

CRITÉRIOS DE PRIORIZAÇÃO PARA INTERVENÇÕES AO NÍVEL DOS PMRR

EDUARDO DOS SANTOS SILVA AFONSO

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

Orientador: Professor Doutor Rui Manuel Gonçalves Calejo Rodrigues

JULHO DE 2010

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2009/2010

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miiec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2009/2010 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2010.*

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

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

Aos meus Pais e à minha Irmã

Pensar contra foi sempre a maneira menos difícil de pensar.

Jacques De Bourbon-Busset

AGRADECIMENTOS

Expressos os meus agradecimentos:

Ao meu orientador Professor Doutor Rui Manuel Gonçalves Calejo Rodrigues pela paciência, disponibilidade e interesse durante a elaboração do relatório de projecto.

Aos colegas e amigos que me ajudaram a desenvolver este projecto, pois sem o apoio e motivação provavelmente este trabalho não seria feito.

RESUMO

Este trabalho tem como finalidade contribuir para a tomada de decisão aquando da implementação de um Plano Municipal de Redução de Ruído, vulgarmente denominado de PMRR.

Com a evolução legislativa verificada ao nível da Acústica Ambiental, aquando da entrada em vigor do Regulamento Geral do Ruído, em Fevereiro de 2009, os Planos Municipais de Redução de Ruído deverão ser executados num prazo máximo de dois anos contados da data da sua publicação.

Apesar de publicadas várias normas e recomendações para a elaboração de um PMRR, existe carência de bibliografia ao nível de critérios de decisão sobre qual ou quais as acções a empreender apos a correcta caracterização da área em análise.

Este estudo propõe-se compilar e sintetizar as metodologias e legislação aplicável para uma correcta caracterização de uma determinada área geográfica, como sejam a elaboração de Mapas de Ruído e Mapas de Conflitos, assim como a contribuição de novos métodos quantitativos para uma correcta tomada de acção quando esta seja possível e desejável.

Para o efeito propõem-se um conjunto de critérios de priorização de acção para uma implementação racional, do ponto de vista técnico-economico, de todas as medidas exequíveis para a resolução dos impactos negativos sobre as populações residentes.

PALAVRAS-CHAVE: Acústica, Ruído, Mapa de Ruído, Mapa de Conflitos, PMRR, Critérios.

ABSTRACT

This work is to contribute to the decision on the occasion of the implementation of a Noise Action Plans, denominated NAP.

With the legislative developments verified at the level of Environmental Noise, upon the entry into force of the General Regulation of Noise, in February 2009, the Municipal Noise Action Plans should be implemented within a maximum of two years after the date of its publication.

Despite published several standards and recommendations for the preparation of a NAP, there is lacking bibliography the level of criteria for a decision on which the actions undertaken after the correct characterization of the area.

This study proposes-if compile and synthesize the methodologies and applicable law for the correct characterization of a given geographical area, such as the preparation of Noise Maps and Conflicts Maps, as well as the contribution of new quantitative methods for the correct action to be taken where this is possible and desirable.

For this purpose propose-if a set of criteria for the prioritization of action for an implementation rational, technically-economic, of all measures executable for the resolution of negative impacts on the resident populations.

KEY-WORDS: Acoustics, Noise, Noise Map, Conflicts Maps, NAP, Criteria

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	II
RESUMO	III
ABSTRACT	V
ÍNDICE GERAL	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE QUADROS	XIII
SÍMBOLOS E ABREVIATURAS	XIV
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. ÂMBITO	1
1.2. OBJECTIVOS	1
1.3. ENQUADRAMENTO SOCIAL, ECONÓMICO E AMBIENTAL	2
1.4. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	4
2. RUÍDO URBANO	5
2.1. NOÇÕES E CONCEITOS	5
2.1.1. Som	5
2.1.2. Nível de pressão sonora	5
2.1.3. Decibel.....	5
2.1.4. Frequência	6
2.1.5. Som Puro ou Simples.....	7
2.1.6. Curvas de Ponderação.....	7
2.1.7. Ruído de Banda Estreita	8
2.1.8. Ruído Impulsivo.....	8
2.1.9. Ruído Ambiente.....	8
2.1.10. Ruído Particular.....	8
2.1.11. Ruído Residual.....	9
2.2. FONTES DE RUÍDO, ANÁLISE TEMPORAL E CLASSIFICAÇÃO DE ZONAS	9
2.2.1. Caracterização de Fontes de Ruído	9
2.2.2. Análise no Tempo	9
2.2.3. Classificação de Zonas	9
2.3. PARÂMETROS DE RUÍDO.....	10
2.3.1. Nível sonoro Nocturno.....	10
2.3.2. Nível sonoro contínuo equivalente.....	10
2.3.2. Indicador de ruído diurno-entardecer-nocturno.....	10

3. MAPAS DE RUÍDO	13
3.1. ÂMBITO	13
3.2. ENQUADRAMENTO LEGAL	14
3.3. DEFINIÇÕES APLICÁVEIS	14
3.4. METODOLOGIA DE ELABORAÇÃO DOS MAPAS DE RUÍDO	15
3.5. MODELO DE CÁLCULO UTILIZADO: CADNA/A	17
3.5.1. Cálculo de níveis de ruído	17
3.5.2. Fontes	18
3.6. VALIDAÇÃO DAS SIMULAÇÕES	19
4. VISÃO GLOBAL DO PLANO DE REDUÇÃO DE RUÍDO	21
4.1. PRINCIPAIS OBJECTIVOS E BENEFÍCIOS	21
4.2. CARACTERÍSTICAS GERAIS	22
4.3. NATUREZA DAS MEDIDAS DE MINIMIZAÇÃO DE RUÍDO	23
4.4. MAPAS DE CONFLITOS	23
5. MEDIDAS ENGLOBANTES	29
5.1. CONSULTA PÚBLICA	29
5.1.1. Qual o público-alvo?	30
5.1.2. Acções para informar e envolver o público	31
5.2. MONITORIZAÇÃO	31
5.3. ESTUDOS DE MOBILIDADE E PROMOÇÃO DE TRANSPORTES PÚBLICOS	32
5.4. SENSIBILIZAÇÃO DE CONDUTORES DE VEÍCULOS AUTOMÓVEIS	33
5.5. OFÍCIO ÀS AUTORIDADES	34
5.6. PROJECTOS DE EXECUÇÃO	35
6. MEDIDAS DE REDUÇÃO SONORA DISPONÍVEIS	37
6.1. MEDIDAS DE REDUÇÃO NA FONTE DE RUÍDO	37
6.1.1. Pavimentos	37
6.1.2. Medidas de alteração de traçado	38
6.1.3. Formas urbanas	43
6.2. MEDIDAS DE REDUÇÃO NO MEIO DE PROPAGAÇÃO	44
6.2.1. Barreiras em Betão	45
6.2.2. Muros de alvenaria	46
6.2.3. Barreiras em Painéis metálicos	46
6.2.4. Barreiras em Madeira	47
6.2.5. Barreiras em Materiais transparentes	47
6.2.6. Barreiras em materiais plásticos	48
6.2.7. Barreiras compósitas	48
6.2.8. Taludes e Aterros	49
6.2.9. Vegetação	49

6.3. MEDIDAS DE REDUÇÃO NO RECEPTOR	49
6.3.1. Reforço das envolventes opacas	50
6.3.2. Reforço dos vãos envidraçados exteriores	51
6.3.3. Compra de Terrenos	51
6.3.4. Expropriação de terrenos	52
6.3.5. Outras acções	52
7. CRITÉRIOS DE PRIORIZAÇÃO	55
7.1. ÂMBITO.....	55
7.2. CRITÉRIOS DE PRIORIDADE DE ACÇÃO.....	56
7.2.1. Critério de custo benefício.....	57
7.2.2. Factor de Exequibilidade.....	58
7.2.3. Critério dose sonora	58
7.2.4. Critério de acção	58
7.2.4. Critério InterZonal.....	59
8. CASO DE ESTUDO	61
8.1. PRINCIPAIS ENTIDADES GESTORAS	61
8.1.1. Vias rodoviárias.....	61
8.1.2. Vias ferroviárias.....	61
8.1.3. Infra-estruturas aéreas	61
8.2. LOCAIS EM SOBREEXPOSIÇÃO.....	62
8.2.1. Área envolvente do Hospital de S. João e Cemitério de Paranhos	65
8.2.2. Área envolvente da Via de Cintura Interna	65
8.2.3. Área envolvente da Via Norte	65
8.2.4. Área envolvente da avenida da Associação Industrial do Porto.....	66
8.2.5. Área envolvente do nó na A3/A4	66
8.2.6. Área envolvente da ligação ponte do Freixo e Gondomar.....	66
8.2.7 Área envolvente da Avenida Fernão de Magalhães	66
8.2.8. Área envolvente da Avenida da Boavista e Marechal Gomes da Costa	66
8.2.9. Área envolvente da Rua do Campo Alegre.....	66
8.2.10. Área envolvente da Marginal da Foz do Douro	67
8.2.11. Área envolvente da estrada da circunvalação	67
8.2.12. Área envolvente da ligação Campanhã – Ponte de S. João – S. Bento	67
8.3. CRITÉRIOS DE PRIORIZAÇÃO - APLICAÇÃO.....	67
8.3.1. Critério de custo benefício.....	68
8.3.2. Factor de Exequibilidade.....	70
8.3.3. Critério dose sonora	70
8.3.4. Critério de acção.	70
8.3.5. Critério InterZonal.....	71
8.4. RESULTADOS	71

8.4.1. Actuação Por Zonas de Conflitos	72
8.4.2. Actuação InterZonal.	73
9. CONCLUSÕES	75
9.1. CONCLUSÕES	75
9.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	76
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Pressão sonora e níveis de pressão sonora.	6
Figura 2 – Gama de Frequências.....	7
Figura 3 – Sons Puros (A, B, C).....	7
Figura 4 – Descrição das curvas de ponderação (filtros) A, B, C e D.	8
Figura 5 – Classes Acústicas e grafismo correspondente.....	16
Figura 6 – Extracto do Mapa de Ruído Aéreo que afecta a Cidade do Porto	19
Figura 7 – Representação da zona influenciada pelo sobrevoo de aeronaves.....	19
Figura 8 – Mapa de Ruído global para a Cidade do Porto – Indicador Lden	20
Figura 9 – Mapa de Ruído global para a Cidade do Porto – Indicador Ln	20
Figura 10 – Classes Acústicas de Sobreexposição e grafismo correspondente.....	24
Figura 11 – Carta de Classificação de Zonas da Cidade do Porto.....	24
Figura 12 – Mapa de Conflitos Diurno da Cidade do Porto	25
Figura 13 – Mapa de Conflitos Nocturno da Cidade do Porto	25
Figura 14 – Elaboração de um PMRR	27
Figura 15 –Papel do Projecto de Execução num PMRR	35
Figura 16 – Pavimentos	37
Figura 17 – Estreitamento de vias.....	39
Figura 18 – Gincanas	40
Figura 19 – Rotundas.....	40
Figura 20 – Bandas sonoras e cromáticas.....	41
Figura 21 – Lombas	41
Figura 22 – Plataformas.....	42
Figura 23 – Limitação de velocidade	42
Figura 24 – Campanha de promoção de Transportes Públicos	43
Figura 25 – Barreiras Acústicas	45
Figura 26 – Reforço das Envolventes Opacas.....	50
Figura 27 – Reforço dos Vãos Envidraçados Exteriores	51
Figura 28 – Zonas de Conflitos da cidade do Porto.....	62
Figura 29 – Folha de Rosto para Zonas de Conflitos da cidade do Porto.....	63
Figura 30 – Ficha de Identificação de Zona de Conflitos da cidade do Porto	64
Figura 31 – Zonas de Conflitos da cidade do Porto sob a alçada da CMP	68

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Valores numéricos das ponderações da curva A para a banda de frequência de uma oitava na gama de frequências dos 125 Hz aos 4000 Hz	8
Quadro 2 – Limites de Exposição em Função da Classificação de Zonas.....	10
Quadro 3 – Quadro Síntese Global por Banda Sonora na Cidade do Porto	26
Quadro 4 – Quadro Síntese Global por Classe de Exposição na Cidade do Porto.....	26
Quadro 5 – Quadro Síntese por Entidade e Classe de Exposição na Cidade do Porto.....	26
Quadro 6 – Situação Hipotética A.....	55
Quadro 7 – Situação Hipotética B.....	55
Quadro 8 – Quadro Síntese de Fichas Elaboradas	62
Quadro 9 – Quadro Matriz de Medidas de Redução Sonora Aplicáveis	65
Quadro 10 – Quadro Matriz de Unidades Monetárias e Eficácias Sonoras	68
Quadro 11 – População Residente abrangida pelo Ruído -Indicadores Lden e Ln	69
Quadro 12 – Critério custo benefício -Indicadores Lden e Ln	69
Quadro 13 – Factor de Exequibilidade.....	70
Quadro 14 – Critério Dose Sonora -Indicadores Lden e Ln.....	70
Quadro 15 – Critério de Acção -Indicadores Lden e Ln.....	70
Quadro 16 – Critério InterZonal – Entidade Câmara Municipal do Porto	71
Quadro 17 – Quadro Síntese – Zona de Conflitos Diogo Botelho	72
Quadro 18 – Quadro Síntese – Zona de Conflitos Marginal Foz do Douro	72
Quadro 19 – Quadro Síntese – Zona de Conflitos Campo Alegre.....	72
Quadro 20 – Quadro Síntese – Zona de Conflitos Avenida da Boavista	72
Quadro 21 – Quadro Síntese – Zona de Conflitos S.João.....	73
Quadro 22 – Quadro Síntese – Zona de Conflitos Avenida Fernão de Magalhães.....	73
Quadro 23 – Quadro Síntese – Zona de Conflitos Avenida Industrial do Porto (AIP)	73
Quadro 24 – Quadro Síntese Critério InterZonal	73

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

CA – Critério de Acção

CADNA/A - Computer Aided Design Noise Abatement

Ccb – Critério custo benefício

Cds – Critério dose sonora

CIZ– Critério Interzonal

CMP– Câmara Municipal do Porto

dB - Decibel

DL – Decreto Lei

f – Frequência

Fex – Factor de exequibilidade

h - Hora

Hz - Hertz

L_{Aeq} - Nível sonoro contínuo equivalente ponderado A

L_p – Nível de pressão sonora

L_w – Nível de potência sonora

m – Metro

NP - Norma Portuguesa

p - Pressão sonora instantânea

p_0 - Pressão sonora de referência

Pa - Pascal

PMRR – Plano Municipal de Redução de Ruído

RGR – Regulamento Geral do Ruído

t - Período

μ Pa - Micro-pascais

1 INTRODUÇÃO

1.1. ÂMBITO

A actividade humana exerce uma influência significativa na produção e distribuição do ruído. A exposição ao ruído (estímulo sonoro sem mensagem para o receptor) é uma característica de uma sociedade moderna e na sua evolução recente conheceu um crescimento exponencial. Do ponto de vista de protecção ambiental, a elevação do nível de pressão sonora pode assumir um carácter patológico no que respeita à saúde humana. Os níveis sonoros relacionados com o ruído ambiente raramente afectam o sistema auditivo, mas a resposta humana envolve também os sistemas cardiovascular e neuro-endócrino. Os efeitos mais frequentes do ruído traduzem-se em perturbações psicológicas ou alterações fisiológicas associadas a reacções de “stress” e cansaço. Perturbações do sono e hipertensão arterial podem advir como respostas directas ou a prazo. De um modo geral os cidadãos são afectados pelo ruído e isso tem reflexos na sua qualidade de vida.

Este facto, aliado ao desenvolvimento da sensibilidade face à questão de Ruído Urbano, originou a criação de metodologias que caracterizassem e estabelecessem linhas orientadoras de minimização dos impactos negativos sobre as populações.

Este conjunto de intenções foram compilados sob a forma de Planos Municipais de Redução de Ruído, que sintetizam um conjunto de acções a empreender, mas não é claro quais as medidas prioritárias, nem tão pouco como estas deverão ser implementadas em função de uma calendarização temporal de acção.

1.2. OBJECTIVOS

O objectivo deste estudo insere-se no âmbito da nova regulamentação e dos novos ideais de cariz ambiental e social, na medida em que se pretende implementar sob a forma de critérios mensuráveis que permitam uma racional hierarquização das medidas a tomar nas zonas abrangidas.

As etapas que permitem alcançar os objectivos propostos são a determinação das zonas problemáticas em termos de exposição ao ruído por parte das populações, as medidas aplicáveis para sua resolução ou minimização, e os Critérios de Priorização das acções aplicáveis, quer ao nível de cada Zona de Conflitos, quer através da comparação ao nível da actuação entre as diferentes Zonas problemáticas detectadas.

Este estudo estará limitado ao município do Porto, que do ponto de vista geográfico se encontra aproximadamente delimitado pela estrada exterior da circunvalação e pela margem direita do rio Douro.

1.3. ENQUADRAMENTO SOCIAL, ECONÓMICO E AMBIENTAL

“Em 1900, 10% da população mundial vivia na cidade; em 2000, 50% e em 2025, espera-se cerca de 60%. O crescimento urbano do século XX é o resultado de uma mundialização económica e cultural, da difusão de novas tecnologias e mobilidades inéditas, da mesma forma que a Revolução Industrial influenciou o crescimento urbano do século precedente. Abre-se assim, o caminho a uma nova civilização urbana” - Francis Godard.

Desde cedo na constituição Portuguesa de 2 de Abril de 1976, são salvaguardadas ao abrigo do artigo 66º, direitos e deveres directamente relacionados com o ambiente e qualidade de vida dos cidadãos:

“1. Todos têm direito a um ambiente de vida humano, sadio e ecologicamente equilibrado e o dever de o defender.

2. Para assegurar o direito ao ambiente, no quadro de um desenvolvimento sustentável, incumbe ao Estado, por meio de organismos próprios e com o envolvimento e a participação dos cidadãos:

a) Prevenir e controlar a poluição e os seus efeitos e as formas prejudiciais de erosão; (...)”

É na Lei de Bases do Ambiente, criada a 7 de Abril de 1987, com base nos princípios anteriormente enunciados, que se faz inicialmente referência ao ruído (artigo 22º):

“1 – A luta contra o ruído visa a salvaguarda da saúde e bem-estar das populações e faz-se através, designadamente:

a) Da normalização dos métodos de medida do ruído;

b) Do estabelecimento de níveis sonoros máximos, tendo em conta os avanços científicos e tecnológicos nesta matéria;

c) Da redução do nível sonoro na origem, através da fixação de normas de emissão aplicáveis as diferentes fontes;

d) Dos incentivos à utilização de equipamentos cuja produção de ruídos esteja contida dentro dos níveis máximos admissíveis para cada caso;

e) Da obrigação dos fabricantes de máquinas e electro-domésticos apresentarem informações detalhadas, homologadas, sobre o nível sonoro dos mesmos nas instruções de uso e facilitarem a execução das inspecções oficiais;

f) Da introdução nas autorizações de construção de edifícios, utilização de equipamento ou exercício de actividades da obrigatoriedade de adoptar medidas preventivas para eliminação da propagação do ruído exterior e interior, bem como das trepidações;

g) Da sensibilização da opinião pública para os problemas de ruído;

h) Da localização adequada no território das actividades causadoras de ruído.

2- Os veículos motorizados, incluindo as embarcações, as aeronaves e os transportes ferroviários estão sujeitos a homologação e controle no que se refere às características do ruído que produzem.

3- Os avisadores sonoros estão sujeitos a homologação e controle no que se refere às características dos sinais acústicos que produzem.

4- Os equipamentos electro-mecânicos deverão ter especificado as características do ruído que produzem. (...)”[1]

Surge passado pouco tempo com o DL 251/87 de 24 de Julho de 1987, o primeiro documento em Portugal, com o objectivo de enquadrar e dar resposta ao problema da poluição sonora já enunciado na Lei de Bases do Ambiente, que deu pelo nome de “Regulamento Geral Sobre o Ruído”, onde se ditou estratégias e prevenções com intuito de salvaguardar a saúde e qualidade de vida das pessoas.

Ao fim de dois anos após a aprovação do Regulamento Geral do Ruído, tornam-se inevitável introduzir pequenas alterações ao citado regulamento, com o intuito de “ (...) esclarecer alguns aspectos sobre os quais foram suscitadas questões e tornar mais exequíveis algumas das suas disposições (...)” [2], aprovando-se com esse intuito o DL292/89 de 2 de Setembro. Este regulamento manteve-se em vigor durante aproximadamente 12 anos, até ao aparecimento de um novo regulamento a 14 de Maio de 2001 com o DL 292/2000 de 14 de Novembro, com o objectivo de dar resposta à crescente exigência nos padrões de qualidade acústica, uma vez evidenciado que o seu antecessor se mostrava “ (...) claramente insuficiente para a salvaguarda da saúde e do bem estar das pessoas (...)” e começava a existir uma “ (...) conflitualidade social gerada por situações ligadas ao ruído (...)” [3]. Preconizou-se ainda uma nova designação, para além de se manter a designação primeiramente usada em 1987 (Regulamento Geral do Ruído), “ (...) com o intuito de salientar a força jurídica do normativo (...)” [3].

Novamente passado dois anos, e na sequência da aprovação da lei nº 159/99 de 14 de Setembro, que estabelece o quadro de transferências de atribuições e competências para as autarquias locais aprova-se o DL 259/2002 de 23 de Novembro propondo conferir aos municípios “ (...) um papel mais relevante, nomeadamente em matéria de ruído de vizinhança (...)” [4].

Três anos mais tarde, na sequência da “ (...) transposição da directiva nº 2002/497CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de Junho, relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente, tornou-se premente proceder a ajustamentos ao regime legal sobre poluição sonora (...) de modo a compatibilizá-lo com as normas ora aprovadas, em especial a adopção de indicadores de ruído ambiente harmonizados. (...) “. Surge então o DL 9/2007 de 17 de Janeiro, que aprova o novo regulamento que se encontra actualmente em vigor, ao qual se conferiu novamente e exclusivamente a primeira designação dada em 1987: Regulamento Geral do Ruído.

O Regulamento Geral do Ruído remete para diversos regulamentos complementares como por exemplo o ruído no trabalho, ruído nos equipamentos exteriores, ruído nos aeroportos e requisitos acústicos de edifícios.

Estudos revelam que cada vez mais o ruído é uma parte integrante no quotidiano das sociedades tanto de países desenvolvidos como países em fase de desenvolvimento, estando relacionado com algumas mudanças comportamentais, stress, problemas cardiovasculares, falta de concentração, entre outros fenómenos.

Começam-se a observar cada vez mais actos de consciência social no que diz respeito a uma maior preservação da saúde e bem-estar tanto a nível individual como comunitária. A crescente aplicação de medidas minimizadoras de impactes ambientais vem a comprovar esta mudança de atitude.

Como consequência deste novo movimento social, a redução do ruído urbano tem também sido tópico de debate e preocupação. O Regulamento Geral do ruído aprovado pelo Decreto-Lei n.º 9/2007 contempla a elaboração de mapas de ruído, imposição de limites legais de níveis de pressão sonora entre outras medidas.

1.4. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este estudo organiza-se em 9 capítulos de forma a estruturar do geral para o particular o problema em análise.

Assim, no capítulo 1 intitulado “Introdução” apresentam-se os objectivos e motivação associados para a elaboração deste trabalho, assim como se realiza o seu enquadramento.

No capítulo 2 “Ruído Urbano” abordam-se considerações de acústica geral de um ponto de vista superficial, e apenas explicativo dos vários conceitos utilizados no decorrer do projecto apresentado, inserido num contexto ambiental, do ponto de vista da actual legislação.

No capítulo 3 intitulado “Mapas de Ruído” pretende-se justificar a metodologia seguida na sua elaboração, com base nas actuais necessidades legais e sociais. Este capítulo explica a necessidade de criação de ferramentas necessárias no âmbito da redução de ruído urbano.

No capítulo 4 “Visão Global do Plano de Redução de Ruído” apresentam-se as características gerais e principais objectivos que se pretendem almejar com a sua elaboração. Os instrumentos necessários à sua concretização são sucintamente explanados.

O capítulo 5 “Medidas Englobantes” referem-se todas as medidas que afectam não só uma determinada área de conflito específica, mas antes toda a zona envolvente abrangida pelo estudo, do ponto de vista de consciencialização e sensibilização ambiental.

No capítulo 6 “Medidas de Redução Sonoras Disponíveis” enumeram-se e descrevem-se a generalidade das medidas disponíveis que poderão ser aplicadas na generalidade dos casos em estudo.

O capítulo 7 “Critérios de Priorização” apresenta os critérios propostos que servirão de base a uma hierarquização de todas as medidas aplicáveis para cada área em estudo.

O capítulo 8 “caso de Estudo” afiguram-se os critérios propostos aplicados e respectivos resultados obtidos.

As conclusões retiradas ao longo deste projecto encontram-se no capítulo final, 9 “Conclusões e Desenvolvimentos Futuros”, no qual se apresentam também algumas sugestões de posteriores considerações e estudos futuros.

2

RUÍDO URBANO

O objectivo deste capítulo é abordar os conhecimentos de base, para uma melhor compreensão do posterior desenvolvimento do tema proposto.

Trata-se de um assunto de elevada complexidade, pelo que as considerações aqui expostas são apenas uma pequena exposição do extenso leque de assuntos que poderiam ser mencionados e aprofundados.

2.1. NOÇÕES E CONCEITOS

2.1.1. SOM

Som (ou *ruído*) tem origem numa variação de pressão do ar que, uma vez estimulado (por exemplo por cordas vocais ou equipamentos) transmite esse estímulo às partículas de ar adjacentes até chegarem ao ouvido. Se o resultado subjectivo dessa vibração (no cérebro) for agradável ou tiver significado auditivo será classificado como Som; se não tiver significado auditivo ou for desagradável a designação passa a ruído.

2.1.2. NÍVEL DE PRESSÃO SONORA

O nível de pressão sonora (L_p) corresponde à alteração da pressão do ar relativamente a um valor médio da pressão atmosférica designado por valor de referência. Essas alterações, no caso da acústica e em particular do Ruído Ambiental, abrangem um vasto domínio numérico. Entre a amplitude máxima audível pelo Homem (limiar da dor) e a amplitude mínima (limiar de audição) existe um factor de cerca de 1.000.000. Isto significa que comparando o ouvido com uma balança, este recebe pesos compreendidos entre 1 grama e 1 tonelada. Devido a esta diferença torna-se quase impraticável a utilização de uma escala linear.

De forma a ultrapassar esta amplitude de escala, é utilizada uma relação logarítmica que permite avaliar a variação de pressão sonora, tendo a vantagem de aumentar os valores menores e reduzir os maiores. Deste modo à gama de variação linear de amplitude entre 0 e 1.000.000 passará a corresponder uma variação logarítmica entre 0 e 120 dB (decibel), correspondendo 0 dB ao limiar de audição e 120 dB ao limiar da dor.

2.1.3. DECIBEL

O decibel (dB) é definido como a unidade de medida do nível de pressão sonora. O decibel não é uma unidade absoluta de medida, mas antes a razão entre uma quantidade medida (pressão sonora existente

num dado local) e um valor de referência (pressão sonora de referência p_0 de 20 μPa – valor próximo do limiar da audição) numa escala logarítmica. A expressão utilizada para determinar o L_p em dB é dada por:

$$L_p = 10 * \log_{10} \left(\frac{p}{p_0} \right)^2 = 20 * \log_{10} \frac{p}{p_0} \quad (2.1)$$

Sendo:

“ L_p ” nível de pressão sonora (dB)

“ p ” pressão sonora (Pa)

“ p_0 ” pressão sonora de referência (Pa)

A soma de dois níveis de pressão sonora, não pode deixar de ser também logarítmica, assim se existirem dois ruídos distintos, L_1 e L_2 , a sua soma será:

$$L_1 + L_2 = 10 * \log \left(10^{\frac{L_1}{10}} + 10^{\frac{L_2}{10}} \right) \quad (2.2)$$

Sendo:

“ L_i ” Nível de pressão sonora (dB)

Da qual se deduz uma expressão geral de adição de níveis

$$L_{total} = 10 * \log \sum 10^{\frac{L_i}{10}} \quad (2.3)$$

Sendo:

“ L_i ” Nível de pressão sonora (dB)

Como forma de visualizar, mais facilmente, esta relação logarítmica pode-se utilizar o que se designa por escala de decibel, cujo exemplo se apresenta na figura seguinte juntamente com a representação de algumas fontes sonoras de ruído mais comuns.

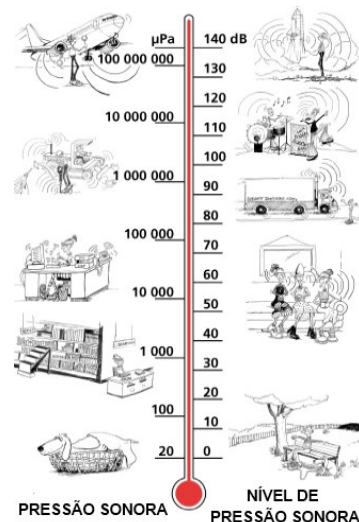


Figura 1 – Pressão sonora e níveis de pressão sonora [5].

2.1.4. FREQUÊNCIA

A frequência representa a taxa de ocorrência das flutuações completas de pressão por segundo, a unidade de medida é o hertz (Hz). Podemos encontrar três gamas de frequências: graves, médias e agudas. Para o ouvido humano a gama de frequências audíveis situa-se entre os 20 Hz e os 20 kHz.

Os sons de frequências inferiores aos 20 Hz designam-se por infra-sons; por sua vez os que são caracterizados por uma frequência superior aos 20 kHz são denominados por ultra-sons (figura 4.2).

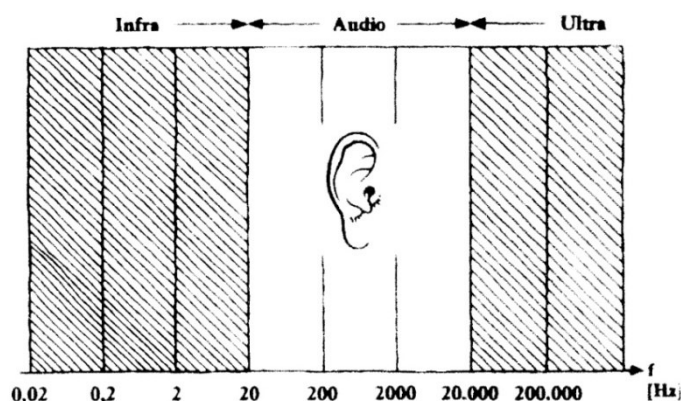


Figura 2 – Gama de Frequências [6].

2.1.5. SOM PURO OU SIMPLES

Som puro [7] é aquele que é associado a uma única frequência. Na figura seguinte são representados três exemplos deste tipo de som, que se caracterizam da seguinte forma:

- A e B têm a mesma frequência mas amplitudes diferentes;
- A e C têm a mesma amplitude mas frequências diferentes;
- B e C têm amplitudes e frequências diferentes.

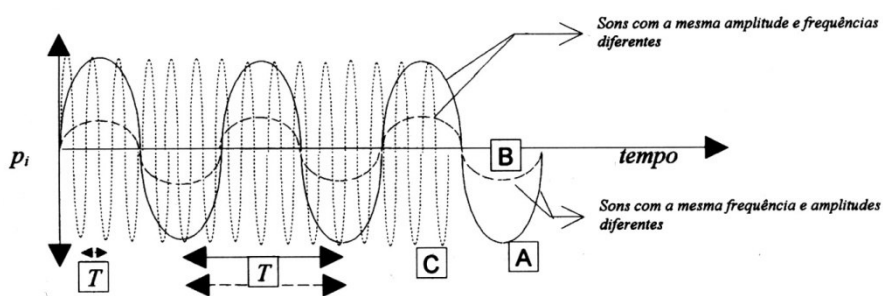


Figura 3 – Sons Puros (A, B, C) [6].

2.1.6. CURVAS DE PONDERAÇÃO

Como a resposta do ouvido humano não é a mesma em todas as frequências foi necessário criar um filtro nos equipamentos de medida que, ao efectuar medições sonoras, permitisse ouvir como o Homem. Para se obter uma simulação realista da audição humana o filtro usado é a curva de ponderação A. Por esse facto, se utiliza a unidade dB(A) ou o parâmetro L_A , cuja correspondência é representada pela figura 4 e definida pelos valores do quadro 1.

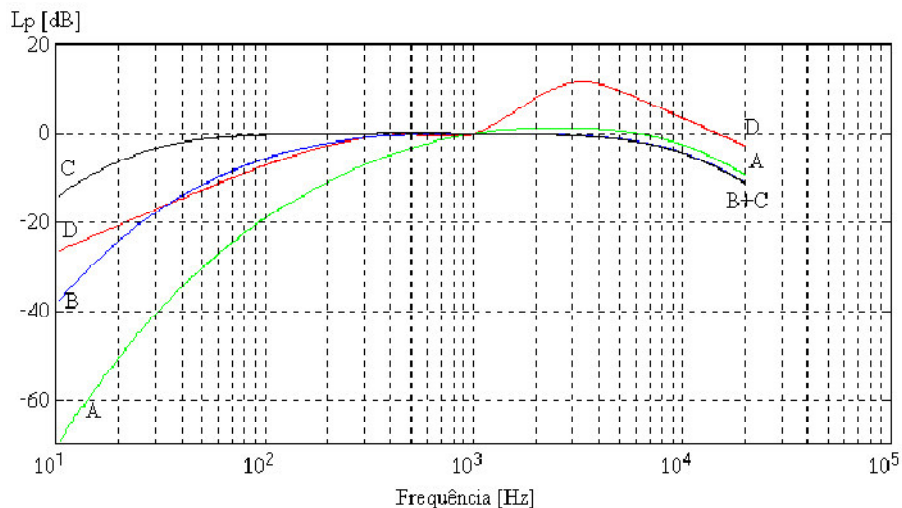


Figura 4 – Descrição das curvas de ponderação (filtros) A, B, C e D [8].

Quadro 1 – Valores numéricos das ponderações da curva A para a banda de frequência de uma oitava na gama de frequências dos 125 Hz aos 4000 Hz

Filtro A	
Banda de Frequência (Hz)	Ponderação (dB)
125	-15,5
250	- 8,5
500	- 3,0
1000	0,0
2000	+ 1,0
4000	+ 1,0

2.1.7. RUÍDO DE BANDA ESTREITA

O ruído de banda estreita é aquele cuja banda efectiva é inferior ou igual a 1/3 de oitava.

2.1.8. RUÍDO IMPULSIVO

O ruído impulsivo é o ruído com um ou mais impulsos de energia acústica cuja duração é inferior a 1s, separados por intervalos de tempo superiores a 0,2 s.

2.1.9. RUÍDO AMBIENTE

O ruído ambiente representa o ruído global observado para uma dada circunstância num determinado instante, devido ao conjunto de todas as fontes sonoras que fazem parte da vizinhança próxima ou longínqua do local considerado.

2.1.10. RUÍDO PARTICULAR

O ruído particular é a componente do ruído ambiente que pode ser especificamente identificada por meios acústicos e atribuída a determinada fonte sonora.

2.1.11. RUÍDO RESIDUAL

O ruído residual é o ruído ambiente a que se suprime um ou mais ruídos particulares para uma determinada situação.

2.2. FONTES DE RUÍDO, ANÁLISE TEMPORAL E CLASSIFICAÇÃO DE ZONAS

2.2.1. CARACTERIZAÇÃO DE FONTES DE RUÍDO

Na acústica de ruídos exteriores, as fontes sonoras de emissão de ruído podem ser caracterizadas de duas maneiras distintas: fontes pontuais e fontes lineares.

As fontes sonoras pontuais radiam energia sonora de forma idêntica em todas as direcções, são fontes que se podem considerar provenientes num único ponto do espaço.

As fontes sonoras lineares propagam-se em superfícies cilíndricas, ou seja, a origem do som provém de uma fonte que se desenvolve ao longo de um segmento de recta.

A importância desta distinção de fontes sonoras deve-se ao cálculo de propagação de ruído, e respectiva atenuação com a distância à fonte, ser diferente para cada um dos casos.

2.2.2. ANÁLISE NO TEMPO

A inconstância dos níveis de pressão sonora na maioria dos ruídos do ponto de vista temporal obriga a recorrer ao factor tempo para descrever alguns fenómenos sonoros.

Desta forma recorre-se a descritores estatísticos que permitem avaliar num único valor um acontecimento acústico ocorrido num dado intervalo de tempo.

2.2.3. CLASSIFICAÇÃO DE ZONAS

O actual regulamento especifica dois tipos de zonas: Sensíveis e Mistas.

As Zonas Sensíveis são áreas definidas em planos municipais de ordenamento do território com vocação para uso habitacional, ou escolas, hospitais ou similares, espaços de lazer (existentes ou previstos), podendo conter pequenas unidades e comércio e de serviços destinados a servir a população local (tais como cafés e outros estabelecimentos de restauração).

As áreas definidas em planos municipais de ordenamento do território cuja utilização seja afectada a outros usos, para além dos referidos na definição de zona sensível, são consideradas Zonas Mistas.

Os valores limite de exposição de ruído, em função do tipo de ocupação de zona, são apresentados no seguinte quadro:

Quadro 2 – Limites de Exposição em Função da Classificação de Zonas

Classificação de Zonas	L _{den} dB(A)	L _n dB(A)
Zonas Mistas	65	55
Zonas Sensíveis	55	45
Zonas Sensíveis na proximidade de GIT existente	65	55
Zonas Sensíveis na proximidade de GIT não aéreo em projecto	60	50
Zonas Sensíveis de GIT aéreo em projecto	65	55
Receptores Sensíveis em Zonas não classificadas	63	53

2.3. PARÂMETROS DE RUÍDO

2.3.1. NÍVEL SONORO NOCTURNO

L_n (ou L_{noite}) – indicador de ruído nocturno, ou seja, o nível sonoro médio de longa duração, conforme definido na Norma NP 1730-1:1996, ou na versão actualizada correspondente, determinado durante uma série de períodos nocturnos representativos de um ano. Está associado ao incómodo durante o período nocturno, penalizado em 10 dB(A).

2.3.2. NÍVEL SONORO CONTÍNUO EQUIVALENTE

Para quantificar o nível sonoro ponderado A de um ruído uniforme a que corresponde a mesma energia acústica que um dado ruído, num determinado intervalo de tempo T, isto é, nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A, em decibel pode-se empregar a expressão:

$$L_{A_{eq},T} = 10 \times \log \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{p_{A(t)}^2}{p_0^2} \right) dt \right]$$

em que:

$L_{A_{eq},T}$ - nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A, em decibel, determinado num intervalo de tempo T, com início em t_1 e fim em t_2 ;

p_0 - pressão sonora de referência (20 μ Pa);

$p_{A(t)}^2$ - pressão sonora instantânea, ponderada A, do sinal sonoro.

2.3.2. INDICADOR DE RUÍDO DIURNO-ENTARDECER-NOCTURNO

O indicador de ruído diurno-entardecer-nocturno, L_{den} é expresso em dB(A) e associado ao incómodo global. O seu valor pode ser calculado pela seguinte expressão:

$$L_{den} = 10 \times \log \frac{1}{24} \left[t_d \times 10^{\frac{L_d}{10}} + t_e \times 10^{\frac{L_e+5}{10}} + t_n \times 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right]$$

em que:

t_d – período de tempo diurno

t_e – período de tempo do entardecer

t_n – período de tempo nocturno

$t_d+t_e+t_n=24$ h

L_d (ou L_{dia}) – indicador de ruído diurno, ou seja, o nível sonoro médio de longa duração, conforme definido na Norma NP 1730- 1:1996, ou na versão actualizada correspondente, determinado durante uma série de períodos diurnos representativos de um ano. Está associado ao incómodo durante o período diurno;

L_e (ou $L_{entardecer}$) – indicador de ruído do entardecer, ou seja, o nível sonoro médio de longa duração, conforme definido na Norma NP 1730-1:1996, ou na versão actualizada correspondente, determinado durante uma série de períodos do entardecer representativos de um ano. Está associado ao incómodo durante o período do entardecer, penalizado em 5 dB(A);

L_n (ou L_{noite}) – indicador de ruído nocturno.

3

MAPAS DE RUÍDO

A estratégia adoptada pela Directiva Ambiental Europeia recomenda que antes de qualquer tipo de controlo de Ruído se faça um levantamento de toda a área em que se pretende intervir sob a forma de um Mapa de Ruído, em que este é elaborado a partir de um conjunto detalhado de informações recolhidas e as apresentem sob a forma de faixas sonoras, para uma fácil leitura e interpretação por parte de quem o consulta.

3.1. ÂMBITO

A Directiva sobre o Ruído descreve uma Mapa de Ruído como sendo “a apresentação de um cenário actual ou previsional de ruído sob a forma de um indicador, indicando faixas de relevância sonora, o número de pessoas afectadas numa determinada área ou o número de habitações expostas a determinados valores sob a forma de um indicador”.

Um Mapa de Ruído permite visualmente apresentar dados relacionados essencialmente com:

- o nível Sonoro de acordo com um Indicador
- o nível de Sobreexposição, quando se ultrapassam os valores limites

Estes têm como objectivo a identificação e a quantificação ao nível local dos problemas existentes ao nível de poluição sonora, e informar os decisores onde os limites legais são ultrapassados e quais as populações afectadas.

Em suma são o primeiro passo para um combate eficaz a este problema. Com uma avaliação da população exposta ao ruído, e em conjunto outros indicadores, como sejam o custo das medidas de redução de ruído, ou a sua eficácia, será possível estabelecer uma hierarquia de prioridade nas medidas a empreender.

Os Mapas de Ruído são especialmente eficazes para uma estimativa de um cenário futuro, com a eventual introdução de uma nova fonte de emissão sonora e estudar o seu impacto sobre a população nessa área, sendo elementos de importância fulcral na tomada de decisão, para o estudo de novas formas de protecção de populações nas actuais condições de emissão sonora, ou para a criação de zonas calmas, especialmente protegidas e propícias ao descanso.

Um Mapa de Ruído não deverá ser nunca um fim em si mesmo, onde apenas se identificam os problemas e as populações afectadas, mas sim um instrumento de diagnóstico e de trabalho para a elaboração de um Plano de Redução de Ruído.

3.2. ENQUADRAMENTO LEGAL

Utilizou-se como base para estabelecimento de termos de referência a legislação nacional Portuguesa, nomeadamente a ratificada pelos seguintes diplomas:

- Constituição da República Portuguesa – Artigo 66º.
- Lei de Bases do Ambiente – Lei 11/87 de 7 de Abril.
- Decreto –Lei nº 146/2006 de 31 de Julho
- Regulamento Geral do Ruído – Decreto-Lei 9/2007 de 17 de Janeiro
- Normas IPQ no domínio ambiental, designadamente a NP 1730/96.
- Directrizes para elaboração de Mapas de Ruído, Instituto do Ambiente, Março de 2007.
- Manual Técnico para elaboração de Planos Municipais de Redução de Ruído, Agência Portuguesa do Ambiente, Abril de 2008.

O Decreto-Lei nº 9/2007 de 17 de Janeiro que aprova o Regulamento Geral do Ruído (RGR), bem como o Decreto-Lei nº 146/2007 de 31 de Julho que transpõe para a legislação Nacional a Directiva nº 2002/49/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho de 25 de Junho, prevê no art.º 8 e art.º 4º, respectivamente, a necessidade de elaboração de Planos de Redução de Ruído e/ou Planos de Acção.

Os Planos Municipais de Redução de Ruído devem ser executados num prazo máximo de dois anos contados da data de entrada em vigor do RGR (isto é, Fevereiro de 2009), podendo contemplar o faseamento de medidas, e considerando prioritárias as referências a zonas sensíveis e mistas expostas a ruído ambiente exterior que exceda em mais de 5 dB(A) os valores limite fixados no art.º 11º do RGR.

Segundo o artigo 11.º n.º1 do RGR deve ser respeitados os seguintes valores limite de exposição em função da classificação de uma zona como mista ou sensível:

- a) As zonas mistas não devem ficar expostas a ruído ambiente exterior superior a 65 dB(A), expresso pelo indicador Lden, e superior a 55 dB(A), expresso pelo indicador Ln;
- b) As zonas sensíveis não devem ficar expostas a ruído ambiente exterior superior a 55 dB(A), expresso pelo indicador Lden, e superior a 45 dB(A), expresso pelo indicador Ln;

3.3. DEFINIÇÕES APLICÁVEIS

- a) Actividades ruidosas – actividades susceptíveis de produzir ruído nocivo ou incomodativo, para os que habitem, trabalhem ou permaneçam nas imediações do local onde decorrem;
- b) Actividades ruidosas temporárias – as actividades ruidosas que, não constituindo um acto isolado, assumem carácter não permanente, tais como obras de construção civil, competições desportivas, espectáculos, festas ou outros divertimentos, feiras e mercados;
- c) Avaliação acústica – a verificação da conformidade de situações específicas de ruído com os limites estabelecidos;
- d) Mapa de Ruído – descritor do ruído ambiente exterior, expresso pelos indicadores Lden e Ln traçado em documento onde se representam as isófonas e as áreas por elas delimitadas às quais corresponde uma determinada classe de valores expressos em dB(A);
- e) Indicador de ruído diurno-entardecer-nocturno, Lden – é o indicador de ruído, expresso em dB(A), associado ao incómodo global;

- f) Indicador de ruído Diurno, L_d – é o nível sonoro médio de longa duração, conforme definido na Norma NP 1730-1:1996, ou na versão actualizada correspondente, determinado durante uma série de períodos diurnos representativos de um ano;
- g) Indicador de ruído Entardecer, L_e – é o nível sonoro médio de longa duração, conforme definido na Norma NP 1730-1:1996, ou na versão actualizada correspondente, determinado durante uma série de períodos do entardecer representativos de um ano;
- h) Indicador de ruído Nocturno, L_n – é o nível sonoro médio de longa duração, conforme definido na Norma NP 1730-1:1996, ou na versão actualizada correspondente, determinado durante uma série de períodos nocturnos representativos de um ano;
- i) Períodos de referência:
- i. Período diurno, das 7 às 20 horas;
 - ii. Período do entardecer, das 20 às 23 horas;
 - iii. Período nocturno, das 23 às 7 horas.
- j) Zonas sensíveis – áreas definidas em instrumentos de planeamento territorial como vocacionadas para usos habitacionais, existentes ou previstos, bem como para escolas, hospitais, espaços de recreio e lazer e outros equipamentos colectivos prioritariamente utilizados pelas populações como locais de recolhimento, existentes ou a instalar;
- k) Zonas mistas – as zonas existentes ou previstas em instrumentos de planeamento territorial eficazes, cuja ocupação seja afectada a outras utilizações, para além das referidas na definição de zonas sensíveis, nomeadamente a comércio e serviços;
- l) Área de mapa de ruído - Área de representação efectiva dos níveis de pressão sonora descritores desse local.
- m) Área de estudo ou Área de Influência – É a área a partir da qual se recrutam dados de emissão sonora topografia e edificações e que interessam para o mapa de ruído.
- n) Mapas de Trabalho – Mapas de Ruído que reproduzem uma dada situação de ruído reportada ao tempo de observação. Tipificam uma “fotografia” acústica de um dado momento, permitindo desta forma a calibração e validação da situação reproduzida.
- o) Método da intermitência – Método de observação e registo de uma dada situação de ruído urbano que se pretende caracterizar. Tipifica-se por um intervalo de tempo de observação alargado a uma malha de pontos que inclui intervalos de tempo de medição sequenciais e não contínuos devendo assim cada ponto ser observado intermitentemente entre as medições nos restantes. Ao invés de medições mais alongadas, estas medições intermitentes acabam por permitir registar uma tendência e um desvio de incerteza, garantindo maior celeridade do processo.

3.4. METODOLOGIA DE ELABORAÇÃO DOS MAPAS DE RUÍDO

A informação necessária à elaboração de Mapas de Ruído pode ser obtida utilizando modelos de cálculo e recorrendo a medições acústicas [9].

A modelação é desejável na perspectiva de harmonização a médio/longo prazo com as regras adoptadas na futura directiva relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente, 2002/49/CE. De facto, a complexidade associada a uma modelização pormenorizada da propagação sonora no exterior justifica a utilização de uma rotina informatizada que considere ao nível dos seus algoritmos os diversos efeitos

de propagação sonora no exterior tais como as formas construídas, topografia, efeito de barreira, tipos de solo e revestimentos e condições meteorológicas.

A primeira fase na elaboração de um Mapa de Ruído é identificar as fontes sonoras. A marcação das mesmas nos mapas faz-se recorrendo a representação compatível com a escala utilizada.

As medições acústicas são efectuadas de acordo com a NP 1730, aconselhando-se que a avaliação se reporte a uma altura 1,2-1,5 m, permitindo desta forma melhor calibração, seguindo-se depois o cálculo do mapa a 4 m, realizando-se posteriormente medições de verificação, a 4 m. Os intervalos de tempo de medição são escolhidos de modo a abranger todas as variações significativas da emissão e transmissão de ruído. A melhor localização dos pontos de medida é determinada caso a caso, em função da variação espacial dos níveis de pressão sonora do ruído. As medições acústicas também podem ser utilizadas como complemento à modelação.

A segunda fase constitui a recolha ou aquisição de informação base necessária à alimentação do modelo. Esta informação é constituída pela cartografia do local e por um conjunto variado de dados de entrada consoante o tipo de fonte sonora em causa. Faz parte da cartografia base a altimetria do terreno (curvas de nível cotadas), localização dos edifícios e respectiva altimetria, das fontes de ruído (infra-estruturas de transporte e fontes fixas) e de obstáculos permanentes à propagação do ruído (por exemplo, muros, barreiras acústicas).

Recorreu-se ao programa Cadna/A, onde os algoritmos deste software têm em atenção a mais recente legislação e normalização sobre o assunto, designadamente a norma ISO 9613-2. Os modelos de cálculo utilizados na previsão dos níveis sonoros permitem a agregação simples (soma logarítmica de níveis sonoros) das contribuições das várias fontes para um determinado ponto receptor, para integração dos resultados.

Nos Mapas de Ruído, a representação gráfica é feita de acordo com Classes Acústicas associadas a grafismo definido por processo normativo, conforme figura 22.

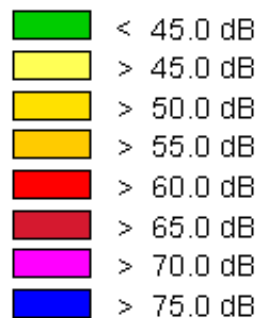


Figura 5 – Classes Acústicas e grafismo correspondente

A informação incluída nos Mapas de Ruído é a seguinte:

- denominação da área abrangida - período de referência;
- identificação dos tipos de fonte sonora considerada;
- menção ao tipo de avaliação utilizado (método de cálculo e/ou medições acústicas);
- legenda para a relação cores/padrões e classes de níveis sonoros;
- Período Diurno e Nocturno em classes acústicas
- escala 1/15000;

3.5. MODELO DE CÁLCULO UTILIZADO: CADNA/A

O modelo de cálculo Cadna/A é um desenvolvimento da empresa Datakustik GmbH, especialmente otimizado para dar soluções aos requerimentos apresentados pela directiva 2002/49 CE e pela Lei do Ruído, da nossa legislação.

CADNA/A (Computer Aided Design Noise Abatement) é um programa para o cálculo e apresentação de níveis de exposição ao ruído ambiental, assim como para o assessoramento e prognóstico em relação a este.

O processo de elaboração de mapas de ruído através de modelos de previsão foi dividido em quatro fases distintas:

- Definição da "área do mapa" e da "área de estudo"
- Aquisição de dados
- Cálculo do mapa de ruído
- Validação do mapa de ruído

Para o cálculo do mapa de ruído começou-se por definir os parâmetros do mapa: malha de pontos de cálculo, altura de cálculo e o indicador de níveis sonoros (LAeq,dia, LAeq,entardecer LAeq,noite, etc.).No processo de cálculo propriamente dito consideraram-se diversas variantes, distância de pesquisa de fontes, nº de reflexões e intercepções, que poderão tornar ou não o processo mais simples e menos demorado. Estas variantes são intrínsecas do modelo e dependem do grau de precisão utilizado e da escala a que se está a realizar o mapa. Consideraram-se distâncias de pesquisa de 1.500m e duas reflexões.

Os dados de entrada necessários ao modelo considerando a escala do mapa, são divididos em duas classes diferentes.

A primeira corresponde a uma caracterização física de todos os elementos inseridos no modelo, tais como:

- As características das fontes de ruído (rodovias – n.º de faixas, larguras, piso, etc.);
- Ferrovias - n.º de vias, larguras, etc.;
- Indústrias – tipo e número de fontes, directividade, etc.);
- Altura de edifícios ou alturas médias caso seja um aglomerado de edifícios.

O cálculo é efectuado por meio de algoritmos de propagação de ruído que de forma simplista se podem descrever como sendo a partir de cada ponto de cálculo e num ângulo de 360º traçados raios em número e distância de propagação definidos pelo utilizador. Cada raio obedece a leis de propagação do som no ar, de reflexão e absorção nas superfícies que vai encontrando. Do resultado de todos os raios é obtido um valor de nível sonoro em cada ponto de cálculo. Depois de realizados os cálculos em todos os pontos e em função dos níveis sonoros obtidos, é desenhado um mapa de ruído.

3.5.1. CÁLCULO DE NÍVEIS DE RUÍDO

O Cadna/A calcula os níveis de ruído em todas as posições, nos pontos arranjados em malhas horizontais ou verticais ou nas malhas que envolvam as fachadas dos edifícios, a malha de cálculo utilizada foi de 10m x 10m.

Para algumas fontes especiais tais como estradas, caminhos-de-ferro e os aeroportos os níveis acústicos de emissão das respectivas fontes são calculados a partir de parâmetros técnicos.

3.5.2. FONTES

As fontes de ruído são as actividades ruidosas permanentes que, de acordo com definição produzida no Regime Legal sobre a Poluição Sonora, são todas as actividades susceptíveis de produzir ruído nocivo ou incomodativo, para os que habitem, trabalhem ou permaneçam nas imediações do local onde decorrem e que não constituam um acto isolado.

As fontes de ruído urbano (fontes permanentes) consideradas foram as seguintes:

- Fontes Rodoviárias;
- Fontes Ferroviárias;
- Fontes Aéreas;
- Fontes Industriais.

As fontes rodoviárias e ferroviárias foram caracterizadas por dois métodos distintos:

- Recorrendo a um modelo matemático que permite estimar a respectiva potência sonora da fonte em função de algumas características da mesma (ex.: volume e tipo de tráfego, declive da via, velocidade média etc.);
- Procedendo a medições acústicas (L_p) em pontos claramente dependente de uma única fonte linear e recorrendo a um processo iterativo ir estabelecendo a potencia sonora linear que “justifica” os valores medidos. Recorrem-se a outros pontos para validar a simulação.

Em função da fonte em causa e da informação disponível para a mesma, escolheu-se o método que melhor poderia quantificar a respectiva potência sonora da mesma. Dado que os dois métodos se complementam, houve situações nas quais foi possível a utilização de ambos em simultâneo.

Note-se que no que diz respeito às fontes aéreas, no concelho do Porto não existem aeroportos ou aeródromos. No corredor aéreo Arrábida-Boavista-Aldoar o sobrevoio de aeronaves (em regime de ruído permanente) decorre da existência num concelho vizinho de um aeroporto internacional que motiva a existência de corredores de aproximação descolagem, a menos de 10.000 pés.

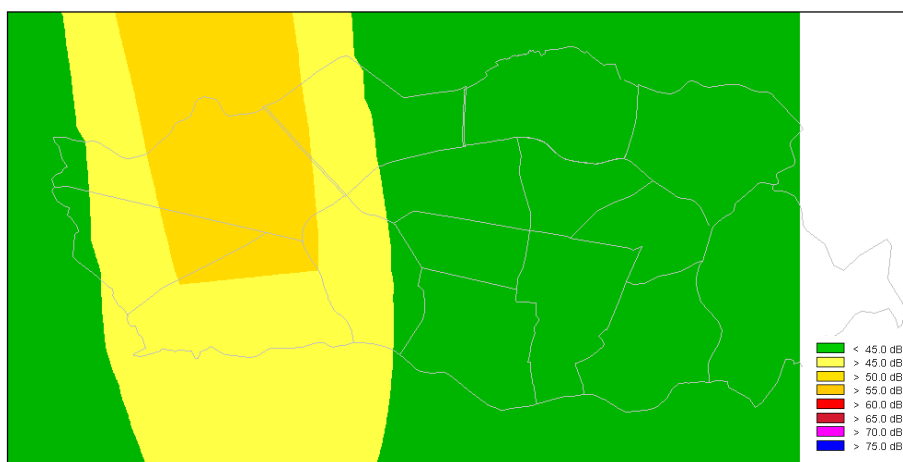


Figura 6 – Extracto do Mapa de Ruído Aéreo que afecta a Cidade do Porto

O Mapa de Ruído Aéreo, fornecido pela ANA, é muito semelhante para o Período Diurno e Nocturno.

Este Mapa de Ruído relativo as aeronaves foi considerado cumulativamente ao Mapa de Ruído do concelho e pela análise do Mapa de Ruído representado na figura 7, podemos verificar que o sobrevoo de aeronaves tem influência na zona de Massarelos, Carvalhido, Prelada, Ramalde, Aldoar, Foz e Foz Velha.

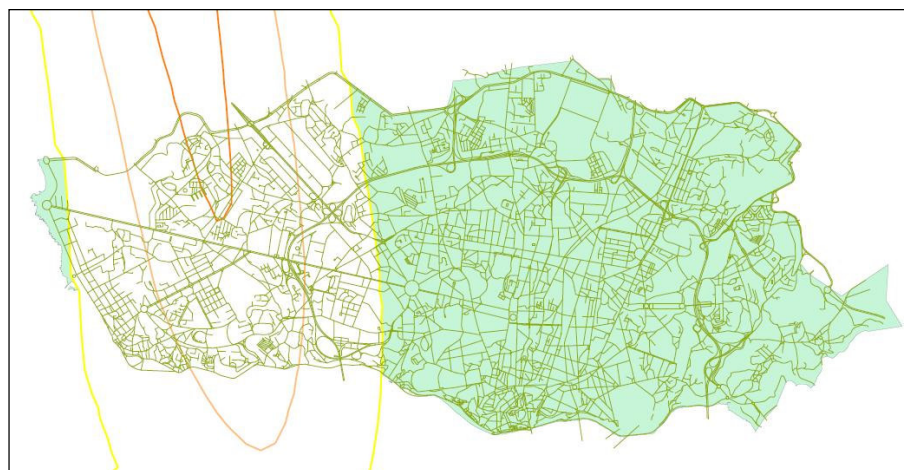


Figura 7 – Representação da zona influenciada pelo sobrevoo de aeronaves

Existem ainda os heliportos do Serviço Nacional de Bombeiros e do Serviço de Protecção Civil, mas que não tipificam fontes permanentes.

3.6. VALIDAÇÃO DAS SIMULAÇÕES

Após o cálculo do Mapa de Ruído e dado que os valores obtidos são em função dos dados de entrada, é necessário recorrer a uma validação do mesmo confrontando valores simulados com valores medidos. Esta validação é feita através de medições de ruído na área do mapa, em locais previamente definidos, de acordo com alguns critérios:

- influência predominante de um só tipo de fonte;
- valores simulados que ultrapassem os regulamentares (zonas críticas);
- valores próximos dos valores regulamentares, no limite de aglomerados relativamente à fonte, e simulação aparentemente duvidosa.

Em princípio a simulação será aceite caso a diferença entre os valores simulados e medidos não ultrapasse ± 2 dB(A). Ainda que conceptualmente a validação seja a última fase do processo de elaboração de um mapa de ruído, poderá aproveitar-se o momento em que se realizem recolha de dados de entrada para o modelo para realizar medições acústicas para a validação. Acontece ainda que em algumas situações a dificuldade em correlacionar valores simulados com valores medidos poderá conduzir a que se definam níveis de potência sonora justificadores dos valores medidos em alternativa aos resultados das contagens.

Após o cálculo dos mapas à altura de 1.5 metros e depois de se proceder à calibração dos mesmos a essa altura, procede-se ao cálculo dos Mapas a 4 metros de altura.

São de seguida apresentados como exemplos dois dos Mapas de Ruído globais obtidos para os indicadores Lden e Ln na Cidade do Porto:

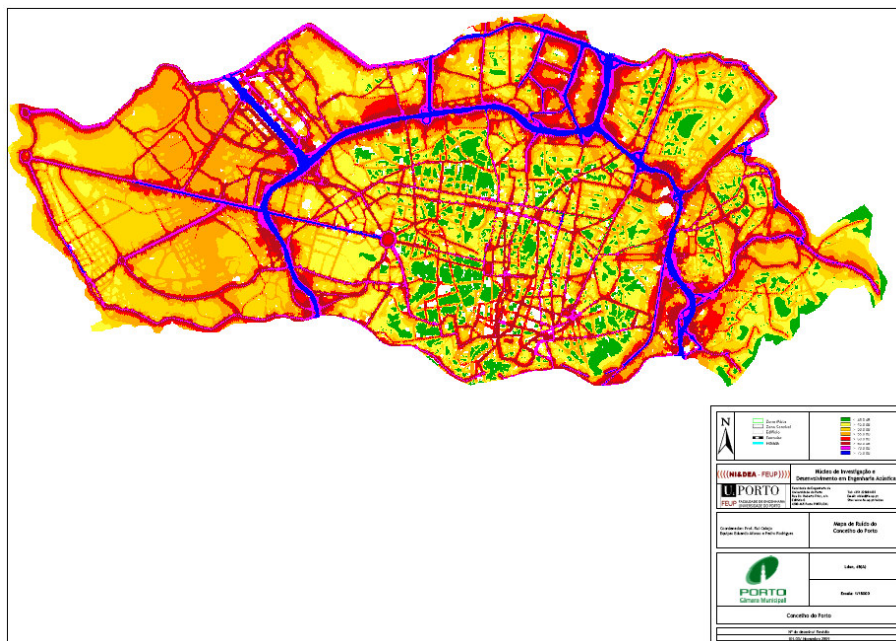


Figura 8 – Mapa de Ruído global para a Cidade do Porto – Indicador Lden

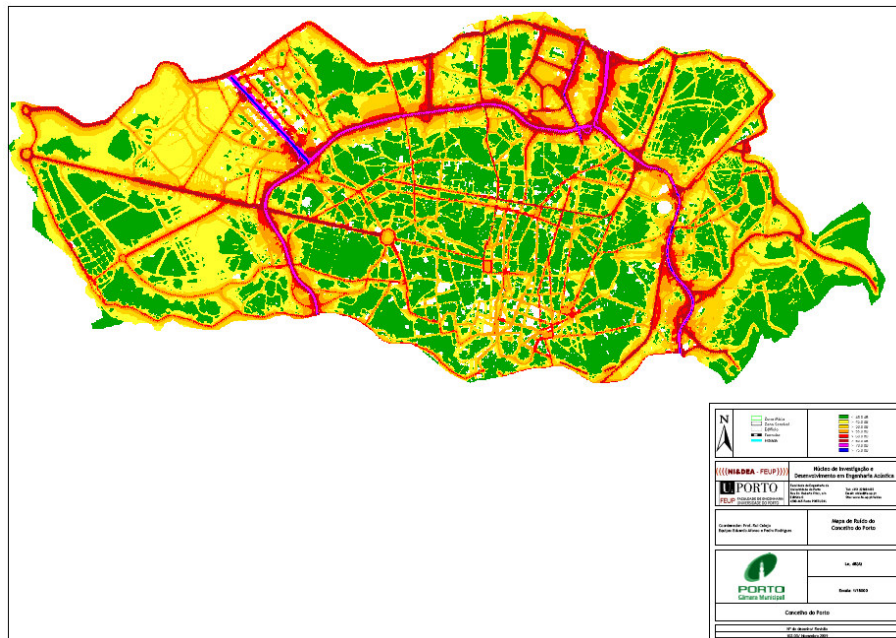


Figura 9 – Mapa de Ruído global para a Cidade do Porto – Indicador Ln

Como se pode constatar por uma breve análise visual de ambos os Mapas, as diferenças entre o Período Diurno e o Período Noturno são tremendamente acentuadas.

4

VISÃO GLOBAL DO PLANO DE REDUÇÃO DE RUÍDO

A elaboração de um Plano Municipal de Redução de Ruído (PMRR) pressupõe a existência de um Mapa de Ruído no qual se tenham identificado situações de incumprimento.

Só é necessária a elaboração de um PMRR quando, no decurso de elaboração do Mapa de Ruído e na subsequente confrontação com a Carta de Classificação de Zonas, se detectam áreas sobreexpostas para as quais é necessário implementar medidas de minimização e controlo do ruído.

4.1. PRINCIPAIS OBJECTIVOS E BENEFÍCIOS

Os Planos de Redução de Ruído numa escala local tendem a evitar e minimizar a poluição sonora na área em estudo e abrangida por este, melhorando os valores da sobreexposição nas áreas a que as populações se encontram sujeitas, e reforçando a protecção nas áreas relativamente calmas de recreação em ambientes urbanos ou rurais.

Essencialmente, os Planos de Redução de Ruído tendem a:

- Proteger a saúde e o bem-estar dos residentes
- Melhorar a qualidade de vida, em particular dos moradores das áreas urbanas, de forma a evitar a migração para os subúrbios, com todas as implicações negativas nos centros dos aglomerados
- Aumentar a atractividade da área para futuros moradores, e conseqüentemente comércio, serviços, e eventualmente turistas

Estes documentos ajudam a estruturar e priorizar as acções a empreender, nas quais os moradores e demais abrangidos deverão ser envolvidos.

Para materializar as orientações do Plano deverão ser coordenadas com todos os restantes objectivos, estratégias e instrumentos do desenvolvimento urbano como sejam o tipo de classificação de zona, o tipo de uso do solo, protecção da qualidade do ar, promoção e coordenação com transportes ecológicos, revitalização dos centros urbanos, etc.

Idealmente a implementação um Plano de Redução de Ruído será sempre um processo sustentado, estruturado e aberto, que aponta para:

- Uma avaliação quantitativa e qualitativa na detecção de problemas dos resultados de um Mapa de Ruído, e define um conjunto de medidas, bem como a sua prioridade de implementação

- Envolve todas as divisões das autoridades locais, assim como todos os outros interessados relevantes e o público em geral no processo de decisão
- Interliga o plano de acção com restantes estratégias e planos locais da entidade decisora
- Desenvolve soluções para a poluição sonora em cooperação com todos os intervenientes do processo
- Implementa as medidas escolhidas e aprovadas, com o envolvimento de todos

4.2. CARACTERÍSTICAS GERAIS

Os planos de intervenção estabelecem alvos onde deverão ser minimizados os valores da sobreposição dos residentes e descreve as medidas para se atingirem os objectivos propostos. Definem prioridades e intervalos temporais com a classificação de curto, médio ou longo prazo de implantação. Os planos deverão ainda notificar e enumerar os principais agentes de incumprimento face aos limites legais e o custo expectável das medidas de minimização dos impactos existentes. Deverão ainda especificar em termos gerais os valores expectáveis de redução sonora das medidas propostas e determinar planos de monitorização e avaliação de resultados obtidos.

Deverão ser as medidas propostas, de modo geral, devidamente justificadas, e de forma acessível que permita a alguém que não seja especialista de Acústica, preferencialmente de modo visual em dois níveis: o primeiro onde estejam assinaladas individualmente as áreas em análise, num gradiente de cores em função dos seus valores de exposição ao ruído, e num segundo nível detalhadamente em função das características específicas de área, de um conjunto de medidas potenciadoras de redução sonora para o caso em concreto.

O plano de acção deverá ter como princípios orientadores básicos:

- Aproximação participativa, onde o público afectado pelo ruído é ouvido e envolvido na temática de redução do incómodo sonoro, de forma a encontrar o maior número possível de compromissos e minimizar o máximo de conflitos inerentes à própria aplicação das medidas
- Aproximação interventiva, onde os interessados particulares mais relevantes afectados pelas medidas deverão ser chamados a intervir e tentar a criação de sinergias e parcerias para uma maior e melhor harmonização de acções a empreender
- Aproximação mensurável, determina pontos concretos de aplicação de medidas, especifica os valores expectáveis de redução sonora, monitoriza e avalia os resultados efectivamente obtidos

Apesar de algumas situações detectadas tendam a optar por soluções minimizadoras standard, estas deverão ser devidamente ponderadas face às características próprias de cada área, ao nível local. Uma medida que seja tremendamente eficaz numa cidade semelhante, numa situação em tudo idêntica, poderá não ser para o caso em concreto que esteja em análise. Este tipo de análises levemente apresentadas tendem a minimizar a importância e eficácia de um documento estratégico para uma autarquia como é um Plano Municipal de Redução de Ruído. A participação e cooperação com os residentes, assim como parceiros económicos ajuda a sensibilizar para este problema de poluição sonora, e promove uma melhor aceitação das acções a empreender.

Os Planos de Redução de Ruído encontram-se limitados geograficamente por linhas imaginárias concelhias ou regionais, o que por vezes dificulta a sua implementação quando as principais fontes de ruído se encontram fora do limite em estudo, mas contribuem decisivamente para a exposição

excessiva dos moradores afectados. Uma outra limitação tem a ver com as competências camarárias, muitas vezes insuficientes para actuar duma forma eficaz sobre a natureza do problema. Como para a execução da maioria das medidas os fundos são oriundos do governo central, apenas uma parte das medidas poderá ser efectivamente executada a curto prazo, havendo por vezes hiatos temporais entre a sua provável execução e a sua real implementação, sendo essa a razão que leva o decisor a considerar certas medidas de longo prazo, independentemente da sua ordem de prioridade recomendada pelo estudo.

A implementação deste tipo de documento não implica que as etapas já enumeradas para a sua concretização sejam fáceis de conseguir, por vezes para se passar de uma fase para a seguinte ter-se-á que fazer passos em paralelo, onde mesmo assumir que preferir retornar ao passo anterior, mas em todo o caso é necessário que se assuma o objectivo de terminar a sua implementação e fundamentalmente, que este se concretize.

4.3. NATUREZA DAS MEDIDAS DE MINIMIZAÇÃO DE RUÍDO

Diferentes categorias de medidas minimizadoras poderão ser classificadas quanto à sua natureza [10], [11]:

- Reduções do ruído na fonte, em que a intervenção se centra na fonte emissora de ruído, como sejam a mudança do piso das vias rodoviárias ou a alteração do tipo de veículos circulantes
- Redução do Ruído no meio de propagação, em que quanto mais próximas de fonte sonora sejam implantadas, maior a sua eficácia em termos de redução sonora, como sejam as barreiras acústicas ou a construção de túneis
- Redução do Ruído no Receptor, em que estas são tomadas aquelas quando todas as outras são ineficazes ou inexequíveis, como sejam a colocação de vidros duplos ou reforços de fachadas opacas

De todas as medidas, as primeiras são sem dúvida as mais eficazes, e isto porque estão efectivamente a reduzir a emissão da fonte sonora, ao contrário das restantes, onde se tenta apenas minimizar o ruído existente, e conseqüentemente aumentar o bem-estar das populações residentes abrangidas pelas medidas.

Estas acções que decorrem da elaboração de um Plano de redução de Ruído serão tema de um capítulo individualizado, em que serão descritas e contextualizadas face à sua aplicação prática.

4.4. MAPAS DE CONFLITOS

Entende-se por exposição sonora o valor assumido por um indicador de ruído (L_{den} ou L_n) para uma determinada zona, sendo um indicador de ruído um parâmetro físico-matemático, capaz de quantificar o ruído ambiente. O ruído ambiente define-se como sendo o ruído externo gerado por actividades humanas, incluindo o ruído produzido pelas grandes infra-estruturas de transporte rodoviário, ferroviário e aéreo e instalações industriais.

Conhecida a carta de classificação de Zonas, os Mapas de Ruído, e definidos os valores limite de exposição, determinam-se então os Mapas de Conflitos por tipo de fonte de ruído e entidade gestora.

Para a sua uniformização, e de acordo com a legislação em vigor, foram consideradas as seguintes classes de exposição, com a respectiva paleta de cores:

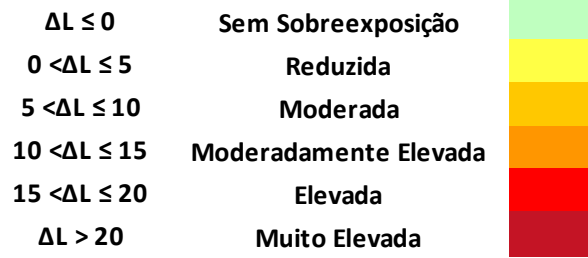


Figura 10 – Classes Acústicas de Sobreexposição e grafismo correspondente

A sobreexposição ao ruído mais não é do que a quantificação do excesso de ruído presente numa dada zona ou área, tendo como referencial o limite legal definido para a mesma área. Se numa zona mista, para o indicador Lden o limite máximo fixado é de 65 dB(A), mas estão presentes 70 dB(A), então temos para essa situação concreta uma sobreexposição de $70-65= +5$ dB(A). Porém, para a mesma situação de emissão sonora, mas numa zona sensível, onde o limite máximo de Lden é fixado em 55 dB(A), teríamos $70-55=+15$ dB(A).

Desta forma são tidas em conta não só os valores sonoros existentes, bem como a sua localização em zonas sensíveis ou zonas mistas.

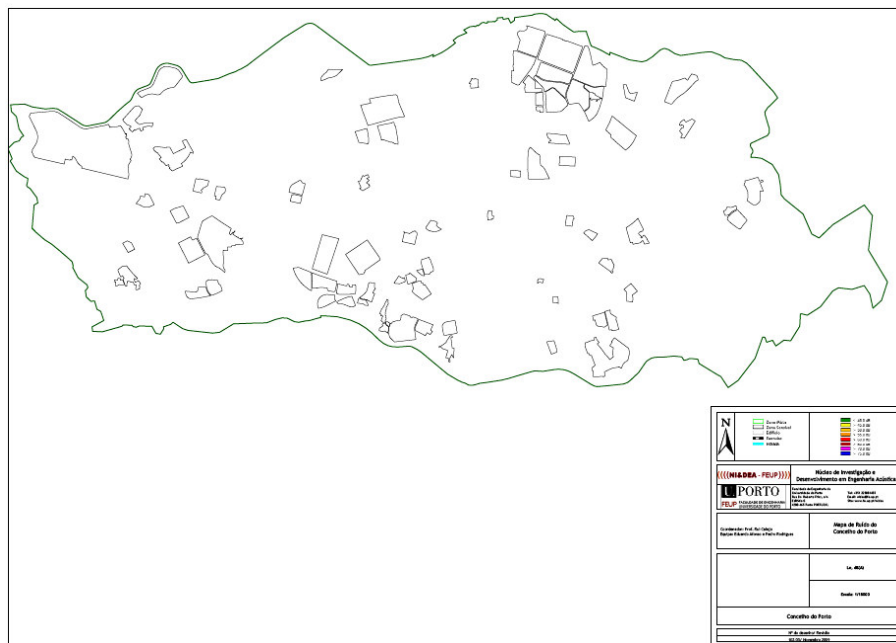


Figura 11 – Carta de Classificação de Zonas da Cidade do Porto

A partir dos Mapas de Conflitos é facilmente visível qual ou quais as zonas problemáticas que requerem uma análise detalhada, conforme se pode ver no seguinte mapa.

Ressalve-se que para cada caso em estudo serão elaborados não um mas sim dois Mapas, o indicador Lden dá origem ao que normalmente se designa o Mapa de Conflitos Diurno, enquanto o indicador Ln designa o Mapa de Conflitos Nocturno.

De notar que neste caso as diferenças visuais entre ambos são mínimas, ao contrário dos Mapas de Ruído.

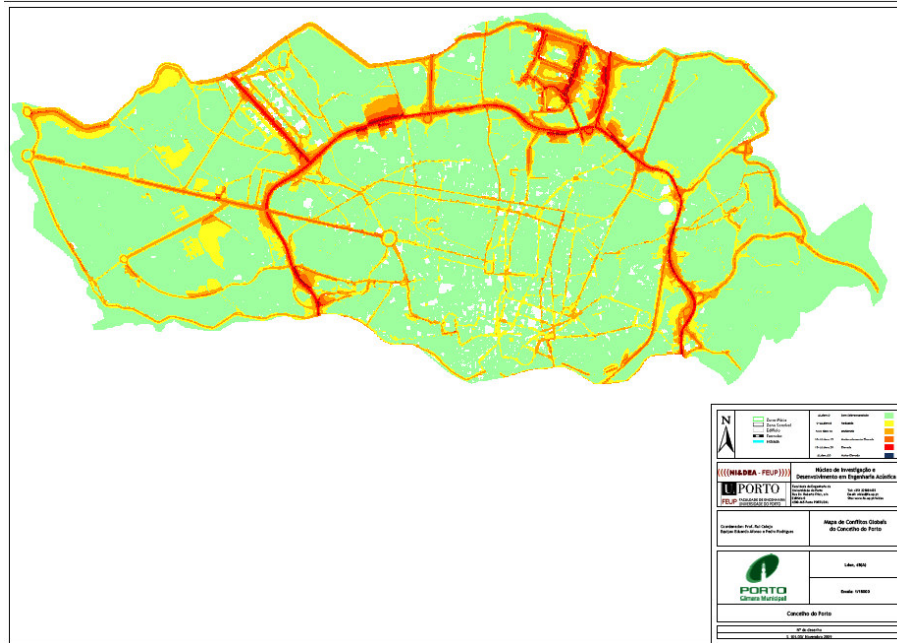


Figura 12 – Mapa de Conflitos Diurno da Cidade do Porto

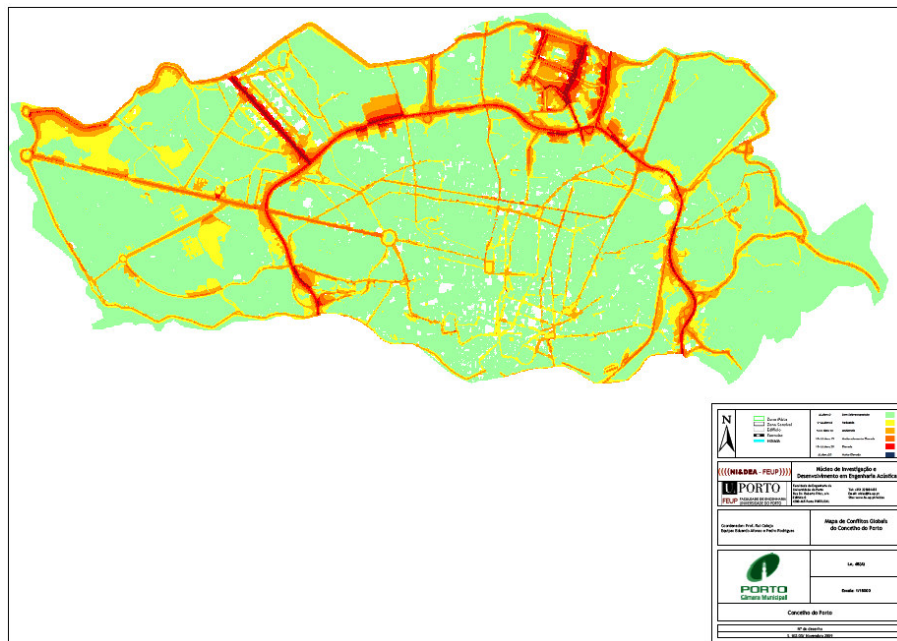


Figura 13 – Mapa de Conflitos Nocturno da Cidade do Porto

Enquanto no Mapa de Conflitos Diurno a população se encontra em sobreexposição com a qual diariamente nos deparamos, visto que o indicador L_{den} pondera os três períodos de referência (dia, entardecer e noite), e se trata de um indicador de longa duração de amostragem associado ao incómodo geral, o Mapa de Conflitos Nocturno representa aquele que retrata apenas o período nocturno, intervalo temporal de repouso e eventual perturbador do sono.

Tendo por base os Mapas de Conflitos obtidos, é possível estimar a população afectada sob a forma de Quadros Síntese, quer por bandas acústicas, quer por classes de exposição.

Quadro 3 – Quadro Síntese Global por Banda Sonora na Cidade do Porto

L _{den} dB(A)	Tráfego Global			
	Área (ha)		População	
L _{den} ≤ 45	323.24	8.0%	21723	8.3%
45 < L _{den} ≤ 50	529.70	13.2%	34616	13.2%
50 < L _{den} ≤ 55	828.70	20.6%	52901	20.1%
55 < L _{den} ≤ 60	850.51	21.2%	54825	20.8%
60 < L _{den} ≤ 65	561.55	14.0%	36817	14.0%
65 < L _{den} ≤ 70	456.56	11.4%	30478	11.6%
70 < L _{den} ≤ 75	293.26	7.3%	19904	7.6%
L _{den} > 75	173.03	4.3%	11867	4.5%

Quadro 4 – Quadro Síntese Global por Classe de Exposição na Cidade do Porto

ΔL _{den} dB(A)	Tráfego Global			
	Área (ha)		População	
ΔL _{den} ≤ 0	2918.56	72.7%	194888	74.1%
0 < ΔL _{den} ≤ 5	521.38	13.0%	32034	12.2%
5 < ΔL _{den} ≤ 10	340.86	8.5%	21536	8.2%
10 < ΔL _{den} ≤ 15	159.59	4.0%	9915	3.8%
15 < ΔL _{den} ≤ 20	67.38	1.7%	4264	1.6%
ΔL _{den} > 20	8.78	0.2%	494	0.2%

Poderão também ser elaborados Quadros Síntese em termos de população afectada por fonte e entidade responsável.

Quadro 5 – Quadro Síntese por Entidade e Classe de Exposição na Cidade do Porto

ΔL _{den} dB(A)	Tráfego Ferroviário							
	Metro				CP SA			
	Área (ha)		População		Área (ha)		População	
ΔL _{den} ≤ 0	4007.33	99.8%	262585	99.8%	3990.90	99.4%	261449	99.4%
0 < ΔL _{den} ≤ 5	7.86	0.2%	500	0.2%	13.75	0.3%	902	0.3%
5 < ΔL _{den} ≤ 10	1.14	0.0%	43	0.0%	7.18	0.2%	464	0.2%
10 < ΔL _{den} ≤ 15	0.22	0.0%	3	0.0%	4.70	0.1%	315	0.1%
15 < ΔL _{den} ≤ 20	0.00	0.0%	0	0.0%	0.00	0.0%	1	0.0%
ΔL _{den} > 20	0.00	0.0%	0	0.0%	0.00	0.0%	0	0.0%

Sumariamente podemos sintetizar a elaboração de um PMRR conforme seguinte esquema:

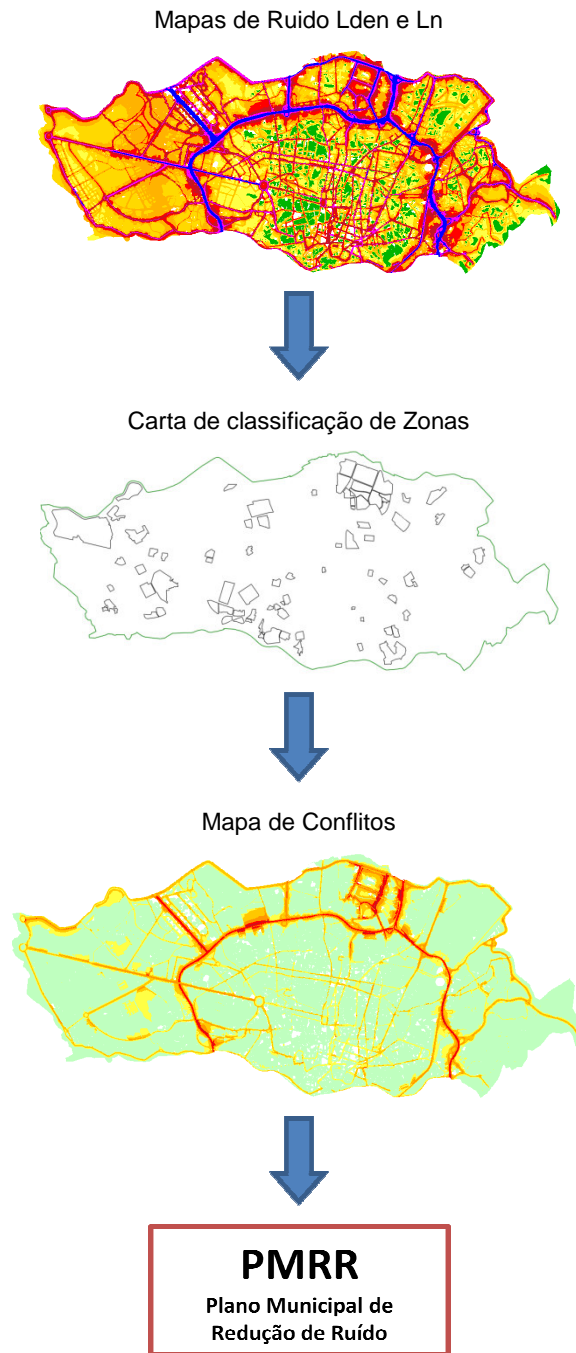


Figura 14 – Elaboração de um PMRR

5

MEDIDAS ENGLOBALANTES

Antes da implementação do Plano de Redução de Ruído, e de forma a se possuir uma melhor percepção das áreas afectadas, e identificadas no capítulo anterior, deverão ser levadas a cabo diversas acções de sensibilização e consulta aos intervenientes do processo.

Questões como “Quais as principais preocupações face ao Ruído?” ou “Que grupos alvo poderão ser identificados?” deverão ser respondidas recorrendo-se a este instrumento de diagnóstico, o qual promove uma acção executória mais eficaz, e rapidamente identificada pelos residentes englobados neste processo.

Como principais acções a empreender, podemos citar:

- Consulta pública
- Monitorização
- Estudo de Mobilidade e Promoção de transportes públicos
- Sensibilização de condutores de veículos automóveis
- Ofício às entidades
- Projectos de execução

5.1. CONSULTA PÚBLICA

A exposição ao ruído poderá ser classificada de modo quantitativo utilizando um conjunto de indicadores como sejam L_{den} e L_n , porém a percepção dos cidadãos face à sobreexposição poderá estar relacionada mais com as características da fonte, e menos com a sua intensidade.

37% de pessoas expostas a níveis sonoros de 75 dB(A) (indicador L_{den}) oriundo de tráfego rodoviário encontram-se extremamente incomodadas, contra cerca de 23%, para o mesmo valor do indicador L_{den} , mas tendo como origem o tráfego ferroviário [12].

Esta diferença poderá ser explicada pelo facto de o tráfego rodoviário possuir uma característica contínua ao longo do tempo, ao contrário do tráfego ferroviário, com passagens intercaladas no mesmo período de tempo.

Diferentes factores subjectivos como sejam a idade, factores socioeconómicos, e mesmo a sensibilidade face à questão do ruído ambiental poderão influenciar o nível de incomodidade sentida, para o mesmo nível quantitativo de pressão sonora.

Após a quantificação dos valores mensuráveis e definição dos locais problemáticos, o tipo de prioridade de acção poderá não ser necessariamente aquele onde se atinjam os valores mais elevados, mas sim os que representam os locais mais caóticos para a população em geral.

Quando se caracteriza e se tenta retratar a situação no terreno recorrendo-se a uma escala numérica de grandeza de valores obtidos e representados sob a forma de uma paleta de cores, há que ter em atenção que a percepção dos residentes poderá ser significativamente diferente dos registos obtidos. Ilações semelhantes podem ser retiradas durante fases de monitorização em diversos pontos previamente seleccionados. Pesquisas realizadas na Alemanha, em Berlim, mostrou que a percepção de incomodidade por parte das populações diminuiu quando se reduziu o número de passagens pontuais de composições ferroviárias extremamente barulhentas numa zona residencial, apesar do valor médio do nível sonoro ser em tudo semelhante ao anteriormente verificado antes da alteração dos horários das composições [13].

Todas estas análises carecem de discussão numa fase prévia à implementação do Plano de Redução de Ruído, e onde a população afectada terá a decisão primordial na ordem dos trabalhos a executar que promovam um melhor cenário acústico na qualidade de vida da área abrangida.

Além da percepção que se poderá obter do público-alvo abrangido por este tipo de consulta, este tipo de consulta poderá servir também como meio de sensibilização face ao ruído. E isto porque a população por si própria é uma fonte emissora de ruído ambiental. O caso mais gritante tem a ver com o comportamento ao volante de um veículo automóvel, em que o tipo de condução pode fazer toda a diferença entre aumentar a fonte sonora, ou a sua diminuição drástica.

A redução dos níveis sonoros requer a contribuição activa do público em geral, e este só estará sensibilizado para este tipo de questões se for envolvido quer na sua discussão, quer na sua implementação.

A informação ao público poderá também permitir a criação de uma agenda política ambiental, o que só por si dará suporte à implantação das medidas de combate ao ruído equacionadas.

5.1.1. QUAL O PÚBLICO-ALVO?

O público a ser consultado deverá ser toda a população residente, as suas associações, organizações ou grupos que de algum modo representem de forma significativa um conjunto de cidadãos [14].

A consulta deverá tentar retratar o mais fiel que for possível a realidade actual, e para esse efeito deverá ser processada em duas fases: ao nível da cidade e ao nível local.

- Ao nível da cidade, deverão ser englobados todas as organizações que de algum modo representem a sociedade civil da localidade em causa tais como associações comerciais e industriais, associações de senhorios ou proprietários, bem como grupos relacionados com o ambiente e mobilidade poderão contribuir para o desenvolvimento do Plano de Redução de Ruído.
- Ao nível local, a prioridade da consulta recairá sobre os residentes directamente afectados pelo ruído e pelas potenciais medidas de combate ao mesmo. Nestes estão incluídos residentes, lojistas, escolas, hospitais e instituições similares.

Em ambas as etapas é necessário que as pessoas envolvidas representem efectivamente a população em causa, sem excluir representantes ou grupos que normalmente não teriam grande influência na

tomada de decisão em consultas públicas, como sejam os mais idosos, as crianças e grupos minoritários.

5.1.2. ACÇÕES PARA INFORMAR E ENVOLVER O PÚBLICO

Este tipo de acções será diferente em função do nível do Plano de Acção e do público-alvo a que se destinam, porém é necessário ter em atenção que estes normalmente não se destinam a especialistas em Acústica Ambiental, logo dever-se-ão evitar termos técnicos e explicações demasiado científicas e detalhadas.

Para aumentar a sensibilidade para a questão, poder-se-ia publicar a versão mais actual dos Mapas de Ruído através de publicações de nível local e regional, ou também a sua divulgação no site afectado à entidade responsável pela consulta pública. Adicionalmente posters, flyers, ou mesmo dias especiais temáticos sobre o Ruído Ambiental poderão ser utilizados para uma acção massiva de informação e sensibilização.

Esta divulgação deverá ser também centrada em diversas instituições, das quais se salientam as escolas, e para quem deverão ser pensadas campanhas específicas.

Quando os cidadãos ou grupos locais de representantes se dirigem aos políticos locais tendem a abordar um conjunto de informação que de alguma forma dilui o essencial da informação que se pretende transmitir. De um modo geral não é tido em conta o tempo disponível que o dirigente tende a disponibilizar para essa questão em concreto. Dessa forma, a divulgação e sensibilização para a questão ambiental deverá ser concisa e específica sobre o que se pretende obter a partir da consulta, e como esta deverá ser remetida para a entidade responsável pelo processamento da informação. Não será de todo úteis reuniões com vários grupos de cidadãos locais, se antes estes não se encontrarem enquadrados com a questão ambiental a nível da cidade, e só após esta fase, a acção ser focalizada quase a um nível individual. Adicionalmente, e cruzando toda a informação obtida com queixas anteriores à consulta poderá também permitir o traçado de um mais fiável cenário acústico, o que potenciará uma tomada de decisão mais eficaz.

A recolha da opinião deverá ser promovida sob a forma de fóruns de discussão abertos a residentes e outros interessados de forma a estes exprimirem não só as suas opiniões, mas também a que estas sejam ouvidas e comentadas por todos, este tipo de acção é preferível a um fórum em que se destinem quase em exclusivo a especialistas na matéria, ou mesmo a um fórum fechado a questões e diálogo entre todos os intervenientes. Deverão ser conduzidas pelos representantes locais políticos que terão mais uma missão de ouvir do que responder, e passando uma imagem procura de consensos e soluções que satisfaçam na medida do possível os interesses da autarquia, os interesses dos residentes, e os limites orçamentais impostos.

Deverá no entanto ser mencionado que envolver o público no processo decisório não implica que todas as sugestões e reclamações possam ser implementadas, mas sim que na decisão de implantação das medidas de redução de ruído estas foram levadas em linha de conta.

5.2. MONITORIZAÇÃO

Uma das questões fulcrais em qualquer problema que se nos coloca e para o qual obtemos uma resposta é a de saber se efectivamente a solução encontrada vai de encontro às expectativas geradas. O modo mais eficaz para se aferir da real eficiência da medida implementada será através de monitorização no local.

Desta forma, com registos sistemáticos ao longo do tempo será possível uma real avaliação do impacto introduzido pela intervenção. Uma análise cuidada poderá permitir um reajuste quer na medida tomada, quer no factor tempo de actuação para obter um desempenho óptimo, como por exemplo quando se tratam de medidas de mobilidade de tráfego ou restrição de acesso a determinados veículos durante um período temporal do dia.

Este tipo de acção deverá ser levada a cabo pelos responsáveis pela implementação do Plano de Redução de Ruído como forma não só de aferição dos resultados obtidos, mas também de avaliar a real execução ao longo do tempo do mesmo.

Sem este tipo de medidas não será fácil perceber qual ou quais as reais dificuldades para a execução do plano de acção acordado, nem tão pouco potenciais soluções para os problemas entretanto surgidos.

A monitorização deverá ser condensada sob a forma de relatórios em que se mencionem as medidas implementadas, resultados em termos de redução e ou aumento dos níveis sonoros, o número de pessoas afectadas, atrasos e dificuldades na implementação da medida prevista, possíveis causas e eventuais soluções potenciais por cada trimestre de avaliação ambiental.

É aconselhável, além da entrega de relatórios de progresso trimestrais, de por cada ano financeiro por parte da autarquia, da entrega de um relatório completo de monitorização onde se faça o ponto actual da real execução das medidas implementadas, bem como projecções futuras, de acordo com a experiência obtida no ano a que respeita o relatório, sobre as perspectivas do ano que se iniciará.

Se assim se entender por parte dos responsáveis decisores, poderão também ser divulgados ao nível dos residentes afectados dos progressos entretanto obtidos, como forma de potenciar a implementação e aceitação das medidas, bem como o seu envolvimento em acções de divulgação e promoção futuras.

5.3. ESTUDOS DE MOBILIDADE E PROMOÇÃO DE TRANSPORTES PÚBLICOS

Estudos de mobilidade e promoção de transportes públicos, do ponto de vista de uma cidade, estão intimamente interligados:

- Realizar e implementar estudos de mobilidade sem a integração de políticas de transportes públicos e ou alternativos minimizarão os benefícios que deles poderão advir
- Promover transportes públicos e alternativos sem a sua conveniente interligação com estudos de mobilidade poderá causar mais problemas do que os eventuais benefícios expectáveis nas já de si congestionadas principais artérias dos aglomerados urbanos

Não sendo da competência deste Plano Municipal de Redução de Ruído a realização e promoção de transportes alternativos, não poderia deixar de ser mencionado um projecto europeu que se encontra em execução e do qual a autarquia da cidade do Porto é parceira local, o projecto CIVITAS [15].

“O Programa CIVITAS, promovido e financiado pela União Europeia, destina-se a fomentar políticas para “um transporte mais limpo e melhor” na cidade, que contribua para melhorar a qualidade de vida dos seus habitantes, nomeadamente através da redução da poluição gerada pelos transportes, a implementação de medidas de poupança de energia, o respeito pelo meio ambiente e a promoção de um estilo de vida menos dependente do automóvel;”

Se este projecto não está directamente relacionado com a política ambiental, em termos de exposição a valores excessivos sonoros, apresenta todas as potencialidades para esta vertente ser também analisada e ponderada na adopção de acções concretas na zona piloto. Desperdiçar este tipo de acções para fomentar por exemplo a partilha de automóvel numa zona predominantemente universitária, e

deficitária em termos de estacionamento automóvel, e avaliar a aceitação e o impacto da medida antes e após a sua tentativa de implementação.

O mesmo se poderá aplicar na promoção de transporte público, meio de movimentação privilegiado em termos ambientais e acústicos. Tendo em consideração que a Metro do Porto S.A. também é parceiro deste projecto a tentativa de criação de “happy hours” no sistema de validação de títulos poderá ser uma medida interessante com potencial interesse de investigação em termos de impacto ambiental e económico. O mesmo se aplica com o sistema de transporte público rodoviário, na qualidade da ANTRON – Associação Nacional de Transportes Rodoviários de Pesados de Passageiros e com a STCP – Sociedade de Transportes Colectivos do Porto S.A., ambos também parceiros locais do CIVITAS.

Uma das mais interessantes iniciativas que poderão ser implementadas e avaliadas diz respeito à promoção da utilização de veículos eléctricos que do ponto de vista económico e ambiental é altamente estimulante. Sinergias entre empresas que disponibilizem veículos eléctricos e autarquias que disponibilizem espaço público para o seu estacionamento, e onde o utilizador suporte os custos de exploração e manutenção poderá tornar o sistema auto-sustentável. Como exemplo poderá ser proposto vedar determinado espaço público sob a alçada da autarquia, como por exemplo a baixa do Porto, onde apenas possam circular transportes públicos e carros eléctricos. No caso de não se possuir este tipo de veículos, o utilizador poderá optar por um sistema de aluguer low-cost de veículo eléctrico, onde o utilizador apenas pagará enquanto não entregar o veículo eléctrico, sendo o tempo contabilizado, por exemplo em períodos de 15 minutos. Estes veículos poderão ser entregues em diversos pontos ao longo da baixa, deste modo apenas será cobrado o tempo de viagem, e não o tempo de estacionamento.

A criação de parcerias entre os diferentes intervenientes e interessados para uma melhor qualidade ambiental sonora será sempre uma mais-valia. Só deste modo será possível aferir da sua real eficácia no terreno.

Não será só do ponto de vista acústico que a promoção de campanhas que fomentam a diminuição de ruído permite a obtenção de ganhos. A promoção de se parquear o carro não junto do local de trabalho, mas sim a 1 km, fomentaria a caminhada diária de pelo menos 2 Kms, com uma duração média de 10 minutos por Km, traria benefícios do ponto de vista cardiovascular, a supressão da emissão sonora pelo veículo durante 2 Kms e correspondente não emissão de partículas poluentes, e a poupança no meio ambiente do não consumo de combustível para se percorrerem 2 kms com o veículo motorizado. A concretização deste tipo de acção por um indivíduo, seriam cerca de 44 Kms mensais não percorridos. Se se multiplicar 44 Kms por determinada população aderente, por exemplo 10 000 pessoas, seriam cerca de 440 000 Kms pedonais. Considerando-se uma média de 5 litros de combustível por cada 100 Km percorridos de automóvel, teríamos então uma poupança energética de 22 000 litros mensais! Este tipo de acção poderá ter frutos se for bem promovida, conduzida e monitorizada, dando-se conta ao público dos resultados obtidos de forma a obter-se um efeito bola de neve.

5.4. SENSIBILIZAÇÃO DE CONDUTORES DE VEÍCULOS AUTOMÓVEIS

Em períodos particularmente sensíveis, como é o caso do período nocturno, referenciado como período de repouso e descanso, uma campanha educacional focalizada nos condutores de veículos de emergência poderá obter resultados quantificáveis do ponto de vista de percepção à sobreexposição por parte dos residentes.

Evitando-se o uso do anúncio sonoro marcha de veículo de emergência, em especial durante este período, o impacto sonoro sobre os moradores será, do ponto de vista destes, menor, independentemente de o Indicador possa ser semelhante. A passagem de uma ambulância por hora com a marcha sonora a funcionar poderá gerar mais reclamações do que a passagem de um número superior de ambulâncias no mesmo período temporal apenas com “os pirilampos” em funcionamento, e isto apesar do Indicador Ln possa ser semelhante. E isto porque o sono eventualmente não será interrompido pelos sons agudos da sirene.

Este tipo de medidas só poderá ser levadas a cabo através de compromissos por cada um dos intervenientes no processo, e nunca sem antes a consulta de forma a se verificar eventuais problemas de segurança ou de exequibilidade na sua implementação.

Um estilo de condução “menos agressiva” por parte dos condutores automóveis poderá levar não só a economias do ponto de vista da poupança do combustível, como ganhos ambientais e menores emissões de ruído na fonte sonora, como sejam evitar acelerações e travagens bruscas, quando estas não se justificam, buzinar quando não será por essa razão que o escoamento de tráfego se realizará de um modo mais fluido, etc.

5.5. OFÍCIO ÀS AUTORIDADES

Para a realização dos Planos Municipais de Redução de Ruído, os municípios necessitam de conhecer quem é o responsável pelas respectivas fontes produtoras de ruído existentes nos seus territórios para desta maneira se saber quem contactar para estudar soluções de redução de ruído, e negociar condições de intervenção, prazos, custos, etc. É então necessário conhecer os responsáveis pelas redes rodoviárias, vias ferroviárias, aeroportos e unidades industriais.

Relativamente às vias rodoviárias e exceptuando as estradas municipais que, como o próprio nome indica, são da inteira responsabilidade camarária (C.M.Porto), as restantes vias de Portugal são da competência da entidade EP- Estradas de Portugal, S.A.

Quanto às vias ferroviárias, existe uma separação entre a exploração de serviços de transporte, que é concessionado à CP – Caminhos de Ferro Portugueses, E.P. e à Metro do Porto, SA, e a gestão da infra-estrutura ferroviária nas vertentes de construção, manutenção, conservação, preservação do património e gestão de capacidades, da responsabilidade da REFER – Rede Ferroviária Nacional, E.P.

No que diz respeito às infra-estruturas aéreas, a competência dos aeroportos nacionais, nomeadamente o do Porto, é da responsabilidade da ANA – Aeroporto de Portugal, SA.

As actividades industriais e comerciais passíveis da emissão de ruído elevado, é da competência das mesmas a aplicação de medidas adequadas ao cumprimento da legislação em vigor. No entanto, sempre que se verifique uma situação de incumprimento, as entidades camarárias devem comunicar às respectivas entidades licenciadoras e alertar os próprios para essas situações, advertindo-as com uma possível revogação das licenças de actividade.

Para um primeiro contacto com as respectivas entidades competentes, propõe-se a seguinte minuta-tipo:

“Ex Sr.

De forma a ser possível pela Câmara Municipal do Porto implementar um Plano Municipal de Redução de Ruído na cidade do Porto, foi solicitado um levantamento e correspondente mapeamento das zonas afectas a este estudo.

Este Mapa de Ruído encontra-se de acordo com a legislação aplicável e documentos orientadores, nomeadamente o Manual Técnico para Elaboração de Planos Municipais de Redução de Ruído, de Abril de 2008.

Foi possível identificar possíveis zonas que se encontram acima dos limites legais recomendáveis, e para as quais se solicita o vosso comentário, bem como eventual comparação com os vossos Mapas de Ruído, de forma a uma mais correcta determinação de medidas minimizadoras do impacto sonoro sobre a população nas áreas afectadas.

Sem outro assunto de momento,”

5.6. PROJECTOS DE EXECUÇÃO

Se existem diversos tipos de medidas abrangentes, que poderão ou não ser tomadas em linha de conta para uma melhor implementação do plano, existe uma que sem dúvida será fulcral, trata-se do projecto que conduzira à sua implementação real.

Um plano de Redução de Ruído é, sucintamente, um conjunto de intenções por parte da entidade responsável pela sua implementação de combate ao ruído, e protecção dos residentes actuais e futuros afectados por este problema.

Passar da teoria à prática requer agilidade e intenção de o implementar, visto que o intervalo temporal entre a sua intenção de o executar e a sua concretização poderá compreender-se num intervalo de 2 anos, para medidas sem grande complexidade de execução.

E isto porque o projecto deverá ser dotado de todos os elementos necessários para a sua correcta execução, como sejam as condições técnicas que será necessários respeitar na sua construção, peças escritas e peças desenhadas, de forma a se obter uma solução devidamente caracterizada e que responda de forma eficaz ao problema a resolver, estimativa orçamental, para se obterem ordem de grandeza do ponto de vista financeiro da sua implementação para a sua concretização, e calendarização da acção.

Este tipo de organização do processo poderá ser uniformizado e otimizado por parte da entidade responsável pela implementação do plano, de forma a reduzir-se drasticamente os tempos compreendidos entre a abertura de concurso e a sua adjudicação, bem como do tempo de preparação do lançamento do concurso.

Não só se evitarão atrasos perfeitamente desnecessários, como de uma forma organizada e sistemática poderão todos os elementos necessários para a sua elaboração serem obtidos, eliminam-se eventuais erros durante este tipo de medida processual.

Podemos sintetizar o papel da acção do projecto através do seguinte esquema:

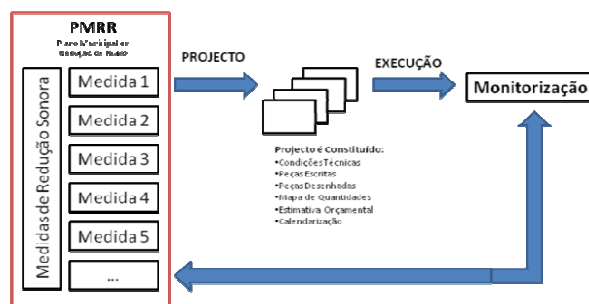


Figura 15 –Papel do Projecto de Execução num PMRR

6

MEDIDAS DE REDUÇÃO SONORA DISPONÍVEIS

De forma a fazer-se cumprir a legislação nas áreas em sobreexposição referidas no ponto anterior, devem ser adoptadas as medidas necessárias, de acordo com a seguinte ordem decrescente de prioridade:

- medidas de Redução na fonte de ruído
- medidas de Redução no meio de propagação de ruído
- medidas de Redução no receptor

Das enumeradas, aquelas que digam respeito à redução actuando-se sobre o receptor deve ser considerada excepcional e apenas em último recurso.

6.1. MEDIDAS DE REDUÇÃO NA FONTE DE RUÍDO[10]

A redução de Ruído na fonte é a forma mais eficaz de controlar a propagação sonora que pode ser conseguida actuando, simultaneamente ou não, através de diversos mecanismos, sendo possível salientar as alterações ao tipo de pavimento, adopção de medidas de gestão de tráfego ambientalmente mais eficazes, bem como de formas urbanas que protejam os habitantes mais afectados pelas fontes sonoras em causa.

6.1.1. PAVIMENTOS

Quando se decide pela colocação de pavimentos menos ruidosos, há factores de devem ser tomados em consideração como forma de otimizar o seu desempenho.



Figura 16 – Pavimentos

Esses aspectos estão relacionados com a envolvente da estrada, o alinhamento horizontal e vertical da estrada, a velocidade de circulação, a composição do tráfego rodoviário, o estado de degradação dos pavimentos, as condições meteorológicas habituais e o tipo de pneus correntemente usados.

Em estradas onde são praticadas velocidades mais elevadas torna-se particularmente importante escolher correctamente 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.

De uma forma geral, as camadas de desgaste poderão ser englobadas em:

- Betão betuminoso drenante de camada única(BBDr)
- Mistura betuminosa delgada (MBD)
- Mistura betuminosa de granulometria descontínua (MBGD)
- Betume modificado com borracha (BMB)

Os tratamentos superficiais para os diferentes pavimentos podem ser agrupados em:

- Exposição dos agregados, método onde a camada superficial é retirada antes de endurecer, ficando expostos os agregados do betão
- Superfície de betão texturado longitudinalmente, onde ainda antes do endurecimento do betão, criam-se texturas na direcção longitudinal para redução do ruído de circulação.
- Superfície de betão riscada longitudinalmente, onde se vincam ranhuras longitudinais paralelas entre si, a fim de se atenuar o ruído
- Revestimentos superficiais em resinas epoxídias, onde uma camada de ligante em resina é densamente espalhada com agregados polidos altamente resistentes de pequena espessura.

6.1.2. MEDIDAS DE ALTERAÇÃO DE TRAÇADO

As medidas de alteração de traçado visam a redução da velocidade dos veículos, como forma 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 das vias e da sua envolvente através da requalificação do espaço urbano.

É importante ter a noção que estas medidas não podem ser aplicadas isoladamente e de forma aleatória, mas sim implementadas após um cuidado estudo e em zonas onde exista uma integração lógica e coerente com a restante rede viária.

Os tipos de medidas a empreender são:

- Estreitamento de vias
- Restrições de largura na entrada de intersecções, estrangulamentos provocados pelo aumento dos passeios nas zonas de cruzamentos e entroncamentos
- Intersecções em “T” modificadas
- Gincanas
- Rotundas e mini-rotundas
- Bandas sonoras e cromáticas
- Lombas

- Plataformas, intersecções e travessias pedestres sobreelevadas
- Limitação da velocidade de circulação
- Limitação à circulação de veículos pesados
- Outras medidas

6.1.1.1. Estreitamento de vias

Solução onde se opta pela redução da largura da via de circulação ao longo duma zona com a intenção de redução da velocidade de circulação através do alargamento dos passeios, remodelação de novos espaços pedonais ou de estacionamento automóvel. Alternativamente poderá ser concebida uma solução em que o estreitamento seja realizado no eixo da via, com a criação de separadores centrais ou zonas temporárias de peões para atravessamento da via.

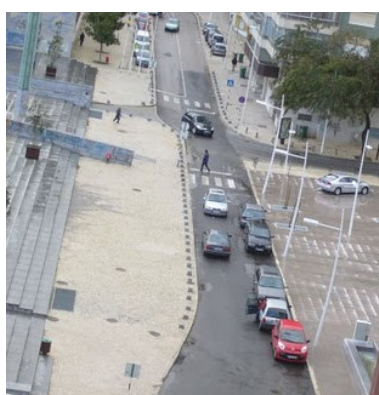


Figura 17 – Estreitamento de vias

É recomendado para situações de volume de tráfego moderado, como sejam zonas residenciais, não devendo a diminuição de circulação ser muito elevada, o que colocaria problemas à circulação de veículos de emergência, devendo ser conjugado com outras medidas de gestão de tráfego para potenciar a sua eficácia.

Este estreitamento não deverá ser aplicada em zonas com circulação de pesados, em face do propositado entrave à circulação implementado.

6.1.1.2. Restrições de largura na entrada de intersecções

Restrições provocadas pelo aumento dos passeios nas zonas de cruzamentos e entroncamentos, dificultando a manobra de mudança de direcção, e aumentando consideravelmente a segurança para os peões, quer pela maior área pedonal, quer pela maior visibilidade do automobilista em face do não estacionamento junto ao cruzamento.

É indicada para zonas residenciais, centrais e vias de atravessamento de povoações com velocidades não muito elevadas.

Como produtora poder-se-á a deslocalização de tráfego para zonas vizinhas, e dificuldades à circulação de veículos de emergência.

6.1.1.3. Intersecções em “T” modificadas

Mudança dos alinhamentos que convergem numa intersecção em T, obrigando automobilistas em diferentes sentidos partilharem o mesmo espaço e obrigando a uma redução da velocidade de circulação, visto que uma das vias é de paragem obrigatória e controlada por sinalética vertical.

Pouco recomendável a zonas de circulação para pesados, em face de possíveis congestionamentos pela dificuldade acrescida pela intersecção na manobra desta classe de veículos.

6.1.1.4. Gincanas

Conjunto de curvas em S conjugados com estreitamento de vias de circulação, construídas pela colocação alternada de obstáculos nas bermas das vias, tais como espaços ajardinados ou parqueamentos, obtendo-se deste modo uma redução de velocidade.



Figura 18 – Gincanas

Indicada para volume de tráfego reduzido, como áreas residenciais, permitindo ainda uma melhoria estética.

Deverá ser especialmente localizada de forma a impedir o seu atravessamento em linha recta, como acontece no caso em que existem duas faixas de rodagem, o que coloca em causa a segurança dos condutores e peões.

É inconveniente para os veículos pesados e de emergência, diminuindo ainda a capacidade de estacionamento na via de circulação.

6.1.1.5. Rotundas e mini-rotundas

Intersecções onde existe um fluxo automóvel circular em torno de um eixo central, frequentemente usadas na transição de diferentes tipos de vias.



Figura 19 – Rotundas

Recomendadas em locais com frequentes zonas de viragem e de inversões de marcha, sendo que se minimizam os conflitos entre veículos, em face de estes terem que ceder passagem aos que já circulam na rotunda, organiza os fluxos de tráfego e melhora a sua capacidade e condições de fluidez.

Como são obstáculos físicos à circulação de pesados, deverão ser pensadas como possuindo superfícies galgáveis e evitando eventuais danos no parque automóvel.

6.1.1.6. Bandas sonoras e cromáticas

São pré-avisos para a diminuição de velocidade através de um conjunto de bandas transversais à faixa de rodagem, diminuindo progressivamente o seu espaçamento à medida que nos aproximamos duma determinada zona.



Figura 20 – Bandas sonoras e cromáticas

Muitas simples e eficazes, porém de elevada manutenção quando em zonas residenciais, centrais e de atravessamento de povoações, próximo de áreas como sejam escolas, hospitais, passeadeiras, curvas perigosas ou cruzamentos.

Poderão levar a um efeito contrário visto que o ruído provocado pela passagem dos veículos nas bandas cromáticas poderá ser superior à redução obtida pela diminuição de velocidade.

6.1.1.7. Lombas

Uma das medidas mais utilizadas para a redução de velocidade da circulação automóvel. Poderão ser classificadas em dois grandes grupos: as “bumps”, lombas curtas e altas com uma altura de cerca de 10 cm por comprimentos até 1 metro, e as “humps” são lombas mais alongadas com um comprimento da ordem dos 4 metros e alturas de 10 a 12 cm, podendo ter forma circular, sinusoidal ou parabólica.



Figura 21 – Lombas

De forma a evitar problemas na circulação para veículos de emergência, é possível a utilização de lombas parciais ou interrompidas em locais de normal circulação automóvel.

São medidas de relativo baixo custo, com eficaz redução de velocidade, não sendo no entanto populares, podendo aumentar o nível sonoro devido às constantes acelerações e desacelerações, além do aumento do tráfego em áreas circundantes, bem como eventuais problemas de drenagem.

6.1.1.8. Plataformas, intersecções e travessias pedestres sobreelevadas

Este tipo de plataformas é formado por lombas alongadas com a parte superior plana e as extremidades em rampa, de forma a ser possível o seu uso por todo o tipo de utilizadores.



Figura 22 – Plataformas

Quando está plataforma é usada como travessia pedestre passa a designar-se por travessia pedestre sobreelevada, em que sofre um tratamento a se similar às zonas pedonais anexas, para que o veículo sinta que está a atravessar ou a galgar um passeio.

Intersecções sobrelevadas ocupam toda a área de intersecção, existindo rampas nas suas extremidades para a passagem de veículos.

São geralmente aplicadas em áreas residenciais ou zonas com tráfego moderado, muitas vezes em substituição de rotundas, quando estas devido ao espaço exíguo de passagem, não permitissem a circulação a veículos pesados.

Desaconselhadas em zonas de circulação de transportes públicos e veículos de emergência, assim como em artérias de circulação estruturantes.

6.1.1.9. Limitação da velocidade de circulação

É um modo de fácil implementação, em especial nas zonas sensíveis, onde recorrendo-se a sinalética que restrinja a circulação a 30 Km/h, se obtêm reduções apreciáveis.



Figura 23 – Limitação de velocidade

Poderão também ser encarados como meio de sensibilização ao ruído, quando conjugadas com outro tipo de medidas.

6.1.1.10. Limitação à circulação de veículos pesados

Na maioria dos aglomerados populacionais, a emissão deste tipo de veículos está mais associada ao superior nível de ruído mecânico do funcionamento do veículo, quando comparado com um ligeiro, e menos à sua velocidade de circulação, que por norma são muito baixas no interior das cidades.

A restrição destes veículos deverá incidir sobre o acesso destes a determinadas zonas, e em especial às zonas mistas, porém este tipo de acções carecem de cuidados estudos de mobilidade, visto que eventuais congestionamentos poderão ocorrer com veículos destas características. A sua fraca mobilidade, manobrabilidade e facilidade e na criação de conflitos rodoviários assim o justificam.

Este tipo de restrições não poderá ser apontado a transportes públicos, meios privilegiados de movimentos pendular dentro de uma cidade.

6.1.1.11. Outras medidas

Além da promoção do uso de transportes públicos, poderão ser promovidos outro tipo de deslocações, tais como a utilização de bicicletas ou o estímulo de andar a pé.

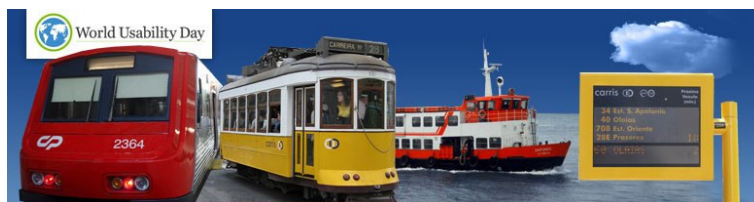


Figura 24 – Campanha de promoção de Transportes Públicos

Este tipo de medidas terá que ser sempre encaradas como resultado de uma concreta ponderação de diversos factores, tais como, topografia ou clima.

Reformulação de semáforos, ou a sua introdução, caso ainda não exista, poderão ser também alternativas porventura aplicáveis e eficazes

6.1.3. FORMAS URBANAS

Um aspecto fundamental no planeamento das áreas das cidades perto de vias geradoras de ruído é saber planejar conveniente e atempadamente o uso do solo de forma a evitar conflitos de ruído.

É possível actuar no planeamento das formas urbanas para redução do ruído no interior dos edifícios considerados sensíveis. Tal actuação pode consistir no aumento da distância entre a fonte ruidosa e o receptor, na modificação da orientação dos edifícios ou na colocação de edifícios de uso não sensível entre a fonte ruidosa e o receptor, funcionando desta forma como barreiras acústicas.

6.1.3.1. Aumento da distância entre as fontes ruidosas e os edifícios de uso sensível

É uma forma eficaz de reduzir o ruído, sendo que o duplicar da distância à fonte sonora pode ser capaz de reduzir até 6 dB(A). Durante a fase de concepção e projecto de zonas Sensíveis 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.

6.1.3.2. Construção de edifícios paralelos ao eixo da fonte

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, invadindo 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 esteja orientada para uma área mais calma, podendo desta forma organizar-se 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. Além do atrás exposto deve-se também tentar conjugar esse facto com uma 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 descrito anteriormente 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.

É importante tentar, sempre que possível, localizar os edifícios de uso comercial, industrial, garagens ou qualquer uso não sensível perto das vias rodoviárias, colocando também espaços verdes e vegetação. Assim, é criada uma zona de protecção para os edifícios sensíveis que funciona como uma barreira, além de se poder criar também mais espaços de lazer à população. Este facto permite também aumentar a cêrcea dos edifícios à medida que se aumenta a distância à fonte produtora de ruído.

6.2. MEDIDAS DE REDUÇÃO NO MEIO DE PROPAGAÇÃO [10]

Na envolvente de uma fonte sonora, como seja uma via rodoviária ou ferroviária, são inseridas barreiras acústicas para criar uma zona mais calma na parte posterior.

Este tipo de sistemas construtivos tem por finalidade a redução do nível sonoro entre uma fonte emissora de ruído e um receptor através de fenómenos de absorção, transmissão, reflexão e difracção.

De acordo com um dos princípios universais da acústica ambiental, as medidas de minimização de ruído desta natureza devem ser colocadas o mais próximo possível da fonte como forma de aumentar a sua eficácia.

No entanto, antes de se instalar uma barreira acústica é preciso confirmar se uma actuação na fonte não será mais eficaz, nomeadamente pela redução de velocidade de circulação, pela alteração do pavimento por um menos ruidoso, etc.

Os factores determinantes na escolha de uma barreira e na sua eficácia são os seguintes:

- A distância entre a estrada e a barreira, entre a barreira e o receptor e a altura da barreira
- A intensidade e espectro do som a atenuar
- As condições atmosféricas: regimes de ventos e inversão térmica
- Propriedades de absorção da barreira
- Peso por m² da barreira
- A forma da barreira

- O perfil transversal da estrada (posição relativa da estrada em relação à envolvente: aterro, de nível ou escavação)

As barreiras acústicas, de acordo com as suas características de absorção, podem classificar-se como:

- Reflectoras
- Reflectoras-dispersivas
- Absorventes
- Naturais
- Combinações das anteriores

Em relação ao tipo de matérias de constituição podem-se classificar em:

- Betão
- Muros de alvenaria
- Painéis metálicos
- Madeira
- Painéis transparentes
- Plásticos
- Compósitas
- Taludes e aterros



Figura 25 – Barreiras Acústicas

6.2.1. BARREIRAS EM BETÃO

O betão é um material que, quando bem projectado, moldado, executado e curado, é considerado um dos mais duráveis (é resistente, suporta temperaturas extremas, gelo, Sol intenso e sal, não necessitando de muita manutenção). É facilmente moldado e texturado, podendo apresentar um aspecto semelhante à de outros materiais como madeira ou pedra natural e sofrer tratamentos superficiais capazes de reflectir o som num determinado ângulo evitando desta maneira receptores Sensíveis.

As barreiras acústicas em betão podem ser fabricadas in situ (economicamente viáveis apenas para pequenas quantidades), sendo por vezes utilizadas em muros de suporte devido à flexibilidade do design, alta resistência estrutural e elevada resistência ao impacto de veículos. Quando moldados em fábrica, e por razões de transporte e de construção, os painéis de betão pré-fabricados estão normalmente sujeitos a um comprimento máximo de 4,5 metros.

Os painéis pré-fabricados são normalmente assentes sobre fundação contínua ou discreta. A colocação em obra é relativamente rápida embora possa necessitar de equipamentos robustos devido ao seu peso, necessitando de camiões para o seu transporte e gruas para a montagem (pode implicar o fecho parcial

ou total das vias de circulação). Além disso, visto serem basicamente várias peças de betão juntas e unidas, há a possibilidade de serem reutilizadas em barreiras temporárias ou permanentes.

Vantagens

- Material muito resistente e com massa/m² muito significativa
- É autoportante
- Apresenta uma longa vida útil (pode chegar ao 40 anos), exigindo pouca manutenção;
- Pode ter características de absorção medianas (por comparação com barreiras metálicas ou plásticas absorventes)
- Pode apresentar variações praticamente ilimitadas.

Inconvenientes

- Como é uma solução opaca, obstrui o campo de visão aos utilizadores da via e aos receptores
- Apresenta menores características de absorção quando comparada com as barreiras metálicas absorventes
- As características cromáticas são pouco flexíveis

6.2.2. MUROS DE ALVENARIA

Os muros de alvenaria podem ser executados manualmente ou pré-montados por máquinas. A execução manual tem a vantagem de ser mais versátil na conformidade no contacto com a topografia geográfica onde se encontra a via e de 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 gruas, constituindo soluções que facilmente podem ser utilizadas em terrenos com alguma inclinação – até cerca de 6%.

Ambas as situações necessitam de fundações contínuas de betão, encontrando-se os blocos ancorados à fundação através de barras de aço. Varões verticais e horizontais são também necessários na própria parede para obter estabilidade estrutural. Na maior parte dos casos são também necessários andaimes ou mesmo guindastes. É preciso espaço e uma base sólida e plana, além de bastante tempo para a sua montagem e desmontagem.

6.2.3. BARREIRAS EM PAINÉIS METÁLICOS

Há três tipos de metais comumente utilizados em barreiras acústicas: aço, alumínio e aço inoxidável.

O alumínio é normalmente revestido com tinta de esmalte ou é anodizado. Não é compatível com revestimentos galvanizados, mas apresenta elevada durabilidade, não só nas suas características acústicas como também nas suas características exteriores (pintura, furação, corrosão, etc.).

O aço é o mais barato dos metais utilizados. A maior parte dos painéis de aço e respectiva estrutura de suporte vertical e horizontal são revestidos a plastisóis ou tinta de esmalte ou materiais galvanizados ou produzidos com acabamento auto-protector contra ferrugem. O aço inoxidável apresenta elevada durabilidade e resistência à corrosão, não necessitando de revestimentos para a sua protecção.

Este tipo de barreiras é geralmente absorvente, consistindo numa fachada frontal metálica perfurada e um painel traseiro metálico não perfurado, com um interior preenchido por material absorvente poroso

como por exemplo lã mineral de alta densidade. Os painéis metálicos têm a vantagem de ser leves, sendo particularmente úteis no prolongamento vertical de barreiras acústicas existentes, para montar em muros de suporte com resistência limitada ou em estruturas como pontes.

Considerações a ter em atenção para barreiras em painéis metálicos:

- A existência de painéis não pintados e enferrujados em contacto com betão mancham-no
- É necessário ter um cuidado especial na conjugação de diferentes metais de forma a não criar condições de incompatibilidade (o alumínio em contacto com o revestimento galvanizado do aço acaba por se deteriorar num curto período de tempo)
- Para salvaguardar a segurança rodoviária, são de evitar materiais brilhantes que possam ofuscar os condutores
- Deve ser evitada a sua construção perto de linhas de electricidade, a não ser que os seus componentes possam ser convenientemente aterrados
- Os painéis metálicos são finos, sendo facilmente vítimas de vandalismo ou danificados por veículos e equipamentos, devendo portanto ter-se em atenção a sua espessura, força estrutural e distância à via.

6.2.4. BARREIRAS EM MADEIRA

As barreiras acústicas em madeira são de aplicação muito rara em Portugal. A maior parte destas barreiras são construídas com madeira, contraplacado de madeira ou ainda por produtos laminados de madeira (tratada contra fungos, insectos e outros organismos capazes de a destruir), podendo apresentar tanto a função de absorção acústica como a função dispersiva. Há diversas espécies de madeira possíveis de utilizar em barreiras acústicas, cada uma com características e desempenho acústico específico.

As espécies mais comuns são: amieiro vermelho, abeto, pinheiro e eucalipto. São um tipo de barreiras mais adequado para zonas rurais devido à sua estética rudimentar, sendo de evitar a sua colocação ao longo de viadutos e pontes. Este facto deve-se, essencialmente, a questões de segurança e estéticas e não às características acústicas dos diferentes materiais.

6.2.5. BARREIRAS EM MATERIAIS TRANSPARENTES

As barreiras transparentes são constituídas por materiais como o vidro temperado, endurecido ou reforçado ou por chapas acrílicas transparentes fundidas ou extrudidas, podendo ser completamente incolores ou apresentar diversas tonalidades.

Sempre que necessário podem apresentar reforço com fibras de carbono ou de poliamida ou a aplicação de equipamento suplementar com função de redução do perigo de colisão de aves (autocolantes de aves ou riscas abrasivas no material).

A utilização deste tipo de materiais está associada ao enquadramento estético pretendido e à necessidade de reduzir o impacto visual da barreira, permitindo o prolongamento do campo visual através da barreira e evitando que zonas posteriores à barreira estejam permanente ou temporariamente em sombra ou com reduzida luminosidade. Devem ser usadas em situações bem estudadas como maior abrangência do campo visual, probabilidade de acções de vandalismo (por exemplo, podem ter tratamento anti-graffiti), sem receptores Sensíveis no lado oposto da via (excepto quando se adoptam

medidas complementares de minoração do efeito de reflexão das ondas sonoras), visto serem mais dispendiosas que barreiras de betão ou metálicas.

Alguns materiais perdem a sua transparência com relativa facilidade, sendo também mais rapidamente desgastados com areias, pelo que a sua selecção deve obedecer a critérios rigorosos que não onerem desmesuradamente a sua manutenção e aumentem a esperança de vida útil. A sua utilização pode originar problemas à fauna existente, nomeadamente, aos pássaros que têm alguma dificuldade em notar a sua presença (painéis transparentes e incolores), pelo que devem ser incorporados no material riscas ou outros elementos que aumentem a sua visibilidade.

6.2.6. BARREIRAS EM MATERIAIS PLÁSTICOS

Existem diversos tipos de materiais plásticos com possibilidade de utilização em barreiras acústicas, como o polietileno, o PVC e a fibra de vidro. Uma característica deste tipo de materiais é a sua versatilidade e maleabilidade, podendo-se utilizar estes materiais de forma a serem parecidos com qualquer tipo de material existente. São leves e passíveis de reciclagem.

Considerações a ter em atenção para as barreiras em materiais plásticos:

- Alguns materiais não são muito estáveis podendo ter variações dimensionais significativas criando, desta forma, falhas entre juntas e originar deformações
- Alguns materiais não são resistentes à radiação ultravioleta, devendo por isso ter na sua composição produtos capazes de os proteger de forma a não causar uma rápida deterioração da aparência do material e da sua resistência
- São materiais com uma tendência para ao longo do tempo perderem a capacidade de resistência à quebra, levando a que um pequeno impacto possa ser destrutivo. O seu arranjo é a total substituição do módulo quebrado, elevando assim os custos de manutenção além de poder acontecer que o mesmo material seja de difícil execução originando painéis com estéticas diferentes
- Dependendo da textura da superfície aplicada, são susceptíveis de brilho

6.2.7. BARREIRAS COMPÓSITAS

Uma barreira compósita não é mais do que uma barreira composta por dois ou mais materiais, como por exemplo um suporte de betão que posteriormente é revestido com madeira, fibra de vidro, borracha, lava ou madeira misturada com betão (betão-madeira).

Dada a variedade possível de combinações, torna-se importante conhecer a fundo o material compósito antes de o usar para perceber quais as suas características de desempenho, de durabilidade, de segurança, etc.

Considerações a ter em atenção para barreiras em materiais compósitos:

- Alguns compósitos têm tendência a arder, devendo por isso conhecer-se a toxicidade das suas emissões e cinzas e ainda incorporar na sua produção produtos retardantes de fumo e chama;
- Devido à utilização de diversos materiais com características elásticas diferentes, podem ocorrer fenómenos que levam ao aparecimento de fendas. Da mesma forma, todas as outras características físicas também poderão ter diferenças significativas que poderão originar outros problemas;

- A reciclagem deste tipo de barreiras poderá ser problemático devido aos aditivos necessários para a sua produção.

6.2.8. TALUDES E ATERROS

Taludes e aterros são elevações erigidas com materiais naturais (aterros) que funcionam como barreiras acústicas. São soluções que podem apresentar vantagens em relação às barreiras — não naturais pelo facto de serem transparentes na paisagem. O seu enquadramento natural não cria um elemento intrusivo no horizonte visual, criando uma sensação de liberdade e não de enclausura. Podem apresentar menores custos de manutenção e um potencial de durabilidade quase ilimitado.

Em caso de projectos novos, é possível utilizar os materiais de terraplenagem excedentários criando bermas elevadas a um custo relativamente baixo, que minoram os impactos negativos do transporte e deposição dos materiais de escavação em vazadouros exteriores. Contudo, o material excedentário nem sempre permite a criação de pequenas encostas, sendo necessárias maiores quantidades para a construção de elevações com porte suficiente para proporcionar alguma atenuação acústica, razão pela qual é importante ter em consideração a localização e a disponibilidade dos materiais pretendidos.

São medidas que necessitam de grandes espaços de terreno para assegurar a estabilidade estrutural, podendo ser aplicados reforços de geotêxtil que permitem o aumento da inclinação dos taludes e reduzem a área da base. É uma solução que encarece este tipo de medida de minoração, podendo ou não ser mais atractiva visualmente.

A criação de motas de terra é uma medida quase exclusivamente indicada para zonas rurais ou semi-rurais, onde o espaço disponível é mais abundante, criando uma maior harmonia com a paisagem circundante. Devido ao formato da própria mota de terra e caso seja necessário, é possível a colocação de um paramento vertical no topo de forma a aumentar a eficácia do conjunto.

6.2.9. VEGETAÇÃO

Por vezes pensa-se que a colocação de vegetação (árvores) pode servir como eficaz barreira acústica. Ora tal só raramente é verdade. O acréscimo de atenuação sonora devida à propagação através de densa vegetação só é significativa para espessuras superiores a 10 m e é muito mais importante para altas-frequências do que para as baixas frequências.

Existe porém um efeito psicológico positivo na colocação de vegetação pois se o receptor não tiver na sua linha de visão a fonte sonora mais facilmente se abstrai da sua existência.

6.3. MEDIDAS DE REDUÇÃO NO RECEPTOR [10]

É possível considerar num plano de redução de ruído como último recurso e quando comprovadas como esgotadas as medidas de redução de ruído na fonte e no meio de propagação.

A actuação passa pelo reforço do isolamento sonoro das fachadas dos edifícios ou por soluções estratégicas, que podem passar pela compra ou expropriação de terrenos.

A sua adopção e implementação vai competir à entidade responsável pela actividade produtora de ruído ou ao receptor afectado, conforme aquele que mais recentemente se tenha instalado ou dado início à respectiva actividade ou seja titular da autorização ou licença mais recente.

Como forma de melhorar o isolamento sonoro das fachadas dos edifícios existem diversas opções de actuação mas podem-se resumir em dois grandes grupos:

- Reforço das envolventes opacas
- Reforço dos vãos envidraçados exteriores

As soluções estratégicas podem também ser condensadas em três grupos:

- Compra de terrenos
- Expropriação de terrenos (deslocação de populações)
- Outras acções

Se a compra ou expropriação de terrenos possivelmente afectados por problemas de ruído (presentes e futuros) é a forma mais eficaz de conseguir um desenvolvimento sustentável para os problemas de ruído, do ponto de vista de encargos financeiros poderá ser uma solução incomportável.

Neste caso, medidas como restrições ao uso de solo, como acontece frequentemente para situações de zonas de protecção (Reserva Nacional, Reserva Agrícola Nacional, Rede Natura, etc) poderão ser medidas válidas na minimização do ruído urbano.

Uma outra medida poderá passar por “terrenos de cedência”, que mais não é do que uma permuta, realizados aquando de processos de loteamento.

Estes tipos de terrenos adquiridos para controlo de ruído poderiam ser utilizados pelo município como:

- Usos municipais passivos (zonas ajardinadas, zonas de desporto indiferenciado, etc)
- Usos municipais activos (edifícios de uso municipal ou parques de estacionamento)
- Usos não municipais (áreas agrícolas privadas, uso por serviços governamentais com níveis sonoros compatíveis, etc)

6.3.1. REFORÇO DAS ENVOLVENTES OPACAS

O aumento do isolamento sonoro de envolventes opacas obtém-se por duas formas: aumentando a massa do elemento (sendo esta uma solução, apenas válida até um limite físico de 500 kg/m², por motivos económicos e funcionais) ou, mais facilmente, pela duplicação dos paramentos verticais (paredes duplas).



Figura 26 – Reforço das Envolventes Opacas

Assim, em cada situação, é necessário conhecer o valor do nível sonoro de ruído ambiente exterior, o nível sonoro no interior dos edifícios e o valor do índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea (R) de cada elemento construtivo, de forma a poder ser estudada uma solução de colocação ou substituição dos elementos construtivos por outros com melhores características de isolamento sonoro.

6.3.2. REFORÇO DOS VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES

O aumento do isolamento sonoro de vãos envidraçados obtém-se por duplicação dos elementos de vidro. Tal pode ser feito colocando uma nova janela (janela dupla) ou substituindo o vidro existente por outro duplo (vidro duplo). Destas duas alternativas, a da janela dupla é a mais eficaz e aconselhável (isto pois também minimiza a entrada de ruído através das caixas de estore, quando existem).



Figura 27 – Reforço dos Vãos Envidraçados Exteriores

A forma actual de se comparar o desempenho acústico de diferentes tipos de vidros é efectuada através do conhecimento de um único índice de redução sonora R_w (C;Ctr). É um índice medido em laboratório, de acordo com a norma NP EN 140-3, que tem em consideração os valores do isolamento nas bandas de frequência de terços de oitava de 100 Hz a 3150 Hz, conforme a norma NP EN ISO 717-1, para uma curva de referência e também adaptada a dois espectros de um dado ruído:

- Ruído rosa de referência, ruído que contém a mesma energia acústica em cada intervalo de frequência de medida (C);
- Ruído de tráfego que pretende caracterizar um ruído exterior de tráfego urbano (Ctr)

Estas correcções C e Ctr tomam em consideração as características da fonte de ruído, evitando-se desta forma erros de investimento, e uma melhor eficácia na selecção dos vidros mais adequados a uma situação específica. Nalguns casos pode-se assim usar o índice $R_w + Ctr$ em situações com ruído de tráfego e o índice R_w nas outras circunstâncias.

Todos os vidros têm uma frequência crítica onde o ruído se transmite com maior facilidade, originando uma quebra no R_w do isolamento sonoro que pode atingir os 10 a 15 dB. É pois importante ter envidraçados que apresentem essa frequência crítica em valores o mais reduzidos possível, para o que se devem usar sempre vidros de espessuras diferentes.

Deverá ser dada atenção ao efeito de eventuais varandas ou outras saliências significativas nas fachadas que podem aumentar ou diminuir o isolamento sonoro do conjunto.

6.3.3. COMPRA DE TERRENOS

Quando um município ou entidade pública decide pela opção de compra de um dado terreno como forma de aplicação da sua política de redução de ruído, há determinado factores que devem ser tomados em consideração como o custo monetário de aquisição e os custos e benefícios sociais associados à sua posse. Destes, o mais relevante acaba por ser o valor de aquisição existindo, contudo, outros custos adicionais como as taxas e impostos envolvidos, os custos legais, as peritagens e eventuais custos de reparações ou demolições de estruturas existentes no terreno, de arranjo e manutenção da propriedade.

A compra de terrenos possivelmente afectados por problemas de ruído (presentes ou futuros) é a forma mais eficaz, embora dispendiosa, de conseguir um desenvolvimento sustentável para os problemas de ruído.

É um método que, a partir do momento que seja do domínio público pode deixar de ser praticável dada a natural inflação do preço dos terrenos adjacentes a infra-estruturas de transporte ruidosas que poderá vir a ser exigido pelos proprietários.

6.3.4. EXPROPRIAÇÃO DE TERRENOS

A expropriação de terrenos é uma outra forma de solucionar o problema do ruído com regras e limites definidos por legislação nacional pela Lei n.º 168/99, de 18 de Setembro (alterado pela Lei n.º 13/2002 de 19 de Fevereiro, pela Rectificação n.º 18/2002 de 12 de Abril e pela Lei n.º 4-A/2003 de 19 de Fevereiro). Nesses casos, é necessário um conhecimento pleno das intenções de uso previstas para o terreno, de forma a poder ser declarado o interesse público da expropriação. É possível argumentar-se a favor de expropriações por incompatibilidade com os elevados níveis de ruído ambiente usando razões como a protecção da saúde pública devido aos malefícios daí resultantes e para melhoria da qualidade de vida da população vizinha às principais fontes de ruído existentes (ou previstas). Os valores a serem pagos aos proprietários dos terrenos serão estipulados pelos tribunais (com apoio de peritos) não se conhecendo à partida quais os custos exactos deste tipo de medida. Esta metodologia é usada em muitos países por exemplo nas áreas circundantes a aeroportos.

6.3.5. OUTRAS ACÇÕES

Uma outra forma de os municípios actuarem na gestão do solo, de forma a combaterem o problema de ruído ambiente, pode ser feita através de restrições ao uso do solo como acontece frequentemente para situações de zonas de protecção (Reserva Ecológica Nacional, Reserva Agrícola Nacional, Domínio Hídrico, Rede Natura, Zonas Históricas e Patrimoniais, etc.) ou mesmo Zonas Não Edificado de protecção às infra-estruturas de transporte e outras. Nessas circunstâncias o município tem a garantia que um determinado terreno apenas irá ter o uso que foi previamente definido. Naturalmente que uma medida que limita os direitos de utilização de um dado terreno não será facilmente aceite pela população abrangida, principalmente numa situação de excesso de ruído em que, potencialmente, deverão ser tomadas todas as medidas possíveis para o minorar. Ainda assim, em situações em que seja manifestamente impossível reduzir o ruído ambiente para níveis aceitáveis, esta deverá ser a medida a equacionar, se bem que deva ser convenientemente estudada e justificada. Através destas restrições pode-se limitar a construção de edifícios nas zonas adjacentes às grandes infra-estruturas de transporte (ou apenas a autorizar se forem cumpridos determinados requisitos acústicos) evitando-se, desta forma, possíveis problemas futuros. Pode-se também restringir o corte de densa vegetação ou elevações que actuem como barreiras acústicas. É, portanto, uma medida que regula a forma de ocupação do espaço urbano de uma forma eficaz e sem os custos associados à compra ou expropriação de terrenos.

Outra forma de obtenção de terrenos praticamente a custo zero, corresponde a terrenos de cedência conseguidos aquando de processos de loteamento. São situações onde se torna possível intervir, não só durante a aprovação do projecto do loteamento como a posterior no tratamento das áreas cedidas. Estas podem-se transformar em zonas tampão entre infra estruturas de transporte e zonas Mistas ou Sensíveis, pela construção de áreas com espaços ajardinados e recreativos que combatem o ruído ao mesmo tempo que proporcionam espaços públicos de lazer à população.

Os municípios podem usar os terrenos adquiridos para controlo de ruído de três formas:

- Usos municipais passivos, como zonas ajardinadas, zonas disponíveis para desporto indiferenciado ou pátios de recreio, zonas de conservação florestais, áreas de protecção de espécies ou de protecção de pequenas ribeiras
- Usos municipais activos, que incluem edifícios de uso municipal ou parques de estacionamento
- Usos não municipais como áreas agrícolas privadas, uso por serviços governamentais com níveis sonoros compatíveis, etc.

7

CRITÉRIOS DE PRIORIZAÇÃO

Após a identificação das zonas em sobreexposição, da população estimada afectada assim como das diferentes medidas aplicáveis em cada situação em particular, surge questões que este capítulo se propõe clarificar

7.1. ÂMBITO

Como classificar de mais prioritária uma zona de sobreexposição comparativamente com a intervenção numa outra?

Numa situação hipotética, que vamos designar por A; se existirem 10 pessoas afectadas com uma exposição de +5dB(A) na zona A, e apenas 1 pessoa afectada com a mesma exposição na zona B, para o mesmo tipo de medidas, sem dúvida que a zona A deverá ser prioritária em termos de intervenção.

Quadro 6 – Situação Hipotética A

ΔL_{den} dB(A)	População			
	Zona A		Zona B	
$\Delta L_{den} \leq 0$	100	90.9%	100	99.0%
$0 < \Delta L_{den} \leq 5$	10	9.1%	1	1.0%
$5 < \Delta L_{den} \leq 10$	0	0.0%	0	0.0%

Mas numa situação hipotética B, na eventualidade de na zona B existir uma pessoa mas com uma exposição a +10 dB(A), qual a zona a ser intervencionada prioritariamente? Para cada 10 pessoas afectadas com uma exposição de +5dB(A), quantas pessoas é necessário estarem afectadas na classe +10 para esta ser considerada ser prioritária no Plano de Redução de Ruído?

Quadro 7 – Situação Hipotética B

ΔL_{den} dB(A)	População			
	Zona A		Zona B	
$\Delta L_{den} \leq 0$	100	90.9%	100	99.0%
$0 < \Delta L_{den} \leq 5$	10	9.1%	0	0.0%
$5 < \Delta L_{den} \leq 10$	0	0.0%	1	1.0%

O mesmo problema coloca-se quando se fala em qualquer tipo de classe de exposição.

Como tratar este problema, onde se admite que o tipo de intervenção terá custos e eficácias semelhantes, como o resolver caso se envolva as eficácias e custos associados a cada uma das medidas exequíveis e aplicáveis para cada situação particular?

Para tentar dar resposta a estas questões, são propostos critérios de prioridade de acção para uma mais eficaz e objectiva implementação do plano.

Em qualquer caso, deverão ser tomados apenas como referência para o decisor, e desta forma ser possível uma mais ponderada acção a empreender.

7.2. CRITÉRIOS DE PRIORIDADE DE ACÇÃO

As zonas Sensíveis ou Mistas expostas a um ruído ambiente exterior que exceda os valores limite (fixados no artigo 11.º do RGR) devem ser objecto de planos municipais de redução de ruído, cuja elaboração é da responsabilidade das câmaras municipais.

Torna-se simples estabelecer quanto é que uma fonte sonora necessita de ser reduzida se for a única presente, contudo, na grande parte das situações esta não é a conjuntura presente, existindo várias fontes a contribuir para o ruído, e vários receptores afectados.

Existe então a necessidade de desagregar as fontes envolvidas em determinado conjunto de receptores e desta forma se obter um fiel diagnóstico da situação. De outro modo poderemos eliminar uma fonte sonora que isoladamente provocaria por exemplo, +6dB(A), porem o mesmo receptor estava afectado não só dessa mas de uma outra, com uma potencia de +5dB(A), o que deixaria o problema praticamente com a mesma grandeza apesar da intervenção realizada.

O mesmo se passa com as fontes sonoras, em que individualmente poderão não infringir os limites legais, mas quando em conjunto com todas as fontes de emissão sonora poderão provocar sobreexposição. Em tais casos, a redução de cada fonte, isoladamente, para níveis sonoros dentro dos valores limite legais pode não ser suficiente, uma vez que o seu somatório pode ultrapassar os limites fixados. Da mesma forma, casos em que nenhuma fonte ultrapassa individualmente o valor limite pode originar conflitos, dado o seu somatório poder ser superior ao valor limite.

Verifica-se assim que este tipo de situações de conflito com diferentes fontes de ruído se podem tornar complexas relativamente às obrigações das entidades: quem deve diminuir e quanto.

Assim, é importante estabelecer alguns critérios que ajudem a resolução destes conflitos. As possibilidades de critério de actuação são as seguintes:

- Data da instalação;
- Emissão sonora;
- Exequibilidade da medida;
- Sobreexposição provocada;
- Custo económico;

Dos possíveis critérios anteriormente expostos e em função dos níveis sonoros instalados, considera-se mais adequado dar prioridade à actuação em zonas Sensíveis ou Mistas expostas a ruído ambiente exterior que exceda em mais de 5 dB(A) os valores limite (fixados no artigo 11.º do RGR) e onde se verifique o maior número de pessoas expostas, podendo-se contemplar o faseamento de medidas.

Sabendo que o valor máximo regulamentar do indicador L_{den} é 65 dB(A) para zonas Mistas e 55 dB(A) para zonas Sensíveis, e que para o indicador L_n é 55 dB(A) para zonas Mistas e 45 dB(A) para zonas Sensíveis, podem-se conjugar vários critérios para diferentes níveis sonoros, procurando-se desta forma um estabelecimento de disposições que facilitem as decisões a tomar. Após a adopção do critério prioritário atrás descrito, nas zonas onde $L_{den} \geq 65$ dB(A) e $L_n \geq 55$ dB(A), todas as fontes produtoras de ruído têm a obrigatoriedade de reduzir até que os valores limite legais estejam a ser cumpridos conforme o disposto no RGR, de forma a o bem estar da população ser alcançado.

Para zonas com níveis com $60 \leq L_{den} \leq 65$ dB(A) e/ou os $50 \leq L_n \leq 55$ dB(A), os valores continuam elevados não sendo contudo necessário que todas as fontes reduzam, podendo ser focados alguns critérios selectivos, como seja a redução das fontes sonoras mais ruidosas em associação com a maior facilidade de execução de medidas que reduzam os níveis sonoros. Assim, é possível abranger os maiores focos de ruído tendo em conta o menor custo económico possível.

Para $55 \leq L_{den} \leq 60$ dB(A) e $45 \leq L_n \leq 50$ dB(A), é mais apropriado estudar-se soluções que tenham em consideração as fontes que se instalaram mais recentemente em conjugação com a maior facilidade de execução de medidas de redução do ruído. Devido aos menores valores, a redução de uma única fonte poderá ser suficiente, podendo-se analisar se a última fonte a se instalar foi a causadora da ilegalidade.

É importante ter a noção que o critério de "Emissão sonora" deve ser sempre considerado como principal. Não faz sentido analisar situações de conflito, estudando-se possíveis soluções de redução de ruído, e ignorar as que mais contribuem para o problema, uma vez que essas mesmas reduções podem nunca ser suficientes devido a uma determinada fonte.

Da mesma forma, a noção que cada caso é único e singular deve estar sempre presente, devendo-se obrigatoriamente estudar cada situação separadamente, procurando a melhor solução através de uma análise cuidada e detalhada, podendo existir situações semelhantes com soluções diferentes.

7.2.1. CRITÉRIO DE CUSTO BENEFÍCIO

Os benefícios que advêm de intervenções desta natureza estão essencialmente relacionados com a redução do ruído ambiente em particular e com a melhoria da qualidade de vida da população em geral. A quantificação destes dois factores reveste-se de particular dificuldade uma vez que não existem dados de avaliação para melhoria da qualidade de vida da população, nem para a redução de despesas de saúde ou mesmo sobre a reapreciação dos imóveis que, eventualmente, se tenham desvalorizado devido ao excessivo ruído ambiente.

Nestas circunstâncias optar-se-á por realizar uma análise custo/benefício das medidas de redução do nível sonoro, ou seja, a quantificação do investimento e das contrapartidas.

Tendo-se determinado qual a população abrangida e beneficiada por determinada medida, e possuindo-se o custo económico para a sua efectiva implementação, bem como a sua eficácia em termos de redução acústica, temos então possibilidade de determinar um índice que nos indicará do ponto de vista económico relacionado com a eficácia da medida um gradiente de grandeza das diferentes soluções possíveis.

O coeficiente custo benefício, C_{cb} poderá ser calculado como:

$$C_{cb} = \frac{\text{CustoUnitário(U.M.)}}{\text{EficáciaAcústica(dB(A))*PessoasBeneficiadas}}$$

Quanto menor seja C_{cb} , mais vantajosa será a medida a implementar, em termos de relação custo/benefício por habitante beneficiado.

Ressalve-se que a eficácia deverá ser tida em como o limite superior para a eliminação da exposição em análise. Dá-se como exemplo uma área com uma exposição de +5 dB(A), para o cálculo do C_{cb} uma medida que possua uma eficácia de 5 dB(A) deverá “entrar” na fórmula com uma eficácia de 5 dB(A), porem uma outra medida com uma eficácia superior, como seja 10 dB(A), deverá entrar também com o mesmo limite superior de exposição, os +5dB(A).

7.2.2. FACTOR DE EXEQUIBILIDADE

Não terá uma grande importância determinar a medida mais eficaz para determinado problema, se esta por norma careça de especial dificuldade para a sua execução, e deste modo comprometa o seu desempenho.

Se levarmos em linha de conta que nem sempre a melhor solução do ponto de vista custo/benefício será a mais indicada, face à sua difícil implementação, poderemos propor um factor de Exequibilidade que irá majorar a relação custo/benefício, de forma a tentar retratar o mais fielmente possível o quadro presente e o futuro expectável.

Desta forma poderemos dizer que o Factor de exequibilidade, F_{ex} , seja:

- $F_{ex} = 1$, nos casos em que não existam dificuldades expectáveis na execução da medida
- $F_{ex} = 2$, nos casos das medidas sejam revestidas de dificuldades de implementação
- $F_{ex} = 3$, nos casos em que a sua implementação se reveste de um grande esforço, não só do ponto de vista técnico, mas também burocrático

7.2.3. CRITÉRIO DOSE SONORA

Para uma medida em concreto, quanto maior o número de pessoas beneficiadas por essa medida, maior a prioridade para essa acção deverá ser admitida.

Este tipo de raciocínio releva-se correcto quanto os residentes se encontram na mesma classe de exposição.

De forma a tentar resolver o problema quando os residentes se encontram em classes de exposição diferentes, propõe-se o critério dose sonora, C_{ds} , que reflecte o “balanço energético acústico” da população abrangida pela medida:

$$C_{ds} = \sum \text{BalançoEnergéticoClasse} + 5\text{dB(A)} + \sum \text{BalançoEnergéticoClasse} + 10\text{dB(A)} + \dots + \sum \text{BalançoEnergéticoClasse} > 20\text{dB(A)}$$

Este critério define-se como sendo a soma energética dos residentes afectados em cada de sobreexposição em que se encontrem quantificados.

Consegue-se ainda um balanço energético, e quanto mais elevado, maior a prioridade da acção.

7.2.4. CRITÉRIO DE ACÇÃO

Como relacionar todos os anteriores numa cidade com a dimensão do Porto? Quando se trata de uma situação devidamente balizada e identificada, como seja em concreto uma rua, ou uma praça, é quase intuitivo, mas a este tipo de escala será necessário uma linha condutora que nos leva a dar prioridade a determinadas acções e ou zonas em detrimento de outras, face à escassez de recursos financeiros e intervalos temporais para a sua realização.

Propõe-se então o critério de acção, CA:

$$CA = \frac{C_{cb} \times F_{ex}}{C_{ds}}$$

Define-se como sendo o critério de custo benefício, afectado pelo factor de exequibilidade e devidamente ponderado pelo critério dose sonora.

Desta forma poderá ser hierarquizado um conjunto de intenções por ordem decrescente de prioridade a partir dos valores mais baixos do Critério de Acção (CA), para os valores mais altos, individualizando a actuação ao nível da zona em estudo.

7.2.4. CRITÉRIO INTERZONAL

Para cada medida hierarquizada, tendo em consideração o C.A., encontra-se relacionada a sua eficácia de redução sonora expectável de cálculo.

Para a eliminação da sobreexposição na Zona de Conflitos em análise é necessário que o somatório das reduções sonoras expectáveis pela sua implementação seja pelo menos igual à sobreexposição da classe de exposição acústica mais elevada que contenha residentes.

Propõe-se então que a soma aritmética das medidas aplicáveis seja realizada pela ordem de actuação proposta, até ao limite superior de exposição da Zona de Conflitos.

Desta forma, para a avaliação da actuação entre Zonas de Conflitos, propõe-se o Critério InterZonal dessa aérea, que mais não é do que a soma aritmética do Critério de Acção de cada medida aplicável, pela ordem de priorização determinado, de todas as medidas necessárias para a eliminação do impacte sonoro sobre a população residente afectada na área.

$$CIZ = \sum C.A. \geq \text{Limite Superior Sobre Exposição}$$

A nível de actuação será tanto maior quanto menor o valor do Critério InterZonal.

8

CASO DE ESTUDO

Em função da natureza da fonte emissora (rodoviária, ferroviária, aérea ou industrial), determinam-se Mapas de Conflito por tipo de fonte de ruído, e procedendo-se do mesmo modo, poder-se-á elaborar Mapas de Conflito por entidade gestora responsável da actividade poluente.

Neste capítulo pretende-se hierarquizar as acções a serem implementadas obtidas na zona de estudo através da aplicação dos Critérios de Priorização propostos a partir dos Mapas de Conflitos.

8.1. PRINCIPAIS ENTIDADES GESTORAS

A partir dos Mapas de Ruído da cidade do Porto foram obtidos os Mapas de Conflitos para todas as fontes e entidades gestoras responsáveis pelas mesmas em simultâneo.

De forma a serem elaborados os Mapas de Conflitos desagregados por fonte, conforme legislação aplicável, tornou-se necessário a identificação das entidades responsáveis pelas fontes emissoras sonoras na cidade do Porto.

8.1.1. VIAS RODOVIÁRIAS

Exceptuando as estradas municipais que, como o próprio nome indica, são da inteira responsabilidade camarária (C.M.Porto), as restantes vias de Portugal são da competência das seguintes entidades:

- EP- Estradas de Portugal S.A,
- BRISA S.A,
- AEDL S.A,

8.1.2. VIAS FERROVIÁRIAS

Existe uma separação entre a exploração de serviços de transporte, que é concessionado à CP – Caminhos de Ferro Portugueses, E.P. e à Metro do Porto, SA, e a gestão da infra-estrutura ferroviária nas vertentes de construção, manutenção, conservação, preservação do património e gestão de capacidades, da responsabilidade da REFER – Rede Ferroviária Nacional, E.P.

8.1.3. INFRA-ESTRUTURAS AÉREAS

A competência dos aeroportos nacionais, nomeadamente o do Porto, é da responsabilidade da ANA – Aeroporto de Portugal, SA.

8.2. LOCAIS EM SOBREEXPOSIÇÃO

Estas zonas em sobreexposição resultam dos diversos mapas de ruído, global e parciais por entidade gestora, com a Carta de Classificação de Zonas Sensíveis e Zonas Mistas definidas pelo município.

Assim, aplicando-se este critério, foram criadas Fichas de identificação de Zonas em Sobreexposição onde cada área problemática se encontra individualizada. Tendo em conta que existem diversas entidades e fontes sonoras em estudo, torna-se necessário a sintetização da informação sob a forma de quadros ou tabelas onde facilmente se percebe onde, quem ou quais as fichas produzidas para cada zona identificada, conforme quadro seguinte

Quadro 8 – Quadro Síntese de Fichas Elaboradas

Zonas	Fonte	Entidades						
	GLOBAL	CMP	AEDL	BRISA	EP	METRO	CP	ANA
a.00	x	x	-	-	x	x	-	-
b.00	x	-	x	-	-	-	-	-
c.00	x	-	x	-	-	-	-	-
d.00	x	x	x	-	-	-	-	-
e.00	x	-	-	x	-	-	-	-
f.00	x	-	x	-	-	-	-	-
g.00	x	x	-	-	-	-	-	-
h.00	x	x	-	-	-	-	-	-
i.00	x	x	-	-	-	-	-	-
j.00	x	x	-	-	-	-	-	-
k.00	x	x	-	-	-	-	-	-
l.00	x	-	-	-	x	-	-	-
m.00	x	-	-	-	x	-	-	-
n.00	x	-	-	-	-	-	x	-

Se ligarmos esta informação com uma localização gráfica no Mapa de Conflitos produzido, torna mais intuitiva a interpretação da informação contida, de forma a ser concentrada sobre o problema detectado a atenção do decisor.

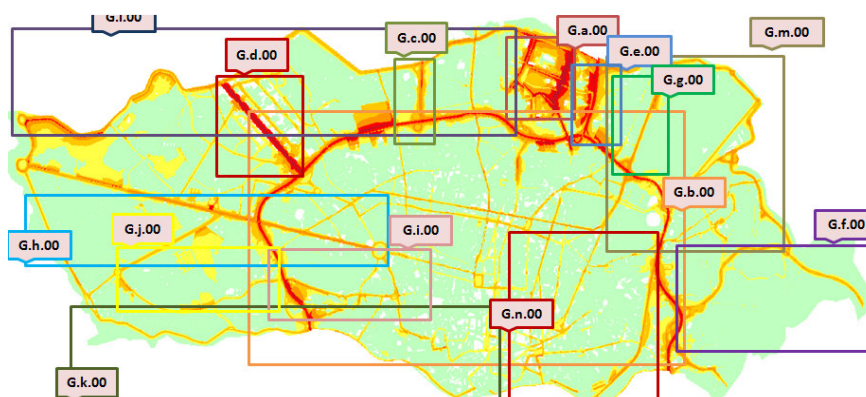


Figura 28 – Zonas de Conflitos da cidade do Porto

Cada Zona detectada deverá ser enquadrada no documento elaborado do ponto de vista de localização geográfica facilmente perceptível para quem o necessite de consultar, propondo-se como exemplo a figura 29, onde se encontra destacada e apresentada a Zona envolvente de Diogo Botelho, e onde se mostra qual ou quais as ruas que se encontram em estudo, assim como a respectiva legenda gráfica do extracto apresentado.

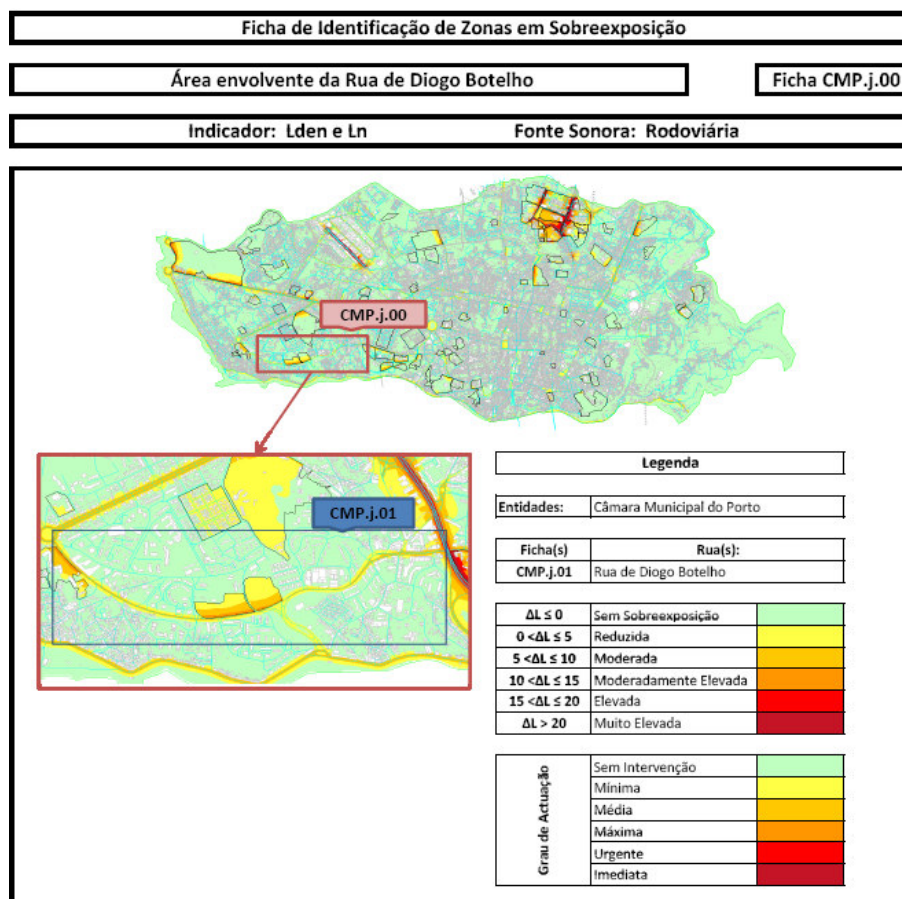


Figura 29 – Folha de Rosto para Zonas de Conflitos da cidade do Porto

Em cada Ficha de Identificação deverão apresentar os seguintes os seguintes dados:

- Indicador
- Fonte Sonora
- Entidade
- Descrição das Fontes Principais
- Designação e Extensão da(s) rua(s) abrangida(s)
- Grau médio de Sobreexposição por rua(s) abrangida(s)
- Nível de Actuação por rua(s)
- População residente expectável afectada
- Medidas de Redução Sonora aplicáveis

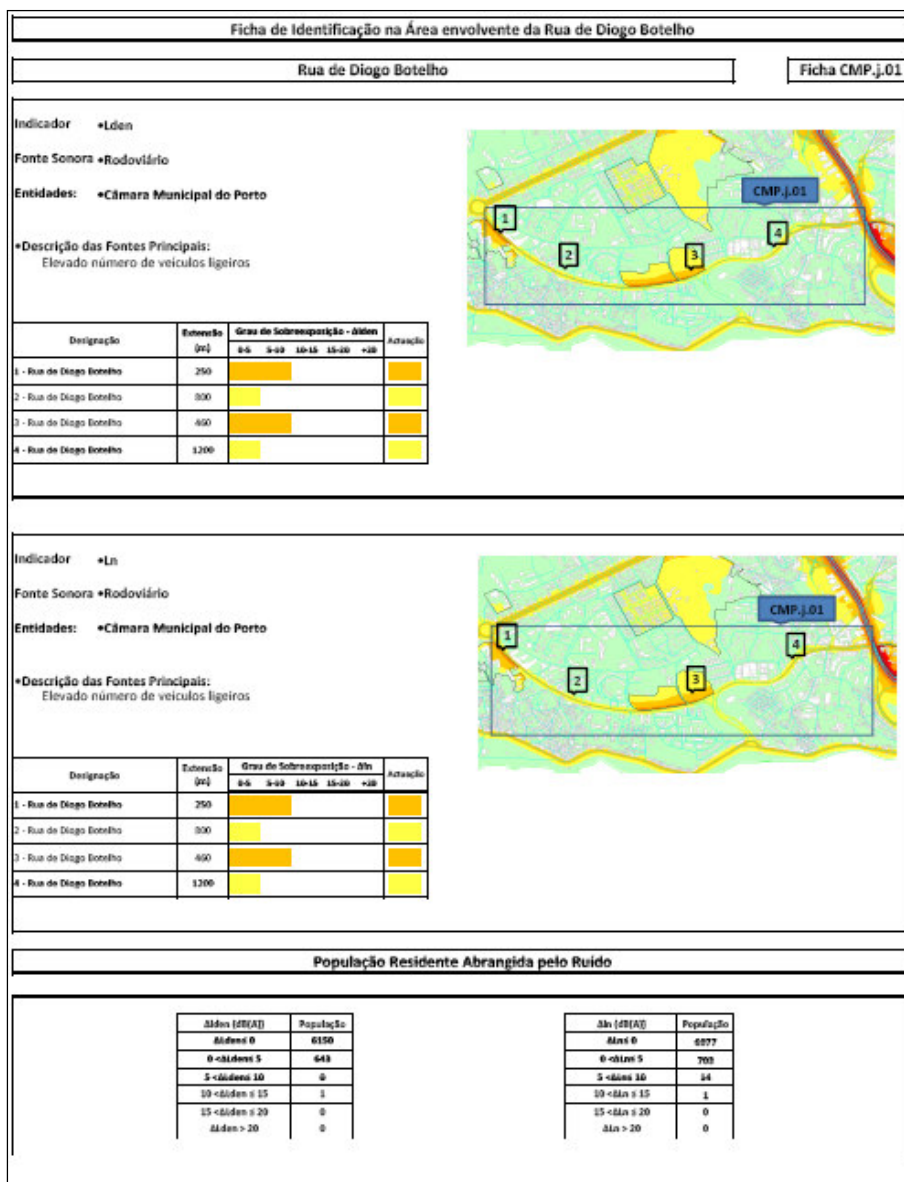


Figura 30 – Ficha de Identificação de Zona de Conflitos da cidade do Porto

Para apresentação das Medidas de Redução Sonora aplicáveis a cada uma das Zonas em análise foi criada uma matriz que apresenta todas as medidas disponíveis já associadas ao seu custo de eventual aplicação e manutenção, e em função da sua aplicabilidade em cada caso se classificam em função do seu Grau de Aplicabilidade como sendo:

- Não aplicável
- Pouco recomendado
- Recomendado
- Muito Recomendado

Esta classificação teve em linha de conta a sua exequibilidade do ponto de vista técnico e de inserção urbanística na área afectada.

Quadro 9 – Quadro Matriz de Medidas de Redução Sonora Aplicáveis

Medidas de Redução Sonora Disponíveis				Ficha CMP.j.01				
	unidade	Custo de Construção/manutenção		Redução de nível sonoro, ΔL_{eq}		Grau de Aplicabilidade		
		Custo por Unidade		Mínimo	Máximo	Não Aplicável	Pouco Recomendado	Muito Recomendado
Fonte de Ruído	•Alteração de Pavimento	um/m ²	5,50 um	4	6		X (1)	
	•Alteração do traçado	um/unidade	15,000.00 um	-2	4	X		
	•Túnel	um/m ²	65,000.00 um	10	20	X		
	•Zona Pedonal	um/m ²	2,20 um	0	2	X		
	•Limitação da velocidade de circulação	um/unidade	2,550.00 um	0	3		X (1)	
	•Limitação da velocidade de veículos pesados	um/unidade	2,550.00 um	0	3		X (1)	
	•Diminuição do volume de tráfego	um/unidade	2,550.00 um	0	3			X (1)
	•Diminuição do volume de tráfego de veículos pesados	um/unidade	2,550.00 um	0	2		X (2)	
	•Renovação dos transportes públicos	um/unidade	75,000.00 um	0	2		X (2)	
	•Plataformas, intersecções e travessias pedestres sobreelevadas	um/unidade	6,500.00 um	0	2	X		
•Promoção de transportes alternativos	um/m ²	1,10 um	0	3	X			
Início de Propagação	•Barreiras Acústicas	um/m ²	200.00 um	0	6	X		
	•Aumento da distancia entre a fonte ruidosa e o receptor	um/m ²	* 15	0	10	X		
	•Colocação de edifícios não sensíveis (efeito barreira)	um/m ²	* 15	5	20	X		
	•Modificação da orientação dos edifícios	um/m ²	* 15	5	20	X		
	•Motas de Terra (aterros)	um/m ²	15,00 um	0	4	X		
Receptor	•Reforço das Envolventes Opacas	um/m ²	* 15	0	20		X (4)	
	•Reforço dos Vãos Envidraçados Exteriores	um/m ²	400.00 um	4	9			X
	•Compra ou Expropriação de terrenos	um/m ²	* 15	0	20	X		
	•Deslocação de populações	um/m ²	* 15	0	20	X		

Sumariamente enumeram-se as áreas obtidas a partir da figura 28 e onde, de um modo geral, a sobreexposição se encontra compreendida num intervalo de 5 dB(A) a 15 dB(A). Indica-se também qual a entidade responsável pela fonte sonora, conforme Quadro 8.

8.2.1. ÁREA ENVOLVENTE DO HOSPITAL DE S. JOÃO E CEMITÉRIO DE PARANHOS

Entidade responsável pela fonte sonora: EP Estradas de Portugal SA

- EN12 (estrada da circunvalação)

Entidade gestora pela fonte sonora: Câmara Municipal do Porto

- Rua Dr Roberto Frias
- Rua Dr Manuel Laranjeira
- Rua Dr Bernardino
- Rua Dr Plácido da Costa
- Rua Estação do Campus Universitário
- Rua Medicina Dentária e IPATIMUP
- Rua Dr Manuel Pereira da Silva

8.2.2. ÁREA ENVOLVENTE DA VIA DE CINTURA INTERNA

Entidade responsável pela fonte sonora: AEDL – Auto-estradas do Douro Litoral SA

- A20 (Via de Cintura Interna)
- A28 (Via de Cintura Interna)

8.2.3. ÁREA ENVOLVENTE DA VIA NORTE

Entidade responsável pela fonte sonora: AEDL – Auto-estradas do Douro Litoral SA

- EN14 (Via Norte)

8.2.4. ÁREA ENVOLVENTE DA AVENIDA DA ASSOCIAÇÃO INDUSTRIAL DO PORTO

Entidade gestora pela fonte sonora: Câmara Municipal do Porto

- Avenida Associação Industrial do Porto (avenida AIP)

Entidade responsável pela fonte sonora: EP Estradas de Portugal SA

- Rotunda da Associação Industrial do Porto (rotunda AIP)

8.2.5. ÁREA ENVOLVENTE DO NÓ NA A3/A4

Entidade responsável pela fonte sonora: Brisa – Auto-estradas de Portugal SA

- A3 (Nó VCI – EN12)

8.2.6. ÁREA ENVOLVENTE DA LIGAÇÃO PONTE DO FREIXO E GONDOMAR

Entidade responsável pela fonte sonora: AEDL – Auto-estradas do Douro Litoral SA

- A43/IC29/IP1 (Ponte do Freixo Norte - Gondomar)

8.2.7. ÁREA ENVOLVENTE DA AVENIDA FERNÃO DE MAGALHÃES

Entidade responsável pela fonte sonora: Câmara Municipal do Porto

- Avenida Fernão de Magalhães (estrada da circunvalação)
- Nó VCI – Avenida Fernão de Magalhães

8.2.8. ÁREA ENVOLVENTE DA AVENIDA DA BOAVISTA E MARECHAL GOMES DA COSTA

Entidade responsável pela fonte sonora: Câmara Municipal do Porto

- Rotunda da Boavista – Avenida da Boavista
- Avenida da Boavista
- Avenida da Boavista – Parque da Cidade
- Avenida do Marechal Gomes da Costa
- Rua de Diu

8.2.9. ÁREA ENVOLVENTE DA RUA DO CAMPO ALEGRE

Entidade responsável pela fonte sonora: Câmara Municipal do Porto

- Rua do Campo Alegre
- Rua de Diogo Botelho

8.2.10. ÁREA ENVOLVENTE DA MARGINAL DA FOZ DO DOURO

Entidade responsável pela fonte sonora: Câmara Municipal do Porto

- Avenida de Montevideu
- Avenida do Brasil
- Rua Coronel Raul Peres
- Esplanada do Castelo
- Rua do Passeio Alegre
- Rua das Sobreiras
- Rua do Ouro
- Alameda Basílio Teles
- Rua Nova da Alfândega
- Praça do Infante D. Henrique

8.2.11. ÁREA ENVOLVENTE DA ESTRADA DA CIRCUNVALAÇÃO

Entidade responsável pela fonte sonora: EP Estradas de Portugal SA

- EN12 (estrada da circunvalação)

8.2.12. ÁREA ENVOLVENTE DA LIGAÇÃO CAMPANHÃ – PONTE DE S. JOÃO – S. BENTO

Entidade responsável pela fonte sonora: CP Caminhos de Ferro Portugueses EP

- Ligação Campanhã – S. Bento
- Ligação Campanhã – Ponte de S.João

8.3. CRITÉRIOS DE PRIORIZAÇÃO - APLICAÇÃO

De forma ser hierarquizada uma lista de prioridade de acção consideraram-se somente as zonas sob a responsabilidade directa de Câmara Municipal do Porto.

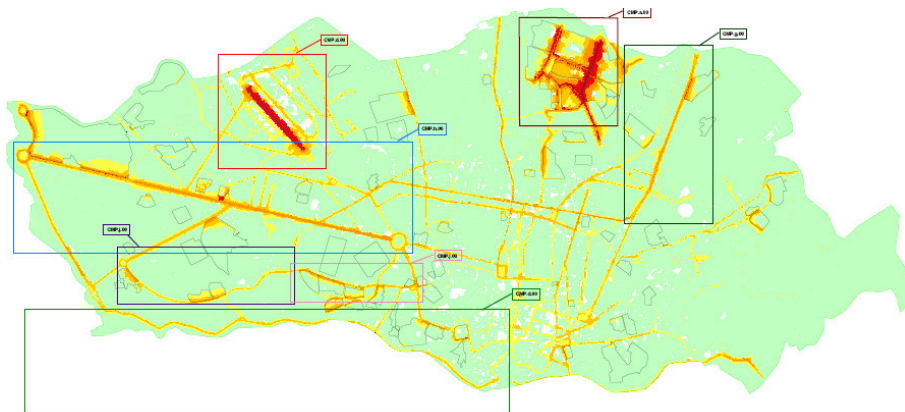


Figura 31 – Zonas de Conflitos da cidade do Porto sob a alçada da CMP

Utilizando-se como exemplo a Zona de Conflitos de Diogo Botelho, em que os dados obtidos surgem na figura 29, figura 30 e Quadro 9, foram então aplicados os critérios propostos.

8.3.1. CRITÉRIO DE CUSTO BENEFÍCIO

Para o cálculo do coeficiente custo benefício, C_{cb} será necessário quantificar os custos de execução e manutenção associados para cada acção em análise, de forma a encontrarem valores monetários.

Tendo em conta a volatilidade dos mercados financeiros, e que por norma para a implementação deste tipo de medidas se recorrem frequentemente à banca, são propostas Unidades Monetárias (U.M.), que não traduzem os custos reais associados a cada acção, mas sim nos permitem comparar escalas de custos entre as diversas medidas. Pode-se assim obter valores referenciais de encargos expectáveis para cada acção possível.

Todos os valores propostos foram obtidos a partir de valores de referência que poderão não retratar a situação actual e localizada para cada caso. De forma a ser ultrapassado este obstáculo, poder-se-á recorrer à autarquia local, que por norma, possui valores de referência para intervenções similares e actualizados para cada acção.

Do mesmo modo, em termos de eficácia da medida, ou seja a sua real contribuição para a redução sonora expectável, é difícil a sua estimativa. Os dados propostos resultam dos dados de referência obtidos a partir de estudos levados a cabo em condições semelhantes, mas que poderão não retratar fielmente a situação em estudo. Para efeitos de cálculo foi considerada uma eficácia média, obtida a partir da média dos valores máximos e mínimos dos valores tabelados para cada medida. Ressalve-se que deverá ser acautelado que a eficácia de cálculo não seja superior à requerida para aquela Zona.

Propõem-se as seguintes Unidades Monetárias (U.M.) para cada medida, conforme quadro 10, bem como as suas eficácias máximas e mínimas:

Quadro 10 – Quadro Matriz de Unidades Monetárias e Eficácias Sonoras

		Custo de Construção/manutenção		Redução de nível Sonoro, $\Delta L_{dB(A)}$	
		unidade	Custo por Unidade	Minimo	Maximo
Fonte de Ruído	•Alteração de Pavimento	um/m2	5.50 um	4	6
	•Alteração do traçado	um/unidade	15,000.00 um	-2	4
	•Túnel	um/m2	65,000.00 um	10	20
	•Zona Pedonal	um/m2	2.20 um	0	2
	•Limitação da velocidade de circulação	um/unidade	2,550.00 um	0	3
	•Limitação da velocidade de veículos pesados	um/unidade	2,550.00 um	0	3
	•Diminuição do volume de tráfego	um/unidade	2,550.00 um	0	3
	•Diminuição do volume de tráfego de veículos pesados	um/unidade	2,550.00 um	0	2
	•Renovação dos transportes públicos	um/unidade	75,000.00 um	0	2
	•Plataformas, intersecções e travessias pedestres sobreelevadas	um/unidade	6,500.00 um	0	2
Meio de Propagação	•Promoção de transportes alternativos	um/m2	1.10 um	0	3
	•Barreiras Acústicas	um/m2	200.00 um	0	6
	•Aumento da distancia entre a fonte ruidosa e o receptor	um/m2	* (5)	0	10
	•Colocação de edificios não sensíveis (feito barreira)	um/m2	* (5)	5	20
	•Modificação da orientação dos edificios	um/m2	* (5)	5	20
	•Motas de Terra (aterros)	um/m2	15.00 um	0	4
	•Reforço das Envolventes Opacas	um/m2	* (5)	0	20
	•Reforço dos Vãos Envidraçados Exteriores	um/m2	400.00 um	4	9
	•Compra ou Expropriação de terrenos	um/m2	* (5)	0	20
	•Deslocação de populações	um/m2	* (5)	0	20

Notas

(5) - Em função do valor comercial da área edificada

Para a determinação deste coeficiente temos ainda que determinar quantas pessoas serão beneficiadas com esta medida, valores obtidos a partir da população exposta.

Quadro 11 – População Residente abrangida pelo Ruído -Indicadores Lden e Ln

ΔL_{den} (dB(A))	População	ΔL_n (dB(A))	População
$\Delta L_{den} \leq 0$	6150	$\Delta L_n \leq 0$	6077
$0 < \Delta L_{den} \leq 5$	643	$0 < \Delta L_n \leq 5$	703
$5 < \Delta L_{den} \leq 10$	0	$5 < \Delta L_n \leq 10$	14
$10 < \Delta L_{den} \leq 15$	1	$10 < \Delta L_n \leq 15$	1
$15 < \Delta L_{den} \leq 20$	0	$15 < \Delta L_n \leq 20$	0
$\Delta L_{den} > 20$	0	$\Delta L_n > 20$	0
Total	645	Total	718

A partir do quadro 9, quadro 10 e quadro 11 é possível calcular o coeficiente custo benefício Ccb, para a Zona de Conflitos em estudo. Este valor foi apenas realizado para medidas consideradas exequíveis e aplicáveis a esta Zona, segundo os indicadores Lden e Ln:

Quadro 12 – Critério custo benefício -Indicadores Lden e Ln

	Exposição ΔL_{den} (dia)		Exposição ΔL_n (noite)	
	peçoas afectad ϵ	Coeficiente custo beneficio Ccb	peçoas afectad ϵ	Coeficiente custo beneficio Ccb
•Alteração de Pavimento	645	0.002	718	0.002
•Limitação da velocidade de circulação	645	2.637	718	2.368
•Limitação da velocidade de veículos pesados	645	2.637	718	2.368
•Diminuição do volume de tráfego	645	2.637	718	2.368
•Diminuição do volume de tráfego de veículos pesados	645	3.956	718	3.552
•Renovação dos transportes públicos	645	116.356	718	104.460
•Reforço dos Vãos Envidraçados Exteriores	645	0.095	718	0.086

8.3.2. FACTOR DE EXEQUIBILIDADE

O cálculo do Factor de Exequibilidade teve por base o quadro 9, onde se encontra o Grau de Aplicabilidade admitido para cada medida sonora em consideração.

Quadro 13 – Factor de Exequibilidade

	Grau de Aplicabilidade				Factor de Exequibilidade
	Não Aplicáv	Pouco Recomen	Recomenda	Muito Recomen	Fx
•Alteração de Pavimento		X (3)			1
•Limitação da velocidade de circulação		X (3)			1
•Limitação da velocidade de veículos pesados		X (3)			1
•Diminuição do volume de tráfego				X (1)	3
•Diminuição do volume de tráfego de veículos pesados		X (2)			1
•Renovação dos transportes públicos		X (2)			1
•Reforço dos Vãos Envidraçados Exteriores			x		2

8.3.3. CRITÉRIO DOSE SONORA

A partir do quadro 11, podemos determinar qual a dose sonora a que cada Zona se encontra afectada

Quadro 14 – Critério Dose Sonora -Indicadores Lden e Ln

ΔL_{den} (dB(A))	População	Dose Sonora por classe	ΔL_n (dB(A))	População	Dose Sonora por classe
$\Delta L_{den} \leq 0$	0	0.0	$\Delta L_n \leq 0$	6077	0.0
$0 < \Delta L_{den} \leq 5$	0	33.1	$0 < \Delta L_n \leq 5$	703	33.5
$5 < \Delta L_{den} \leq 10$	0	0.0	$5 < \Delta L_n \leq 10$	14	21.4
$10 < \Delta L_{den} \leq 15$	0	15.6	$10 < \Delta L_n \leq 15$	1	15.6
$15 < \Delta L_{den} \leq 20$	0	0.0	$15 < \Delta L_n \leq 20$	0	0.0
$\Delta L_{den} > 20$	0	0.0	$\Delta L_n > 20$	0	0.0
Total		33.2	Total		33.8

8.3.4. CRITÉRIO DE ACÇÃO.

Encontrando-se já determinadas as variáveis necessárias para o cálculo do Critério de Acção, as medidas em estudo foram avaliadas de acordo com este critério e classificadas por ordem crescente de prioridade.

Em todas as situações o índice de acção foi sempre mais prioritário para o indicador Ln, em contraponto do indicador Lden

Por uma mais fácil leitura e interpretação, estas foram classificadas do ponto de vista de actuação numérico e do ponto de vista de actuação gráfico, seguindo o mesmo gradiente de cores que se utilizou para a classificação de zonas em sobreexposição. Desta forma os mais vermelhos são os mais prioritários, e os mais amarelos os menos urgentes.

Quadro 15 – Critério de Acção -Indicadores Lden e Ln

	Δ Iden (dia)	Δ In (noite)	Ordem de Actuação
	Critério de Acção C	Critério de Acção C	Prioridade
•Alteração de Pavimento	0.000051	0.000045	1
•Limitação da velocidade de circulação	0.079515	0.070047	3
•Limitação da velocidade de veículos pesados	0.079515	0.070047	3
•Diminuição do volume de tráfego	0.238546	0.210142	5
•Diminuição do volume de tráfego de veículos pesados	0.119273	0.105071	4
•Renovação dos transportes públicos	3.508024	3.090326	6
•Reforço dos Vãos Envidraçados Exteriores	0.005757	0.005071	2

8.3.5. CRITÉRIO INTERZONAL.

A partir do quadro 15 é possível estabelecer o Critério InterZonal para a Zona de Conflitos de Diogo Botelho, conforme se mostra no quadro 16.

Como se utilizaram os valores médios para as eficácias de cálculo, julga-se que uma redução média expectável de 14.5 dB(A) seja suficiente para eliminar a sobreexposição de 15 dB(A) implantados nesta área, conduzindo então a um valor para o Critério InterZonal de 0.145211.

Quadro 16 – Critério InterZonal – Entidade Câmara Municipal do Porto

	Eficácia da medida db(A)	Exposição Δ In (noite)	Ordem de Actuação	Exposição Δ In (noite)	
	Eficácia de cálculo db(A)	Critério de Acção C	Prioridade	Critério Zonal	Redução Expectável
•Alteração de Pavimento	5	0.000045	1	0.000045	5
•Limitação da velocidade de circulação	1.5	0.070047	3	0.070047	1.5
•Limitação da velocidade de veículos pesados	1.5	0.070047	3	0.070047	1.5
•Diminuição do volume de tráfego	1.5	0.210142	5		
•Diminuição do volume de tráfego de veículos pesados	1	0.105071	4		
•Renovação dos transportes públicos	1	3.090326	6		
•Reforço dos Vãos Envidraçados Exteriores	6.5	0.005071	2	0.005071	6.5
				0.145211	14.5

8.4. RESULTADOS

Com aplicação dos Critérios de Priorização elaboraram-se Quadros Síntese por Zona de Conflitos, e Quadro Interzonal, onde surgem listadas não só as medidas aplicáveis caso a caso, mas também o nível de actuação para cada uma delas, devidamente ponderadas pelos respectivos critérios.

Os respectivos Critérios de Priorização foram calculados conforme metodologia descrita para a Zona de Conflitos da área envolvente de Diogo Botelho.

Face aos resultados obtidos podemos dizer que ao nível de Zonas de Conflito, a Zona da AIP foi tida como a mais prioritária, visto ser a única das sete detectadas onde seria possível a inserção de Barreiras Acústicas, o que potencia a eficácia da redução sonora necessária.

A menos urgente, do ponto de vista da utilização destes critérios, seria a Zona de S.João onde, apesar de existir uma imensa Comunidade Académica e diversas Unidades de Saúde, em termos de população residente é diminuta, o que potencia a sua minimização da acção.

Em termos de população afectada esta é semelhante na Zona de S. João e na Zona AIP, o que puxa para cima ou para baixo a sua prioridade aparenta ser a eficácia da redução sonora.

Nas restantes Zonas, o Critério Interzonal é muito semelhante, o que sugere uma relação muito próxima para estas zonas entre a população afectada, a eficácia das medidas aplicáveis e os correspondentes custos.

Ao nível da hierarquização em cada Zona de Conflitos, em todas as áreas estudadas existe uma constância de priorização de acção, o que pode ser explicado pelo facto de em todas elas as medidas aplicáveis são em tudo semelhantes e tipificadas de zonas urbanizadas citadinas, excepto na Zona AIP com características de via rápida.

8.4.1. ACTUAÇÃO POR ZONAS DE CONFLITOS.

Quadro 17 – Quadro Síntese – Zona de Conflitos Diogo Botelho

	Eficácia da medida db(A)			Factor de Exequibilidade	Exposição Alden (dia)				Exposição Aln (noite)				Ordem de Actuação
	Eficácia potencial	Redução Sonora	Eficácia de cálculo		Fx	peçoas afectad	Coefficiente custo	Coefficient e dos	Critério de Acção	peçoas afectad	Coefficiente custo	Coefficient e dos	
*Alteração de Pavimento	5	15	5	1	645	0.002	33.2	0.000051	718	0.002	33.8	0.000045	1
*Limitação da velocidade de circulação	1.5	15	1.5	1	645	2.637	33.2	0.079515	718	2.368	33.8	0.070047	3
*Limitação da velocidade de veículos pesados	1.5	15	1.5	1	645	2.637	33.2	0.079515	718	2.368	33.8	0.070047	3
*Diminuição do volume de tráfego	1.5	15	1.5	3	645	2.637	33.2	0.238546	718	2.368	33.8	0.210142	5
*Diminuição do volume de tráfego de veículos pesados	1	15	1	1	645	3.956	33.2	0.119273	718	3.552	33.8	0.105071	4
*Renovação dos transportes públicos	1	15	1	1	645	116.356	33.2	3.508024	718	104.460	33.8	3.090326	6
*Reforço dos Vãos Envidraçados Exteriores	6.5	15	6.5	2	645	0.095	33.2	0.005757	718	0.086	33.8	0.005071	2

Quadro 18 – Quadro Síntese – Zona de Conflitos Marginal Foz do Douro

	Eficácia da medida db(A)			Factor de Exequibilidade	Exposição Alden (dia)				Exposição Aln (noite)				Ordem de Actuação
	Eficácia potencial	Redução Sonora	Eficácia de cálculo		Fx	peçoas afectad	Coefficiente custo	Coefficient e dos	Critério de Acção	peçoas afectad	Coefficiente custo	Coefficient e dos	
*Alteração de Pavimento	5	15	5	1	607	0.002	35.7	0.000051	638	0.002	35.9	0.000048	1
*Limitação da velocidade de circulação	1.5	15	1.5	1	607	2.800	35.7	0.078330	638	2.663	35.9	0.074121	3
*Limitação da velocidade de veículos pesados	1.5	15	1.5	1	607	2.800	35.7	0.078330	638	2.663	35.9	0.074121	3
*Diminuição do volume de tráfego	1.5	15	1.5	3	607	2.800	35.7	0.234990	638	2.663	35.9	0.222362	5
*Diminuição do volume de tráfego de veículos pesados	1	15	1	1	607	4.200	35.7	0.117495	638	3.995	35.9	0.111181	4
*Renovação dos transportes públicos	1	15	1	1	607	123.524	35.7	3.455733	638	117.499	35.9	3.270028	6
*Reforço dos Vãos Envidraçados Exteriores	6.5	15	6.5	2	607	0.101	35.7	0.005671	638	0.096	35.9	0.005366	2

Quadro 19 – Quadro Síntese – Zona de Conflitos Campo Alegre

	Eficácia da medida db(A)			Factor de Exequibilidade	Exposição Alden (dia)				Exposição Aln (noite)				Ordem de Actuação
	Eficácia potencial	Redução Sonora	Eficácia de cálculo		Fx	peçoas afectad	Coefficiente custo	Coefficient e dos	Critério de Acção	peçoas afectad	Coefficiente custo	Coefficient e dos	
*Alteração de Pavimento	5	15	5	1	624	0.002	35.4	0.000050	695	0.002	36.0	0.000044	1
*Limitação da velocidade de circulação	1.5	15	1.5	1	624	2.723	35.4	0.076998	695	2.445	36.0	0.067979	3
*Limitação da velocidade de veículos pesados	1.5	15	1.5	1	624	2.723	35.4	0.076998	695	2.445	36.0	0.067979	3
*Diminuição do volume de tráfego	1.5	15	1.5	3	624	2.723	35.4	0.230994	695	2.445	36.0	0.203938	5
*Diminuição do volume de tráfego de veículos pesados	1	15	1	1	624	4.084	35.4	0.115497	695	3.667	36.0	0.101969	4
*Renovação dos transportes públicos	1	15	1	1	624	120.132	35.4	3.396971	695	107.854	36.0	2.999095	6
*Reforço dos Vãos Envidraçados Exteriores	6.5	15	6.5	2	624	0.099	35.4	0.005575	695	0.088	36.0	0.004922	2

Quadro 20 – Quadro Síntese – Zona de Conflitos Avenida da Boavista

	Eficácia da medida db(A)			Factor de Exequibilidade	Exposição Alden (dia)				Exposição Aln (noite)				Ordem de Actuação
	Eficácia potencial	Redução Sonora	Eficácia de cálculo		Fx	peçoas afectad	Coefficiente custo	Coefficient e dos	Critério de Acção	peçoas afectad	Coefficiente custo	Coefficient e dos	
*Alteração de Pavimento	5	15	5	1	491	0.002	34.6	0.000065	693	0.002	36.9	0.000043	1
*Túnel	15	15	15	3	491	8.823	34.6	0.765525	693	6.252	36.9	0.508534	6
*Limitação da velocidade de circulação	1.5	15	1.5	1	491	3.461	34.6	0.100107	693	2.453	36.9	0.066501	3
*Limitação da velocidade de veículos pesados	1.5	15	1.5	1	491	3.461	34.6	0.100107	693	2.453	36.9	0.066501	3
*Diminuição do volume de tráfego	1.5	15	1.5	3	491	3.461	34.6	0.300321	693	2.453	36.9	0.199502	5
*Diminuição do volume de tráfego de veículos pesados	1	15	1	1	491	5.192	34.6	0.150161	693	3.679	36.9	0.099751	4
*Renovação dos transportes públicos	1	15	1	1	491	152.708	34.6	4.416488	693	108.208	36.9	2.933849	7
*Reforço dos Vãos Envidraçados Exteriores	6.5	15	6.5	2	491	0.125	34.6	0.007248	693	0.089	36.9	0.004815	2

Quadro 21 – Quadro Síntese – Zona de Conflitos S.João

	Eficácia da medida db(A)				Factor de Exequibilidade	Exposição Δ Iden (dia)				Exposição Δ In (noite)				Ordem de Actuação
	Eficácia potencia	Redução Sonora	Eficácia de cálculo	Fx		peçoas afectad	Coefficiente custo	Coefficient e dosi	Crítério de Acção	peçoas afectad	Coefficiente custo	Coefficient e dosi	Crítério de Acção	
*Alteração de Pavimento	5	15	5	1	127	0.009	33.8	0.000257	132	0.008	34.8	0.000239	1	
*Limitação da velocidade de circulação	1.5	15	1.5	1	127	13.418	33.8	0.397358	132	12.854	34.8	0.369497	3	
*Limitação da velocidade de veículos pesados	1.5	15	1.5	1	127	13.418	33.8	0.397358	132	12.854	34.8	0.369497	3	
*Diminuição do volume de tráfego	1.5	15	1.5	3	127	13.418	33.8	1.192075	132	12.854	34.8	1.108492	5	
*Diminuição do volume de tráfego de veículos pesados	1	15	1	1	127	20.127	33.8	0.596037	132	19.281	34.8	0.554246	4	
*Renovação dos transportes públicos	1	15	1	1	127	591.956	33.8	17.530509	132	567.092	34.8	16.301355	6	
*Reforço dos Vãos Envidraçados Exteriores	6.5	15	6.5	2	127	0.486	33.8	0.028768	132	0.465	34.8	0.026751	2	

Quadro 22 – Quadro Síntese – Zona de Conflitos Avenida Fernão de Magalhães

	Eficácia da medida db(A)				Factor de Exequibilidade	Exposição Δ Iden (dia)				Exposição Δ In (noite)				Ordem de Actuação
	Eficácia potencia	Redução Sonora	Eficácia de cálculo	Fx		peçoas afectad	Coefficiente custo	Coefficient e dosi	Crítério de Acção	peçoas afectad	Coefficiente custo	Coefficient e dosi	Crítério de Acção	
*Alteração de Pavimento	5	15	5	1	610	0.002	34.4	0.000052	654	0.002	35.4	0.000048	1	
*Limitação da velocidade de circulação	1.5	15	1.5	1	610	2.788	34.4	0.081101	654	2.600	35.4	0.073553	3	
*Limitação da velocidade de veículos pesados	1.5	15	1.5	1	610	2.788	34.4	0.081101	654	2.600	35.4	0.073553	3	
*Diminuição do volume de tráfego	1.5	15	1.5	3	610	2.788	34.4	0.243304	654	2.600	35.4	0.220660	5	
*Diminuição do volume de tráfego de veículos pesados	1	15	1	1	610	4.181	34.4	0.121652	654	3.900	35.4	0.110330	4	
*Renovação dos transportes públicos	1	15	1	1	610	122.983	34.4	3.577999	654	114.718	35.4	3.245004	6	
*Reforço dos Vãos Envidraçados Exteriores	6.5	15	6.5	2	610	0.101	34.4	0.005872	654	0.094	35.4	0.005325	2	

Quadro 23 – Quadro Síntese – Zona de Conflitos Avenida Industrial do Porto (AIP)

	Eficácia da medida db(A)				Factor de Exequibilidade	Exposição Δ Iden (dia)				Exposição Δ In (noite)				Ordem de Actuação
	Eficácia potencia	Redução Sonora	Eficácia de cálculo	Fx		peçoas afectad	Coefficiente custo	Coefficient e dosi	Crítério de Acção	peçoas afectad	Coefficiente custo	Coefficient e dosi	Crítério de Acção	
*Alteração de Pavimento	5	15	5	2	200	0.006	33.2	0.000332	243	0.005	36.6	0.000248	1	
*Limitação da velocidade de circulação	1.5	15	1.5	1	200	8.510	33.2	0.256198	243	7.003	36.6	0.191297	4	
*Limitação da velocidade de veículos pesados	1.5	15	1.5	1	200	8.510	33.2	0.256198	243	7.003	36.6	0.191297	4	
*Diminuição do volume de tráfego	1.5	15	1.5	3	200	8.510	33.2	0.768593	243	7.003	36.6	0.573891	6	
*Diminuição do volume de tráfego de veículos pesados	1	15	1	1	200	12.765	33.2	0.384296	243	10.504	36.6	0.286945	5	
*Barreiras Acústicas	3	15	3	2	200	0.334	33.2	0.020094	243	0.275	36.6	0.015004	3	
*Reforço dos Vãos Envidraçados Exteriores	6.5	15	6.5	1	200	0.308	33.2	0.009274	243	0.253	36.6	0.006925	2	

8.4.2. ACTUAÇÃO INTERZONAL.

Quadro 24 – Quadro Síntese Critério InterZonal

	Exposição Δ In (noite)	Ordem de Actuação
	Crítério InterZonal	Prioridade
*Diogo Botelho	0.145211	4
*Marginal Foz do Douro	0.153655	6
*Campo Alegre	0.140925	3
*Avenida da Boavista	0.137859	2
*S. João	0.765985	7
*Avenida Fernão de Magalhães	0.152480	5
*Avenida Industrial do Porto	0.022176	1

9

CONCLUSÕES

9.1. CONCLUSÕES

Como instrumentos de combate ao Ruído Urbano, os Planos Municipais de Redução de Ruído revestem-se de especial importância no que diz respeito à melhoria e bem-estar dos residentes afectados por esta problemática.

Para uma mais correcta aferição do real problema da poluição sonora na Cidade do Porto, deveria ser realizado um conjunto de inquéritos públicos, onde a população transmitisse a sua opinião sobre este tema, bem como a promoção de acções de sensibilização subordinada ao tema do Ruído Urbano.

Deste modo, e em simultâneo com uma campanha de monitorização nos pontos considerados problemáticos, seria possível uma melhor fotografia do cenário real e actual das questões em causa.

Tendo-se em linha todas estas condicionantes, foram propostos como objectivos para este trabalho os seguintes pontos:

- Detecção de Zonas de Conflitos na Cidade do Porto
- Proposta de Critérios de Priorização
- Hierarquização de medidas aplicáveis em cada Zona de Conflitos
- Priorização de Actuação entre as diferentes Zonas de Conflitos

A partir do Mapa de Ruído da Cidade do Porto foi possível a elaboração de um Mapa de Conflitos, o que permitiu a detecção e caracterização, através de Fichas individualizadas de Identificação de Zona, dos pontos quentes da cidade, sobre os quais iriam incidir as Medidas de Redução Sonora.

Foram propostos Critérios de Priorização para intervenções ao nível dos Planos Municipais de Redução de Ruído que possibilitassem a sua aplicação, quer ao nível de cada Zona de Conflitos, quer do ponto de vista de prioridade de acção entre as diferentes Zonas.

Este tipo de abordagem na escolha das acções seleccionadas apresenta potencial do ponto de vista de implementação de medidas concretas e mensuráveis, permitindo a sistematização no processo de escolha das soluções mais adequadas a cada situação em análise.

Como inovador que é, é refém de falhas, em especial na estimativa de eficácias e custos associados a cada intervenção, que sem dados concretos e precisos, inquina e deturpa a análise realizada.

Um outro ponto fraco prende-se com a existência de receptores sensíveis a proteger, sendo disso exemplo a Zona de S.João, que apesar da existência de Unidades de Saúde, onde se exige silêncio e repouso, não é ponderado pela análise apresentada.

9.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Como desenvolvimentos futuros propõe-se a inserção neste tipo de metodologia de análise a ponderação dos receptores sensíveis, visto estes se revestirem de primordial importância na preservação da tranquilidade e repouso.

As correlações entre os diversos Critérios apresentados poderão ser alvo de desenvolvimentos, na tentativa de perceber a influência de cada um deles nas expressões propostas, e qual o contributo individual, em termos de peso relativo, para a obtenção do resultado final.

Propõe-se ainda a aplicação deste tipo de Critérios em zonas de estudo mais heterogéneas, quer em termos de geometria de traçado, quer em termos de fontes sonoras existentes.

10

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] *Decreto-Lei n.º 292/1989 de 2 de Setembro*. - Diário da República. 1989.
- [2] *Decreto-Lei n.º 292/2000 de 14 de Novembro*. - Diário da República – I Série A N.º 263. 2000.
- [3] *Decreto-Lei n.º 259/2002 de 14 de Setembro*. - Diário da República – I Série-A N.º 271. 2002.
- [4] *Decreto-Lei n.º 9/2007 de 17 de Janeiro*. - Diário da República – I Série-A N.º 12. 2007
- [5] Brüel&Kjær, Environmental Noise, Janeiro de 2001
- [6] Carvalho, A., Acústica Ambiental e de Edifícios, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2009
- [7] Pedersen, E., Waye, K. P. Perception and annoyance of wind turbine noise in a flat landscape. The 2002 International Congress and Exposition on Noise Control Engineering, 19 a 31 de Agosto, 2002, Dearborn, MI, Estados Unidos da América
- [8] Silva, L., Gestão Ambiental Urbana, 2009
- [9] Instituto do Ambiente – Directrizes para Elaboração de Mapas de Ruído. Instituto do Ambiente, 2007.
- [10] Carvalho, António Pedro Oliveira de, Rocha, Cecília – Manual Técnico para Elaboração de Planos Municipais de Redução de Ruído. Agência Portuguesa do Ambiente, 2008.
- [11] CALM Network 2002,p. 17
- [12] European communities, 2002, p.6
- [13] SMILE, n.d., p.10
- [14] Directiva 2002/49/EC, artigo 3
- [15] <http://www.conferenciamobilidade.imtt.pt/civitas.php> [acedido em 2010 Maio 15]