

MEMÓRIA DESCRITIVA E MAPA ESTRATÉGICO DE RUÍDO BÁSICO E DETALHADO

A3 SUBLANÇOS PORTO/ÁGUAS SANTAS/MAIA/SANTO TIRSO/FAMALICÃO/CRUZ/BRAGA



Elaborado
Fernanda Rodrigues

Validado
Teresa Canelas

Aprovado
Paulo Cabral

ÍNDICE

1.	DEFINIÇÕES	4
2.	INTRODUÇÃO	10
3.	OBJECTIVOS.....	12
4.	METODOLOGIA	13
4.1	Indicadores de Ruído	15
4.2	Métodos de Cálculo	16
4.3	Informação de Base.....	17
4.4	Opções de Cálculo	19
4.5	Validação de Longa Duração	20
4.6	Recursos Utilizados	28
5.	CÁLCULO DA POPULAÇÃO EXPOSTA A PARTIR DOS MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUÍDO	30
5.1	Aglomerações	32
5.2	Grande Infra-Estrutura de Transporte	35
6.	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	39
6.1	Apresentação Gráfica dos Resultados.....	39
6.2	Dados Relativos aos Mapas Estratégicos de Ruído	40
6.2.1	Dados de Superfície.....	40
6.2.2	Níveis de Exposição ao Ruído de Lden.....	42
6.2.3	Níveis de Exposição ao Ruído de Ln	44
7.	CONCLUSÕES	46
8.	DOCUMENTAÇÃO DE REFERÊNCIA.....	48
9.	MAPAS RESULTADOS OBTIDOS.....	49
9.1	Mapas Estratégicos de Ruído Básicos	49
9.1.1	Mapa com dados de superfícies totais (km ²)	49
9.1.2	Mapa de níveis sonoros de Lden em dB (A)	61
9.1.3	Mapa de níveis sonoros de Ln em dB (A).....	89
9.1.4	Mapa de exposição ao ruído de Lden em dB (A)	118
9.1.5	Mapa de exposição ao ruído de Ln em dB (A).....	143
9.2	Mapas Estratégicos de Ruído detalhado.....	168
9.2.1	Mapa com dados de superfícies totais (km ²)	168
9.2.2	Mapa de níveis sonoros de Lden em dB (A)	176
9.2.3	Mapa de níveis sonoros de Ln em dB (A).....	192
9.2.4	Mapa de exposição ao ruído de Lden em dB (A)	208
9.2.5	Mapa de exposição ao ruído de Ln em dB (A).....	224
9.3	Esboços Corográficos.....	240
10.	CD	
	a) Dados INE	
	b) Certificados / Boletins de Calibração	

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Tabela de comparação L_{den}	21
Tabela 2: Tabela de comparação L_n	21
Quadro 1: Resumo das configurações de cálculo utilizado	29
Tabela 3: Dados populacionais sobre as freguesias circundantes à A3	33
Tabela 3 (Continuação): Dados populacionais sobre as freguesias circundantes à A3.....	34
Tabela 4: Colocação das barreiras acústicas no sentido Porto \Rightarrow Braga	36
Tabela 5: Colocação das barreiras acústicas no sentido Braga \Rightarrow Porto	37
Tabela 6: Dados de tráfego da A3	38
Tabela 7: Relação de cores para as classes de níveis sonoros, segundo documento da APA.....	39
Tabela 8: Valor limites de exposição ao ruído ambiente exterior	39
Tabela 9: Dados de superfícies de valores de L_{den} , em centenas.	40
Tabela 10: Dados de superfícies de L_{den} , em centenas.	41
Tabela 11: Níveis de exposição ao ruído, L_{den} nas fachadas dos edifícios, em centenas	42
Tabela 12: Níveis de exposição ao ruído, L_{den} nas fachadas dos edifícios	42
Tabela 13: Níveis de exposição ao ruído, $L_{den,r}$ nas fachadas dos edifícios (Número de habitações por concelho, em centenas).....	43
Tabela 14: Níveis de exposição ao ruído, $L_{den,r}$ nas fachadas dos edifícios (Número de pessoas por concelho, em centenas).....	43
Tabela 15: Níveis de exposição ao ruído, L_n nas fachadas dos edifícios, em centenas.....	44
Tabela 16: Níveis de exposição ao ruído, L_n nas fachadas dos edifícios	44
Tabela 17: Níveis de exposição ao ruído, $L_{n,r}$ nas fachadas dos edifícios (Número de habitações por concelho, em centenas).....	45
Tabela 18: Níveis de exposição ao ruído, $L_{n,r}$ nas fachadas dos edifícios (Número de pessoas por concelho, em centenas).....	45

ÍNDICE DE FIGURAS E MAPAS

Figura 1: a) Municípios do distrito do Porto; b) Municípios do distrito de Braga.....	30
Mapa 1: Mapa da A3 com limites de Concelhos	31
Figura 2: Troço em análise.....	32
Figura 3: Classificação zonal extraída da carta de condicionantes do município do Porto	46

1. DEFINIÇÕES

Os termos utilizados genericamente no contexto das memórias descritivas e da legislação sobre ruído estão apresentados em baixo.

A

Absorção sonora – fenómeno físico que traduz a atenuação parcial da energia de uma onda sonora por um elemento;

Actividade ruidosa permanente – a actividade desenvolvida com carácter permanente, ainda que sazonal, que produza ruído nocivo ou incomodativo para quem habite ou permaneça em locais onde se fazem sentir os efeitos dessa fonte de ruído, designadamente laboração de estabelecimentos industriais, comerciais e de serviços;

Actividade ruidosa temporária – a actividade que, não constituindo um acto isolado, tenha carácter não permanente e que produza ruído nocivo ou incomodativo para quem habite ou permaneça em locais onde se fazem sentir os efeitos dessa fonte de ruído tais como obras de construção civil, competições desportivas, espectáculos, festas ou outros divertimentos, feiras e mercados;

Acústica – ciência que analisa a produção, o controlo, a transmissão e a recepção do som bem como os efeitos do ruído no fenómeno da audição;

Aglomeracão – Um município com uma população residente superior a 100 000 habitantes e uma densidade populacional igual ou superior a 2500 habitantes por quilómetro quadrado (conforme DL 146/2006);

AIA – avaliação de impacte ambiental;

APA – Agência Portuguesa do Ambiente;

Asfalto – o asfalto ou betão betuminoso é um revestimento rodoviário constituído por uma mistura de inertes de diferente granulometria e ligante;

Avaliação – a quantificação de um indicador de ruído ou dos efeitos prejudiciais a ele associados;

Avaliação acústica – a verificação da conformidade de situações específicas de ruído com os limites fixados;

B

BBDr – betão betuminoso drenante;

BMB – betão modificado de borracha;

C

CCZ – carta de classificação de zonas;

Comprimento de onda – o comprimento de onda λ corresponde à distância que separa dois pontos com níveis de pressão sonora máxima sucessivos, sendo a sua unidade de medida o metro (m). O comprimento de onda e a frequência relacionam-se de acordo com a expressão $f=\varphi C$, em que “c” é a celeridade ou velocidade de propagação do som ($c \approx 340\text{m/s}$);

D

Difracção sonora – fenómeno físico que traduz o fraccionamento de uma onda sonora por um obstáculo. Este fenómeno existe sempre que o comprimento da onda sonora é da mesma ordem de grandeza do obstáculo que encontra;

DRA – Directiva Ruído Ambiente;

E

Efeitos prejudiciais – os efeitos nocivos para a saúde e bem-estar humanos;

F

Fonte de ruído – a acção, actividade permanente ou temporária, equipamento, estrutura ou infra-estrutura que produza ruído nocivo ou incomodativo para quem habite ou permaneça em locais onde se faça sentir o seu efeito;

Fonte de ruído pontual – quando a dimensão da fonte sonora em relação ao seu receptor, localizado a uma distância d , se pode assemelhar a um ponto, esta denomina-se fonte pontual. Quando uma fonte desta natureza se localiza próximo do solo, a energia emitida propaga-se segundo um semi-hemisfério e o nível de pressão sonora L_p diminuirá cerca de 6dB sempre que a distância à fonte duplica (esta atenuação indicada só contabiliza a influência da divergência geométrica da distância e ou outros factores que também estão envolvidos na atenuação sonora não são levados em consideração);

Fonte de ruído linear – quando a origem do som se assemelha a uma linha, por exemplo, o tráfego rodoviário resulta da junção de múltiplas fontes pontuais que emitem ruído num período simultâneo. O resultado da reunião de todas estas fontes pontuais ao longo de uma estrada pode-se assemelhar a uma *Fonte Linear*. Neste caso, a energia acústica propaga-se segundo um semi-tronco cilíndrico e o nível de pressão sonora L_p diminuirá 3dB quando a distância à fonte duplica (esta atenuação indicada só contabiliza a influência da divergência geométrica da distância e ou outros factores que também estão envolvidos na atenuação sonora não são levados em consideração);

Frequência – é uma grandeza que caracteriza a cadência de oscilações das partículas do ar. Quanto mais rapidamente vibram, mais elevada será a frequência correspondente. A unidade de medida é o hertz (Hz) que representa o número de vibrações por segundo (ciclos/s).

G

Grande infra-estrutura de transporte rodoviário (GIT) – o troço ou conjunto de troços de uma estrada municipal, regional, nacional ou internacional, identificados por um município ou pela EP – Estradas de Portugal, E.P.E., onde se verifiquem mais de três milhões de passagens de veículos por ano;

I

Indicador de ruído – parâmetro físico-matemático para a descrição do ruído ambiente que tenha uma possível relação com um efeito prejudicial;

INE – Instituto Nacional de Estatística;

Infra-estrutura de transporte – a instalação e meios destinados ao funcionamento de transporte aéreo, ferroviário ou rodoviário;

Intervalo de tempo de longa duração – intervalo de tempo especificado para o qual os resultados das medições são representativos. O intervalo de tempo de longa duração consiste em uma série de intervalos de tempo de referência, e é determinado com o fim de descrever o ruído ambiente, sendo, geralmente, fixado pelas autoridades responsáveis;

Intervalo de tempo de medição – intervalo de tempo ao longo do qual se integra e determina a média quadrática da pressão sonora (em geral, ponderada A);

Intervalo de tempo de referência – intervalo de tempo a que se pode referir o nível sonoro contínuo equivalente ponderado A. Pode ser especificado nas normas internacionais ou nacionais ou pelas autoridades locais para abranger as actividades humanas típicas e as variações dos modos de funcionamento das fontes sonoras;

L

LBC – betão clássico leve;

M

Mapa de ruído (MR) – descritor de ruído ambiente exterior, expresso pelos indicadores L_{den} e L_n , 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);

Mapa de ruído parcial – descritor do ruído ambiente exterior correspondente a uma determinada área parcial do total do território dum município, expresso pelos indicadores L_{den} e L_n , 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);

Mapa de ruído sectorial – descritor do ruído ambiente exterior para um determinado sector de actividade e/ou entidade, expresso pelos indicadores L_{den} e L_n , 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);

Mapa estratégico de ruído – mapa para fins de avaliação global da exposição ao ruído ambiente exterior, em determinada zona, devido a várias fontes de ruído, ou para fins de estabelecimento de previsões globais para essa zona (conforma DL n.º146/2006);

MBGD – mistura betuminosa de granulometria descontínua;

MBBR – microbetão betuminoso rugoso, é uma mistura betuminosa de granulometria descontínua, composta por um esqueleto em agregados grossos britados, ligados com uma argamassa betuminosa. É geralmente formulada com aditivos e/ou ligantes modificados, para permitir um aumento do teor em ligante e reduzir a segregação entre os grossos e a argamassa;

P

PA – plano de acção;

PDM – plano director municipal;

Período de referência – o intervalo de tempo a que se refere um indicador de ruído, de modo a abranger as actividades humanas típicas, delimitado nos seguintes termos (conforme DL 9/2007):

- Período diurno – das 7 às 20 horas;
- Período do entardecer – das 20 às 23 horas;
- Período nocturno – das 23 às 7 horas;

Planeamento acústico – o controlo do ruído futuro, através da adopção de medidas programadas, tais como o ordenamento do território, a engenharia de sistemas para a gestão do tráfego, o planeamento da circulação e a redução do ruído por medidas adequadas de isolamento sonoro e de controlo do ruído na fonte;

Plano de acção – documento planificador destinado a gerir o ruído no sentido de minimizar os problemas resultantes, nomeadamente pela redução do ruído;

PMMR – plano municipal de redução de ruído;

PP – plano de pormenor;

R

Receptor – pessoa ou grupo de pessoas que estão (ou que se prevê venham a estar) expostas ao ruído ambiente;

Receptor sensível – o edifício habitacional, escolar, hospitalar ou similar ou espaço de lazer, com utilização humana;

Revestimento de pavimentos – camada superficial da estrutura de um pavimento de uma via rodoviária que pode apresentar diversas texturas;

RGR – Regulamento Geral de Ruído (DL 9/2007 de 17 de Janeiro);

RMR – Regulamento Municipal de Ruído;

RRAE – Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios;

RsAA – Regulamento sobre o Ambiente Acústico;

Rugosidade de pavimentos – irregularidades produzidas pelas dimensões, forma e angularidade de um agregado;

Ruído – sons desagradáveis, não desejados ou sem conteúdo informativo para o ouvinte, classificados de uma forma qualitativa;

Ruído ambiente – o ruído global observado numa dada circunstância num determinado instante, devido ao conjunto das fontes sonoras que fazem parte da vizinhança próxima ou longínqua do local considerado;

Ruído de vizinhança – o ruído associado ao uso habitacional e às actividades que lhe são inerentes, produzido directamente por alguém ou por intermédio de outrem, por coisa à sua guarda ou animal colocado sob a sua responsabilidade, que, pela sua duração, repetição ou intensidade, seja susceptível de afectar a saúde pública ou a tranquilidade da vizinhança;

Ruído particular – componente do ruído ambiente que pode ser especificamente identificada por meios acústicos e atribuída a uma determinada fonte sonora;

Ruído residual – o ruído ambiente a que se suprimem um ou mais ruídos particulares, para uma situação determinada;

Z

Zona mista – a área definida em plano municipal de ordenamento de território, cuja ocupação seja afecta a outros usos, existentes ou previstos, para além dos referidos na definição de zona sensível;

Zona sensível - a área definida em plano municipal de ordenamento de território como vocacionada para uso habitacional, ou para escolas, hospitais ou similares, ou espaços de lazer, existentes ou previstos, podendo conter pequenas unidades de comércio e de serviços destinadas a servir a população local, tais como cafés e outros estabelecimentos de restauração, papelarias e outros estabelecimentos de comercio tradicional, sem funcionamento nocturno;

Zona tranquila de uma aglomeração – uma zona delimitada pela câmara municipal, no âmbito dos estudos e propostas sobre ruído que acompanham os planos municipais de ordenamento do território, que está exposta a um valor de L_{den} igual ou inferior a 55dB (A) e de L_n igual ou inferior a 45dB (A), como resultado de todas as fontes de ruído existentes;

Zona urbana consolidada – a zona sensível ou mista com ocupação estável em termos de edificação.

2. INTRODUÇÃO

Em 1996 a Comissão Europeia (EC) publicou um documento intitulado “ **Livro Branco sobre a Futura Política do Ruído**”. Nesse documento refere-se que cerca de 20% da população europeia (80 milhões de pessoas) está sujeita a níveis de ruído ambiental que os cientistas e os peritos em saúde consideram totalmente inaceitáveis, e que mais de 170 milhões de pessoas vivem nas “zonas cinzentas” onde os níveis de ruído são tais que provocam perturbações sérias durante o dia de trabalho. Estudos recentes revelam que morrem na Europa cerca de 50 mil pessoas por ano cuja causa de morte está relacionada com a exposição a níveis de ruído excessivos.

Embora estas considerações tenham sido questionadas por alguns peritos, aceitou-se, na generalidade, que na Europa o ruído é um dos principais problemas a nível ambiental e que os dados existentes sobre a exposição ao ruído são manifestamente insuficientes.

A directiva comunitária EC sobre ruído ambiental¹ obriga todos os estados membros da União Europeia, a determinar e a elaborar mapas da exposição ao ruído de todas as aglomerações habitacionais significativas (isto é, cidades com mais de 100 mil habitantes), tendo em conta os grandes eixos rodoviários e ferroviários e os grandes aeroportos, apresentando os dados sob a forma de **mapas de ruído estratégicos**.

Assim, a comissão sugere que a elaboração de mapas de ruído, eventualmente baseados em técnicas e procedimentos harmonizados², tem potencial para ser um meio efectivo e pouco dispendioso para o conhecimento dos dados relativos ao ruído e para a apresentação de resultados aos políticos e ao público em geral.

O mapa de ruído é uma representação geográfica de um indicador de ruído, reportando-se a uma situação, existente ou prevista, para uma determinada área. Esse indicador, de acordo com o novo **Regime Geral do Ruído**, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 9/2007, é a exposição ao ruído no exterior. Os mapas de ruído são ferramentas estratégicas de análise e planeamento, que permitem visualizar as características dos espaços, em termos de requisitos de qualidade do ambiente acústico. A elaboração de mapas de ruído proporciona o enquadramento das medidas de controlo de ruído nos planos municipais de ordenamento do território, e facilita a divulgação e o acesso do público a informações relevantes.

¹ Directiva 2002/49/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 25 de Junho de 2002 relativa à gestão do ruído ambiental, transposta para a legislação nacional pelo Decreto-Lei 146/2006.

² Projecto Harmonoise da CE.



LABORATÓRIO DE METROLOGIA E ENSAIOS

SUBLANÇOS:

PORTO/ÁGUAS SANTAS/MAIA/SANTO TIRSO/FAMALICÃO/CRUZ/BRAGA

Pág. 11 de 249

O ordenamento do território é a medida de prevenção do ruído por excelência, numa óptica de sustentabilidade. Só uma criteriosa localização das fontes sonoras e dos receptores sensíveis ao ruído, permite harmonizar a utilização dos espaços, evitando desse modo usos conflituosos do solo. Controlar o ruído para proteger receptores sensíveis, em coexistência com as fontes sonoras, tem sido o desafio, nem sempre conseguido, das políticas tradicionais de redução do ruído ambiente.

3. OBJECTIVOS

Os objectivos do presente projecto são:

- Efectuar um diagnóstico geral dos níveis de ruído ambiental, proveniente da principal infraestrutura de transporte na região em análise, a auto-estrada A3.
- Avaliar a distribuição dos níveis sonoros no espaço e no tempo, analisando as variações dessa fonte relativamente a cada período de referência (diurno, entardecer e nocturno).
- Verificação da conformidade do ambiente acústico com as exigências regulamentares aplicáveis, nos locais com ocupação humana sensível.
- Fornecer uma base de trabalho para desenvolver medidas de redução do ruído gerado pela A3.
- Identificar de uma forma expedita, através de mapas de conflitos, zonas onde os valores limites estejam a ser ultrapassados.
- Quantificar a área exposta a valores específicos de um dado indicador de ruído.
- Quantificar um número estimado de habitações, escolas e hospitais, expostas a valores específicos, de um dado indicador de ruído.
- Quantificar o número estimado de pessoas expostas ao ruído.

4. METODOLOGIA

Para a elaboração do mapa de ruído foi utilizado o software de previsão de níveis sonoros "IMMI", concebido para a modelação da emissão e da propagação do ruído acústico no exterior.

Este programa segue os métodos de cálculo indicados pela directiva comunitária 2002/049/CE (transposta pelo Decreto-Lei 146/2006), para cada tipo de fonte sonora. Este software permite também obter os níveis sonoros, expressos em termos do indicador $L_{Aeq,LT}$, para cada período de referência. Estes indicadores, podem ser convertidos para o L_d , L_e , L_n e L_{den} .

Para cada um dos sublanços da grande infra-estrutura de transporte sob análise (A3), foi desenvolvido um processo independente, que incluiu as fases que se referem seguidamente:

- Localização de Zonas com Usos Sensíveis

Desta fase fez parte a identificação de aglomerações, nomeadamente de uso residencial, escolas e hospitais, bem como a identificação de outras zonas que devam ser alvo da elaboração de um mapa de ruído mais detalhado, à escala de 1:5 000, bem como das zonas onde será necessário avaliar numa faixa superior aos 350m da cartografia fornecida pela Brisa.

Ao longo da GIT existem alguns equipamentos e receptores sensíveis. No entanto devido à malha urbana existente apenas será necessário o cálculo do mapa detalhado à escala de 1:5 000, nos troços Porto / Águas Santas / Maia. Atendendo aos níveis sonoros encontrados, não será necessária uma avaliação numa faixa superior aos 350m da cartografia fornecida pela Brisa.

▪ Caracterização da Área de Estudo. Recolha de Dados de Zonamento

Esta fase consiste em:

- 1 Levantamento de todos os dados para classificação zonal, nomeadamente a selecção dos pontos de validação do modelo onde foram efectuadas as campanhas de medição semi-permanente. Os pontos foram escolhidos de forma a não sofrerem a influência de outras fontes de ruído;
- 2 Identificação junto das Câmaras Municipais, do uso do solo identificados no PDM;
- 3 Levantamento de dados populacionais e meteorológicos, quando existem dados representativos, sem prejuízo da utilização dos valores recomendados e mencionados no caderno de encargos.

Os dados necessários à elaboração do mapa de ruído foram assim, sistematizados nos seguintes parâmetros:

- Indicadores de ruído;
- Métodos de cálculo;
- Informação de base;
- Opções de cálculo;
- Validação de longa duração;
- Recursos utilizados;

4.1 INDICADORES DE RUÍDO

Os mapas elaborados estão separados para cada um dos períodos de referência, usando os indicadores de longa duração L_{den} e L_n . Todos os indicadores foram calculados para uma altura de 4 metros acima do solo, conforme previsto no Decreto-Lei 146/2006.

- L_{den} : Indicador de ruído diurno-entardecer-nocturno, é expresso em dB (A). Está associado ao incómodo global.
- L_n : Indicador de ruído nocturno, ou seja, o nível sonoro médio de longa duração, determinado durante uma série de períodos nocturnos, representativo de um ano. Está associado ao incómodo durante o período nocturno, é expresso em dB (A).

4.2 MÉTODOS DE CÁLCULO

O modelo de cálculo utilizado foi o da norma Francesa XPS 31-133:2001 "Acoustique. Bruit des infrastructures de transports terrestres. Calcul de l'atténuation du son lors de sa propagation en milieu extérieur, incluant les effets météorologiques", e posteriormente ajustados para que o modelo de previsão se aproxime das medições efectuadas no terreno.

Essa norma especifica o método de cálculo da propagação sonora do ruído proveniente de infraestrutura de transporte rodoviário, conhecendo-se as características da fonte. Este método permite determinar o nível de pressão sonora num determinado receptor, para condições meteorológicas particulares.

O método decompõe-se nas seguintes etapas:

- decomposição das fontes sonoras em fontes pontuais;
- determinação do nível de potência sonora em bandas de oitava de cada fonte sonora pontual;
- procura de trajectos de propagação sonora (directos, reflectidos e difractados) entre cada fonte e o receptor;
- em cada trajecto de propagação, cálculo em bandas de oitava da atenuação em condições favoráveis, da atenuação em condições homogéneas, e cálculo do nível de potência sonora de longa duração, tendo em conta a probabilidade de ocorrência das condições favoráveis à propagação sonora.

O nível de potência sonora de longa duração é obtido tendo em conta a atenuação devida à divergência geométrica, à absorção atmosférica e à atenuação do solo em condições favoráveis, bem como à difracção do som.

A adopção dos valores por defeito da probabilidade de ocorrência das condições favoráveis à propagação conduz a valores majorados de pressão sonora no receptor. No entanto, tendo em conta que o objectivo de tal assunção é o da protecção da população, é recomendada a sua utilização.

4.3 INFORMAÇÃO DE BASE

A cartografia base para a criação do modelo digital, altimetria do terreno (curvas de nível, pontos cotados), localização e altura dos edifícios, as fontes de ruído (infra-estruturas de transporte e fontes fixas) e os obstáculos permanentes à propagação de ruído (muros, taludes e barreiras), foram fornecidos pela Brisa.

A definição da área de estudo foi feita em conjunto com a Brisa, tendo em conta também os resultados dos mapas preliminares. Os dados necessários à realização do projecto foram obtidos junto de entidades públicas e privadas, tais como, a Brisa, o Instituto Nacional de Estatística, o Instituto de Meteorologia e as Câmaras Municipais.

A caracterização das fontes sonoras divide-se em caracterização física e caracterização quantitativa.

Na caracterização física das fontes sonoras, temos como principais variáveis o número de faixas de rodagem e a respectiva largura, o declive da via, a dimensão das bermas e do separador central e o tipo de piso.

Na caracterização quantitativa das fontes sonoras (dados de emissão), são de salientar o número de veículos por hora, tanto ligeiros como pesados, para cada período de referência (diurno, entardecer e nocturno), a velocidade média dos veículos e o seu modo de circulação (fluido, acelerado ou desacelerado).

Os dados utilizados foram obtidos através de consulta à Brisa, e são relativos ao tráfego médio diário de 2007. Nos sublanços onde existe cobrança de portagens, os dados de tráfego são obtidos através de registos das passagens nas portagens. Nos restantes sublanços os dados de tráfego foram obtidos por estimativa e igualmente fornecidos pela Brisa.

Para calcular os indicadores de ruído de longa duração a propagação do som ao ar livre, de acordo com a norma NP 4361-2:2001, entrou-se em linha de conta com correcções meteorológicas devido à, temperatura ambiente, humidade relativa do ar, direcção e velocidade do vento. Neste contexto, são necessários dados estatísticos relativos aos últimos 10 anos. Assim, foram considerados os valores por defeito recomendados pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA), bem como por documentos técnicos³: 15°C, 70%hr, vento favorável à propagação.

³ Harmonised Accurate and Reliable Methods for the EU Directive on the Assessment and Management Of Environmental Noise-POSITION PAPER”, Harmonise de Julho de 2003.

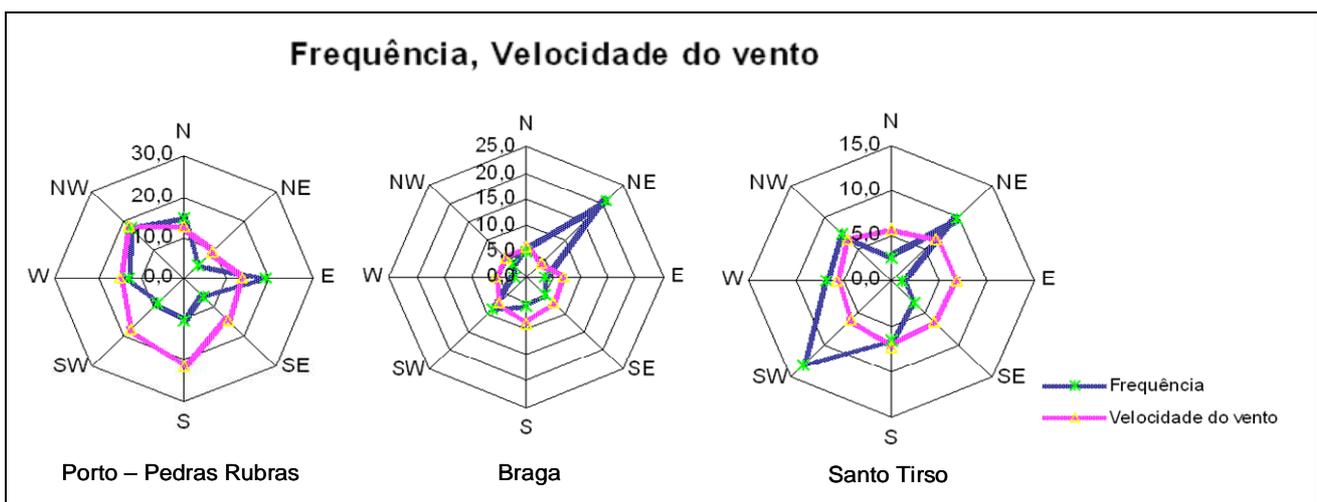
Os valores por defeito, introduzidos no modelo após comparados com os valores das normais climatológicas⁴ do Porto – Pedras Rubras, Santo Tirso e também de Braga, não introduzem alterações significativas no cálculo.

De acordo com as normais climatológicas do Porto – Pedras Rubras, a temperatura média do ar é de 14°C, sendo que nos meses de Junho a Setembro são mais quentes atingindo uma temperatura média de 18°C. Relativamente à humidade relativa, o valor médio anual é de 78%. No que respeita a velocidade do vento, predominam os ventos de Este, sendo o seu valor médio de 14km/h.

Relativamente às normais climatológicas de Santo Tirso, a temperatura média do ar é de 15°C, sendo que nos meses de Junho a Setembro são mais quentes atingindo uma temperatura média de 20°C. Relativamente à humidade relativa, o valor médio anual é de 78%. No que respeita a velocidade do vento, predominam os ventos de Sul, sendo o seu valor médio de 7km/h.

Por fim, de acordo com as normais climatológicas de Braga, a temperatura média do ar é de 14°C, sendo que nos meses de Junho a Setembro são mais quentes atingindo uma temperatura média de 19°C. Relativamente à humidade relativa, o valor médio anual é de 78%. No que respeita à velocidade do vento, predominam os ventos de Sul, sendo o seu valor médio de 4km/h.

Gráfico_1: Gráficos representativos da velocidade e frequência do vento



⁴ Normais climatológicas fonte do Instituto de Meteorologia relativas a Porto – Pedras Rubras, Santo Tirso e Braga, de 1961 a 1990

4.4 OPÇÕES DE CÁLCULO

Os mapas foram produzidos utilizando o software **IMMI**, versão 2009-2. Todos os mapas, contêm isolinhas afastadas de 5dB (A), desde as bandas mais baixas às mais altas. O código de cores utilizado é o proposto pela norma Portuguesa NP 1730-2:1996, começando em 45dB (A).

A elaboração do mapa estratégico de ruído básico, foi calculado utilizando uma escala de trabalho de 1:10 000 e uma equidistância à curva de nível de 5 metros. Para o cálculo foi considerada a 2ª ordem de reflexão para todos os edifícios e obstáculos, com uma malha de cálculo de passo regular, sendo o passo médio da grelha de 20mx20m.

A elaboração do mapa estratégico de ruído detalhado, foi calculado utilizando uma escala de trabalho de 1:5 000 e uma equidistância à curva de nível de 5 metros. Para o cálculo foi considerada a 2ª ordem de reflexão para todos os edifícios e obstáculos, com uma malha de cálculo de passo regular, sendo o passo médio da grelha de 5mx5m.

Nas zonas dos aglomerados habitacionais considerou-se que o solo era reflector, atribuindo um $G=0$. Nas restantes zonas considerou-se um valor de $G=0,86$ tendo em conta a distribuição das zonas impermeáveis e com vegetação existentes.

4.5 VALIDAÇÃO DE LONGA DURAÇÃO

Os resultados obtidos a partir do software de previsão representam médias anuais para os três períodos de referência, tal como recomendado pela directiva 2002/49/CE. Assim, a validação dos resultados, utilizando medições de longa duração junto aos eixos rodoviários principais, in situ, de pontos previamente seleccionados, foi feita, levando em consideração a incerteza introduzida para este tipo de medições, quando extrapoladas para uma média anual.

Foram feitas medições de longa duração nos três períodos de referência, junto ao eixo viário da auto-estrada em análise. Estas medições foram realizadas entre os meses de Novembro de 2009 e Fevereiro de 2010, de acordo com o método estabelecido pela norma NP 1730-2:1996.

Foram calculados os erros introduzidos pelos pressupostos assumidos. Comparando os resultados obtidos com e sem as simplificações consideradas chegou-se à conclusão que as alterações introduzidas são desprezáveis face à melhoria encontrada relativamente ao tempo de cálculo. Para um nível de confiança de 95% o erro máximo encontrado é de 2dB (A).

Tabela 1: Tabela de comparação L_{den}

Pontos de recepção	Valor Medido dB (A)	Valor Calculado dB (A)	Diferença dB (A)
Ponto 01 (41°10'25.40"N 8°35'42.74"W)	78	78	0
Ponto 02 (41°11'16.35"N 8°35'43.27"W)	71	73	2
Ponto 03 (41°13'09.39"N 8°34'28.38"W)	72	72	0
Ponto 04 (41°12'23.93"N 8°34'56.55"W)	63	63	0
Ponto 05 (41°15'31.88"N 8°34'00.84"W)	73	72	-1
Ponto 06 (41°20'47.75"N 8°30'21.77"W)	75	75	0
Ponto 07 (41°20'22.02"N 8°30'29.25"W)	74	75	1
Ponto 08 (41°17'37.43"N 8°32'30.73"W)	71	72	1
Ponto 09 (41°26'17.89"N 8°29'41.80"W)	63	65	2
Ponto 10 (41°27'3.79"N 8°29'25.35"W)	69	69	0
Ponto 11 (41°29'19.48"N 8°27'59.30"W)	69	70	1
Ponto 12 (41°29'37.01"N 8°27'52.31"W)	68	69	1

 Tabela 2: Tabela de comparação L_n

Pontos de recepção	Valor Medido dB (A)	Valor Calculado dB (A)	Diferença dB (A)
Ponto 01 (41°10'25.40"N 8°35'42.74"W)	70	69	1
Ponto 02 (41°11'16.35"N 8°35'43.27"W)	62	64	2
Ponto 03 (41°13'09.39"N 8°34'28.38"W)	64	64	0
Ponto 04 (41°12'23.93"N 8°34'56.55"W)	54	54	0
Ponto 05 (41°15'31.88"N 8°34'00.84"W)	63	64	1
Ponto 06 (41°20'47.75"N 8°30'21.77"W)	67	66	-1
Ponto 07 (41°20'22.02"N 8°30'29.25"W)	64	66	2
Ponto 08 (41°17'37.43"N 8°32'30.73"W)	61	63	2
Ponto 09 (41°26'17.89"N 8°29'41.80"W)	54	56	2
Ponto 10 (41°27'3.79"N 8°29'25.35"W)	59	60	1
Ponto 11 (41°29'19.48"N 8°27'59.30"W)	60	61	1
Ponto 12 (41°29'37.01"N 8°27'52.31"W)	59	60	1

Gráfico 2: Medição de longa duração. Ponto 1

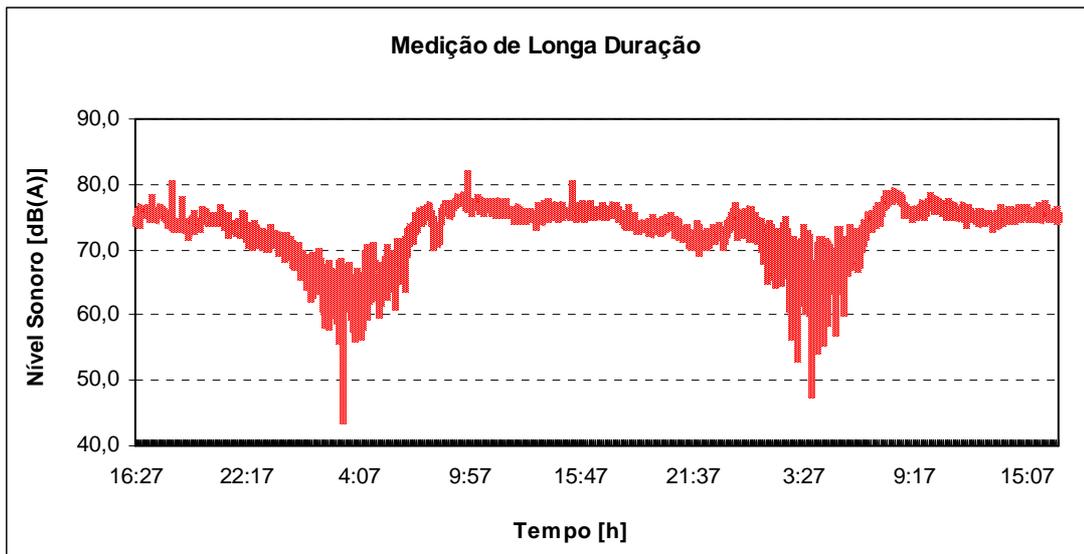


Gráfico 3: Medição de longa duração. Ponto 2

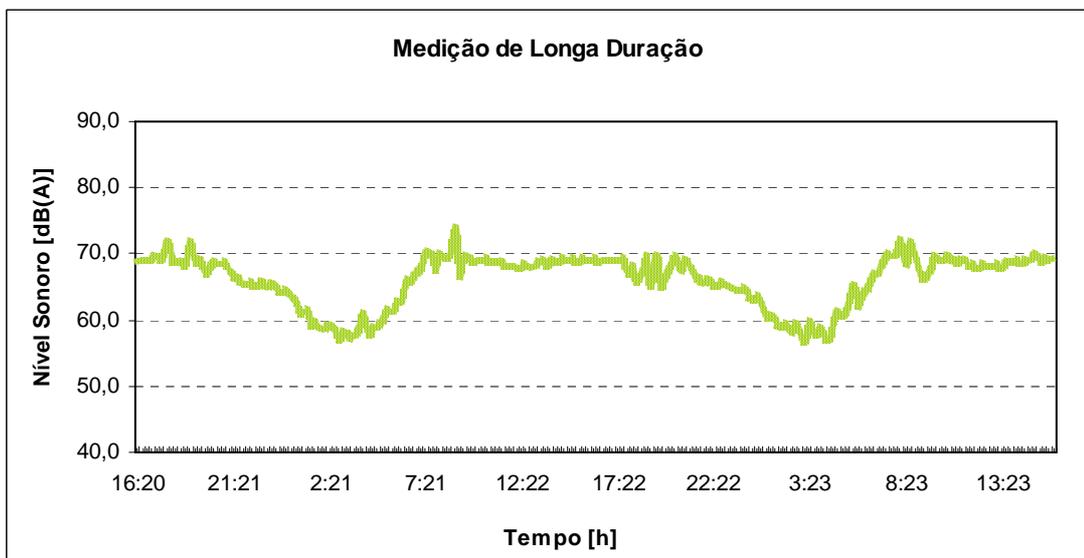


Gráfico 4: Medição de longa duração. Ponto 3

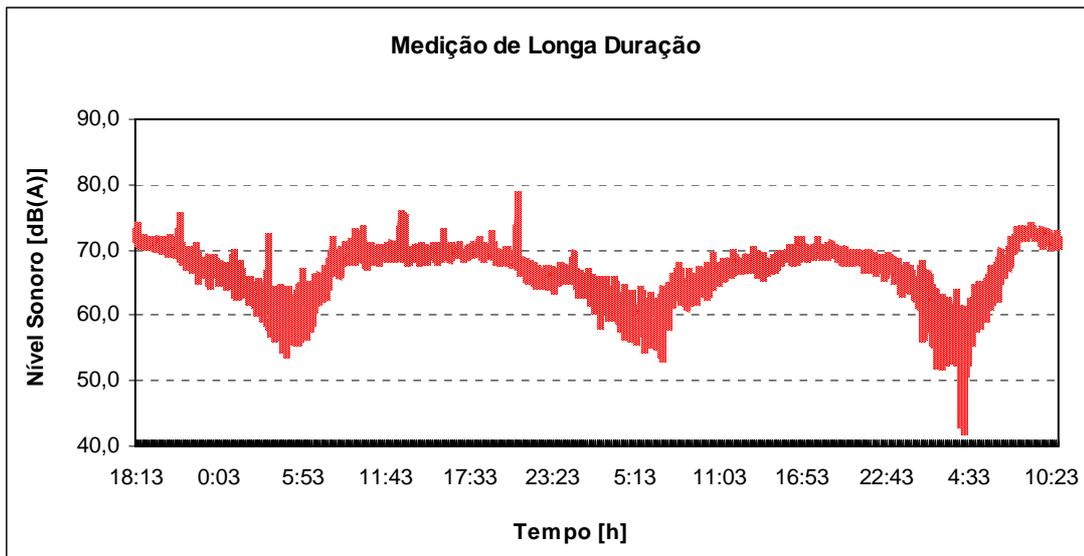


Gráfico 5: Medição de longa duração. Ponto 4

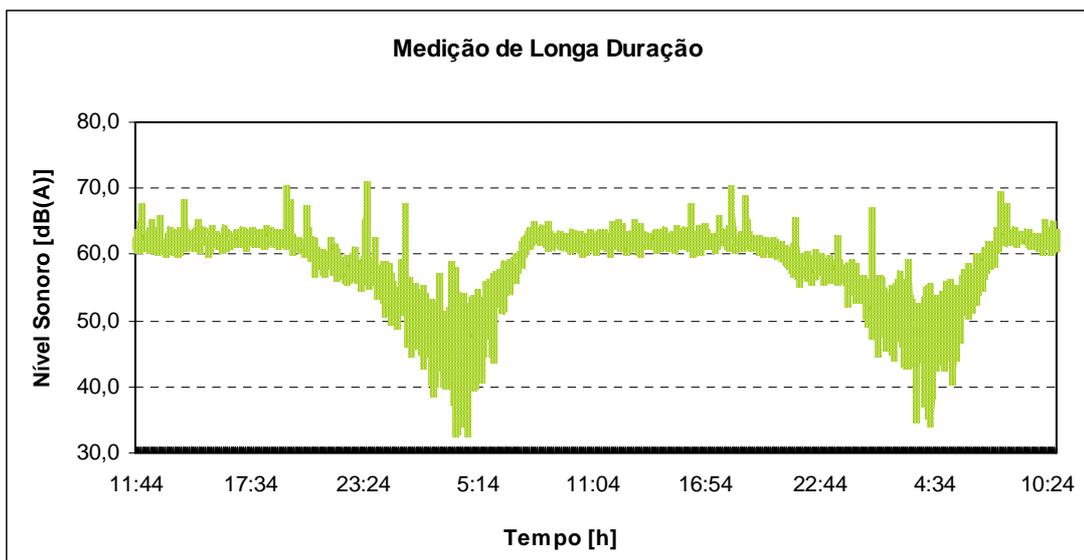


Gráfico 6: Medição de longa duração. Ponto 5

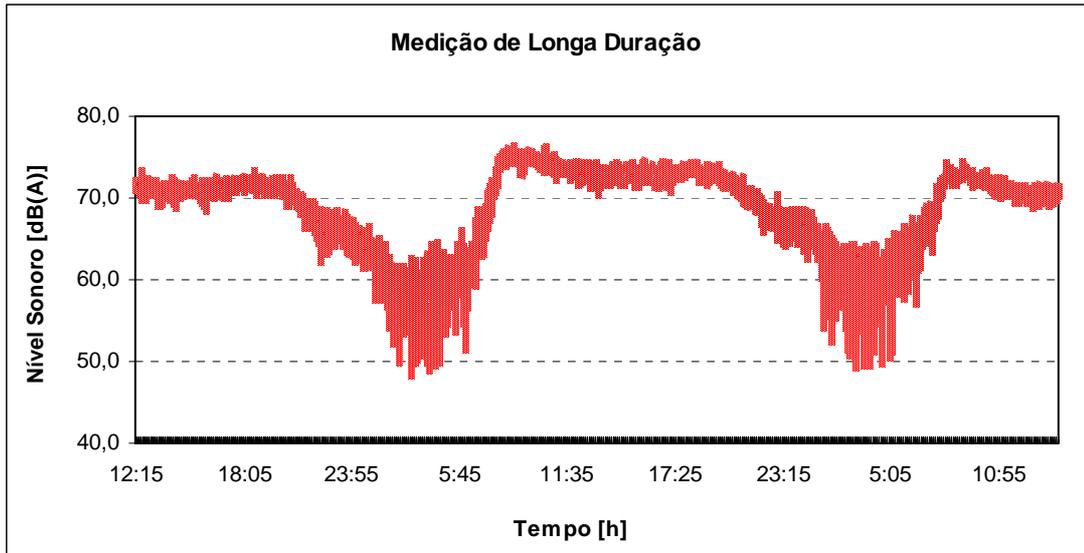


Gráfico 7: Medição de longa duração. Ponto 6

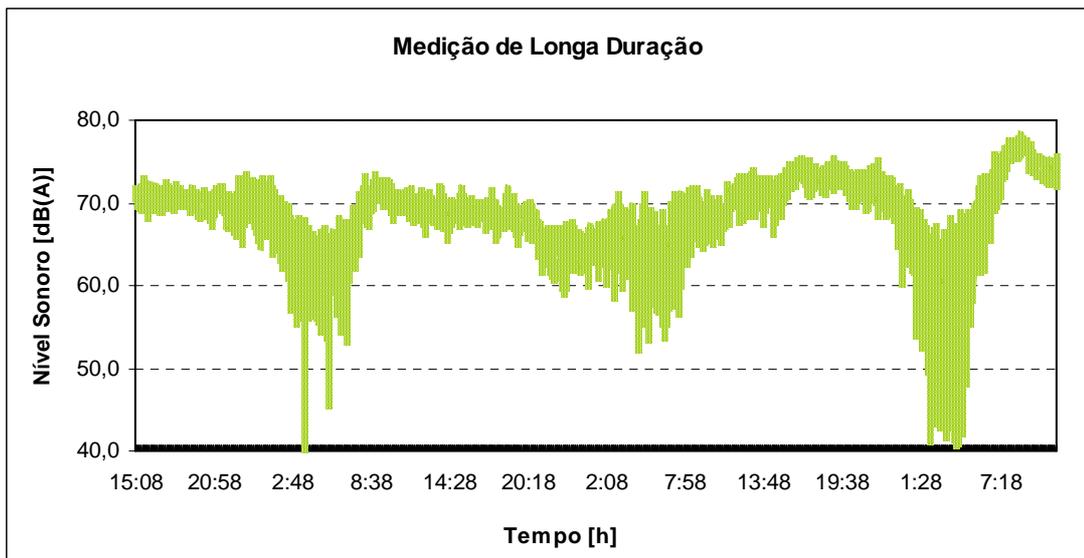


Gráfico 8: Medição de longa duração. Ponto 7

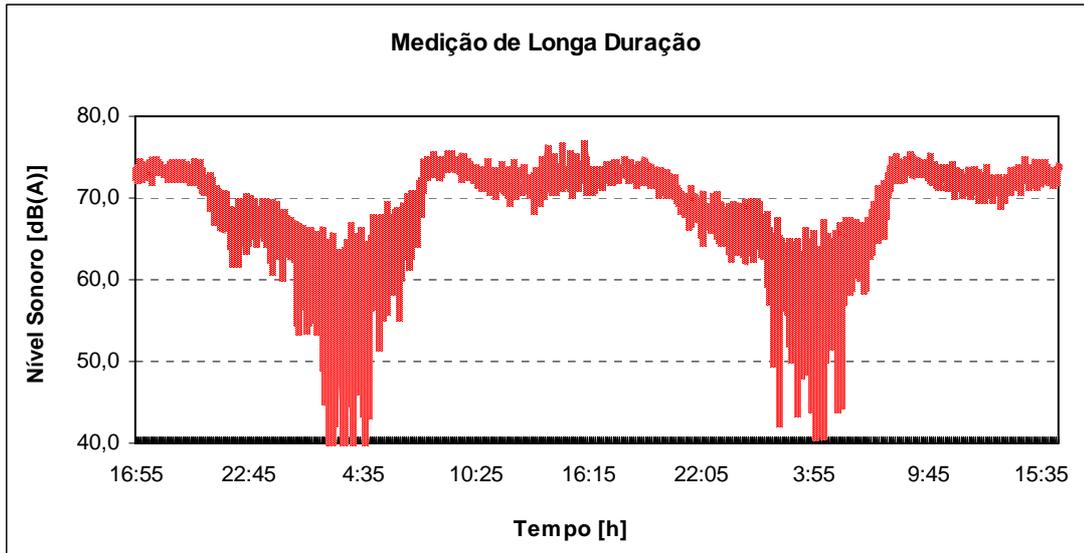


Gráfico 9: Medição de longa duração. Ponto 8

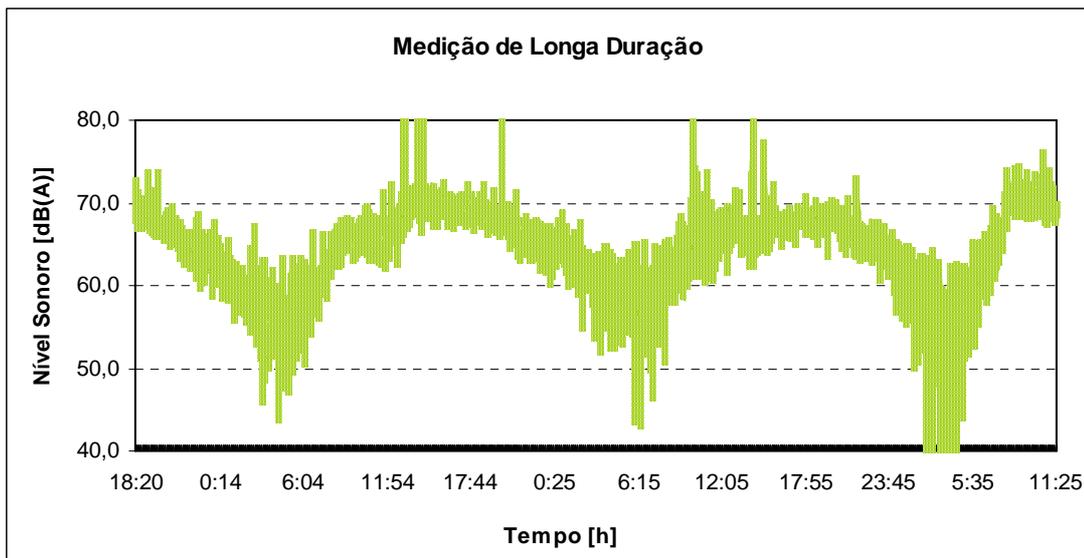


Gráfico 10: Medição de longa duração. Ponto 9

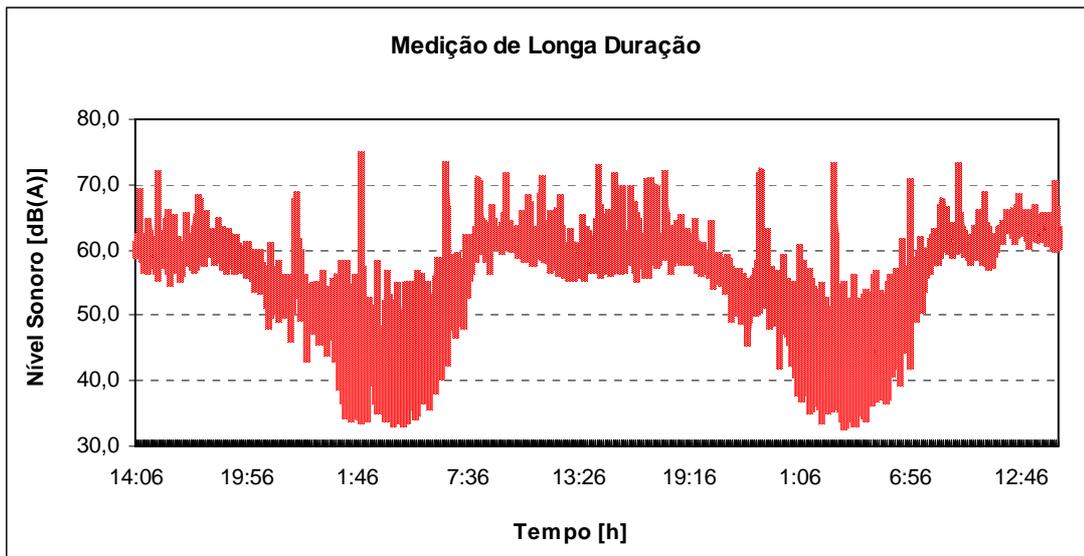


Gráfico 11: Medição de longa duração. Ponto 10

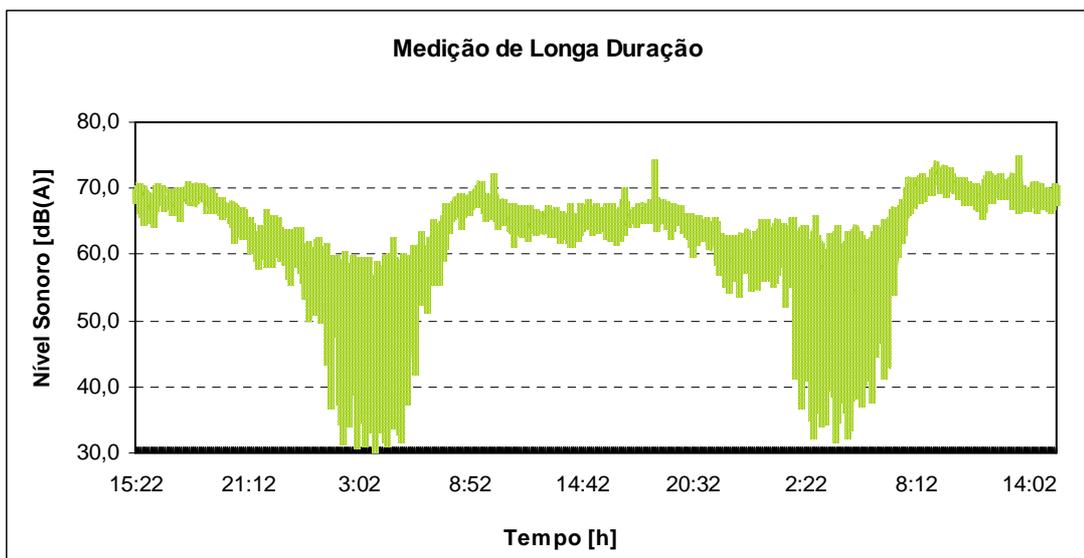


Gráfico 12: Medição de longa duração. Ponto 11

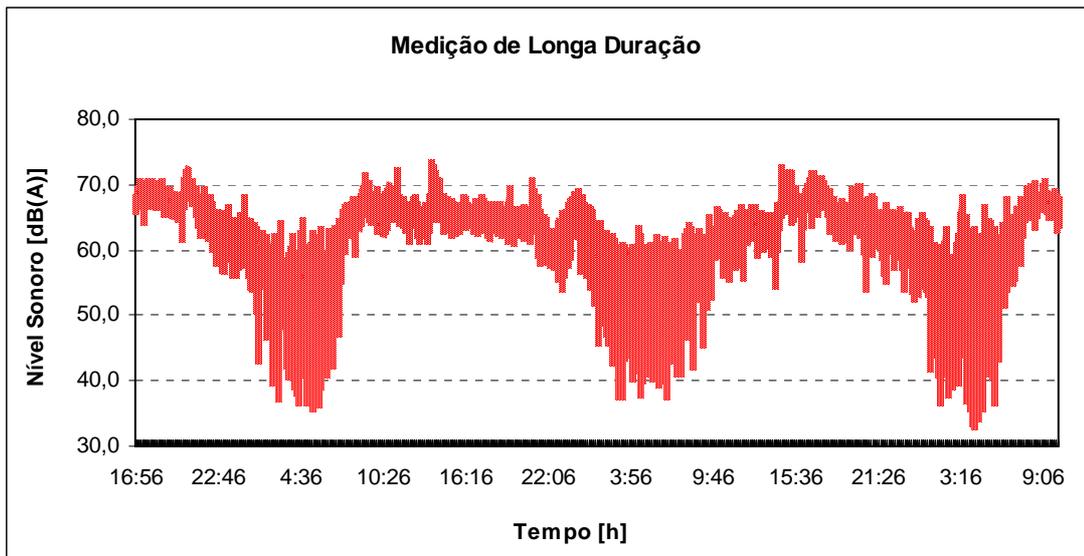
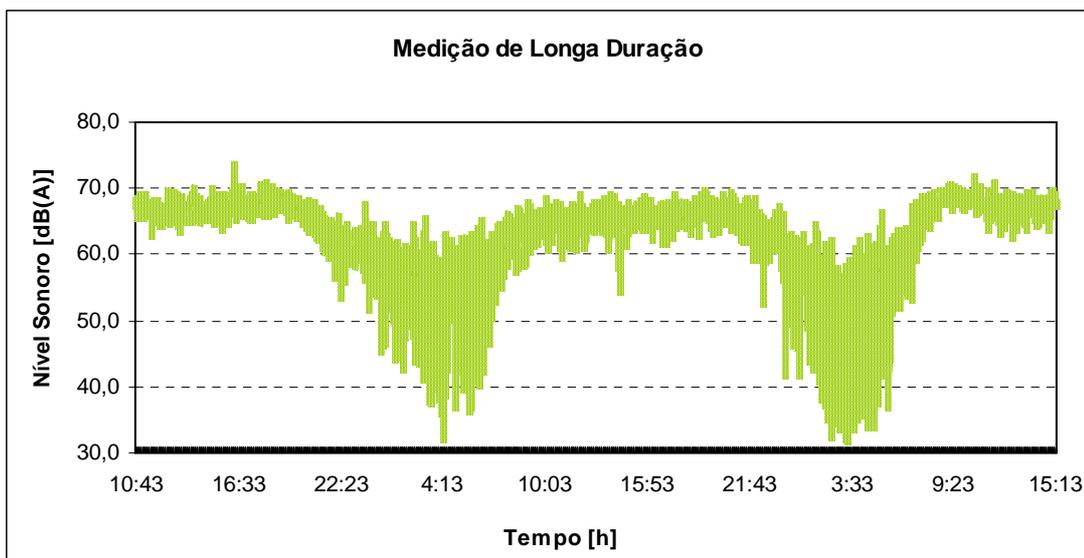


Gráfico 13: Medição de longa duração. Ponto 12



4.6 RECURSOS UTILIZADOS

O **IMMI** é um software concebido especialmente para fazer previsões de propagação de som ao ar livre e, por conseguinte, para elaborar mapas de ruído. Tem uma interface amigável do utilizador e dispõe de funcionalidades de informação geográfica do tipo GIS. Implementa os métodos de cálculo de propagação de ruído recomendados pela directiva comunitária, para as diferentes fontes de ruído. O software de previsão de níveis sonoros foi validado no âmbito da acreditação para este fim em 2003⁵.

Para a realização das medições no terreno, foram utilizados os seguintes recursos:

- Sonómetro integrador classe 1, com filtros de terços de oitava, da marca Brüel & Kjær, modelo 2260-Investigator, com calibrador da marca Brüel & Kjær, modelo 4231. A sua verificação é efectuada em cada ano civil;
- Sonómetro integrador classe 1, com filtros de terços de oitava, da marca Brüel & Kjær, modelo 2236, com calibrador da marca Brüel & Kjær, modelo 4231. A sua verificação é efectuada em cada ano civil;
- Kit de microfones para exterior, da marca Brüel & Kjær, modelo 4184.

⁵ Actualmente por decisão do IPAC não existem laboratórios acreditados para a elaboração de mapas de ruído por se entender que este não é um ensaio.

Quadro 1: Resumo das configurações de cálculo utilizado

Geral	Software e versão utilizada	IMMI 2009-2
	Máximo raio de busca	2km
	Ordem de reflexão	2. ^a ordem
	Erro máximo definido para o cálculo	2dB (A).
	Métodos/normas de cálculo	XPS 31-133:2001
	Absorção do solo	G=0,86
Metrologia	Percentagem de condições favoráveis diurno/entardecer/nocturno	Diurno: 50%; Entardecer: 75%; Nocturno: 100%
	Temperatura	15°C
	Humidade relativa	70%
Mapa	Malha de cálculo	(20 x 20)m e (5 x 5)m
	Tipo de malha de cálculo (fixa/variável)	Fixa
	Altura ao solo	4 metros do solo
Avaliação nas fachadas/ população exposta	Distância receptor/fachada	2m
	Distância mínima receptor/reflector	2,5m
	Altura dos receptores de fachada	4m
	Tipo de nível de ruído atribuído ao edifício (máximo/médio)	Lmax (método END)
	Modo de atribuição da população a edifícios	Dados estatísticos do INE ao nível da subsecção estatística aferido pela área atribuída pelo software por pessoa tendo em conta a altura dos edifícios

5. CÁLCULO DA POPULAÇÃO EXPOSTA A PARTIR DOS MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUÍDO

O distrito do Porto corresponde a área circunscrita pelo Grande Porto “Entre Douro e Vouga”, abrange uma área de 2 395km², com uma população residente de 1 867 986 (dados referentes ao ano de 2006).

O distrito do Porto compreende 18 municípios: Amarante, Baião, Felgueiras, Gondomar, Lousada, Maia, Marco de Canaveses, Matosinhos, Paços de Ferreira, Paredes, Penafiel, Porto, Póvoa de Varzim, Santo Tirso, Trofa, Valongo, Vila do Conde e Vila Nova de Gaia.

O distrito de Braga encontra-se localizado na região de entre o Douro e Minho e compreende 14 municípios, abrange uma área total de cerca de 2.705,1 km². O distrito de Braga é um território bastante acidentado, dominado por altitudes elevadas a leste, junto à fronteira espanhola e aos limites com o distrito de Vila Real, e descendo até ao litoral ocidental, num relevo cortado pelos vales de vários rios.

O distrito de Braga subdivide-se nos seguintes municípios: Amares, Barcelos, Braga, Cabeceiras de Basto, Celorico de Basto, Esposende, Fafe, Guimarães, Póvoa de Lanhoso, Terras de Bouro, Vieira do Minho, Vila Nova de Famalicão, Vila Verde e Vizela.



Figura 1: a) Municípios do distrito do Porto

b) Municípios do distrito de Braga

A metodologia de cálculo da população exposta foi realizada com base em informação fornecida pelo INE, por subsecção estatística, tal como referido na tabela resumo de configurações do cálculo utilizado⁶.

⁶ - ver página 13 da memória descritiva.

SUBLANÇOS:
PORTO/ÁGUAS SANTAS/MAIA/SANTO TIRSO/FAMALICÃO/CRUZ/BRAGA

Mapa 1: Mapa da A3 com limites de Concelhos

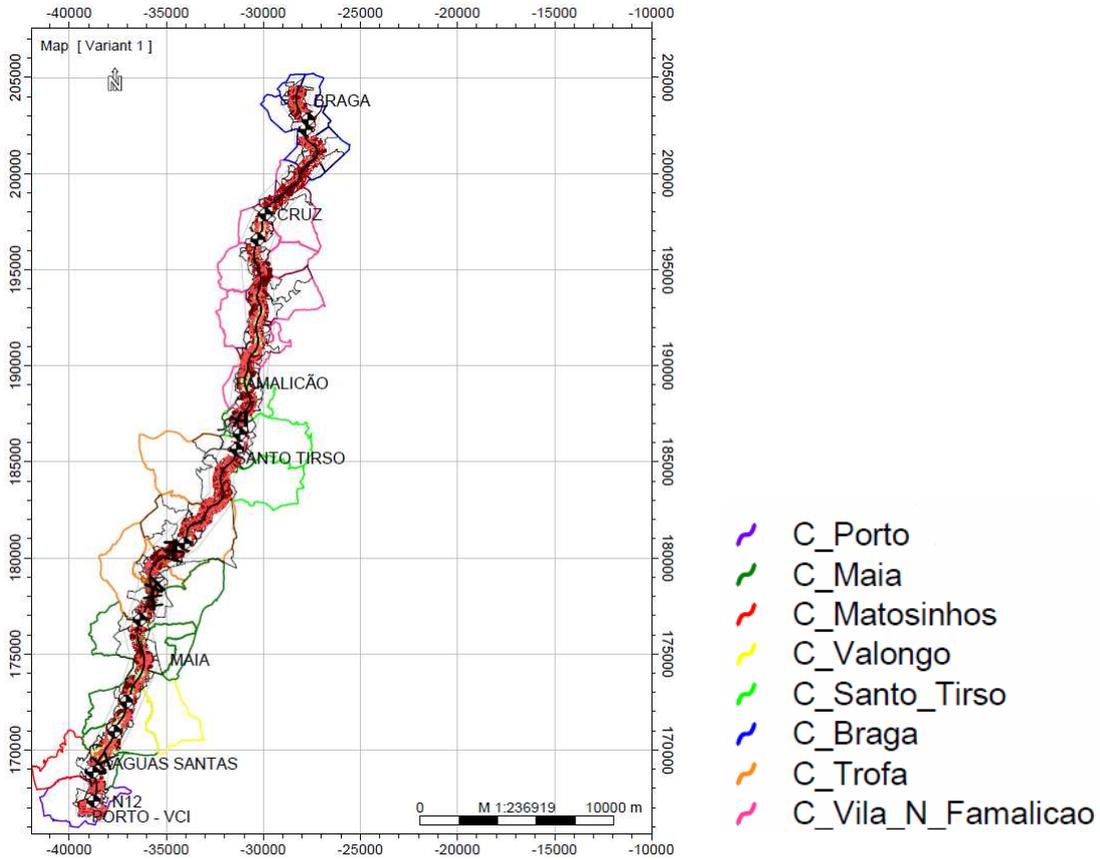


Tabela 3: Dados populacionais sobre as freguesias circundantes à A3

Freguesia	População [nº]	Área [km²]	Densidade populacional [hab./km²]	Tipo
Paranhos	48 686	6,67	7 299,3	Predominantemente urbana
São Mamede Infesta	23 542	5,21	4 518,6	Predominantemente urbana
Ermesinde	49 790	7,42	5 163,7	Predominantemente urbana
Águas Santas	25 249	7,86	3 212,3	Predominantemente urbana
Milheiros	4 237	3,42	1 238,9	Predominantemente urbana
Pedrouços	11 868	2,25	5 274,7	Predominantemente urbana
Silva Escura	2 113	5,58	378,7	Predominantemente urbana
São Pedro Fins	1 838	5,23	351,4	Predominantemente urbana
Folgosa	3 603	10,30	349,8	Predominantemente urbana
S. Mamede Coronado	4 053	6,26	647,4	Predominantemente urbana
S. Romão do Coronado	4 150	3,51	1 182,3	Predominantemente urbana
Covelas	1 662	16,69	99,6	Predominantemente urbana
Bougado	13 973	12,98	1 073,4	Predominantemente urbana
Vale de S. Cosme	3 054	6,31	484	Predominantemente urbana
Cabeçudos	1 472	3,20	460	Medianamente urbana
Lagoa	890	2,95	301,7	Medianamente urbana
Abade Vermoim	351	0,33	1 063,3	Medianamente urbana
Antas	5 376	4,35	1 235,9	Predominantemente urbana
Requião	3 034	8,20	370	Predominantemente urbana
Gavião	3 729	4,41	845,6	Medianamente urbana
Cruz	1 636	3,82	428,3	Medianamente urbana
Vale de S. Martinho	1 943	4,05	479,8	Medianamente urbana
Sezures	619	2,26	273,9	Medianamente urbana
Oliveira	3 075	2,85	1 078,9	Predominantemente urbana

Tabela 3 (Continuação): Dados populacionais sobre as freguesias circundantes à A3

Freguesia	População [nº]	Área [km²]	Densidade populacional [hab./km²]	Tipo
Couto de Sta. Cristina	3 923	7,79	503,6	Predominantemente urbana
Santo Tirso	13 961	8,00	1 745,1	Cidade
Palmeira	1 104	3,39	325,7	Medianamente urbana
Guisande	453	2,38	190,3	Medianamente urbana
Priscos	1 301	3,72	349,7	Predominantemente urbana
Fradelos	678	1,46	464,4	Medianamente urbana
Vimieiro	1 131	2,81	402,5	Predominantemente urbana

De acordo com os dados recolhidos dos municípios, existem equipamentos sensíveis, numa faixa de 350m para cada lado, tais como escolas, hospitais no município do Porto. Nos municípios de Valongo e da Maia, existem alguns estabelecimentos de ensino na área de estudo.

Relativamente aos municípios da Maia, Matosinhos, Santo Tirso, Trofa, Famalicão e Braga não existem equipamentos sensíveis na faixa em avaliação.

Junto ao nó de S.Tirso, o respectivo troço atravessa uma zona industrial.

Existem também alguns receptores sensíveis dentro dessa faixa, ao longo de toda a GIT que são as habitações mais próximas.

5.2 GRANDE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTE

A A3 atravessa tantas zonas urbanas como zonas de população dispersa, existindo vários receptores sensíveis expostos (definindo-se como receptores todas as edificações e locais passíveis de serem afectados negativamente pela grande infra-estrutura de transporte).

Ao longo do sublanço verifica-se uma ocupação com características urbanas (bairros residenciais, moradias, prédios com um até sete pisos, edifícios escolares e igrejas), muito próxima da grande infra-estrutura de transporte. As barreiras acústicas existentes, ao longo do sublanço em análise, são mencionadas nas tabelas abaixo:

Tabela 4: Barreiras acústicas existentes no sentido Porto ⇒ Braga

Localização		Altura [m]	Extensão [m]	Área [m ²]	Tipo
Pk Inicial [km]	Pk Final [km]				
3+430	3+500	4,5	70	315	Barreira Absorvente
3+500	3+585	4,0	85	340	Barreira Absorvente
4+125	4+550	4,0	425	1700	Barreira Absorvente
5+700	5+750	3,0	50	150	Barreira Absorvente
5+750	5+825	4,0	75	300	Barreira Absorvente
5+825	5+975	4,5	150	675	Barreira Absorvente
5+975	6+075	4,0	100	400	Barreira Absorvente
6+075	6+350	3,0	275	825	Barreira Absorvente
7+100	7+525	3,5	425	1487,5	Barreira Absorvente
24+975	25+600	5,0	625	3125	Barreira Absorvente
26+950	27+750	5,0	800	4 000	Barreira Absorvente
27+750	27+825	4,0	75	300	Barreira Absorvente
28+500	28+850	4,0	350	1 400	Barreira Absorvente
28+850	29+150	5,0	300	1 500	Barreira Absorvente
29+150	29+300	3,0	150	450	Barreira Absorvente
33+225	33+425	4,0	200	800	Barreira Absorvente
33+750	33+800	3,0	50	150	Barreira Absorvente
33+800	34+225	5,0	425	2 125	Barreira Absorvente

Tabela 5: Barreiras acústicas existentes no sentido Braga ⇒ Porto

Localização		Altura [m]	Extensão [m]	Área [m ²]	Tipo
Pk Inicial [km]	Pk Final [km]				
3+325	3+400	3,5	75	262,5	Barreira Absorvente
3+400	3+775	4,5	375	1687,5	Barreira Absorvente
3+875	3+950	3,0	75	225	Barreira Absorvente
3+950	4+000	3,5	50	175	Barreira Absorvente
4+000	4+100	4,0	100	400	Barreira Absorvente
4+100	4+250	3,5	150	525	Barreira Absorvente
4+325	4+525	2,0	200	400	Barreira Absorvente
4+750	5+000	4,0	250	1000	Barreira Absorvente
5+600	5+775	2,0	175	300	Barreira Absorvente
5+775	5+875	3,5	100	350	Barreira Absorvente
6+275	6+500	2,0	225	450	Barreira Absorvente
24+975	25+600	5,0	625	3125	Barreira Absorvente
26+275	26+575	4,0	300	1200	Barreira Absorvente
0+325 (nó de Famalicão)	0+400	4,0	75	300	Barreira Absorvente
27+075	27+425	5,0	350	1 750	Barreira Absorvente
28+500	28+600	2,0	100	200	Barreira Absorvente
28+600	28+675	4,0	75	300	Barreira Absorvente
28+675	29+150	5,0	475	2 375	Barreira Absorvente
29+150	29+200	3,0	50	150	Barreira Absorvente
29+675	30+000	5,0	325	1 625	Barreira Absorvente
30+000	30+075	3,0	75	225	Barreira Absorvente
33+100	33+250	5,0	150	750	Barreira Absorvente
33+250	33+375	3,0	125	375	Barreira Absorvente
33+375	33+600	5,0	225	1 125	Barreira Absorvente
33+600	33+700	2,0	100	200	Barreira Absorvente
33+700	34+070	5,0	370	1 850	Barreira Absorvente
34+085	34+125	4,0	40	160	Barreira Absorvente

Em toda a sua extensão o tipo de revestimento superficial utilizado no solo, é o betão betuminoso drenante (BBDr). A circulação do trânsito faz-se em duas vias em cada sentido, separadas por elementos físicos. Existem limites de velocidade de circulação para os veículos ligeiros (120km/h) e veículos pesados (90km/h). Os dados de tráfego existentes no troço em análise são mencionados na tabela abaixo.

Tabela 6: Dados de tráfego da A3

Infra-estrutura Rodoviária GIT A3	Dados	TMH (veículos/h)			% Pesados		
		Diurno	Entardecer	Nocturno	Diurno	Entardecer	Nocturno
Porto (VCI)/EN12	Estimados	7476	5000	1208	1717	587	254
Porto/Águas Santas	Estimados	6796	4444	1074	1145	392	170
Águas Santas/Maia	Estimados	3216	2103	508	722	247	107
Maia/Santo Tirso	Efectivos	2409	1575	381	541	185	80
Santo Tirso/Famalicão	Efectivos	2031	1321	316	482	165	71
Famalicão/Cruz	Efectivos	1118	731	176	262	99	43
Cruz/Braga	Efectivos	964	602	142	221	86	36

6. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

6.1 APRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS RESULTADOS

O critério da gama de cores utilizadas para a representação temporal e espacial dos níveis obtidos são os indicados pela NP1730-2:1996 "Acústica Descrição e Medição do Ruído Ambiente. Parte 2: Recolha de Dados Relevantes para o Uso do Solo"

Tabela 7: Relação de cores para as classes de níveis sonoros, segundo documento da APA⁷

Classes do Indicador L_{den}	Cores	RGB	Classes do Indicador L_n	Cores	RGB
L _{den} ≤ 55	 Ocre	255-217-000	L _n ≤ 45	 Verde-escuro	000-181-000
55 < L _{den} ≤ 60	 Laranja	255-179-000	45 < L _n ≤ 50	 Amarelo	255-255-069
60 < L _{den} ≤ 65	 Vermelhão	255-000-000	50 < L _n ≤ 55	 Ocre	255-217-000
65 < L _{den} ≤ 70	 Carmim	196-020-037	55 < L _n ≤ 60	 Laranja	255-179-000
L _{den} > 70	 Magenta	255-000-255	60 < L _n ≤ 65	 Vermelhão	255-000-000

A legislação Portuguesa, estabelece limites de exposição ao ruído exterior, de acordo com a classificação do solo em relação à sua utilização. Assim, de acordo com o Decreto-Lei 9/2007 e o Decreto-Lei 146/2006, que transpõem para a lei nacional a directiva comunitária, os valores limite são os seguintes:

Tabela 8: Valores limite de exposição ao ruído ambiente exterior

Classificação de Zonas	L_{den} [dB (A)]	L_n [dB (A)]
Zonas Mistas	65	55
Zonas Sensíveis	55	45
Zonas Sensíveis na Proximidade de uma Grande Infra-estrutura de Transporte	65	55
Receptores Sensíveis em Zonas não Classificadas	63	53

⁷ Directivas para elaboração de mapas de ruído”. Versão 2:2008 (Agência Portuguesa do Ambiente).

6.2 DADOS RELATIVOS AOS MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUÍDO

6.2.1 Dados de Superfície

Na tabela seguinte são apresentados os dados de superfícies totais em km², expostos a valores de L_{den} superiores a 55, 65 e 75dB (A). O número total de habitações assim como o número total de pessoas (em centenas) que vivem nessas zonas.

Tabela 9: Dados relativos a superfícies expostas a diferentes gamas de L_{den}, em centenas.

	Classe do Indicador L_{den} [dB (A)]	Área Total [km²]	Número Estimado de Habitações [centenas]	Número Estimado de Pessoas [centenas]
GIT A3	L _{den} > 55	22,058	81	168
	L _{den} > 65	4,329	11	23
	L _{den} > 75	1,774	1	2

Tabela 10: Dados relativos a superfícies expostas a diferentes gamas de L_{den} .

Troço	Classe do Indicador L_{den} [dB (A)]	Área Total [km²]	Número Estimado de Habitações	Número Estimado de Pessoas
Porto/Águas Santas	$L_{den} > 55$	2,121	4339	8920
	$L_{den} > 65$	0,593	748	1541
	$L_{den} > 75$	0,413	76	158
Águas Santas/Maia	$L_{den} > 55$	2,7	1111	2266
	$L_{den} > 65$	0,581	157	325
	$L_{den} > 75$	0,084	33	69
Maia/Santo Tirso	$L_{den} > 55$	8,906	1146	2344
	$L_{den} > 65$	1,621	111	232
	$L_{den} > 75$	0,645	0	0
Santo Tirso/Famalicão	$L_{den} > 55$	3,009	491	1026
	$L_{den} > 65$	0,555	74	155
	$L_{den} > 75$	0,171	0	0
Famalicão/Cruz	$L_{den} > 55$	3,008	473	1189
	$L_{den} > 65$	0,55	18	36
	$L_{den} > 75$	0,26	0	0
Cruz/Braga	$L_{den} > 55$	2,314	500	1036
	$L_{den} > 65$	0,429	26	54
	$L_{den} > 75$	0,201	0	0

6.2.2 Níveis de Exposição ao Ruído de Lden

Na tabela seguinte apresentam-se os números estimados de habitações e pessoas (em centenas) cuja habitação está exposta a cada um dos seguintes intervalos de L_{den} em dB (A), a uma altura de 4 metros acima do solo e na fachada mais exposta. Os níveis de exposição apresentam-se nas seguintes gamas de $55 < L_{den} \leq 60$; $60 < L_{den} \leq 65$; $65 < L_{den} \leq 70$; $70 < L_{den} \leq 75$; $L_{den} > 75$.

 Tabela 11: Níveis de exposição ao ruído, L_{den} nas fachadas dos edifícios, pessoas em centenas

	$55 < L_{den} \leq 60$ [dB (A)]	$60 < L_{den} \leq 65$ [dB (A)]	$65 < L_{den} \leq 70$ [dB (A)]	$70 < L_{den} \leq 75$ [dB (A)]	$L_{den} > 75$ [dB (A)]
GIT A3	99	53	14	8	2

 Tabela 12: Níveis de exposição ao ruído, L_{den} nas fachadas dos edifícios (número de pessoas)

Troço	$55 < L_{den} \leq 60$ [dB (A)]	$60 < L_{den} \leq 65$ [dB (A)]	$65 < L_{den} \leq 70$ [dB (A)]	$70 < L_{den} \leq 75$ [dB (A)]	$L_{den} > 75$ [dB (A)]
Porto / Águas Santas	2888	3151	714	669	158
Águas Santas / Maia	1391	550	256	21	48
Maia / Santo Tirso	1402	710	165	67	0
Santo Tirso / Famalicão	558	313	93	62	0
Famalicão / Cruz	708	210	35	4	0
Cruz / Braga	819	163	54	0	0

Tabela 13: Níveis de exposição ao ruído, L_{den} , nas fachadas dos edifícios
(Número de habitações por concelho, em centenas)

Concelho	$55 < L_{den} \leq 60$ [dB (A)]	$60 < L_{den} \leq 65$ [dB (A)]	$65 < L_{den} \leq 70$ [dB (A)]	$70 < L_{den} \leq 75$ [dB (A)]	$L_{den} > 75$ [dB (A)]
Porto	14	7	2	3	1
Matosinhos	1	1	1	0	0
Valongo	0	0	0	0	0
Maia	13	10	2	0	0
Trofa	7	3	1	0	0
Santo Tirso	1	1	0	0	0
Famalicão	8	3	0	0	0
Braga	4	1	0	0	0

 Tabela 14: Níveis de exposição ao ruído, L_{den} , nas fachadas dos edifícios
(Número de pessoas por concelho, em centenas)

Troço	$55 < L_{den} \leq 60$ [dB (A)]	$60 < L_{den} \leq 65$ [dB (A)]	$65 < L_{den} \leq 70$ [dB (A)]	$70 < L_{den} \leq 75$ [dB (A)]	$L_{den} > 75$ [dB (A)]
Porto	28	14	5	6	2
Matosinhos	2	2	0	0	0
Valongo	1	0	0	0	0
Maia	27	21	5	1	0
Trofa	14	7	2	1	0
Santo Tirso	3	2	1	1	0
Famalicão	17	5	1	0	0
Braga	8	2	1	0	0

6.2.3 Níveis de Exposição ao Ruído de L_n

Na tabela seguinte apresentam-se os números estimados de habitações e pessoas (em centenas) cuja habitação está exposta a cada um dos seguintes intervalos de L_n em dB (A), a uma altura de 4 metros acima do solo e na fachada mais exposta. Os níveis de exposição apresentam-se nas seguintes gamas de $45 < L_n \leq 50$; $50 < L_n \leq 55$; $55 < L_n \leq 60$; $60 < L_n \leq 65$; $65 < L_n \leq 70$; $L_n > 70$.

 Tabela 15: Níveis de exposição ao ruído, L_n nas fachadas dos edifícios, pessoas em centenas

	$45 < L_n \leq 50$ [dB (A)]	$50 < L_n \leq 55$ [dB (A)]	$55 < L_n \leq 60$ [dB (A)]	$60 < L_n \leq 65$ [dB (A)]	$65 < L_n \leq 70$ [dB (A)]	$L_n > 70$ [dB (A)]
GIT A3	121	60	20	8	4	0

 Tabela 16: Níveis de exposição ao ruído, L_n nas fachadas dos edifícios (número de pessoas)

Troço	$45 < L_n \leq 50$ [dB (A)]	$50 < L_n \leq 55$ [dB (A)]	$55 < L_n \leq 60$ [dB (A)]	$60 < L_n \leq 65$ [dB (A)]	$65 < L_n \leq 70$ [dB (A)]	$L_n > 70$ [dB (A)]
Porto / Águas Santas	5016	3325	997	655	374	0
Águas Santas / Maia	1412	537	173	26	12	0
Maia / Santo Tirso	1426	610	141	37	0	0
Santo Tirso / Famalicão	633	262	82	11	0	0
Famalicão / Cruz	1783	575	119	11	0	0
Cruz / Braga	915	243	63	0	0	0

Tabela 17: Níveis de exposição ao ruído, L_n , nas fachadas dos edifícios
(Número de habitações por concelho, em centenas)

Troço	$45 < L_n \leq 50$ [dB (A)]	$50 < L_n \leq 55$ [dB (A)]	$55 < L_n \leq 60$ [dB (A)]	$60 < L_n \leq 65$ [dB (A)]	$65 < L_n \leq 70$ [dB (A)]	$L_n > 70$ [dB (A)]
Porto	15	10	10	5	3	2
Matosinhos	1	1	0	0	0	0
Valongo	1	0	0	0	0	0
Maia	16	11	4	0	0	0
Trofa	8	3	2	0	0	0
Santo Tirso	2	1	1	0	0	0
Famalicão	10	4	1	0	0	0
Braga	4	1	0	0	0	0

Tabela 18: Níveis de exposição ao ruído, L_n , nas fachadas dos edifícios
(Número de pessoas por concelho, em centenas)

Troço	$45 < L_n \leq 50$ [dB (A)]	$50 < L_n \leq 55$ [dB (A)]	$55 < L_n \leq 60$ [dB (A)]	$60 < L_n \leq 65$ [dB (A)]	$65 < L_n \leq 70$ [dB (A)]	$L_n > 70$ [dB (A)]
Porto	31	20	10	5	4	0
Matosinhos	1	2	0	0	0	0
Valongo	1	0	0	0	0	0
Maia	33	23	8	1	1	0
Trofa	17	7	4	1	0	0
Santo Tirso	4	2	1	1	0	0
Famalicão	22	7	1	0	0	0
Braga	9	2	1	0	0	0

Os valores encontrados serão comparados com os valores de $L_{den} \leq 65\text{dB (A)}$ e $L_n \leq 55\text{dB (A)}$ visto que estamos na presença de uma grande infra-estrutura de transporte rodoviário em exploração.

De uma maneira geral a percentagem de pessoas expostas a níveis superiores aos estabelecidos pelo DL 9/2007 é baixa, nomeadamente se estivéssemos a comparar com os limites estabelecidos para uma zona mista 4,3% das pessoas estaria exposta a níveis de L_{den} acima dos 65dB (A) e 5,9% acima dos 55dB (A) estipulados para o L_n sendo que como expectável este período é o mais crítico.

8. DOCUMENTAÇÃO DE REFERÊNCIA

- Decreto-Lei 9/2007 de 17 de Janeiro;
- Decreto-Lei 146/2006 de 31 de Julho;
- XPS 31-133:2001 "Acoustique. Bruit des infrastructures de transports terrestres. Calcul de l'atténuation du son lors de sa propagation en milieu extérieur, incluant les effets météorologiques";
- ISO 9613-2:1996 "Acoustics. Attenuation of sound during propagation outdoors. General method of calculation";
- NP 4361-2:2001 "Acústica. Atenuação do som na sua propagação ao ar livre. Método geral de cálculo";
- NP 1730:1996 "Acústica. Descrição e medição do ruído ambiente";
- "Directrizes para elaboração de mapas de ruído". Versão 2:2008. (Agência Portuguesa do Ambiente);
- "Identification and development of good practice toolkit for noise mapping and the determination of associated information on the exposure of people to environmental noise", DEFRA Abril de 2004;
- "Harmonised Accurate and Reliable Methods for the EU Directive on the Assessment and Management Of Environmental Noise-POSITION PAPER", Harmonoise de Julho de 2003.
- IMA32TR-040510-SP08: Determination of Lden and Lnight using measurements.
- Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure, European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN), Janeiro de 2006.
- Mapas de Ruído: ferramenta estratégica para a melhoria do ambiente urbano - Outubro 2009 (Paulo Cabral e Teresa Canelas - IEP)

9. MAPAS RESULTADOS OBTIDOS

9.1 MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUÍDO BÁSICOS

9.1.1 Mapa com dados de superfícies totais (km²)

Os mapas com os dados de superfícies totais apresentam-se de seguida. O critério de cores utilizado e as classes do indicador L_{den} são os seguintes (de acordo com documento da APA):

$L_{den} \leq 55$ (Ocre); $55 < L_{den} \leq 65$ (Laranja); $65 < L_{den} \leq 75$ (Vermelhão); $L_{den} > 75$ (Carmim).



LABORATÓRIO DE METROLOGIA E ENSAIOS

SUBLANÇOS:

PORTO/ÁGUAS SANTAS/MAIA/SANTO TIRSO/FAMALICÃO/CRUZ/BRAGA

Pág. 50 de 249



LABORATÓRIO DE METROLOGIA E ENSAIOS

SUBLANÇOS:

PORTO/ÁGUAS SANTAS/MAIA/SANTO TIRSO/FAMALICÃO/CRUZ/BRAGA

Pág. 51 de 249



LABORATÓRIO DE METROLOGIA E ENSAIOS

SUBLANÇOS:

PORTO/ÁGUAS SANTAS/MAIA/SANTO TIRSO/FAMALICÃO/CRUZ/BRAGA

Pág. 52 de 249



LABORATÓRIO DE METROLOGIA E ENSAIOS

SUBLANÇOS:

PORTO/ÁGUAS SANTAS/MAIA/SANTO TIRSO/FAMALICÃO/CRUZ/BRAGA

Pág. 53 de 249



LABORATÓRIO DE METROLOGIA E ENSAIOS

SUBLANÇOS:

PORTO/ÁGUAS SANTAS/MAIA/SANTO TIRSO/FAMALICÃO/CRUZ/BRAGA

Pág. 54 de 249



LABORATÓRIO DE METROLOGIA E ENSAIOS

SUBLANÇOS:

PORTO/ÁGUAS SANTAS/MAIA/SANTO TIRSO/FAMALICÃO/CRUZ/BRAGA

Pág. 55 de 249



LABORATÓRIO DE METROLOGIA E ENSAIOS

SUBLANÇOS:

PORTO/ÁGUAS SANTAS/MAIA/SANTO TIRSO/FAMALICÃO/CRUZ/BRAGA

Pág. 56 de 249



LABORATÓRIO DE METROLOGIA E ENSAIOS

SUBLANÇOS:

PORTO/ÁGUAS SANTAS/MAIA/SANTO TIRSO/FAMALICÃO/CRUZ/BRAGA

Pág. 57 de 249



LABORATÓRIO DE METROLOGIA E ENSAIOS

SUBLANÇOS:

PORTO/ÁGUAS SANTAS/MAIA/SANTO TIRSO/FAMALICÃO/CRUZ/BRAGA

Pág. 58 de 249



LABORATÓRIO DE METROLOGIA E ENSAIOS

SUBLANÇOS:

PORTO/ÁGUAS SANTAS/MAIA/SANTO TIRSO/FAMALICÃO/CRUZ/BRAGA

Pág. 59 de 249



LABORATÓRIO DE METROLOGIA E ENSAIOS

SUBLANÇOS:

PORTO/ÁGUAS SANTAS/MAIA/SANTO TIRSO/FAMALICÃO/CRUZ/BRAGA

Pág. 60 de 249

9.1.2 Mapa de níveis sonoros de L_{den} em dB (A)

Os mapas de níveis sonoros de L_{den} em dB (A), a uma altura de 4m sobre o nível do solo, com representação de linhas isófonas apresentam-se de seguida. O critério de cores utilizado e as classes do indicador L_{den} são as seguintes (de acordo com documento da APA): $L_{den} \leq 55$ (Ocre); $55 < L_{den} \leq 60$ (Laranja); $60 < L_{den} \leq 65$ (Vermelhão); $65 < L_{den} \leq 70$ (Carmim); $L_{den} > 70$ (Magenta).



LABORATÓRIO DE METROLOGIA E ENSAIOS

SUBLANÇOS:

PORTO/ÁGUAS SANTAS/MAIA/SANTO TIRSO/FAMALICÃO/CRUZ/BRAGA

Pág. 62 de 249



LABORATÓRIO DE METROLOGIA E ENSAIOS

SUBLANÇOS:

PORTO/ÁGUAS SANTAS/MAIA

ERROR: undefined
OFFENDING COMMAND: F1S5BYFF

STACK: