5.1 - Modelo metodológico aplicado

## 5.1. Avaliação da influência do Ruído na área de estudo

### 5.1.1. Análise ao Zonamento Acústico Estabelecido

A análise à proposta de zonamento acústico elaborada pela C.M. Cascais foi ao encontro dos objetivos da presente tese em estudar os impactes e relações entre o ordenamento do território e o ruído.

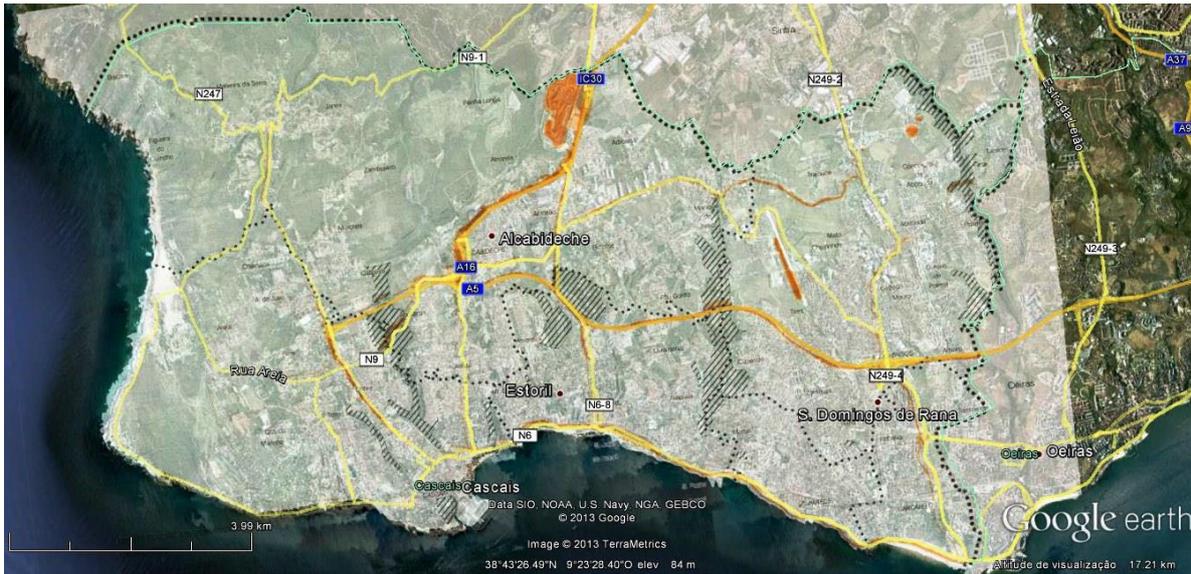
Antes de analisar o zonamento, consultou-se a legislação nacional do ruído em vigor (RGR) e o regulamento municipal sobre o ruído existente (RMRA). Esta consulta foi fundamental para o esclarecimento da definição dos termos “zona sensível” e “zona mista”. Foi com base nos elementos definidos na legislação que se realizou a análise da área de estudo.

Para se conhecer a proposta de zonamento existente, era necessário consultar a carta correspondente. No site da C.M. Cascais, no campo referente aos “Elementos que acompanham o PDM” é possível encontrar um grande número de cartas e estudos de caracterização. De maneira a conhecer melhor a localização de alguns equipamentos considerados sensíveis ou cuja utilização pelos recetores sensíveis seja frequente assim como, compreender o zonamento proposto, procedeu-se ao cruzamento de algumas das cartas disponibilizadas.

A carta 02-02-01 – *Ruído Ambiente*, à escala 1:50.000, encontra-se dentro da área temática “Caracterização biofísica, paisagística e ambiental”. Nesta carta é possível encontrar quatro mapas diferentes:

- *Mapa de ruído para o indicador de ruído  $L_{den}$  (7-23h);*
- *Mapa de ruído para o indicador de ruído  $L_n$  (23-7h);*
- *Mapa de conflito para o indicador de ruído  $L_{den}$  (7-23h);*
- *Mapa de conflito para o indicador de ruído  $L_n$  (23-7h).*

É nos mapas de conflito que se encontra disponível a proposta de delimitação de zonas sensíveis e mistas. Não é possível, apenas pela consulta do mapa, conhecer as zonas do concelho classificadas como sensíveis, dado que o mapa é apenas uma ilustração do concelho. Assim, com o auxílio do *software* Google™ Earth, procedeu-se à sobreposição do mapa de conflito sobre a área do concelho de Cascais (Figura 5.2), com a finalidade de identificar melhor o tipo de áreas que tinham sido classificadas como sensíveis.



**Figura 5.2** - Zonamento Acústico do concelho de Cascais (Google earth, 2012)

Com o apoio do Sistema de Informação Geográfica de Cascais (GeoCascais), disponível on-line, foi possível classificar e identificar cada zona sensível. Feita a identificação de todas as zonas e recorrendo às definições estabelecidas na legislação, avaliou-se a proposta de zonamento acústico com o intuito de entender se esta está em conformidade com o que está estipulado por lei. O método de classificação aplicado pelos técnicos da C.M. Cascais para a elaboração desta proposta de zonamento foi pesquisado e considerado para uma melhor compreensão da proposta.

Reconhecidas as zonas sensíveis, era necessário conhecer a localização dos equipamentos utilizados pela população e que, por lei, devem ser enquadrados dentro de uma zona sensível. Assim, além da sobreposição descrita, foram realizadas mais quatro sobreposições de cartas. Estas foram realizadas recorrendo ao *software* Adobe Photoshop CS6, e tiveram como carta base a carta 02-02-01 – *Ruído Ambiente*, em particular o *Mapa de conflito para o indicador de ruído  $L_n$  (23-7h)*. O mapa escolhido não tem qualquer relação com o tipo de indicador, sendo que a principal função deste é a representação do zonamento acústico proposto. As cartas utilizadas são representativas dos equipamentos sensíveis da área de estudo. Em particular, utilizou-se as cartas:

- 04-01-01 – *Ocupação do Solo*;
- 04-02-02 – *Equipamentos Escolares*;
- 04-02-05 – *Equipamentos de Saúde*;
- 04-02-06 – *Equipamentos Culturais e Recreativos*

A carta 04-01-01 permitiu conhecer as classes de ocupação do solo do concelho, assim como a sua relação com as áreas sensíveis. As cartas 04-02-02, 04-02-05 e 04-02-06 apresentam a distribuição de equipamentos frequentados/utilizados por recetores sensíveis. O cruzamento da informação destas cartas com o zonamento acústico permitiu compreender a distribuição destes equipamentos pelas zonas classificadas como sensíveis.

Após esta primeira análise, procedeu-se ao cruzamento das cartas de caracterização acima referidas com a Carta de Ruído, para o indicador  $L_{den}$ . Desta forma, pretendia-se identificar os equipamentos definidos por lei como “sensíveis” que estivessem expostos a níveis sonoros superiores aos estabelecidos por lei. Esta incompatibilidade poderia não ser perceptível através do cruzamento das cartas com o mapa de conflito devido ao facto de alguns destes equipamentos estarem classificados como “zona mista” (que, por lei, pode estar exposta a níveis sonoros superiores quando comparadas com as “zonas sensíveis”), pelo que esta avaliação se demonstrou necessária.

Após a análise de todos estes dados, elaborou-se uma proposta de zonamento acústico para o concelho de Cascais. A metodologia utilizada passou pela identificação das zonas do concelho onde se incidia a maior concentração de equipamentos sensíveis e área habitacional. Os tipos de equipamentos foram tidos em atenção, sendo que se procedeu à delimitação de zonas com especial atenção para os equipamentos de saúde e de educação.

### 5.1.2. Avaliação da percepção do ruído pela população

A avaliação da percepção do ruído pela população teve como base a realização de inquéritos, com o objetivo de recolher informação sobre o incómodo que o ruído provoca no quotidiano da população do concelho de Cascais. Além disso, os inquiridos foram também questionados sobre o seu conhecimento relativamente à legislação existente sobre o ruído, grau de satisfação da qualidade sonora do concelho, perspectivas futuras da qualidade sonora e consequências do ruído na saúde. A população-alvo do inquérito foram os residentes do concelho de Cascais.

Para que a amostragem fosse representativa do concelho, procedeu-se previamente à realização de uma proporção com os residentes de cada freguesia para o número total de habitantes do concelho, para um total de 100 inquéritos (Tabela 5.1). Os dados respeitantes à população residente foram recolhidos no site do INE, referente à campanha “CENSOS 2011”. A proporção efetuada define-se pelo uso da equação (6):

$$\text{Inquéritos por freguesia} = \left( \frac{\text{População freguesia}}{\text{População Total Concelho Cascais}} \right) * 100 \quad (6)$$

**Tabela 5.1** - Proporção e número de inquéritos realizado por freguesia (adaptado de INE, 2012)

Local de residência	População residente (N.º) por Local de residência.		
	Total	Proporção	Inquéritos por freguesia
<b>Alcabideche</b>	42160	0,204	20
<b>Carcavelos</b>	23296	0,112	11
<b>Cascais</b>	35409	0,171	17
<b>Estoril</b>	26397	0,127	13
<b>Parede</b>	21660	0,105	11
<b>São Domingos de Rana</b>	57507	0,278	28

A amostragem caracteriza-se como aleatória estratificada, dado que o inquérito era apenas realizado a residentes do concelho, sendo que o total de inquéritos (100) se dividiu pelas seis freguesias, tal como exposto anteriormente.

O inquérito foi realizado pelo autor no dia 15 de Janeiro de 2013 nas freguesias de Carcavelos, Parede, Estoril e Cascais, e no dia 16 de Janeiro de 2013 nas freguesias de Alcabideche e S. Domingos de Rana. O inquérito efectuou-se através da abordagem de pessoas nas ruas do concelho, respeitando o número de inquéritos por freguesia.

O inquérito divide-se em quatro secções: (1) “Informação sobre legislação existente”; (2) “Ruído Ambiente”; (3) “Ruído Interior (dentro de casa)”; (4) “Saúde e Perspectivas Futuras”. Nas secções (2) e (3), são apresentadas diversas fontes causadoras de ruído, onde o inquirido deve classificar numa escala de 1 a 5 (sendo 1 “Nada” e 5 “Muito”) o quanto se sente incomodado pela fonte em questão. Através da avaliação das escalas de incómodo por fonte de ruído, pretende-se saber qual a fonte que maior incómodo causa no concelho, de forma que, no decorrer do processo de elaboração de estratégias de mitigação do ruído, essas fontes tenham especial atenção. A estrutura do inquérito pode ser consultada no Anexo 1.

#### **5.1.2.1. Tratamento estatístico**

Após realização do inquérito, procedeu-se ao tratamento estatístico. Numa primeira fase, realizou-se a contagem e separação das respostas obtidas. Os dados foram organizados com auxílio do *software* Microsoft Excel 2010. Através deste, elaboraram-se tabelas e gráficos que permitiram a organização das respostas dos inquéritos para posterior análise crítica.

Como a totalidade das perguntas do inquérito correspondem a classes nominais, a metodologia utilizada para determinar a independência entre variáveis incidiu sobre o teste do Qui-quadrado, recorrendo à criação de tabelas de contingência.

Para o teste do Qui-Quadrado, assume-se as hipóteses  $H_0$  e  $H_1$ , onde:

- $H_0$ : as variáveis X e Y são independentes;
- $H_1$ : as variáveis X e Y são dependentes;
- Assumiu-se um nível de significância de 95% ( $\alpha=0,05$ ).
- Se  $p\text{-value} \leq \alpha$ , rejeita-se  $H_0$  e as variáveis são dependentes;
- Se  $p\text{-value} > \alpha$ , não se rejeita  $H_0$  e as variáveis são independentes;

O software utilizado para o tratamento dos dados relativos aos inquéritos foi o IBM SPSS™ Statistics 20.



## **6. O ruído no concelho de Cascais.**

O concelho de Cascais, devido à sua dimensão e complexidade, possui diversas infra-estruturas que podem causar incómodo às populações, devido à conseqüente emissão de níveis sonoros elevados, como por exemplo, estradas, unidades industriais, linhas férreas, entre outras. É fundamental que, antes da construção de infra-estruturas, seja considerada a zona envolvente em que estas serão erguidas.

No geral, os impactes do ruído são sentidos de igual forma pelos residentes nas diferentes freguesias do concelho, sendo que Carcavelos tem uma maior exposição ao ruído e São Domingos de Rana tem uma menor exposição ao ruído (C.M. Cascais, 2011c). Segundo o ETAC, cerca de 7% da população do concelho de Cascais encontra-se exposta a níveis de ruído superiores a 65 dB (A), valores muito superiores aos estipulados na legislação nacional e europeia.

As principais fontes de ruído, que afetam o concelho, são, por ordem decrescente, a rede rodoviária, a linha férrea de Cascais (ligação Cais do Sodré/Cascais), o Aeródromo Municipal de Cascais, o Autódromo do Estoril e algumas unidades industriais (C.M. Cascais, 2010c).

A análise dos mapas de conflito (obtidos através do cruzamento da classificação de “zonas sensíveis” e “zonas mistas” e os mapas de ruído) permite identificar a existência de áreas em incumprimento das disposições regulamentares relativas aos níveis sonoros máximos admissíveis, em zonas com ocupação sensível ao ruído, correspondendo essencialmente a áreas próximas dos principais eixos viários, e em zonas com ocupação mista ao ruído, áreas próximas do Autódromo do Estoril e do Aeródromo Municipal de Cascais (DPGU, 2012b).

### **6.1. Eixos rodoviários**

Segundo o Relatório de revisão dos Mapas de Ruído de Cascais, da rede rodoviária do concelho, destacam-se, pela sua relevância em termos de emissão de ruído:

- A5 – Auto-estrada do Estoril;
- A16/IC30;
- E.N. 6 (Avenida Marginal);
- E.N. 6-8 (Av. dos Bombeiros Voluntários e Av. da República), no Estoril;
- VLN Via Longitudinal Norte (3.ª Circular), em Cascais;
- 3ª Circular (cobre);
- Av. De Sintra, em Cascais;
- E.N. 6-7 (acesso à A5), em Carcavelos;
- E.N. 249-4 (Estrada da Abóboda);
- Av. 25 de Abril, em Cascais;
- E.M. 589 (Estrada de Manique/ Estrada José Justino Anjos);
- E.N. 9-1 (Av. Eng.º Adelino Amaro da Costa);

- E.M. 579 (Estada da Conceição da Abóboda/ Estrada de Talaíde).

A **A5** faz a ligação entre Cascais e Lisboa (Figura 6.1) e é utilizada principalmente para deslocações pendulares diárias casa-trabalho, com grandes volumes de tráfego, especialmente nas horas de ponta, registando congestionamentos diários, sobretudo entre o nó de Carcavelos e Lisboa. O tráfego é dominado por veículos ligeiros, com percentagens muito baixas de veículos pesados (dBLab, 2009). As velocidades de circulação média são na ordem dos 90/120 km/h, constituindo assim uma das vias mais ruidosas do concelho.



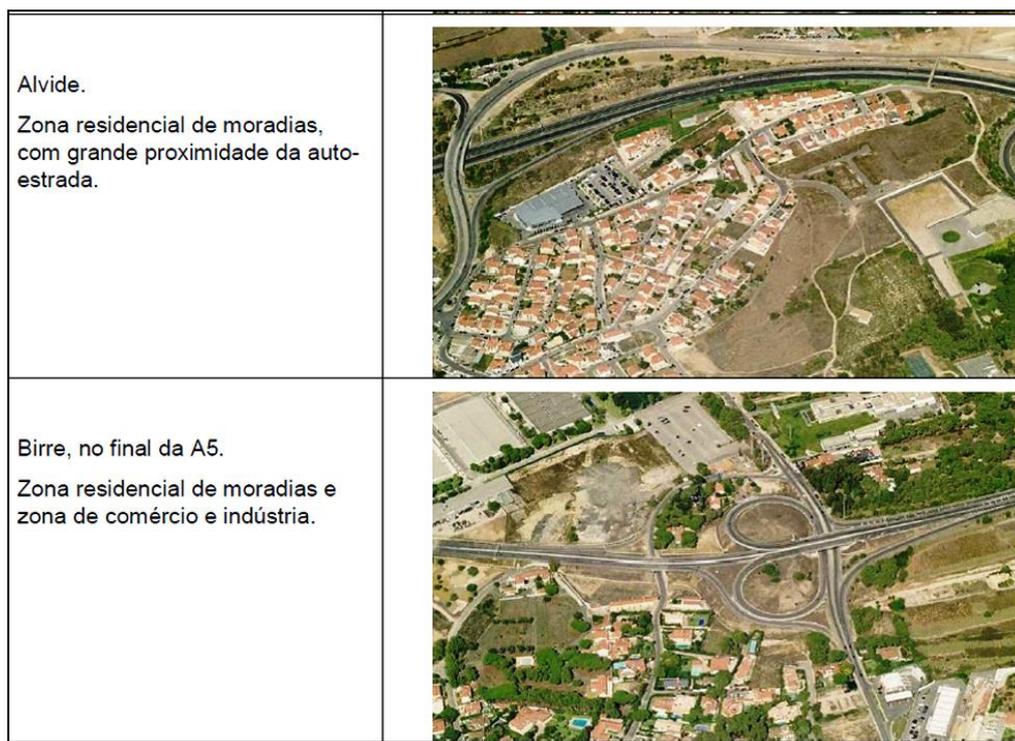
**Figura 6.1** - A5 (Auto-Estrada da Costa do Estoril) (<http://maps.google.pt>)

Os níveis sonoros variam bastante ao longo do traçado, em consequência da existência de alguns obstáculos à propagação sonora, como por exemplo taludes e barreiras acústicas (C.M. Cascais, 2011b). Em algumas destas zonas, não se verificam, atualmente, situações gravosas de exposição a níveis sonoros excessivos, consequência da proteção exercida por estas barreiras aos aglomerados habitacionais mais próximos. Na ausência de obstáculos à propagação sonora, proveniente do tráfego automóvel, registam-se valores  $L_{den} \approx 65/70$  dB(A) e  $L_n \approx 55/60$  dB(A) a cerca de 25 m das bermas da via (C.M. Cascais, 2010c).

Nas freguesias de S. Domingos de Rana (Figura 6.2) e Alcabideche (Figura 6.3), a perturbação acústica é mais relevante, já que a proximidade desta infra-estrutura aos aglomerados habitacionais é maior. Nas restantes freguesias, a ocupação humana nas proximidades da via é menos significativa, tornando a perturbação acústica menos evidente (C.M. Cascais, 2011b).

<p>Bairros da Mina e do Pinhal. Aglomerados de casas térreas antigas, junto à ribeira e algumas moradias e prédios mais recentes.</p>	
<p>São Domingos de Rana. Zona residencial de grande densidade urbana, com prédios de habitação e moradias.</p>	
<p>Tires. Zona residencial de moradias, com grande proximidade da auto-estrada.</p>	
<p>Caparide. Zona residencial de moradias, com grande proximidade da auto-estrada.</p>	
<p>Bicesse. Zona residencial de moradias, com grande proximidade da auto-estrada, e alguns prédios de habitação.</p>	

**Figura 6.2** - Exemplo de aglomerados urbanos próximos da A5 na freguesia de S. Domingos de Rana (adaptado de dBLab, 2009)



**Figura 6.3** - Exemplo de aglomerados urbanos próximos da A5 na freguesia de Alcabideche (adaptado de dBLab, 2009)

Entre Alcabideche e Cascais (secção final da auto-estrada) os níveis sonoros gerados são ligeiramente inferiores aos gerados nas restantes secções, devido à redução dos volumes de tráfego, registando valores  $L_{den} \approx 60/65$  dB(A) e  $L_n \approx 55/60$  dB(A) a cerca de 25 m da via. No entanto, como nesta zona quase não existem aglomerados habitacionais junto à via, não se configuram situações graves de exposição a ruído excessivo (C.M. Cascais, 2010c).

Relativamente à população exposta ao ruído da A5, os valores encontram-se apresentados nas Tabelas 6.1 e 6.2 (dBLab, 2009).

**Tabela 6.1** - População exposta ao ruído da A5, para o indicador Lden (adaptado de dBLab, 2009)

<b>Classes</b>	<b>Número Estimado de pessoas (centenas)</b>
$55 < L_{den} \leq 60$	84
$60 < L_{den} \leq 65$	21
$65 < L_{den} \leq 70$	4
$70 < L_{den} \leq 75$	2
$L_{den} > 75$	0

**Tabela 6.2** - População exposta ao ruído da A5, para o indicador  $L_n$  (adaptado de dBLab, 2009)

<b>Classes</b>	<b>Número Estimado de Pessoas (Centenas)</b>
$45 < L_n \leq 50$	146
$50 < L_n \leq 55$	118
$55 < L_n \leq 60$	49
$60 < L_n \leq 65$	8
$65 < L_n \leq 70$	2
$L_n > 70$	0

A **A16** é uma via rápida (com características de auto-estrada), com volumes de tráfego significativos e velocidades de circulação média na ordem dos 80/110 km/h, considerando-se assim uma via ruidosa (DPGU, 2012b). Entrou em fase de exploração em Outubro de 2009, pelo que se admite que os volumes de tráfego de circulação ainda não tenham estabilizado (e, conseqüentemente, as características de emissão sonora da camada de desgaste) (C.M. Cascais, 2010c).

Em campo aberto (ou seja, sem obstáculos à propagação do ruído) registam-se valores de  $L_{den} \approx 65/70$  dB(A) e  $L_n \approx 60/65$  dB(A) a cerca de 20m das bermas da via. No entanto, em zonas onde existem obstáculos à propagação sonora, os níveis sonoros registados à mesma distância da via são inferiores aos valores acima indicados (DPGU, 2012b).

A **Av. Marginal (E.N. 6)**, a par com a A5 é uma das principais vias de ligação de Cascais a Oeiras e Lisboa. Como tal, apresenta volumes de tráfego elevados, apesar de as velocidades médias de circulação serem de 60/70 km/h, limitada pontualmente pela existência de semáforos ao longo do traçado (C.M. Cascais, 2011b). Na ausência de obstáculos à propagação do ruído de tráfego, registam-se valores de  $L_{den} \approx 70/75$  dB(A) e  $L_n \approx 60/65$  dB(A) a cerca de 15m das bermas da via. No entanto, em zonas onde existem obstáculos à propagação sonora (por exemplo edifícios em banda), os níveis sonoros observados à mesma distância da via são inferiores aos valores acima indicados (C.M. Cascais, 2010c).

Em algumas zonas, a via desenvolve-se praticamente adjacente às fachadas das habitações (a distâncias inferiores a 5m), originando a exposição destas a níveis sonoros muito elevados, em alguns casos ultrapassando os limites regulamentares em mais de 5 dB(A). Estas zonas configuram situações prioritárias de intervenção no sentido de minimizar a afetação das populações (C.M. Cascais, 2010c). Além disso, algumas secções desta via estão paralelas à linha férrea de Cascais (Figura 6.4), que pode resultar, aquando da passagem do comboio, num ligeiro agravamento pontual dos níveis sonoros.



**Figura 6.4** - Proximidade da Linha ferroviária de Cascais e Av. Marginal (skyscrapercity.com)

Durante o período noturno, embora se registre uma redução expressiva dos volumes de tráfego, esta via apresenta com regularidade tráfego significativo, resultando em níveis sonoros relativamente elevados para o período em causa e situações de incomodidade marcada para as populações expostas (DPGU, 2012b).

Como consequência, e também devido à inexistência de barreiras acústicas (por não ser viável a sua edificação), a Av. Marginal é a fonte sonora que regista as condições mais gravosas de exposição ao ruído no concelho de Cascais (C.M. Cascais, 2010c).

A **E.N. 6-8 (Av. Dos Bombeiros Voluntários, no Estoril)** liga as freguesias do Estoril e de Alcabideche, registando velocidades médias de circulação entre 50 a 60 km/h, que determinam níveis sonoros da ordem de  $L_{den} \approx 60/65$  dB(A) e  $L_n \approx 50/55$  dB(A) a 15m das bermas. No troço final, os volumes de tráfego em circulação são ligeiramente superiores, determinando níveis sonoros da ordem de  $L_{den} \approx 65/70$  dB(A) e  $L_n \approx 55/60$  dB(A) a 15m (C.M. Cascais, 2010c). Dado a existência de habitações a curta distância da via, verifica-se a afetação das populações residentes por ruído de tráfego.

A **Via Longitudinal Norte**, em Alcabideche, estabelece a ligação entre a EN6-8 e o IC30 e apresenta volumes de tráfego de nível médio nos períodos diurno e do entardecer, e uma clara diminuição no período noturno. A distâncias aproximadas de 15m da berma da via os indicadores de ruído apresentam valores de  $L_{den} \approx 60/65$  dB (A) e  $L_n \approx 55/60$  dB (A). No troço após o cruzamento com a Rua de Conde Barão, os volumes de tráfego em circulação diminuem originando níveis sonoros inferiores às mesmas distâncias ( $L_{den} \approx 55/60$  dB (A) e  $L_n \approx 45/50$  dB (A)). Face aos níveis sonoros registados e à existência de ocupação sensível junto à via, às distâncias já referidas, é previsível a ocorrência de situações de inconformidade com os limites regulamentares (C.M. Cascais, 2010c). Próximo desta via

está também localizado a área destinada à futura implantação do novo Hospital de Cascais (C.M. Cascais, 2011b).

A **3.ª Circular** estabelece a ligação entre a EN9-1 e a Via Longitudinal Norte, afetando um aglomerado habitacional (Cobre), e apresenta volumes de tráfego de nível médio nos períodos diurno e do entardecer (DPGU, 2012b). No troço inicial da via, no interior do tecido urbano de Cobre, a distâncias aproximadas de 10m da berma da via, os indicadores de ruído apresentam valores de  $L_{den} \approx 55/60$  dB(A) e  $L_n \approx 45/50$  dB(A). Por outro lado, no troço após a separação dos sentidos de circulação, por força do acréscimo da velocidade média, os níveis sonoros assinalados são superiores às mesmas distâncias da via, com  $L_{den} \approx 65/70$  dB(A) e  $L_n \approx 50/55$  dB(A) (C. M. Cascais, 2010c).

A **Av. de Sintra**, em Cascais, faz a ligação entre o centro de Cascais e a EN9, atravessando áreas com elevada densidade populacional (C.M. Cascais, 2011b). Possui volumes de tráfego relativamente elevados, provocando várias situações de exposição das populações ao ruído que excedem os limites regulamentares (DPGU, 2012b). A distâncias da ordem de 15m da berma da via o indicador  $L_{den}$  varia entre 60/65 dB(A) e  $L_n$  varia entre 50/55 dB(A) (C. M. Cascais, 2010c).

A **EN 6-7** atravessa a freguesia de Carcavelos, estabelecendo a ligação entre a Av. Marginal (EN6) e a A5, sendo que o seu traçado atravessa áreas com elevada ocupação habitacional (C.M. Cascais, 2011b). Possui características de via rápida, apesar de não registar velocidades muito elevadas, devido à existência de várias rotundas. Relativamente aos níveis sonoros, o indicador  $L_{den}$  varia entre 60/65 dB(A) e  $L_n$  entre 50/55 dB(A), a cerca de 15m da berma. Após a rotunda da Quinta do Barão, identifica-se uma ligeira diminuição dos níveis sonoros para valores de  $L_{den} \approx 55/60$  dB(A) e  $L_n \approx 45/50$  dB(A) (C. M. Cascais, 2010c).

A **E.N. 249-4** atravessa núcleos urbanos como Abóboda e Trajouce, tem desenvolvimento longitudinal, estabelecendo as ligações da zona Norte de Cascais com o concelho de Sintra e atravessa de Norte a Sul a freguesia de S. Domingos de Rana (C.M. Cascais, 2011b). Apresenta tráfego expressivo, particularmente caracterizado por veículos pesados (superior às restantes vias do concelho), dando origem a níveis sonoros elevados que provocam graves situações de exposição das populações ao ruído (DPGU, 2012b). No troço entre a Auto-Estrada A5 e a rotunda da Abóboda, a aproximadamente 10m da berma, registam-se valores, para o indicador  $L_{den} \approx 65/70$  dB(A) e para  $L_n \approx 55/60$  dB(A). No restante traçado, os níveis sonoros previstos diminuem ligeiramente, sendo da ordem de  $L_{den} \approx 60/65$  dB(A) e  $L_n \approx 50/55$  dB(A) (C.M. Cascais, 2010c).

A **E.M. 579 (Estrada da Conceição da Abóboda/ Estrada de Talaíde)** atravessa os núcleos urbanos de Abóboda e Talaíde, e apresenta um tráfego expressivo de veículos pesados relevante. Nas zonas onde o traçado se localiza junto a edifícios de habitação, ocorrem atualmente situações de ultrapassagem dos níveis sonoros máximos estabelecidos na legislação, e que carecem de correção.

O indicador  $L_{den}$  varia entre 60/65 dB(A) e  $L_n$  entre 50/55 dB(A), a aproximadamente 10m da sua berma (C.M. Cascais, 2010c).

A **E.M. 589 (Estrada de Manique/ Estrada José Justino Anjos)** liga os núcleos urbanos de Manique e Trajouce, e apresenta tráfego expressivo, em particular de veículos pesados (DPGU, 2012b). Quando o traçado se desenvolve junto a edifícios de habitação, ocorrem atualmente situações de ultrapassagem dos níveis sonoros máximos estabelecidos, afetando as populações. O indicador  $L_{den}$  varia entre 65 e 72 dB(A) e o indicador  $L_n$  entre 55 e 60 dB(A), a aproximadamente 15m da sua berma (C.M. Cascais, 2010c).

A **E.N. 9-1 (Av. Eng.º Adelino Amaro da Costa)** liga o final da A5 ao centro da cidade de Cascais, promovendo a ligação entre Alcabideche e Cascais através de uma zona urbana, com habitações a curta distância das bermas da via, situação que aliada aos elevados volumes de tráfego resulta numa afetação significativa das populações residentes ao ruído de tráfego (DPGU, 2012b). O troço Norte apresenta um volume de tráfego de pequena expressão, já o troço Sul, que serve a zona urbana, apresenta um volume de tráfego mais significativo (C.M. Cascais, 2011b). Os valores do indicador  $L_{den}$  registados situam-se entre 65 e 70 dB(A), e do indicador  $L_n$  entre 55 e 60 dB(A), a aproximadamente 10m da berma da via, até à rotunda de cruzamento com a Av. Infante D. Henrique (C.M. Cascais, 2010c).

## 6.2. Linha ferroviária

A crescente pressão urbanística em torno dos grandes núcleos urbanos foi levando ao desenvolvimento de novas áreas, que encontraram nas estações e apeadeiros, locais ótimos para a sua expansão, fruto da mobilidade e fácil acesso que ofereciam. Logo, foi uma questão de tempo para que o contínuo urbanístico ficasse consolidado ao redor dos eixos ferroviários. Este desenvolvimento, sem critério que acautelasse as questões do ruído, constitui uma obrigação que recai sobre a via-férrea, passando as companhias a ter que internalizar este custo (REFER, 2008).

A via-férrea Cais do Sodré - Cascais constitui uma fonte ruidosa significativa, apesar de não se apresentar tão ruidosa como os principais eixos rodoviários referidos, interrompendo o seu funcionamento durante a madrugada, entre as 02h10m e as 05h30m (DPGU, 2012b).

Desenvolve-se ao longo do limite sul do concelho, paralelamente à Av. Marginal, circulando a uma velocidade máxima de 90 km/h. No concelho de Cascais atravessa as freguesias de Carcavelos, Parede, Estoril e Cascais (REFER, 2008). Os níveis sonoros emitidos pela linha, a uma distância média de 15m da via, registaram para o indicador  $L_{den}$  valores entre 65/70 dB(A) e  $L_n$  entre 55/60 dB(A). Em alguns troços da linha férrea desenvolvem-se paralelamente e na proximidade da Av. Marginal, pelo que o ruído sentido nessas zonas é provocado pelas duas vias. Existindo edifícios habitacionais nestas zonas (Figura 6.5), estas representa situações de incomodidade com alguma relevância (C.M. Cascais, 2010c).



**Figura 6.5** - Estação de São Pedro do Estoril, Cascais (aventar.eu)

O facto de a circulação ferroviária ser interrompida entre as 02h10m e as 05h30m da madrugada, constitui um aspeto positivo no que respeita a afetação das populações residentes nas proximidades, durante o período noturno, em particular por se tratar do período de maior sensibilidade (C.M. Cascais, 2010c).

### 6.3. Unidades Industriais

No concelho, S. Domingos de Rana e Alcabideche são as freguesias que possuem mais unidades industriais de relevância para a temática do ruído. Essas unidades apresentam-se descritas na Tabela 6.3.

**Tabela 6.3** - Unidades industriais retratadas no mapa de ruído do concelho de Cascais (adaptado C.M. Cascais, 2010c)

Freguesia	Unidade Industrial	Descrição
S. Domingos de Rana	<b>LAFARGE (ex-BETECNA)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Situa-se na zona industrial de Trajouce, relativamente afastada de habitações, sendo que os níveis sonoros resultantes do seu funcionamento são praticamente impercetíveis no exterior da instalação;</li> <li>O indicador <math>L_d</math> (período diurno) varia entre 65 e 70 dB(A) a distâncias médias de 15m da unidade;</li> </ul>
	<b>TRATOLIXO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Situa-se na extremidade Norte-Nascente do concelho e possui regimes de laboração diferenciados e aleatórios em termos de emissões de ruído para o exterior;</li> <li>Níveis sonoros médios de <math>L_d</math> variam entre 50 e 70 dB(A), e durante os períodos do entardecer e noturno não labora;</li> <li>Face ao afastamento da unidade industrial aos aglomerados habitacionais mais próximos, não se verificam situações gravosas de afetação pelo ruído gerado;</li> </ul>

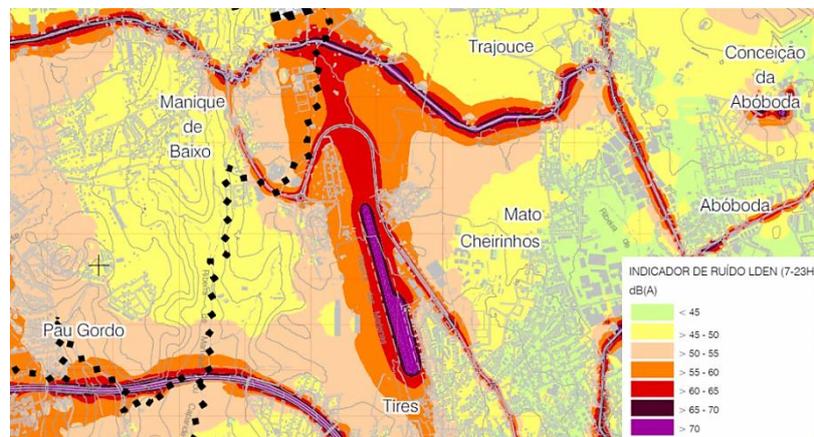
	<b>SANESTRADAS, Lda.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Situa-se em Trajouce, na extremidade Norte-Nascente do concelho e possui regimes de laboração diferenciados e aleatórios, relativamente a emissões de ruído para o exterior;</li> <li>• Embora em alguns períodos de funcionamento sejam gerados níveis sonoros intensos, especialmente quando se efetuam operações de britagem e/ou carga/descarga de camiões, os níveis sonoros médios <math>L_d</math> nos limites da instalação variam entre 60 e 70 dB(A), sendo que durante os períodos do entardecer e noturno a unidade não labora;</li> <li>• A proximidade a algumas habitações pode dar origem a situações de incomodidade por ruído para os residentes vizinhos;</li> </ul>
	<b>DUREZA, Lda.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Situa-se na zona industrial da Abóboda, junto à EN249-4, e apesar de, em condições normais de laboração, registar a emissão de níveis sonoros intensos (<math>L_{Aeq} \approx 70</math> dB(A) a 15m), não afeta zonas com ocupação sensível.</li> <li>• Não labora durante os períodos do entardecer e noturno.</li> </ul>
<b>Alcabideche</b>	<b>BETÃO LIZ</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Situa-se na zona industrial da Adroana, junto à EN 247-5, e, em condições normais de funcionamento, regista níveis sonoros <math>L_{Aeq} \text{Período Diurno} \approx 50</math> dB(A) a 2m, mas que não afetam de forma sensível as habitações mais próximas, situadas a cerca de 100m de distância.</li> <li>• O ruído do tráfego na EN247-5 exerce um efeito de “mascaramento” do ruído emitido por esta indústria.</li> <li>• Não labora durante os períodos do entardecer e noturno;</li> </ul>
	<b>JODOFER</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Situada na freguesia de Alcabideche junto à Panificadora Cogumelo, abrange um estaleiro, parque de máquinas, pavilhão industrial e britadeira de inertes.</li> <li>• Os níveis sonoros resultantes do seu funcionamento determinam valores de <math>L_{Aeq} \approx 55/60</math> dB(A) a 5m do equipamento para o período diurno;</li> <li>• Esta unidade industrial não labora durante os períodos do entardecer e noturno.</li> </ul>
	<b>PANIFICADORA COGUMELO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Localiza-se nas proximidades do novo Hospital de Cascais, e os níveis sonoros resultantes do seu funcionamento não têm expressão significativa a nível do concelho.</li> <li>• No entanto a proximidade a um aglomerado habitacional pode dar origem a situações de incomodidade por ruído, em particular no caso de funcionamento de equipamentos durante o período noturno.</li> </ul>

#### 6.4. Aeródromo Municipal de Cascais

Situado junto ao aglomerado urbano de Tires, com adjacência à EN247-5, o aeródromo municipal de Cascais possui como fonte emissora de ruído as atividades de voo ali desenvolvidas. Estas atividades provocam níveis sonoros que afetam de forma diferenciada a sua vizinhança, já que, devido às condições meteorológicas, 80 a 90% das descolagens são efetuadas no sentido Sul-Norte. Deste modo, por consequência, as zonas urbanas mais afetadas pelo ruído de tráfego aéreo situam-se junto à pista de manobras, que se encontra a nascente da infra-estrutura, e junto ao topo Norte/Nordeste da pista principal (C.M. Cascais, 2010c).

O ruído característico desta infra-estrutura considera os movimentos típicos de aviação (aterragem, decolagem e sobrevoos normais), tendo em atenção as diversas categorias de aeronaves, incluindo helicópteros, ou seja, diferentes tipos de aeronaves produzem diferentes níveis sonoros. Existem duas “rotas” diferenciadas para a decolagem das aeronaves: uma para Noroeste utilizada pela maioria dos aparelhos, e outra para Nascente usada principalmente por helicópteros (DPGU, 2012b).

O indicador  $L_{den}$  regista valores entre 60 e 65 dB (A), a distâncias de cerca de 15m da pista principal, sendo que, na área de influência da pista de manobras a Nascente (na proximidade das habitações existentes), os níveis sonoros são superiores a estes, registando-se valores de  $L_{den} \approx 70/75$  dB (A) (Figura 6.6). Durante o período noturno a atividade desta infra-estrutura é esporádica e irregular, pelo que o seu contributo para os indicadores globais  $L_{den}$  e  $L_n$  é residual (C.M. Cascais, 2010c).



**Figura 6.6** - Carta de Ruído do Aeródromo Municipal de Cascais, para o indicador de ruído  $L_{den}$  (adaptado C.M. Cascais, 2011)

### 6.5. Autódromo do Estoril

O Autódromo “Fernanda Pires da Silva” localiza-se no limite Norte do concelho, estando incluído na área de afetação do Parque Natural Sintra-Cascais (DPGU, 2012b). A principal fonte de emissões de ruído por parte do autódromo são as provas de automobilismo e motociclismo realizadas no local.

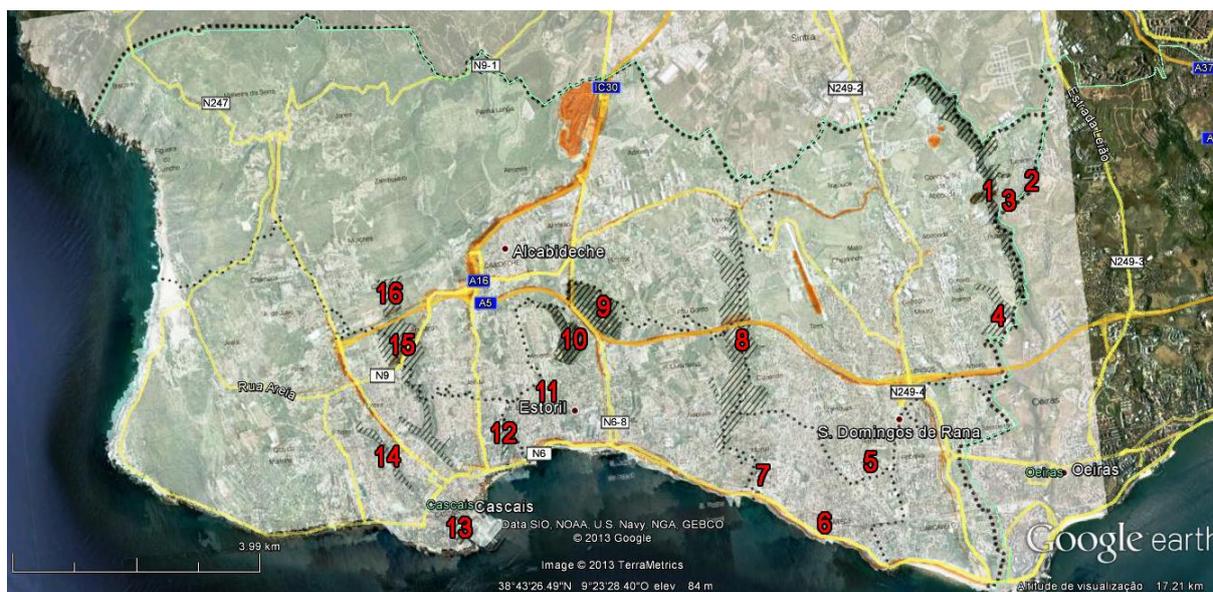
A caracterização das condições acústicas típicas das atividades ruidosas aqui desenvolvidas foi efetuada no âmbito da anterior versão dos mapas em título (2007), de acordo com os procedimentos normalizados, durante a realização de uma prova internacional de motociclismo (C.M. Cascais, 2010c).

A amostragem foi realizada durante os três dias de duração de provas, sendo de assinalar a ocorrência de níveis sonoros  $LA_{eq} \approx 60/70$  dB (A) em diversas zonas urbanizadas nas proximidades da pista (C.M. Cascais, 2010c).



## 7. Análise ao Zonamento Acústico do Concelho de Cascais.

A delimitação do concelho em zonas sensíveis e zonas mistas é fundamental para o planeamento municipal. O estabelecimento destas zonas permite que o uso do território seja distribuído de forma adequada, tentando-se minimizar os impactes que o ruído de algumas atividade pode provocar nos recetores mais sensíveis. Esta classificação é da responsabilidade dos municípios, que devem estabelecer nos planos municipais de ordenamento do território a classificação, delimitação e disciplinas dos dois tipos de zonas. A Figura 7.1 apresenta o mapa de conflito para o indicador Ln, onde é possível observar as zonas sensíveis e mistas.



**Figura 7.1** - Áreas classificadas como "Zonas sensíveis" no concelho de Cascais (Google Earth; C.M. Cascais, 2012)

Existem 16 zonas classificadas como "sensíveis", sendo que o resto do concelho se encontra classificado como "zona mista". Identificou-se como zona sensível:

1. Área classificada como "REN"/Ribeira da Laje;
2. Área classificada como "REN"/Ribeira da Laje;
3. Área classificada como "REN";
4. Área classificada como "REN"/ Plano Pormenor da Villa Romana de Freiria
5. Escola Básica 1º Ciclo n.º 2 de São Domingos de Rana;
6. Jardim Morais;
7. Jardim da Parede;
8. Área classificada como "REN"/ Ribeira de Caparide/ Seminário Patriarcal de S. José;
9. Área classificada como "REN"/ Campo de golf;
10. Área classificada como "REN"/ Clube de golf do Estoril;
11. Museu da Música Portuguesa;
12. Parque de Palmela/ Ribeira da Castenhana/ Área classificada como "REN";
13. Jardim Marechal Carmona;

14. Área classificada como “REN”/ Ribeira dos Mochos;
15. Área classificada como “REN”/ Ribeira das Vinhas/ Quinta Pedagógica Armando Vilar;
16. Área classificada como “REN”/ Ribeira das Vinhas/ Parque urbano Penhas da Marmeleira.

Informações recolhidas junto da Câmara de Cascais, nomeadamente, através da Divisão de Planeamento e Ordenamento do Território do Departamento de Planeamento e Qualificação ambiental, face à estipulação do RGR que exige que cafés e equipamentos de restauração, para pertencerem a uma zona sensível não podem estar em funcionamento durante o período noturno (23h-7h), optou-se pela classificação de zonas verdes urbanas como sensíveis com o intuito de garantir o conforto acústico da população aquando da utilização destes espaços.

De seguida, apresentam-se os resultados conclusivos do método aplicado (apresentado no capítulo 5 – Metodologia), separados por equipamentos de utilização sensível.

### **7.1. Equipamentos escolares**

A Figura 3.4 do Anexo 3 apresenta a distribuição das escolas pelo concelho.

Observa-se um quase total desencontro entre os equipamentos escolares e as áreas sensíveis, ou seja, nenhuma área escolar se encontra classificada como sensível. As escolas do concelho encontram-se classificadas como zona mista. A exceção é a zona sensível nº5, que consiste na Escola Básica 1º Ciclo n.º 2 de São Domingos de Rana e perímetro evolvente. Além disso, existem estabelecimentos de ensino que se encontram nas proximidades de áreas classificadas como sensíveis como é o caso da Escola Básica da Alapraia (escola-sede de agrupamento) cuja área de influência se interceta com a zona sensível nº 8 e duas escolas privadas que se encontram dentro das zonas sensíveis 9 e 14.

Apesar da grande maioria dos equipamentos escolares se encontrar classificada como zona mista, ao analisar a Figura 3.4 é possível observar que alguns equipamentos poderão estar sujeitos a níveis sonoros em excesso, nomeadamente os que se encontram nas imediações dos eixos rodoviários. Ao cruzar a carta 04-02-02 com a carta de ruído acrescenta-se a estes casos a Escola Básica e Secundário Frei Gonçalo Azevedo (localizada nas imediações da EN 249-4) e as escolas localizadas ao longo da Av. de Sintra.

### **7.2. Ocupação do solo**

A Figura 3.3 do Anexo 3 apresenta a classificação da ocupação do solo do concelho juntamente com a localização das áreas classificadas como sensíveis. O cruzamento entre estas duas cartas permite clarificar melhor que tipo de ocupação as áreas sensíveis possuem.

Recuperando as zonas numeradas referidas em cima, é possível analisar que algumas áreas classificadas como sensíveis possuem mais do que um tipo de ocupação de solo. Assim sendo:

1. "Florestas abertas e vegetação arbustiva e herbácea"/ "Florestas"/ "Indústria, comércio e transportes"/ "Áreas de extração de inertes, deposição de resíduos e estaleiros de construção";
2. "Florestas abertas e vegetação arbustiva e herbácea"/ "Áreas agrícolas heterogéneas";
3. "Florestas abertas e vegetação arbustiva e herbácea"/ "Áreas agrícolas heterogéneas";
4. "Culturas temporárias"/ "Áreas de extração de inertes, deposição de resíduos e estaleiros de construção"/ "Florestas abertas e vegetação arbustiva e herbácea";
5. "Verdes urbanos, equipamentos desportivos, culturais e de lazer e zonas históricas";
6. "Verdes urbanos, equipamentos desportivos, culturais e de lazer e zonas históricas";
7. "Verdes urbanos, equipamentos desportivos, culturais e de lazer e zonas históricas";
8. "Florestas abertas e vegetação arbustiva e herbácea"/ "Culturas temporárias"/ "Culturas permanentes"/ "Áreas agrícolas heterogéneas"/ "Zonas húmidas interiores";
9. "Florestas abertas e vegetação arbustiva e herbácea"/ "Florestas"/ "Verdes urbanos, equipamentos desportivos, culturais e de lazer e zonas históricas";
10. "Verdes urbanos, equipamentos desportivos, culturais e de lazer e zonas históricas";
11. "Verdes urbanos, equipamentos desportivos, culturais e de lazer e zonas históricas";
12. "Verdes urbanos, equipamentos desportivos, culturais e de lazer e zonas históricas"/ "Florestas abertas e vegetação arbustiva e herbácea";
13. "Verdes urbanos, equipamentos desportivos, culturais e de lazer e zonas históricas"/ "Indústria, comércio e transportes";
14. "Verdes urbanos, equipamentos desportivos, culturais e de lazer e zonas históricas"/ "Florestas";
15. "Florestas abertas e vegetação arbustiva e herbácea"/ "Florestas"/ "Áreas agrícolas heterogéneas";
16. "Florestas abertas e vegetação arbustiva e herbácea"/ "Florestas"/ "Áreas agrícolas heterogéneas";

Facilmente se observa que a categoria relativa ao "Tecido Urbano" não se encontra inserido nas áreas consideradas como sensíveis. As categorias mais representativas nas zonas sensíveis são "Florestas abertas e vegetação arbustiva e herbácea" e "Verdes urbanos, equipamentos desportivos, culturais e de lazer e zonas históricas".

O facto de algumas áreas categorizadas como "Verdes urbanos, equipamentos desportivos, culturais e de lazer e zonas históricas" estarem também classificadas como zona sensível deve ser considerado e elogiado. Demonstra a preocupação da manutenção do conforto acústico da população aquando da utilização destas zonas. No entanto, a total ausência da delimitação de zonas sensíveis em áreas da categoria "Tecido Urbano" revela alguma preocupação, dado que é neste tipo de ocupação do solo que se encontram algumas das atividades e das localizações com maior presença de recetores sensíveis.

### **7.3. Equipamentos de Saúde**

A Figura 3.1 do Anexo 3 apresenta o mapa dos equipamentos de saúde (Farmácias, Bombeiros, Centros de saúde, Hospitais, entre outros) do concelho juntamente com a localização das áreas classificadas como sensíveis.

Apenas um deste tipo de equipamentos (Farmácia localizada na zona sensível 7: Jardim da Parede) se encontra dentro de uma área classificada como sensível. Os restantes equipamentos localizam-se fora destas áreas.

No entanto, observa-se que praticamente nenhum deste tipo de equipamentos se encontra sujeito a níveis de ruído capaz de considerar incómodo, apesar de a sua localização estar classificada como mista. As exceções a esta situação consistem em duas corporações de bombeiros (Cascais e Estoril) que devido à sua proximidade a eixos rodoviários com bastante tráfego estão sujeitos a níveis de ruído superiores aos estabelecidos por lei para zonas mistas.

Destaque para dois equipamentos: Hospital Dr. José de Almeida e Centro de Medicina Física e Reabilitação de Alcoitão. Estes equipamentos encontram-se junto de eixos rodoviários que registam elevados níveis de ruído, situação que deve ser considerada dada a importância destes equipamentos e do conforto acústico junto dos seus utentes aquando da sua utilização.

### **7.4. Equipamentos Culturais e Recreativos**

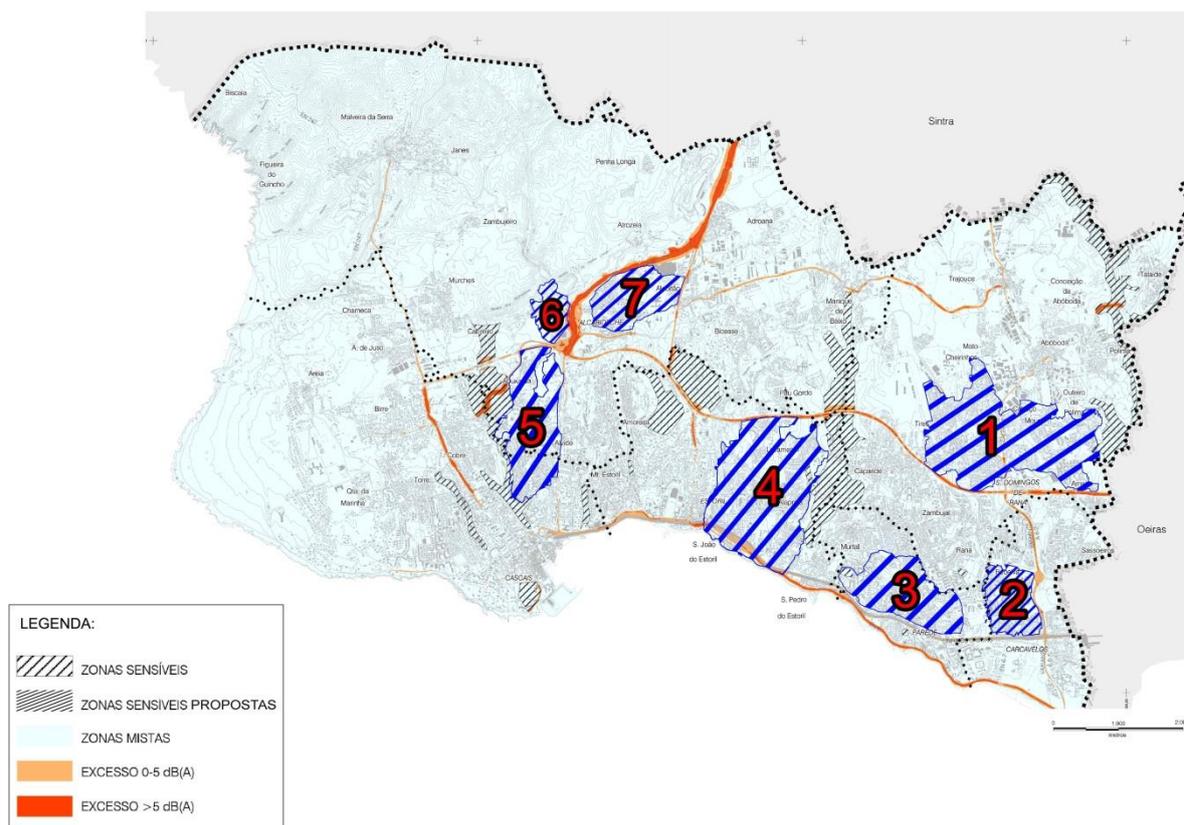
A Figura 3.2 do Anexo 3 apresenta o mapa dos equipamentos Culturais e Recreativos do concelho juntamente com a localização das áreas classificadas como sensíveis.

Numa análise preliminar assinala-se a existência de vários tipos diferentes de equipamentos culturais e recreativos na zona sensível nº 13. Na referida área sensível encontra-se uma “Biblioteca”, “Espaço Polivalente/Multifuncional”, “Ludoteca”, “Casa/Espaço Memória” e uma Associação Cultural. Assinala-se também que o Museu da Música Portuguesa (zona sensível nº 11) é o único equipamento cultural classificado como zona sensível.

A legislação atual não é clara quanto ao tipo de classificação a dar a este tipo de equipamentos. No entanto, dado que estes equipamentos servem a população nas mais diversas atividades, sendo que algumas exigem algum silêncio (por exemplo, bibliotecas, ludotecas, entre outros), é de todo o interesse classificar estes espaços como zonas sensíveis.

### **7.5. Proposta de Zonamento**

Após a análise realizada aos diversos serviços e equipamentos do concelho de Cascais que podem ser classificados como zona sensível, procedeu-se a uma delimitação de zonas sensíveis e mistas, a qual se apresenta na Figura 7.2.



**Figura 7.2** - Proposta de Zonamento Acústico

Acrescentaram-se assim mais 7 zonas sensíveis, ficando o concelho com um total de 23. A restante área concelhia permanece classificada como zona mista. Reconhece-se a incompatibilidade que o facto de “cafés e outros estabelecimentos de restauração, papelarias e outros estabelecimentos de comércio tradicional” só podem ser inseridos nas zonas sensível caso não tenham “funcionamento no período noturno” (tal como estabelecido no RGR). No entanto, o principal critério de zonamento aplicado consistiu na delimitação das áreas com maiores serviços de uso sensível, nomeadamente equipamentos de educação e saúde e habitação. Deste modo, o grau de exposição destes elementos ao ruído deverá ser reavaliado, dado que, por lei, as zonas sensíveis não podem estar expostas a níveis de ruído tão elevados como as zonas mistas.

As zonas propostas foram numeradas de forma a ser mais fácil a sua identificação. Deste modo, as zonas correspondem:

1. Zona urbana consolidada, com edifícios habitacionais, nove estabelecimentos de ensino (entre os quais uma escola-sede de agrupamento), um centro de saúde (Centro de Saúde da Parede - Extensão Tires), duas farmácias, cinco associações culturais, duas bibliotecas escolares e uma biblioteca municipal (Biblioteca Municipal de Cascais S. Domingos de Rana)
2. Zona urbana com edifícios habitacionais, sete estabelecimentos de ensino, três farmácias, uma corporação de bombeiros, três associações culturais e um centro de saúde (Centro de Saúde da Parede – Extensão de Carcavelos);

3. Zona urbana com edifícios habitacionais, 8 estabelecimentos de ensino (entre os quais uma escola-sede de agrupamento), quatro farmácias, duas associações culturais, um quartel dos bombeiros, um estabelecimento de respostas não-hospitalares-não lucrativas e outro público e uma equipa comunitária de saúde mental;
4. Zona urbana com edifícios habitacionais, treze estabelecimentos de ensino (entre os quais duas escolas-sede de agrupamento), duas farmácias, um centro de saúde (Centro de Saúde de São João do Estoril), um auditório (Auditório Nossa Senhora da Boa Nova), quatro bibliotecas escolares, uma ludoteca (Ludoteca da Galiza) e quatro associações culturais;
5. Zona urbana com edifícios habitacionais, 8 estabelecimentos de ensino, duas farmácias, uma biblioteca escolar, três associações culturais;
6. HPP - Hospital Dr. José de Almeida;
7. Zona urbana com edifícios habitacionais, 8 estabelecimentos de ensino (entre os quais duas escolas-sede de agrupamento), Centro de Saúde de Alcabideche, Centro de Medicina Física e Reabilitação de Alcoitão, uma farmácia, um quartel dos bombeiros, duas bibliotecas escolares,

O quadrante Sul do concelho era uma área com quase total ausência de zonas sensíveis, o que consistia numa falha grave, dado que, como referido anteriormente, o desenvolvimento populacional do concelho ocorreu ao longo do litoral, entre Cascais e Carcavelos, por consequência da criação do caminho-de-ferro e, mais tarde, da Estrada Marginal (EN6). Além disso, verificou-se a existência de diversas escolas e unidades de saúde ao longo da faixa litoral, principal motivo pelo qual se procedeu à delimitação de algumas zonas sensíveis neste quadrante.

Com esta proposta de classificação pretende-se proteger os recetores sensíveis do ruído, proporcionando-lhes um ambiente sonoro mais confortável e menos incómodo.

## **8. Avaliação da percepção do ruído pela população**

Nos dias 15 e 16 de Janeiro de 2013, foram realizados inquéritos aos residentes do concelho de Cascais sobre o ruído no concelho. O principal objetivo desta recolha foi a de conhecer o efeito que o ruído provoca nos residentes do concelho, assim como o seu conhecimento relativamente à legislação do ruído existente e efeitos na sua saúde.

O inquérito, além da habitual zona destinada aos “Dados de Caracterização”, está dividido em quatro temas diferentes: “Informação e Avaliação da qualidade Sonora”, “Ruído Ambiente”, “Ruído Interior” e “Saúde e Perspectivas Futuras”. A estrutura do inquérito encontra-se em anexo (Anexo 1).

### **8.1. Considerações Gerais e Caracterização**

Como referido no Capítulo 5 (Metodologia), a população-alvo do inquérito eram os residentes do concelho de Cascais. Para que a amostragem fosse representativa do concelho, realizou-se previamente uma proporção com os residentes de cada freguesia para o número total de habitantes do concelho, para um total de 100 inquéritos (Tabela 5.1). Os dados respeitantes à população residente foram recolhidos no site do INE, referente à campanha “CENSOS 2011”.

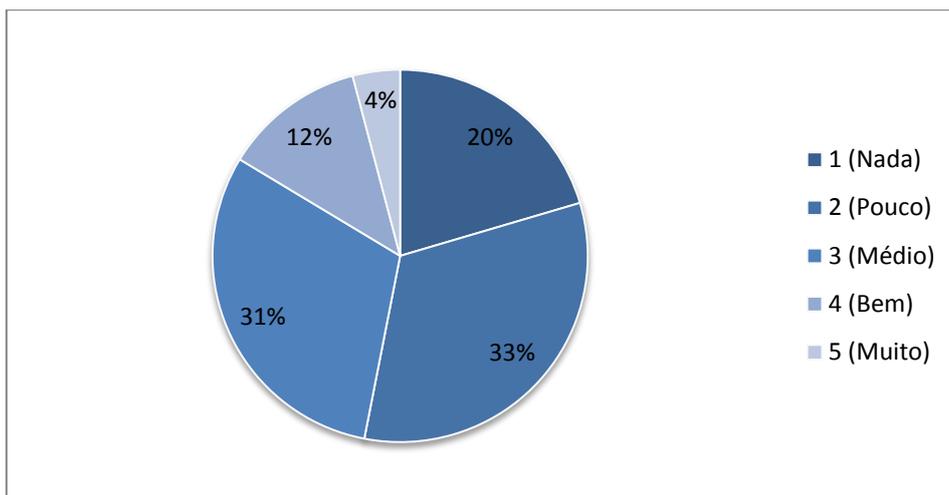
O inquérito teve um total de 100 respostas, onde 52 dos inquiridos são do sexo feminino e os restantes 48 são do sexo masculino. A maior parte dos inquiridos (31%) pertence a uma faixa etária entre os 20 e os 39 anos, seguido da classe entre os 40 e 59 anos (26%). 49% dos inquiridos possuem uma formação académica (29% “Licenciatura”, 10% “Mestrado/Pós-graduação” e 10% “Doutoramento”) e 26% são estudantes do ensino secundário.

Algumas questões do inquérito solicitavam ao inquirido que marca-se a sua opção numa escala de 1 a 5, onde 1 representa “nada incomodado/nada informado” e 5 “muito incomodado/muito informado”.

### **8.2. Informação e Avaliação da qualidade Sonora**

Esta secção reservava-se à avaliação do conhecimento das leis do ruído pela população do concelho. 51% dos inquiridos não possuía qualquer conhecimentos sobre a legislação nacional a nível do ruído, nomeadamente o RGR. Por consequência, a mesma percentagem de inquiridos assinalou como “Nada” o nível de conhecimento relativo às questões do ruído.

Os restantes 49% possuem conhecimento relativo à legislação existente do ruído. No entanto, constata-se que, apesar conhecerem a existência de legislação, não se consideram muito informados sobre o mesmo, sendo os níveis 2 (“Pouco”) e 3 (“Médio”) os mais assinalados com 33% e 21%, respectivamente (Figura 8.1).



**Figura 8.1** - Nível de conhecimento da legislação do ruído existente

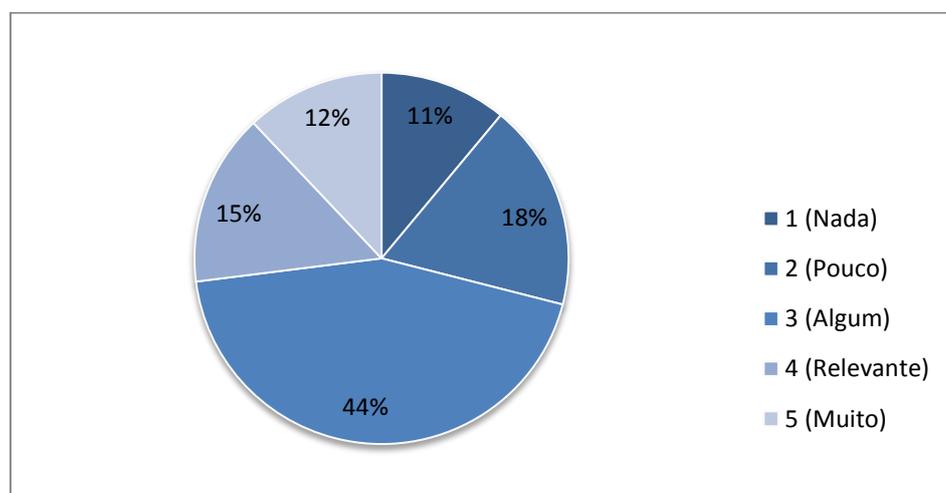
Quando questionados sobre o “Regulamento Municipal sobre o Ruído do Concelho de Cascais”, 81% dos inquiridos não tinha conhecimento sobre a sua existência.

### 8.3. Ruído Ambiente

Nesta secção, foi questionado como os inquiridos sentiam o ruído nas ruas do concelho de Cascais, assim como qual a fonte ruidosa que mais incómodo provocava. Através de uma escala de 1 a 5, os inquiridos classificaram, por fonte de ruído, o quão incomodados se sentiam por essa.

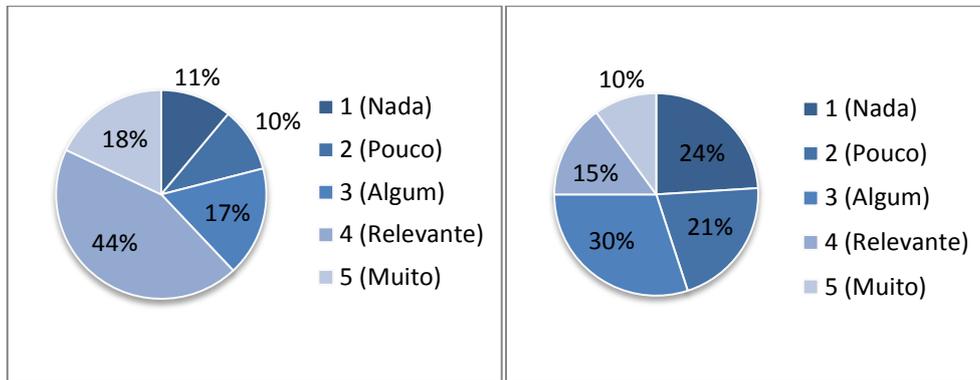
Quando interrogados sobre se alguma vez já se tinham sentido afetados pelo ruído nas ruas do concelho, 70% respondeu em sentido positivo (sendo que 37% respondeu “Sim” e 33% respondeu “Às vezes”).

Relativamente à percepção do ruído da rua, 44% responderam “Relevante”. O nível “1” (Nada) com 11% foi o menos assinalado (Figura 8.2).

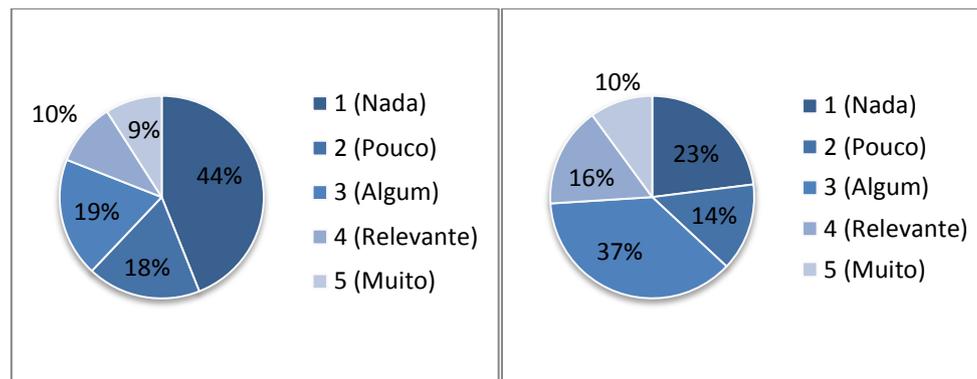


**Figura 8.2** - Percepção do ruído na rua

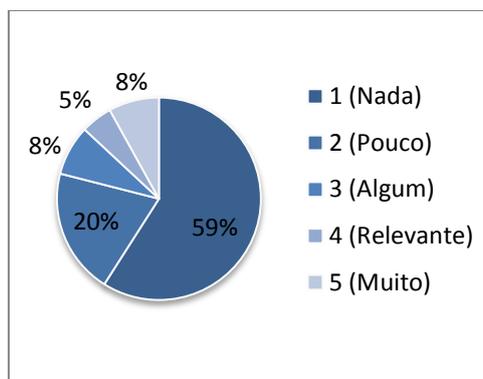
Das diferentes fontes de ruído apresentadas para classificação, o “tráfego automóvel” foi a que recebeu as classificações mais elevadas, sendo que 44% dos inquiridos consideraram esta fonte como “Relevante”. Contrastando com esta fonte, “Indústria” e “Tráfego ferroviário” foram as fontes onde os inquiridos assinalaram mais vezes os níveis mais baixos da escala, com 59% e 44% de respostas assinaladas como “Nada”, respectivamente. Nas figuras seguintes apresenta-se a distribuição de respostas por fonte de ruído (Figuras 8.3, 8.4, 8.5, 8.6 e 8.7).



**Figura 8.3 - Incómodo face ao tráfego automóvel**      **Figura 8.4 - Incómodo face ao tráfego aéreo**



**Figura 8.5 - Incómodo face ao tráfego ferroviário**      **Figura 8.6 - Incómodo face à construção civil**



**Figura 8.7 - Incómodo face à indústria**

Interrogados sobre em que período do dia se sentem mais incomodados pelo ruído na rua, 90% dos inquiridos respondeu “Diurno (das 7h até 20h)”, 10% “Entardecer (das 20h até 23h)” e nenhum

respondeu “Noturno (das 23h até 7h)”. Estes resultados não surpreendem, visto que a maioria das pessoas passa mais tempo na rua durante o dia.

#### 8.4. Ruído Interior

Nesta secção, pretendia-se conhecer o grau de afetação dos inquiridos pelo ruído dentro das suas casas. Além das fontes de ruído já enunciadas na secção “Ruído Ambiente” acrescentou-se a categoria “Vizinhança”, referente ao ruído provocado por vizinhos e atividade nas redondezas da habitação da pessoa inquirida.

35% dos inquiridos não se sentem incomodados dentro de sua casa por ruído proveniente da rua, sendo que, dos restantes, 33% respondeu afirmativamente e 32% respondeu “Às vezes”. Sobre a percepção do ruído exterior dentro de casa, a escolha dos inquiridos foi bastante dividida pela escala apresentada. No entanto, a opção “Relevante” foi a mais assinalada, com 30% (Figura 8.8).

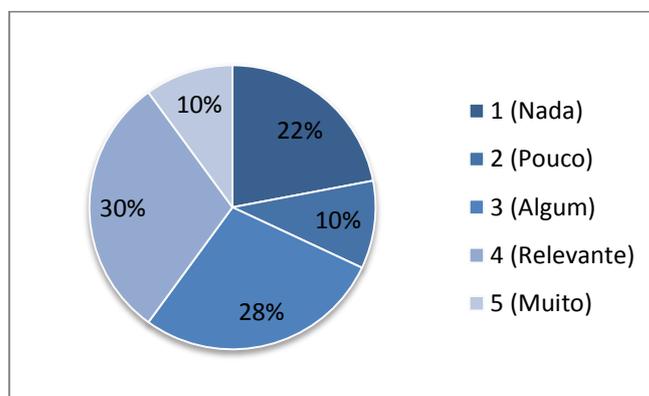
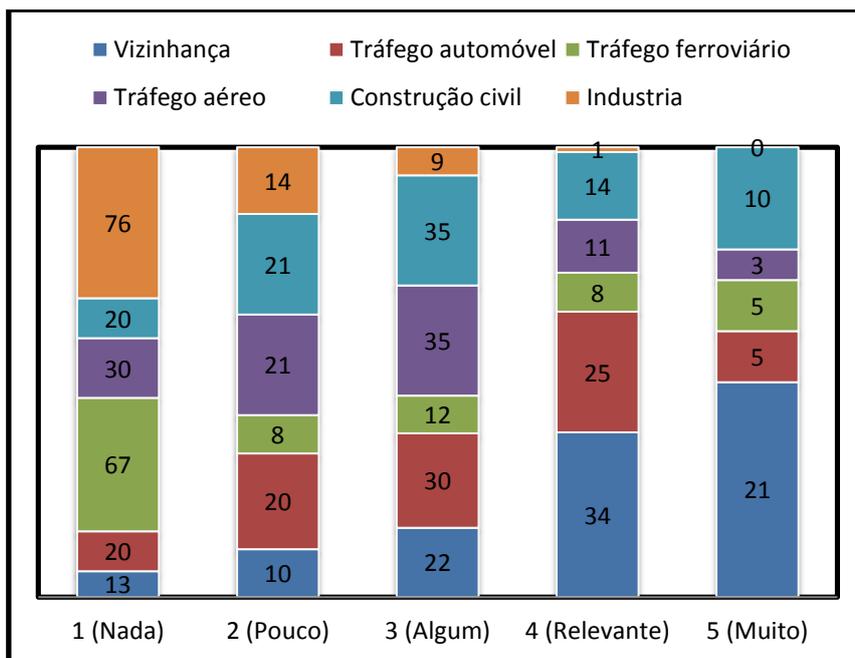


Figura 8.8 - Nível de percepção de ruído exterior, dentro de casa

Os tipos de ruído que as pessoas inquiridas revelaram ser mais incomodativos dentro das suas casas foram os ruídos de “Vizinhança” e “Tráfego Automóvel” e os menos incomodativos foram “Tráfego ferroviário” e “Indústria” (Figura 8.9).



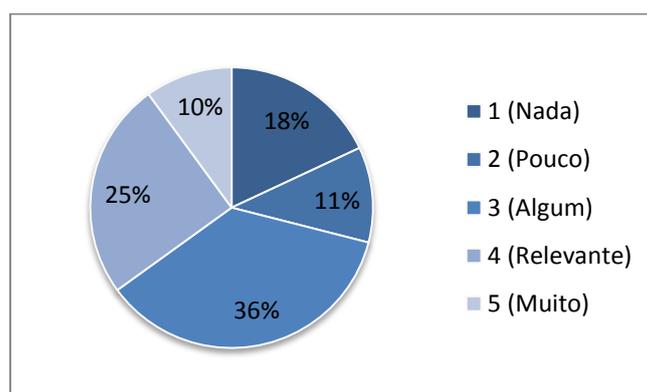
**Figura 8.9** - Grau de incómodo pelos diferentes tipos de ruído, dentro de casa

O período do dia “Entardecer (das 20h até 23h)” foi o mais assinalado pelos inquiridos quando questionados sobre o momento do dia em que se sentiam mais incomodados pelo ruído exterior dentro de sua casa com 74%.

### 8.5. Saúde e Perspectivas Futuras

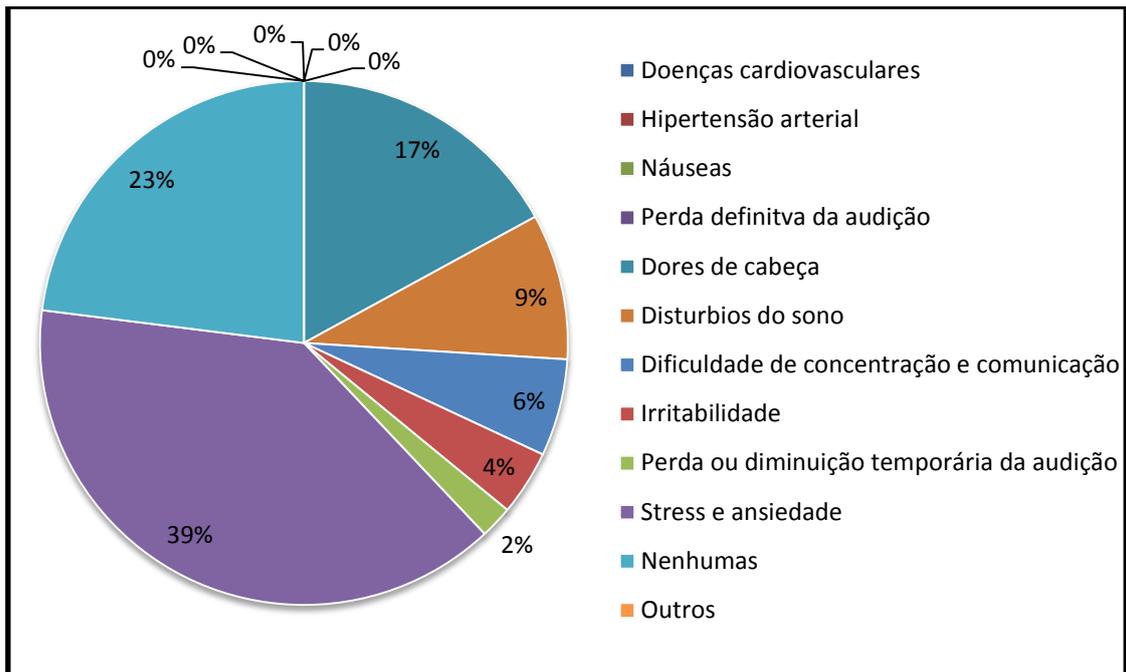
Nesta secção pretendeu-se saber de que modo o ruído influenciava a saúde dos inquiridos. No final foi questionado a opinião sobre a qualidade sonora do concelho e quais as expectativas para o futuro.

36% considerou que o ruído possui alguma influência na sua saúde, sendo o nível 3 o mais assinalado (Figura 8.10).



**Figura 8.10** - Influência do ruído na saúde.

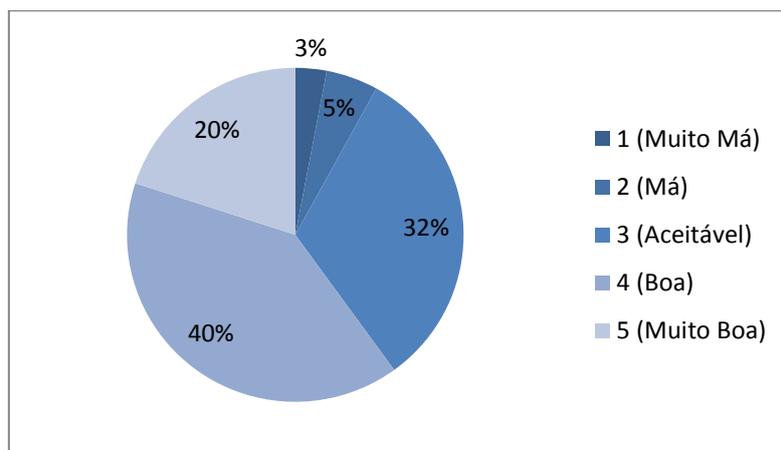
Analisando a Figura 8.10 observa-se que, para as pessoas inquiridas, o ruído pode ter alguma influência na sua saúde, mas não o consideram como uma fonte preocupante de doença. Este facto ganha força com a constatação dos resultados relativos à pergunta seguinte, que questionava as pessoas sobre que problemas de saúde o ruído lhes causaria (Figura 8.11).



**Figura 8.11** - Consequências do ruído na saúde

“Stress e ansiedade” foi a consequência mais assinalada pelos inquiridos, com 39% das respostas. No entanto, a segunda categoria mais assinalada foi “Nenhumas”, com 23% das respostas. De referir que houve categorias que não obtiveram qualquer resposta, como foi o caso de “Doenças cardiovasculares”, “Hipertensão arterial”, “Náuseas” e “Perda definitiva de audição”.

Sobre a qualidade sonora do concelho, a maioria dos inquiridos respondeu de forma afirmativa, com os níveis mais elevados da escala a serem os mais preenchidos. O nível 4 “Boa” foi assinalado por 40% dos inquiridos, seguindo-se os níveis 3 “Aceitável” e 5 “Muito Boa” com 32% e 20%, respectivamente (Figura 8.12).



**Figura 8.12** - Avaliação da qualidade sonora do concelho de Cascais

Devido à elevada satisfação sobre a qualidade sonora do concelho, não surpreende que 65% tenha assinalado acreditar que, num futuro próximo, o ruído de Cascais vá “Manter-se”. Dos restantes, 20% acredita que o ruído vai “Melhorar” e 15% acredita que vai “Piorar”.

### **8.6. Avaliação da independência das variáveis (Teste Qui-Quadrado)**

Como já referido, o impacte e o incómodo que o ruído pode provocar nos recetores sensíveis varia de pessoa para pessoa. No seguimento dessa reflexão, procedeu-se ao cruzamento de algumas variáveis dos inquiridos, de forma a concluir-se a existência de dependência, ou não, entre elas. Recorrendo a tabelas de contingência, e após a interpretação dos resultados estatísticos obtidos, é possível concluir se as variáveis cruzadas são dependentes entre si ou independentes. Além disso, este método permite também conhecer a robustez dos resultados do inquérito.

As variáveis cruzadas correspondem às perguntas:

- “Idade” vs. “Tem conhecimento da legislação sobre o ruído existente?”;
- “Escolaridade” vs. “Tem conhecimento da legislação sobre o ruído existente?”;
- “Idade” vs. “Já alguma vez se sentiu afetado pelo ruído nas ruas do concelho de Cascais?”;
- “Idade” vs. “Sente-se incomodado, dentro de sua casa, pelo ruído proveniente do exterior (rua)?”;
- “Idade” vs. “Considera que o ruído influencia a sua saúde?”;
- “Considera que o ruído influencia a sua saúde?” vs. “Que consequências acha que o ruído tem (ou teve) para a sua saúde?”;
- “Idade” vs. “Que consequências acha que o ruído tem (ou teve) para a sua saúde?”;
- “Idade” vs. “De acordo com a sua experiência, como classificaria a qualidade sonora do concelho de Cascais?”;
- “Idade” vs. “De acordo com a sua opinião, num futuro próximo, o ruído no concelho de Cascais vai...”

De forma a determinar a robustez dos dados dos inquiridos e verificar se existe independência ou dependência entre variáveis, fizeram-se vários testes de Qui-quadrado (com  $\alpha=0,05$ ), dado que são classes nominais e a distribuição é desconhecida. Os resultados detalhados dos testes realizados podem ser consultados no Anexo 2. A Tabela 8.1 apresenta, em resumo, os resultados dos métodos utilizados.

**Tabela 8.1** – Avaliação da independência das variáveis testadas

<b>Variável A</b>	<b>Variável B</b>	<b>p-value</b>	<b>Dependente ou Independente?</b>
Conhecimento Legislação	Idade	0,000	Dependente
Conhecimento Legislação	Escolaridade	0,000	Dependente
Nível de Informação	Idade	0,003	Dependente
Nível de Informação	Escolaridade	0,004	Dependente
Incómodo Exterior	Idade	0,002	Dependente
Incómodo Interior	Idade	0,114	Independente
Influência na Saúde	Idade	0,001	Dependente
Consequências Saúde	Influência na Saúde	0,000	Dependente
Consequências Saúde	Idade	0,001	Dependente
Qualidade Sonora Concelho	Idade	0,642	Independente
Futuro Sonoro Concelho	Idade	0,999	Independente

Como se pode verificar na tabela anterior, a variável “Idade” apresenta grande dependência em relação às restantes variáveis, apenas não revelando dependência quando comparada com “Incómodo Interior”, “Qualidade Sonora Concelho” e “Futuro Sonoro Concelho”.

A variável “Idade” acaba mesmo por ser uma das principais variáveis de comparação devido ao seu fator influente face às várias questões sobre o ruído que foram colocadas no inquérito. Esta variável apresenta dependência com as variáveis “Escolaridade”, “Conhecimento Legislativo”, “Incómodo Exterior”, “Influência na Saúde”, e “Consequências Saúde”. Relativamente às variáveis relacionadas com a saúde dos inquiridos, comprovou-se a relação destas com a idade, ou seja, quanto mais velho o indivíduo, mais afetado se sente pelo ruído. Sobre o incómodo que sente nas ruas do concelho, também se observa uma relação de dependência, concluindo-se que a idade influencia o nível de incomodidade que as pessoas podem sentir na rua face às fontes ruidosas existentes no local.

### **8.7. Discussão de resultados**

Os resultados obtidos no tratamento de dados do inquérito vão ao encontro do esperado. Mesmo as pessoas que tinham conhecimento sobre a legislação relativa ao ruído existente, poucas se mostraram bem informadas sobre o assunto. O facto da maioria das pessoas demonstrar conhecer foi o limite legal horário para a produção de ruído durante o dia. Apesar de estarem ocorrentes da legislação nacional, poucos conheciam igualmente o regulamento de ruído municipal.

Sobre o ruído ambiente, o tráfego automóvel foi a fonte geradora de ruído que mais se destacou, com a larga maioria dos inquiridos a considera-lo com uma fonte “Relevante” de ruído. Tendo em conta os diversos fatores associados à produção deste género de ruído e o facto de a estrada ser um elemento fundamental e permanente na rua, esta constatação não surpreende.

O tráfego ferroviário, apesar de se distribuir por quatro das seis freguesias no concelho, registou um nível de incómodo aquém do que seria esperado. Isto dever-se-á ao facto de as duas freguesias mais habitadas do concelho (Alcabideche e S. Domingos de Rana) – por consequência, as freguesias onde mais inquéritos foram realizados –, não serem atravessadas pela linha ferroviária. Como o comboio não atravessa estas freguesias, o seu incómodo foi considerado nulo pelos inquiridos residentes na freguesia.

As atividades de construção civil, quando existentes, causam incómodo, especialmente por começarem a horas muito matinais (cerca das 8:00). Esta conclusão é retirada pelos testemunhos fornecidos pelos inquiridos aquando da resposta ao inquérito. A indústria foi a fonte de ruído que menos afeta os inquiridos.

Sobre o ruído interior, a fonte que demonstrou mais impacte nos inquiridos foi a “Vizinhança”, seguindo-se o tráfego automóvel. A “Indústria” foi, novamente, a fonte que menor impacte causou aos inquiridos.

Quando questionados sobre o impacte que achavam que o ruído teria sobre a sua saúde, os inquiridos responderam com alguma incerteza. No entanto, a maioria achou que seria possível que o ruído pudesse afeta-los em termos de saúde. “Stress e ansiedade” foi o sintoma mais assinalado, provavelmente devido à rápida associação que as pessoas fizeram à consequência da presença de um som ruidoso. Apesar disso, a segunda categoria com mais respostas assinaladas foi “Nenhumas”.

Quanto à qualidade sonora do concelho, de um modo geral, esta é do agrado dos inquiridos, acreditando-se que esta se vai manter no futuro. Este pressuposto justifica a baixa escolha da resposta “melhorar”, dado que a maioria das pessoas já se encontra satisfeita com o nível sonoro atual do concelho.

Os testes de Qui-quadrado, realizados para avaliar a robustez dos dados, permitiram verificar a dependência de algumas variáveis, com destaque para a variável “Idade” que se verificou dependente na maioria dos testes em que foi utilizada. Este facto permite concluir que, para diferentes idades, existiram diferentes níveis de incómodo e diferentes consequências. Outra conclusão que se pode retirar desta análise de dados é a relação entre o nível de conhecimento sobre questões legislativas do ruído e as habilitações literárias, sendo que, quanto maior as habilitações, maior foi conhecimento demonstrado sobre a temática do ruído.



## 9. Conclusões

### 9.1. Principais Conclusões

O principal objetivo desta dissertação foi a análise do impacto que o ruído pode ter na saúde da população, principais fontes de ruído do meio urbano, estratégias de mitigação do ruído em meio urbano e a análise da classificação de zona mista e zona sensível aplicada a nível municipal.

Portugal possui uma boa base legislativa em termos de ruído. Apesar de nem todos os municípios possuírem os elementos exigidos no Regulamento Geral do Ruído (apenas 68 dos 308 municípios de Portugal Continental aprovaram em Assembleia Municipal e entregaram à Agência Portuguesa de Ambiente os seus mapas de ruído), Cascais é um dos municípios que possui os mapas de ruído aprovados em Assembleia Municipal e ainda um Regulamento Municipal do ruído ambiental. Atualmente encontra-se em fase de finalização o plano municipal de redução de ruído. Deve ser valorizado o esforço realizado pela câmara para que este tema esteja bem estudado e estruturado.

Além de algumas zonas críticas de ruído, conclui-se que as principais fontes emissoras de ruído no concelho de Cascais são a A5, a linha ferroviária Caís do Sodré – Cascais e a Av. Marginal. Estas infra-estruturas de transporte são de elevada importância para o concelho, devido à sua abrangência e área de influência, pelo que é de todo o interesse que seja encontrado um equilíbrio entre a sua manutenção e condições de funcionamento com a mitigação do ruído propagado por estas até aos recetores sensíveis.

A proposta de zonamento acústico da Câmara de Cascais apresentava apenas dezasseis zonas sensíveis, estando a restante área concelhia classificada como zona mista. Das dezasseis zonas sensíveis, onze encontram-se classificadas como Reserva Ecológica Nacional (destas dez, seis correspondem a vales de ribeiras), três jardins, um estabelecimento de ensino e um museu. Ou seja, o zonamento proposto debruça-se maioritariamente sobre espaços verdes urbanos, onde é importante manter algum conforto acústico para total desfrute da população. Apesar de esta proposta ir ao encontro da legislação em vigor, observa-se a quase total ausência de diversos equipamentos de apoio aos recetores sensíveis, como é o caso de zonas habitacionais e equipamentos de saúde e educação. Apesar da definição, por lei, de que cafés e estabelecimentos de restauração só podem ser incluídos em zonas sensíveis se estiverem encerrados no período noturno (23h – 7h), considera-se que o zonamento acústico poderia ser mais ambicioso no sentido de proteger a população dos impactos do ruído na sua saúde.

Os resultados do inquérito realizados vão ao encontro do esperado: poucas pessoas se mostraram bem informadas sobre a legislação existente; tráfego automóvel foi a fonte geradora de ruído que mais se destacou, com a larga maioria dos inquiridos a considerá-lo com uma fonte “Relevante” de

ruído; a qualidade sonora do concelho, de um modo geral, é do agrado dos inquiridos, acreditando-se que esta se vai manter no futuro. Deste modo, comprova-se que, na perspectiva da população, o ruído não representa um problema em larga escala. Os testes estatísticos realizados permitem concluir que a idade tem influência sobre diferentes questões relacionadas com o ruído, como o grau de incómodo, consequências na saúde e importância associada ao problema.

À data de entrega desta dissertação não se encontrava disponível para consulta o Plano Municipal de Redução de Ruído de Cascais, pelo que se aguarda a publicação do mesmo para se conhecer as estratégias que a câmara pretende aplicar para a mitigação do ruído na população. Sendo Cascais um meio urbano já bastante consolidado, será um desafio conjugar todas as atividades existentes no concelho com o conforto acústico da população. No entanto, várias medidas podem ser aplicadas, além de que o desenvolvimento tecnológico trás sempre novidades neste campo, sendo que a expectativa de que o impacto do ruído nas populações diminua é elevado.

Assim conclui-se que o ruído, não sendo um fator crítico de incómodo no concelho, constitui um problema em algumas zonas, facto comprovado pelos mapas de ruído e de conflito elaborados pela Câmara Municipal. No entanto, este problema encontra-se bem acompanhado e estudado pela autarquia, antevendo-se que serão tomadas medidas de fundo para a resolução/diminuição do impacto deste ruído na população.

## **9.2. Desenvolvimentos Futuros**

Como forma a dar continuidade ao estudo desenvolvido, apresentam-se algumas sugestões de desenvolvimentos futuros, nomeadamente:

- Estudo mais detalhado dos impactos do ruído por freguesia, de forma a conjugar os interesses dos habitantes com o conforto acústico;
- Acompanhamento e monitorização frequente das fontes de ruído mais gravosas;
- Estudo sobre os principais impactos do ruído na saúde dos munícipes, analisando causas, efeitos e estratégias de mitigação.

## 10. Referências Bibliográficas

- AD HOC (2010). *Environmental Noise and Health in the UK*. Health Protection Agency, Oxford, UK.
- AGARWAL, S. K. (2009). *Noise Pollution*. APH Publishing Corporation, New Deli, India.
- ALMEIDA, P., MARTINS, J.S., CRUZ, F. e GARRETT, C. (2003). Mapa de ruído de Oeiras – Uma metodologia de trabalho para uma nova ferramenta de decisão. Comunicação ao VII Congresso Nacional de Engenharia do Ambiente, Lisboa, 6 e 7 de Novembro de 2003.
- AML (2003). Atlas da Área Metropolitana de Lisboa. Área Metropolitana de Lisboa, Lisboa.
- APA (2008). *Manual Técnico para Elaboração de Planos Municipais de Redução de Ruído*. Agência Portuguesa do Ambiente, Lisboa.
- APA (2012). *Normalização Aplicável*, através da URL: <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=86&sub2ref=530>. Consultado a 17/05/2012.
- ASHA (2012). How we hear. American Speech-Language-Hearing Association, através da URL: <http://www.asha.org/public/hearing/How-We-Hear/>. Consultado a 22/08/2012.
- AVELINO, J. L. (2005). A segunda geração de planos directores municipais: Desafios e oportunidades para os concelhos e cidades de média dimensão. O exemplo de Santarém. *X Colóquio Ibérico de Geografia - A Geografia Ibérica no Contexto Europeu*. Évora, 2005.
- Aventar.eu, através da URL: <http://www.aventadores.files.wordpress.com/2011/05/interversao.jpg>, consultado a 11/01/2013.
- BENDTSEN H. (1993) Visual principles for the design of noise barriers. *Sci Total Environ*, **146**, 67–71.
- BERGLUND, B. e LINDVALL, T. (1995). *Community Noise*. Center for Sensory Research, Estocolmo, Suécia.
- BERGLUND, B., LINDVALL, T. e SCHWELA, D. H. (1995). *Guidelines for Community Noise*. World Health Organization, Genebra, Suíça.
- BIAMP (2012). *Building in sound*. Biamp Systems Whitepaper.

BIES, D. A. e HANSEN, C. H. (2009). *Engineering Noise Control. Theory and Practice*. 4<sup>o</sup> Edition, Spon Press, Inglaterra.

BISTRUP, M. L. (2001). Health effects of noise on children and perception of the risk of noise. National Institute of Public Health, Copenhagen, Denmark.

Brüel e Kjær (2001). *Environmental Noise Booklet*. Brüel e Kjær Sound & Vibration Measurement A/S, Nærum, Denmark

C.M. Cascais (2008a). Relatório Agenda 21. Câmara Municipal de Cascais, Cascais.

C.M. Cascais (2008b). Carta de equipamentos e serviços sociais do concelho de Cascais. Caracterização da situação de referência, Cascais, 1, 1-40.

C.M. Cascais (2010a). Plano Municipal de Ação para Eficiência Energética e Sustentabilidade de Cascais. Agência Cascais Energia, Cascais.

C.M. Cascais (2010b). Plano Estratégico de Cascais face às Alterações Climáticas – Brochura Institucional. Câmara Municipal de Cascais, Cascais.

C.M. Cascais (2010c). Mapas de Ruído do Concelho de Cascais. Memória descritiva. Câmara Municipal de Cascais, Cascais.

C.M. Cascais (2011). *Carta de Ruído, número 02.02.01*. Escala 1:50 000, Câmara Municipal de Cascais, Cascais.

C.M. Cascais (2011a). Estudo de trânsito de âmbito concelhio para Cascais. Diagnóstico: Dossier 5 – Diagnóstico Global. TIS.pt, Cascais.

C.M. Cascais (2011b). Estudo de trânsito de âmbito concelhio para Cascais. Diagnóstico: Dossier 3 – Acessibilidade. TIS.pt, Cascais.

C.M. Cascais (2011c). Estudo de trânsito de âmbito concelhio para Cascais. Diagnóstico: Dossier 4 – Conta Pública. TIS.pt, Cascais.

C.M. Cascais (2012). Indicadores de desenvolvimento, através da URL: <http://www.cm-cascais.pt/indicadores>. Consultado a 28/10/2012

C.M. Lisboa (2012). Articulação entre planos municipais de ordenamento do Território, através da URL: [http://pdm.cm-lisboa.pt/vig\\_plan.html](http://pdm.cm-lisboa.pt/vig_plan.html). Consultado a 17/05/2012.

CCDR-N (2008). *Manual do Planeamento de acessibilidades e transportes. Acalmia de tráfego*. Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte.

COELHO, J. L. B. e FERREIRA, A. J. (2009). Critérios para análise de relações exposição-impacte do ruído de infra-estruturas de transporte. Trabalho elaborado para a Agência Portuguesa do Ambiente, CAPS, IST.

Comissão Europeia (96) 540 final (1996). Futura Política de Ruído. Livro Verde da Comissão Europeia. Bruxelas

Comissão Europeia (2001) 0031 final (2001). Comunicação da Comissão ao Conselho, ao Parlamento Europeu, ao Comité Económico e Social e ao Comité das Regiões Sobre o sexto programa de ação da Comunidade Europeia em matéria de ambiente "Ambiente 2010: o nosso futuro, a nossa escolha".

Comissão Europeia (2011) 321 final (2011). Relatório da Comissão ao Parlamento Europeu e ao Conselho relativo à aplicação da Directiva Ruído Ambiente em conformidade com o artigo 11.º da Directiva 2002/49/CE.

CORBITT, R. A. (2004). *Standard Handbook of Environmental Engineering*, 2º edition, McGraw-Hill Handbooks.

dBLab (2009). *Mapas Estratégicos de Ruído da A5: Lisboa – Cascais e da A9: Estádio Nacional – Alverca*. Relatório Final. dBLab Laboratório de Acústica e Vibrações, Lda., Lisboa.

Decreto-Lei nº 146/2006. Diário da República, Iª série – N.º 146 - 31 de Julho de 2006.

Decreto-Lei nº 9/2007. Diário da República, Iª série - N.º 12 - 17 de Janeiro de 2007.

DPGU (2012a). 1. *Enquadramento Regional*. Direção Municipal de Planeamento do Território e da Gestão Urbanística, Camara Municipal de Cascais, Cascais.

DPGU (2012b). 2. *Caracterização Biofísica, Paisagística e Ambiental*. Direção Municipal de Planeamento do Território e da Gestão Urbanística, Camara Municipal de Cascais, Cascais.

DPGU (2012bc). 3. *Sociodemografia, socioeconómica e parque habitacional*. Direção Municipal de Planeamento do Território e da Gestão Urbanística, Camara Municipal de Cascais, Cascais.

EEA (2002). *Children's health and environment: a review of evidence*. European Environment Agency and the WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark.

EEA (2010). *Good practice guide on noise exposure and potential health effects*. European Environment Agency Technical report, nº 11/2010, Copenhagen, Denmark

Environment Agency, Environment and Heritage Service e Scottish Environment Protection Agency (2002). *Horizontal Guidance for noise part 2 – Noise assessment and control*. Bristol, Inglaterra.

EPA (1973). *Health effects of environmental pollution*. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., USA.

EPA (1979). *Noise effects Handbook: a desk reference to health and welfare effects of noise*. Environmental Protection Agency, Office of noise abatement and control, Washington D.C., EUA.

EPA (1980). *Noise, general stress responses and cardiovascular disease processes: review and reassessment of hypothesized relationships*. Environmental Protection Agency, Office of noise abatement and control, Washington D.C., EUA

EPD (2003). *Guidelines on design of noise barriers*, Environmental Protection Department, Government of the Hong Kong SAR.

EUROSTAT (2009). *8,6% of workers in the EU experienced work-related health problems*. Statistics in focus, European Communities, Luxembourg.

EUROSTAT (2012). *Proportion of population living in households considering that they suffer from noise*, através da URL: [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/product\\_details/dataset?p\\_product\\_code=TSDPH390](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/product_details/dataset?p_product_code=TSDPH390). Consultado a 20/08/2012

FEHRL (2006). *SILVIA – Guidance manual for the implementation of low-noise road surfaces*. Bruxelas, Bélgica.

FHWA (2000). *FHWA Highway Noise Barrier Handbook*, através da URL: [http://www.fhwa.dot.gov/environment/noise/noise\\_barriers/design\\_construction/design/design00.cfm](http://www.fhwa.dot.gov/environment/noise/noise_barriers/design_construction/design/design00.cfm). Consultado a 28/01/2013

FHWA (2011). *Noise Barrier Design – Visual Quality*, através da URL: [http://www.fhwa.dot.gov/environment/noise/noise\\_barriers/design\\_construction/keepdown.cfm](http://www.fhwa.dot.gov/environment/noise/noise_barriers/design_construction/keepdown.cfm). Consulta a 28/01/2013.

Fisioterapia & Saúde. Audição – Som e equilíbrio, através da URL: <http://fisioterapiaesaude.com/audicao/>. Consultado a 22/08/2012.

FUJITA, H., ARAO, Y. e HAMADA, K. (2011). Performance of the Porous Elastic Road Surface (PERS) as LowNoise Pavement. Comunicação no Inter-Noise 2001, Osaka, Japão.

FYHRI, A. e Klæboe (2009). Ronny. Road traffic noise, sensitivity, annoyance and self-reported health – A structural equation model exercise. *Environment International*, **35**, 91–97.

GeoCascais, Sistema de Informação Geográfica da Câmara Municipal de Cascais, através da URL: <http://geocascais.cm-cascais.pt/main.html>. Consultado a 13/03/2013

GLOAG, D. (1980). Noise: hearing loss and psychological effects. *BRITISH MEDICAL JOURNAL*, **281**, 1325-1327.

HYPERPHYSICS (2012). Sound propagation, através da URL: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/sound/sprop.html>. Consultado a 31/07/2012.

IA (2002). *Técnicas de Prevenção e controlo de Ruído*. Instituto do Ambiente, Lisboa.

IA (2004). *O ruído e a cidade*. Instituto do Ambiente, Lisboa (adaptação da publicação francesa intitulada “Le bruit et la ville” – Ministère de l’Équipement et de L’Aménagement du Territoire, Janvier 1978)

IA (2004b). Projecto-piloto de demonstração de mapas de ruído – escalas municipal e urbana. Instituto do ambiente, Lisboa.

INE (2012). População residente em 2001 e 2011 no Município de Cascais, através da URL: [http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_unid\\_territorial&menuBOUI=13707095&contexto=ut&selTab=tab3](http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_unid_territorial&menuBOUI=13707095&contexto=ut&selTab=tab3). Consultado a 25/10/2012

JACOBSEN, F., POULSEN, T., RINDEL, J. H., GADE, A. C. and OHLRICH, M. (2011). *Fundamentals of acoustics and noise control*. Department of Electrical Engineering, Technical University of Denmark, Denmark.

JANSEN, G. e GROS, E. (1986). *Noise Pollution. Chapter 8 – Non-auditory effects of noise: Physiological and psychological effects*. John Wiley & Sons Inc., Inglaterra.

KINSLER, L. E., FREY, A. R., COPPENS, A. B., SANDRES, J. V. (2000). *Fundamentals of acoustics*, 4<sup>o</sup> edition. John Wiley Sons, Inc., EUA.

KJELLBERG, A. (1990). Subjective, behavioral and psychophysiological effects of noise. *Scand J Work Environ Health*, **16**, 29-38.

KOTZEN, B. e ENGLISH, C. (2009). *Environmental Noise Barriers: a guide to their acoustic and visual design*, 2<sup>o</sup> edition, Spon Press, Nova Iorque, EUA.

LAMANCUSA, J. S. (2009). Noise control. Outdoor Sound Propagation. Penn State.

LEI n.º 11/87 de 7 de Abril, Lei de Bases do Ambiente.

MACKAY, W. A. (2009). *Neurofisiologia sem lágrimas*, 4<sup>a</sup> edição. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa. (Edição original: Neurophysiology without tears, Toronto, 2003)

MATEUS, D. (2008). Acústica de Edifícios e controlo de ruído. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra.

MEIARASHI, S. (2004). Porous Elastic Road Surface as an ultimate Highway noise measure. Advanced Material Team, Material & Geotechnical Research Group, Public Works Research Institute, Japão.

MEIARASHI, S. e OISHI, F. (2007). Noise reduction effect of porous elastic road surface measured by CPX method. Comunicação no Inter-Noise 2007, de 28-31 de Agosto, Istambul, Turquia.

MOORE, B. C. J. (2007). Cochlear Hearing Loss. Physiological, Psychological and Technical Issues, 2<sup>o</sup> edition. John Wiley & Sons Inc., Inglaterra

Plural (2012). *Plano Municipal de redução de ruído de Vila Franca de Xira*. Câmara Municipal de Vila Franca de Xira, Vila Franca de Xira.

PORTAL (2003). Gestão e controlo do tráfego. Portal – material pedagógico sobre transportes, União Europeia.

Quercus (2012). “Portugal não cumpre legislação em vigor sobre ruído ambiente”, através da URL: <http://www.quercus.pt/comunicados/2012/comunicadosnovembro/255-portugal-nao-cumpre-legislacao-em-vigor-sobre-ruído-ambiente>. Consultado a 16/03/2013.

REC (2008). *Handbook on the implementation of EC environmental Legislation*. Regional Environmental Center, The European Communities.

REFER (2008). Mapa estratégico de Ruído das grandes infra-estruturas de transporte ferroviário. Linha de Cascais. Rede Ferroviária Nacional, Vila Nova de Gaia e Lisboa.

ROCHA, C. e CARVALHO, A. (2007). Action Plans and Municipal Noise Reduction Plans in Portugal. Comunicação no Inter-Noise 2007, de 28-31 de Agosto, Istambul, Turquia.

ROCHA, C. e CARVALHO, A. (2008). Ordenamento do Território, Ruído e Impostos sobre a Propriedade. Comunicação no Acústica 2008, de 20-22 de Outubro, na Universidade de Coimbra, Coimbra.

Skyscrapercity (2012) Fotos aéreas de Cascais e Estoril, através da URL: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=392549>, consultado a 11/01/2013.

STANSFELD, S. A. e MATHESON, M. P. (2003). Noise Pollution: non-auditory effects on health. *British Medical Bulletin*, **68**, 243–257.

THE HAGUE (1993). *Noise and Health*. Health Council of the Netherlands.

The Highways Agency, The Scottish Executive Development Department, The National Assembly for Wales cynulliad cenedlaethol Cymru and The Department for Regional Development (1994). *Design Manual for roads and bridges. Design guide for environmental barriers*.

The Highways Agency, The Scottish Executive Development Department, The National Assembly for Wales cynulliad cenedlaethol Cymru and The Department for Regional Development (1995). *Design Manual for roads and bridges. Environmental Barriers: Technical Requirements*.

UK Government (2004). *Planning Policy Statement 23: Planning and Pollution Control*. Office of the Deputy Prime Minister, Norwich, Inglaterra.

VASSALO, F. R. (2005). *Manual de caixas-acusticas e Alto-falantes*. Hemus, Brasil

WHO (1995). *Occupational exposure to noise – Evaluation, prevention and control*. Occupational and Environmental Health, Genebra, Suíça.

WHO (2009). *Night noise guidelines for Europe*. World Health Organization regional office for Europe, Copenhagen, Denmark.

WHO EUROPE (2010). Health and Environment in Europe: Progress Assessment.. World Health Organization, Copenhagen, Denmark.

WHO EUROPE (2011). Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy life years lost in Europe. World Health Organization, Copenhagen, Denmark.

WHO EUROPE (2013), Facts and figures, disponível at raves da URL:  
<http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/environment-and-health/noise/facts-and-figures>.  
Consultado no dia 09/03/2013

# Anexos

## Anexo 1 – Inquérito

### Ruído no Ordenamento do Território – Caso município de Cascais

Local do inquérito: Alcabideche  Carcavelos  Cascais  Estoril  Parede  São Domingos de Rana

#### Dados de Caracterização

Sexo: Masculino

Feminino

Idade:

< 20 anos  20 – 39 anos  40 – 59 anos  ≥ 60 anos

Local de residência: \_\_\_\_\_

Escolaridade/habilitações literárias?

Sem escolaridade

Ensino Básico (1º - 9º ano)

Ensino Secundário (10º - 12º ano)

Licenciatura

Mestrado/Pós-graduação

Doutoramento

Se trabalha, indique o seu local de trabalho: \_\_\_\_\_

#### Informação sobre a legislação existente

Tem conhecimento da legislação sobre o ruído existente?

Sim

Não

Até que ponto se sente informado sobre as questões do Ruído? Indique a sua opção numa escala de 1 a 5, em que 1 (UM) não é afetado(a) e 5 (CINCO) é muito afetado(a).

1      2      3      4      5

Tem conhecimento da existência do Regulamento Municipal sobre o Ruído do Concelho de Cascais?

Sim

Não

### Ruído Ambiente

Já alguma vez se sentiu afetado pelo ruído nas ruas do concelho de Cascais?

Sim

Não

Às vezes

Qual a sua percepção em relação ao ruído da rua? Indique a sua opção numa escala de 1 a 5, em que 1 (UM) não é afetado(a) e 5 (CINCO) é muito afetado(a).

1      2      3      4      5

Na rua, em que grau se considera incomodado(a) pelas diferentes fontes de ruído? Indique a sua opção numa escala de 1 a 5, em que 1 (UM) não é afetado(a) e 5 (CINCO) é muito afetado(a).

Tráfego automóvel..... 1 ..... 2 ..... 3 ..... 4 ..... 5

Trafego aéreo..... 1 ..... 2 ..... 3 ..... 4 ..... 5

Tráfego ferroviário..... 1 ..... 2 ..... 3 ..... 4 ..... 5

Industria..... 1 ..... 2 ..... 3 ..... 4 ..... 5

Construção civil..... 1 ..... 2 ..... 3 ..... 4 ..... 5

Outra atividade \_\_\_\_\_

Em que período do dia você se sente mais incomodado pelo ruído?

Diurno (das 7h às 20h)

Entardecer (das 20h às 23h)

Noturno (das 23h às 7h)

### Ruído Interior (dentro de casa)

Sente-se incomodado, dentro de sua casa, pelo ruído proveniente do exterior (rua)?

Sim

Não

Às vezes

Qual a sua percepção em relação ao ruído da rua? Indique a sua opção numa escala de 1 a 5, em que 1 (UM) não é afetado(a) e 5 (CINCO) é muito afetado(a).

1      2      3      4      5

**Dentro de sua casa**, em que grau se considera incomodado(a) pelos diferentes tipos de ruído? Indique a sua opção numa escala de 1 a 5, em que 1 (UM) não é afetado(a) e 5 (CINCO) é muito afetado(a).

Vizinhança..... 1 ..... 2 ..... 3 ..... 4 ..... 5  
Tráfego automóvel..... 1 ..... 2 ..... 3 ..... 4 ..... 5  
Tráfego ferroviário..... 1 ..... 2 ..... 3 ..... 4 ..... 5  
Tráfego aéreo..... 1 ..... 2 ..... 3 ..... 4 ..... 5  
Construção civil..... 1 ..... 2 ..... 3 ..... 4 ..... 5  
Indústria..... 1 ..... 2 ..... 3 ..... 4 ..... 5  
Outra atividade \_\_\_\_\_

Em que período do dia você se sente mais incomodado pelo ruído?

Diurno (das 7h às 20h)     

Entardecer (das 20h às 23h)     

Noturno (das 23h às 7h)     

### Saúde e Perspectivas Futuras

Considera que o ruído influencia a sua saúde? Indique a sua opção numa escala de 1 a 5, em que 1 (UM) não é afetado(a) e 5 (CINCO) é muito afetado(a).

1      2      3      4      5

Que consequências acha que o ruído tem (ou teve) para a sua saúde? Indique uma opção:

- Nenhuma
- Perda definitiva da audição
- Perda ou diminuição temporária da audição
- Stress e ansiedade
- Distúrbios do sono
- Dificuldade de concentração e comunicação
- Dores de cabeça
- Hipertensão arterial
- Náuseas
- Irritabilidade
- Doenças cardiovasculares
- Outros distúrbios (neurológicos, circulatórios e digestivos)

**De acordo com a sua experiência, como classificaria a qualidade sonora do Concelho de Cascais? Indique a sua opção numa escala de 1 a 5, em que 1 (UM) não é Muito má e 5 (CINCO) é Muito Boa.**

**1      2      3      4      5**

**De acordo com a sua opinião, num futuro próximo, o ruído no concelho de Cascais vai...**

- Piorar
- Manter-se
- Melhorar



## Anexo 2 – Resultados dos testes de Qui-Quadrado.

**Tabela 2.1** - “Idade” vs. “Tem conhecimento da legislação sobre o ruído existente?”

Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	25,851 <sup>a</sup>	3	,000
Likelihood Ratio	27,969	3	,000
Linear-by-Linear Association	,460	1	,498
N of Valid Cases	100		

a. 0 cells (,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 8,82.

**Tabela 2.2** - “Escolaridade” vs. “Tem conhecimento da legislação sobre o ruído existente?”

Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	26,825 <sup>a</sup>	5	,000
Likelihood Ratio	29,263	5	,000
Linear-by-Linear Association	24,639	1	,000
N of Valid Cases	100		

a. 4 cells (33,3%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 2,45.

**Tabela 2.3** - “Idade” vs. “Já alguma vez se sentiu afetado pelo ruído nas ruas do concelho de Cascais?”

Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	21,303 <sup>a</sup>	6	,002
Likelihood Ratio	20,541	6	,002
Linear-by-Linear Association	2,065	1	,151
N of Valid Cases	100		

a. 0 cells (,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 5,40.

**Tabela 2.4** - “Idade” vs. “Sente-se incomodado, dentro de sua casa, pelo ruído proveniente do exterior (rua)?”;

**Chi-Square Tests**

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	10,257 <sup>a</sup>	6	,114
Likelihood Ratio	10,356	6	,110
Linear-by-Linear Association	2,486	1	,115
N of Valid Cases	100		

a. 0 cells (,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 5,76.

**Tabela 2.5** - “Idade” vs. “Considera que o ruído influencia a sua saúde?”

**Chi-Square Tests**

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	34,795 <sup>a</sup>	12	,001
Likelihood Ratio	34,668	12	,001
Linear-by-Linear Association	21,943	1	,000
N of Valid Cases	100		

a. 12 cells (60,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1,80.

**Tabela 2.6** - “Considera que o ruído influencia a sua saúde?” vs. “Que consequências acha que o ruído tem (ou teve) para a sua saúde?”

**Chi-Square Tests**

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	96,731 <sup>a</sup>	24	,000
Likelihood Ratio	97,091	24	,000
Linear-by-Linear Association	40,467	1	,000
N of Valid Cases	100		

a. 29 cells (82,9%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,20.

**Tabela 2.7** - “Idade” vs. “Que consequências acha que o ruído tem (ou teve) para a sua saúde?”

<b>Chi-Square Tests</b>			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	43,279 <sup>a</sup>	18	,001
Likelihood Ratio	44,141	18	,001
Linear-by-Linear Association	7,901	1	,005
N of Valid Cases	100		

a. 20 cells (71,4%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,36.

**Tabela 2.8** - “Idade” vs. “De acordo com a sua experiência, como classificaria a qualidade sonora do Concelho de Cascais?”

<b>Chi-Square Tests</b>			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	9,703 <sup>a</sup>	12	,642
Likelihood Ratio	11,575	12	,480
Linear-by-Linear Association	1,973	1	,160
N of Valid Cases	100		

a. 9 cells (45,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,54.

**Tabela 2.9** - “Idade” vs. “De acordo com a sua opinião, num futuro próximo, o ruído no concelho de Cascais vai...”

<b>Chi-Square Tests</b>			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	,368 <sup>a</sup>	6	,999
Likelihood Ratio	,373	6	,999
Linear-by-Linear Association	,000	1	,987
N of Valid Cases	100		

a. 5 cells (41,7%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 2,70.



**Anexo 3 – Cartas representativas do Capítulo 8 – “Análise ao Zonamento Acústico do Concelho de Cascais”.**

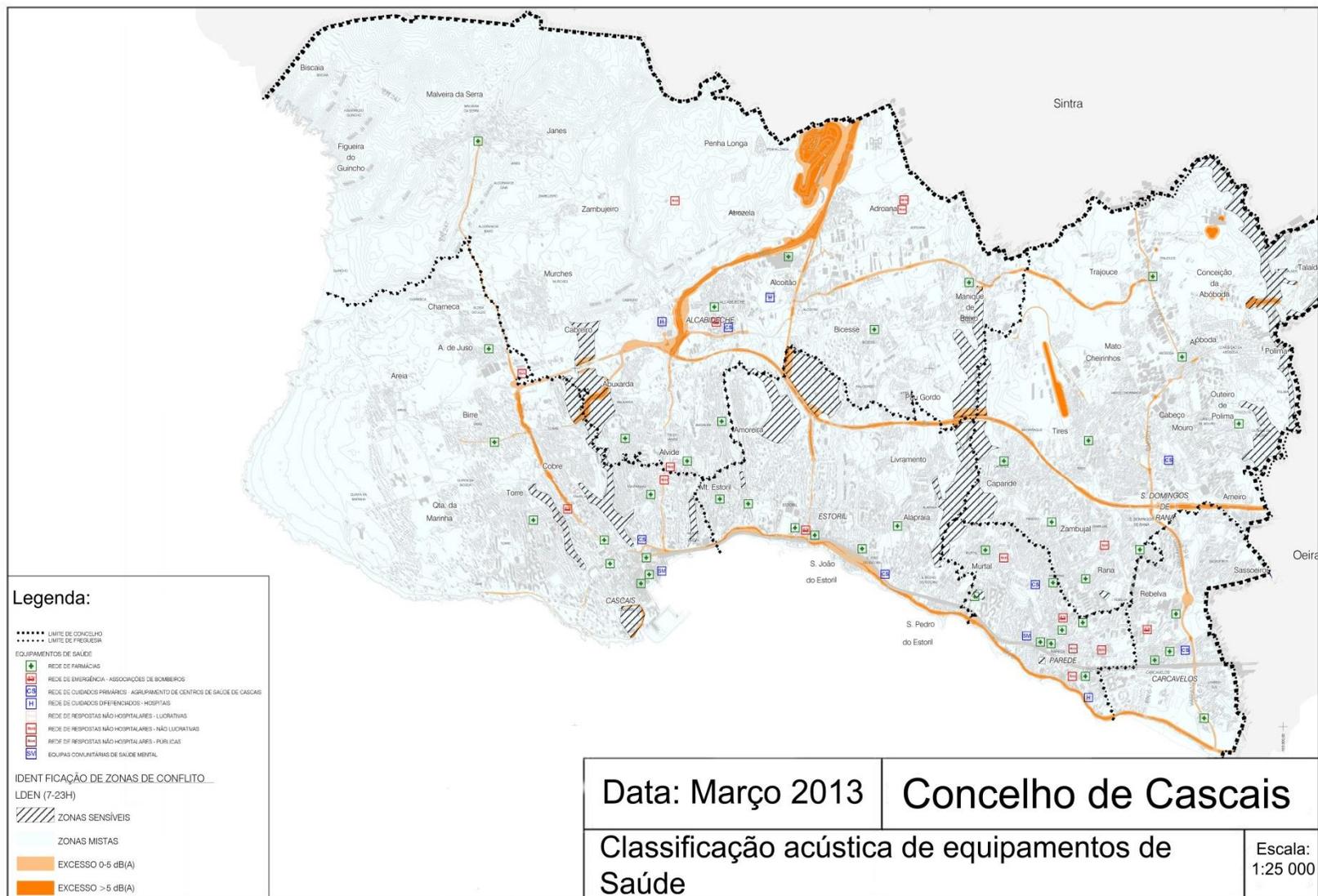


Figura 3.1 - Carta de equipamentos de saúde com zonamento acústico de Cascais

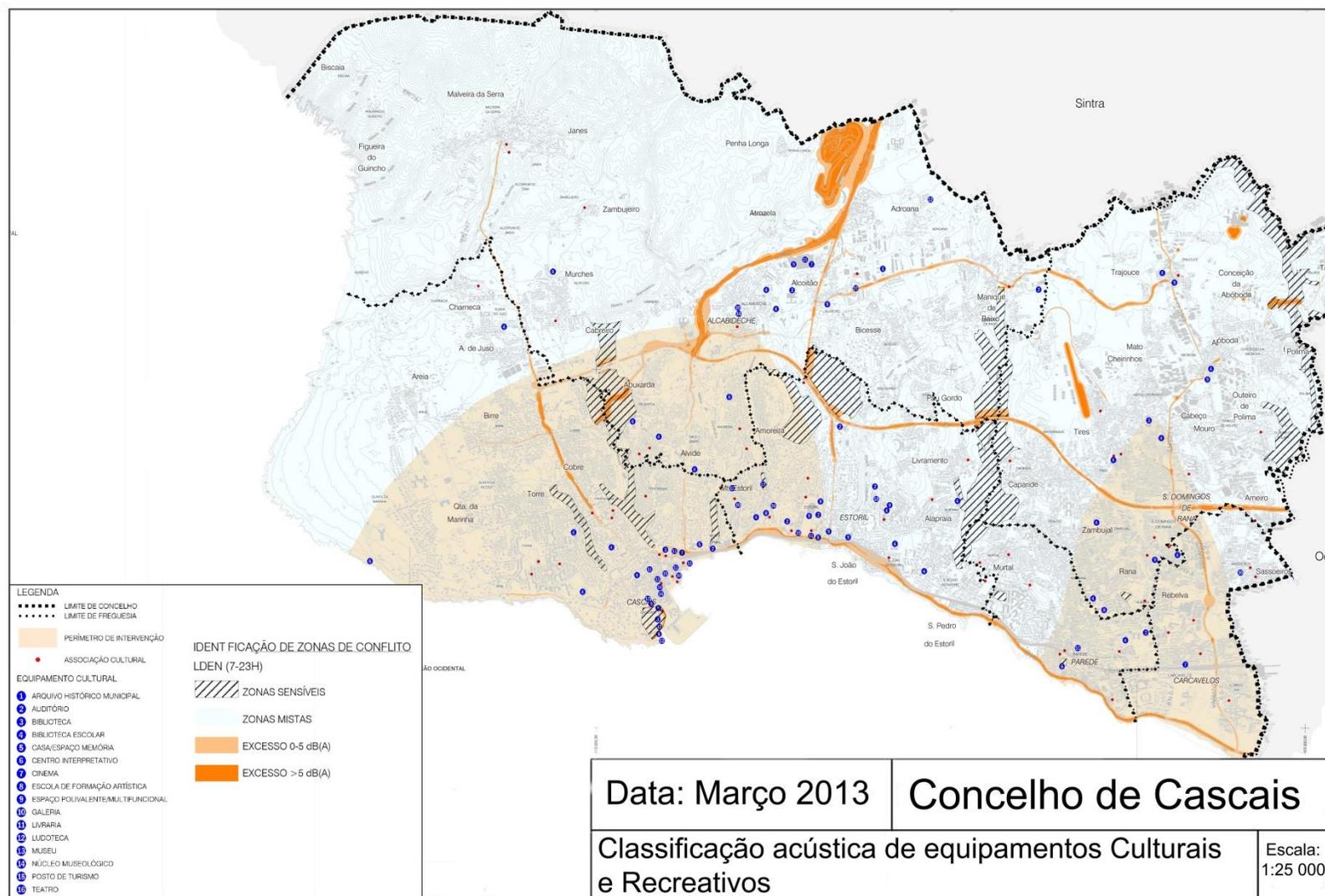


Figura 3.2 - Carta de equipamentos culturais e recreativos com zonamento acústico de Cascais

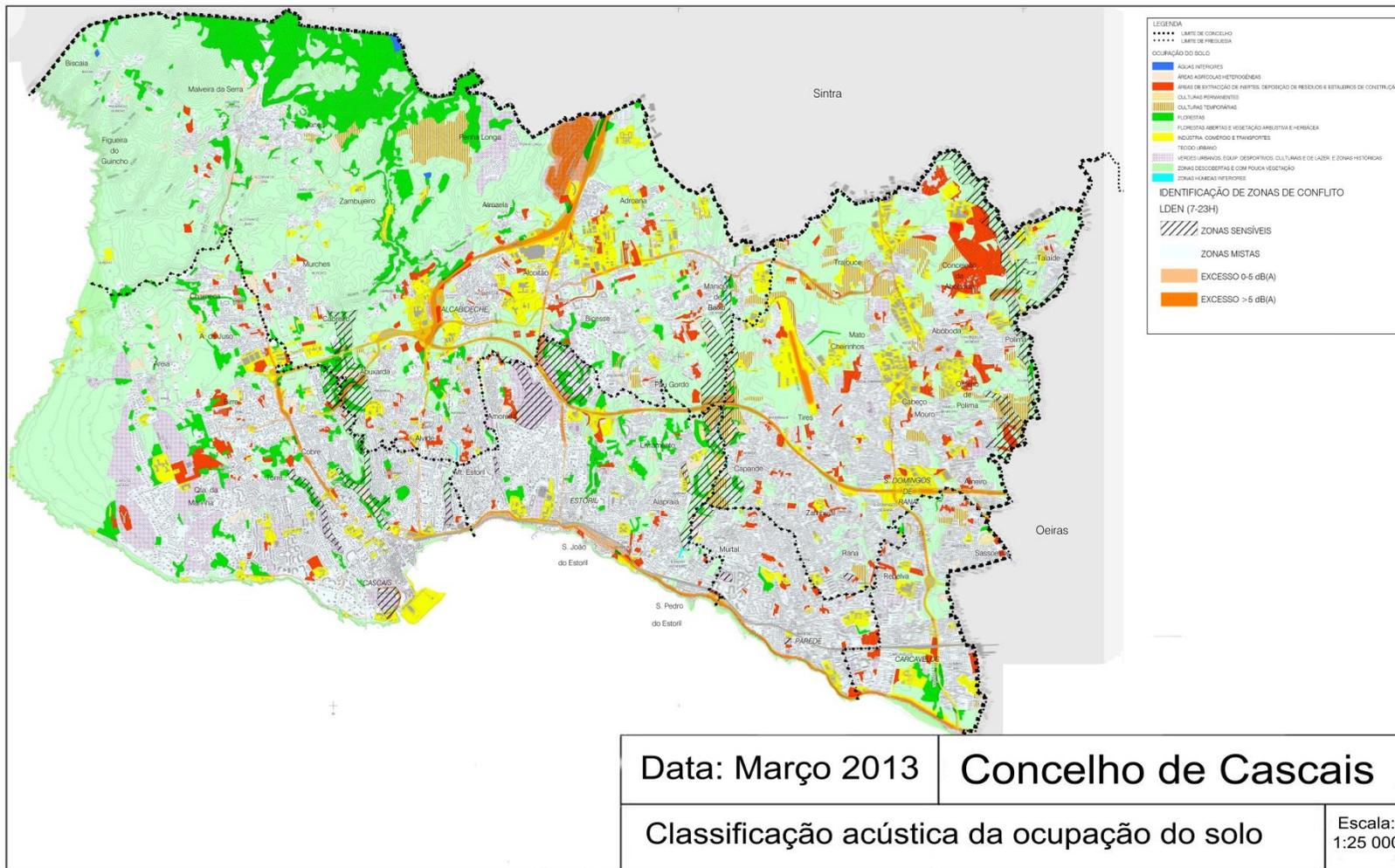


Figura 3.3 - Carta de ocupação do solo com zonamento acústico de Cascais.

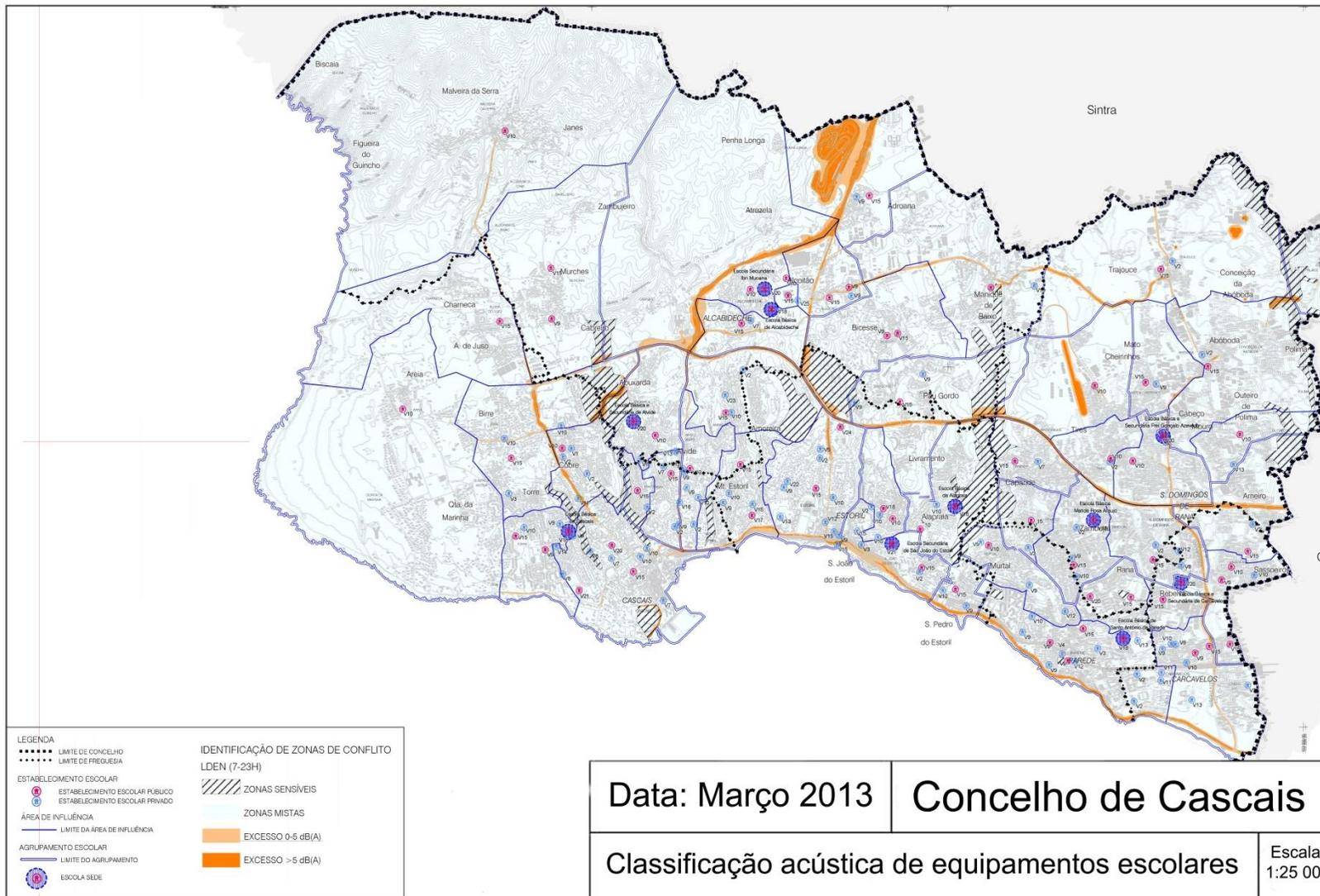


Figura 3.4 - Carta de equipamentos escolares e zonamento acústico de Cascais

