



dB Lab

Acústica, Vibrações e Ambiente

# Mapa de Ruído do Município de Miranda do Douro

Situação Actual

Descrição do Modelo e Resultados

Referência do Relatório: 12\_087\_MRPM01

Data do Relatório: 2013-06-24

Nº. Total de Páginas (excluindo anexos): 32

Mod. 60-05.03

RUA 7 DE JUNHO, Nº 24, R/C C LOJA, 2730-174 BARCARENA, TEL: 21 422 89 50 EMAIL: DBLAB@ABSORSOR.PT

L I S B O A I P O R T O I M A D R I D

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUÇÃO E OBJECTIVO .....</b>	<b>3</b>
<b>2. CONTEXTO LEGISLATIVO.....</b>	<b>5</b>
2.1 DEFINIÇÕES .....	5
2.2 ENQUADRAMENTO LEGAL DOS MAPAS DE RUÍDO.....	7
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>9</b>
3.1 MAPAS DE RUÍDO – DESCRIÇÃO BREVE .....	9
3.2 MAPA DE RUÍDO DO MUNICÍPIO DE MIRANDA DO DOURO .....	10
3.3 SOFTWARE UTILIZADO.....	10
3.4 NORMAS E PARÂMETROS UTILIZADOS.....	10
3.4.1 <i>Tráfego Rodoviário</i> .....	10
3.4.2 <i>Indústrias</i> .....	13
<b>4. DESCRIÇÃO DO PROJECTO .....</b>	<b>15</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO MODELO .....	15
4.1.1 <i>Identificação da área de estudo</i> .....	15
4.1.2 <i>Área do mapa e área de estudo</i> .....	15
4.1.3 <i>Caracterização climática</i> .....	17
4.1.4 <i>Dados cartográficos e modelo tridimensional</i> .....	17
4.1.4.1 <i>Altimetria</i> .....	17
4.1.4.2 <i>Edifícios</i> .....	18
4.2 FONTES DE RUÍDO .....	18
4.2.1 <i>Situação Actual</i> .....	19
4.2.1.1 <i>Tráfego Rodoviário</i> .....	19
4.2.1.2 <i>Indústrias</i> .....	24
4.3 CONFIGURAÇÃO DE CÁLCULO.....	26
4.4 VALIDAÇÃO DO MODELO .....	26
4.4.1 <i>Validação junto às fontes sonoras</i> .....	26
<b>5. RESULTADOS DO MODELO – MAPAS DE RUÍDO .....</b>	<b>30</b>
<b>6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>31</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>32</b>
<b>ANEXO I – Identificação das fontes de ruído modeladas (1:50000 e 1:10000);</b>	
<b>ANEXO II – Mapas de Ruído (1:25 000);</b>	
<b>ANEXO III – Mapas de Ruído em formato A3 que acompanham o Resumo Não Técnico (1:140 000)</b>	
<b>ANEXO IV – CD com Relatório, Resumo não técnico e Mapas de Ruído e Conflito em formato Raster e Vectorial.</b>	

# Mapa de Ruído do Município de Miranda do Douro

## DESCRIÇÃO DO MODELO E RESULTADOS

### *Ficha Técnica*

Designação do Projecto	Mapa de Ruído do Município de Miranda do Douro
Cliente	Câmara Municipal de Miranda do Douro
Morada	Largo D. João III 5210 – 190 Miranda do Douro
Localização do projecto	Área abrangida pelo Município de Miranda do Douro
Fonte(s) do Ruído Particular	Tráfego rodoviário. Indústrias.
Data de Emissão	2013-06-24

### *Equipa Técnica*

O presente trabalho foi elaborado pela seguinte equipa técnica:

- Luís Conde Santos, Engenheiro Electrotécnico (IST), MSc. Sound and Vibration Studies (Un. Southampton) – Director Técnico;
- Jorge Preto, Eng. do Território (IST) – Técnico Superior;

## 1. INTRODUÇÃO E OBJECTIVO

O Regulamento Geral do Ruído (RGR), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de Janeiro revoga o anterior regulamento (Decreto – Lei n.º 292/2000) defendendo a articulação com outros regimes jurídicos, designadamente o da urbanização e da edificação e o de autorização e licenciamento de actividades. O RGR visa, por outro lado, a salvaguarda da saúde humana e bem-estar das populações em matéria de ambiente sonoro e a harmonização com o Decreto-Lei n.º 146/2006, de 31 de Julho, que transpõe a Directiva Comunitária 2002/49/CE relativa à Avaliação e Gestão do Ruído Ambiente.

De acordo com a legislação citada, a elaboração, alteração ou revisão de Planos Municipais de Ordenamento do território (PMOT) devem recorrer a informação acústica adequada, devendo as Câmaras Municipais promover, para esse efeito, a elaboração de mapas de ruído.

É de destacar que passam a existir 3 períodos de referência – diurno, do entardecer e nocturno – e que os indicadores relevantes para elaboração de mapas de ruído passam a ser o nível diurno-entardecer-nocturno,  $L_{den}$ , e o nível nocturno,  $L_n$ . O período diurno tem início às 07h00 e fim às 20h00, o do entardecer vai das 20h00 às 23h00 e o nocturno das 23h00 às 07h00.

O presente estudo é o primeiro mapa de ruído elaborado para o concelho de Miranda do Douro, de acordo com o DL 9/2007. Trata-se, essencialmente, de uma caracterização acústica da situação existente neste concelho. Como habitualmente, foram contempladas as principais fontes de ruído existentes no interior e envolvente mais próxima daquele, a saber, o IC5 recentemente construído, a EN221, a EN218 com ligação a Espanha e ao concelho de Vimioso bem como diversas estradas municipais e arruamentos urbanos. Foram também consideradas as principais indústrias existentes, essencialmente ligadas à extracção e transformação de inertes.

O Mapa de Ruído do Município de Miranda do Douro agora elaborado, tem como objectivo constituir uma ferramenta actualizada de apoio às tomadas de decisões sobre o ordenamento do território, fornecendo informação acústica para atingir os seguintes objectivos:

- Identificar as zonas de conflito acústico com vista à elaboração posterior de um Plano Municipal de Redução de Ruído;
- Compatibilizar o mapa de ruído com a proposta de revisão do PDM.

O modelo criado é elaborado de forma a dispor de uma ferramenta evoluída e evolutiva para a gestão e controlo da poluição sonora existente nessa área, apresentando um potencial que não se esgota nos resultados apresentados.

A escala utilizada é a mesma a que está a ser elaborada a revisão do PDM do Município de Miranda do Douro adaptando-se melhor à tomada de decisões sobre estratégias de zonamento e de identificação de áreas prioritárias para redução de ruído, constituindo, uma ferramenta que deve ser utilizada em conjunto com o planeamento urbano de forma a permitir analisar qualquer cenário de alteração da situação actual, assim como evidenciar perante terceiros os impactes sonoros gerados e a redução ou aumento dos níveis sonoros (p.e. alteração do fluxo de tráfego, mudança de piso, etc.).

A precisão dos cálculos realizados para os mapas de ruído, dependente de vários parâmetros, foi ajustada para a sua apresentação a esta escala, ou inferior (por exemplo, 1:25.000, mínimo estabelecido pela Agência Portuguesa do Ambiente para articulação com PDM). A visualização ou impressão a escalas superiores a 1:10.000 não deverá ser utilizada.

No presente relatório é descrito o modelo computacional desenvolvido, sendo apresentados os seus resultados, quer em forma de quadros, quer em forma de mapas de ruído. A informação apresentada permite ter uma visão clara do ruído gerado pelas diferentes fontes sonoras.

Em anexo a este relatório, inclui-se ainda um CD que para além do presente relatório inclui os Mapas de Ruído e os Mapas de Conflitos do Município de Miranda do Douro à escala 1:25.000.

## 2. CONTEXTO LEGISLATIVO

A legislação portuguesa em que se baseiam as disposições legais elaboradas e apresentadas neste trabalho é descrita no Regulamento Geral do Ruído (RGR) – Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de Janeiro, nas Directrizes para a Elaboração de Mapas de Ruído publicadas pela Agência Portuguesa de Ambiente em Junho de 2008 e revistas em Dezembro de 2011 e “Recomendações para Selecção de Métodos de Cálculo a Utilizar na Previsão de Níveis Sonoros”.

### 2.1 DEFINIÇÕES

De seguida apresentam-se algumas definições importantes relativas à elaboração de Mapas de Ruído:

- Intervalos de Tempo de Referência – segundo o Decreto-Lei n.º 9/2007 são tomados como períodos de referência os seguintes: diurno (7h às 20h), entardecer (20h às 23h) e nocturno (23h às 7h);
- Ruído Ambiente – 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 Residual (ou Ruído de Fundo) – Ruído ambiente a que se suprimem um ou mais ruídos particulares, para uma determinada situação;
- Ruído Particular (ou Ruído Perturbador) – Componente do ruído ambiente que pode ser especificamente identificada por meios acústicos e atribuída a uma determinada fonte sonora;
- Área do Mapa – Área onde se pretende conhecer os níveis sonoros;
- Área de Estudo – A área de estudo, é uma área que geralmente é superior à área do mapa, onde poderão existir fontes de ruído que, apesar de se localizarem fora da área do mapa, poderão ter influência nos níveis sonoros aí existentes;
- Mapa de Ruído – Apresentação de dados sobre uma situação de ruído existente ou prevista em termos de um indicador de ruído, onde se representam as áreas e os contornos das zonas de ruído às quais corresponde uma determinada classe de valores expressos em dB(A), valores esses calculados numa malha quadrada de pontos e a uma dada altura relativamente ao solo (tipicamente 1,5 ou 4 metros);
- Mapas de Conflito – Mapas em que se representa as diferenças entre os níveis de ruído e os valores limite definidos para uma dada zona;
- Valor Limite – Valor que, conforme determinado pelo Estado-membro (em Portugal correspondente aos valores impostos para zonas sensíveis ou mistas), caso seja excedido, será ou poderá ser objecto de medidas de redução por parte das autoridades competentes;
- Zona Sensível a área definida em plano municipal de ordenamento do território como vocacionada para uso habitacional, ou para escolas, hospitais ou similares, ou espaços de lazer, existentes ou previstos, podendo conter pequenas unidades de comércio e de serviços destinadas a servir a população local, tais como cafés e outros estabelecimentos

de restauração, papelarias e outros estabelecimentos de comércio tradicional, sem funcionamento no período nocturno;

- Zona Mista a área definida em plano municipal de ordenamento do território, cuja ocupação seja afectada a outros usos, existentes ou previstos, para além dos referidos na definição de zona sensível;
- Zona Urbana Consolidada a zona sensível ou mista com ocupação estável em termos de edificação;
- Planeamento Acústico – O futuro controlo de ruído através de medidas programadas; inclui o ordenamento de território, engenharia de sistemas para o tráfego, planeamento do tráfego, redução por medidas adequadas de isolamento sonoro e de controlo de ruído na fonte;
- Nível Sonoro Contínuo Equivalente, Ponderado A,  $L_{Aeq}$ , de um Ruído e num Intervalo de Tempo – Nível sonoro, em dB (A), de um ruído uniforme que contém a mesma energia acústica que o ruído referido naquele intervalo de tempo,

$$L_{Aeq} = 10 \log_{10} \left[ \frac{1}{T} \int_0^T 10^{\frac{L(t)}{10}} dt \right]$$

sendo:

$L(t)$  o valor instantâneo do nível sonoro em dB (A);

$T$  o período de tempo considerado.

- Nível de ruído diurno-entardecer-nocturno:

$$L_{den} = 10 \log_{10} \frac{1}{24} \left( 13 \times 10^{\frac{L_d}{10}} + 3 \times 10^{\frac{L_e+5}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right)$$

sendo:

- $L_d$  o indicador de ruído diurno ( $L_{Aeq}$  de longa duração do ruído ambiente diurno)
- $L_e$  o indicador de ruído entardecer ( $L_{Aeq}$  de longa duração do ruído ambiente entardecer)
- $L_n$  o indicador de ruído nocturno ( $L_{Aeq}$  de longa duração do ruído ambiente nocturno)

## 2.2 ENQUADRAMENTO LEGAL DOS MAPAS DE RUÍDO

Relativamente aos limites máximos de exposição o DL nº 9/2007 indica no Artigo 11º o seguinte:

- a) As zonas mistas não devem ficar expostas a ruído ambiente exterior superior a 65 dB(A), expresso pelo indicador  $L_{den}$ , e superior a 55 dB(A), expresso pelo indicador  $L_n$ ;
- b) As zonas sensíveis não devem ficar expostas a ruído ambiente exterior superior a 55 dB(A), expresso pelo indicador  $L_{den}$ , e superior a 45 dB(A), expresso pelo indicador  $L_n$ ;
- c) As zonas sensíveis em cuja proximidade exista em exploração, à data da entrada em vigor do presente Regulamento, uma grande infra-estrutura de transporte não devem ficar expostas a ruído ambiente exterior superior a 65 dB(A), expresso pelo indicador  $L_{den}$ , e superior a 55 dB(A), expresso pelo indicador  $L_n$ ;
- d) As zonas sensíveis em cuja proximidade esteja projectada, à data de elaboração ou revisão do plano municipal de ordenamento do território, uma grande infra-estrutura de transporte aéreo não devem ficar expostas a ruído ambiente exterior superior a 65 dB(A), expresso pelo indicador  $L_{den}$ , e superior a 55 dB(A), expresso pelo indicador  $L_n$ ;
- e) As zonas sensíveis em cuja proximidade esteja projectada, à data de elaboração ou revisão do plano municipal de ordenamento do território, uma grande infra-estrutura de transporte que não aéreo não devem ficar expostas a ruído ambiente exterior superior a 60 dB(A), expresso pelo indicador  $L_{den}$ , e superior a 50 dB(A), expresso pelo indicador  $L_n$ .

Refere ainda no ponto 3 do mesmo artigo que:

Até à classificação das zonas sensíveis e mistas a que se referem os nºs 2 e 3 do artigo 6º, para efeitos de verificação do valor limite de exposição, aplicam-se aos receptores sensíveis os valores limite de  $L_{den}$  igual ou inferior a 63 dB(A) e  $L_n$  igual ou inferior a 53 dB(A).

No que diz respeito ao licenciamento de operações urbanísticas, o nº 6 do artigo 12º refere que é interdito o licenciamento ou a autorização de novos edifícios habitacionais, bem como de novas escolas, hospitais ou similares e espaços de lazer enquanto se verifique violação dos valores limite fixados no artigo anterior.

O nº 7 desse mesmo artigo estabelece, porém, que podem ser licenciados novos edifícios habitacionais em zonas urbanas consolidadas desde que essa zona seja abrangida por um plano municipal de redução de ruído ou não seja excedido em mais de 5 dB(A) os valores limite fixados no artigo 11º e haja um reforço suplementar de 3 dB(A) do isolamento de fachada (expresso através do índice  $D_{2m,nT,w}$ ) em relação ao limite estipulado no Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (DL 96/2008).

Ainda de acordo com o RGR, cabe à Agência Portuguesa de Ambiente (APA) a definição de directrizes para elaboração de mapas de ruído. Nesse intuito, foram publicadas as referidas directrizes em Março de 2007, depois revistas em Junho de 2008, das quais se destacam os seguintes aspectos técnicos a ter em consideração na elaboração de mapas de ruído:

- Todos os mapas de ruído devem reportar-se aos indicadores  $L_{den}$  e  $L_n$ , ambos calculados a uma altura acima do solo de 4 metros.
- Para elaboração dos mapas de ruído municipais recomendam-se os métodos de cálculo referidos no Anexo I da DRA.



- A cartografia base deve incluir a altimetria do terreno (curvas de nível cotadas), a localização e altura dos edifícios, das fontes de ruído (infra-estruturas de transporte e fontes fixas) e dos obstáculos permanentes à propagação do ruído (por exemplo, muros e barreiras acústicas).
- Recomenda-se que a escala seja igual ou superior a: 1:25000, para articulação com PDM, salvo nos municípios definidos como aglomerações; 1:5000, ou outras que a regulamentação própria sobre cartografia venha a definir, para articulação com PU/PP; 1:10000, para mapas estratégicos de aglomerações e de GIT.
- Os mapas para articulação com o PDM devem incluir, pelo menos as seguintes fontes de ruído:
  1. As rodovias cujo tráfego médio diário anual (TMDA) ultrapasse 8 000 veículos;
  2. As ferrovias, incluindo as linhas da rede principal e complementar, o metropolitano de superfície, com 30 000 ou mais passagens de comboios por ano;
  3. Todos os aeroportos e aeródromos;
  4. as fontes fixas abrangidas pelos procedimentos de Avaliação de Impacte Ambiental e de Prevenção e Controlo Integrados de Poluição.
- Os mapas para articulação com PU e PP devem incluir todas as fontes sonoras com emissões para o exterior.
- Os valores apresentados no mapa devem ser comparados com valores de medições efectuadas em locais seleccionados, através de uma ou mais medições de longa duração (duração mínima de 48 horas).
- Deve ser considerada, pelo menos, a primeira ordem de reflexões para os mapas de ruído à escala do PDM e mapas estratégicos de ruído e, pelo menos, a segunda ordem de reflexões para mapas às escalas de PU ou PP.
- É recomendada uma malha de cálculo não superior a 20 m por 20 m para mapas de ruído à escala do PDM e mapas estratégicos de ruído e não superior a 10 m por 10 m para mapas de ruído à escala de PU e PP e mapas estratégicos de aglomerações.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 MAPAS DE RUÍDO – DESCRIÇÃO BREVE

Desde a publicação do Livro Verde (1996) da "Future Noise Policy for EU" que ficou claramente definido que, a nível comunitário, toda a política do ruído ambiental se passará a basear na cartografia do ruído, inserida em sistemas de informação geográfica e considerada como ferramenta essencial de planeamento urbano, municipal e regional.

O desenvolvimento de técnicas de modelação da emissão e propagação sonora, a par do enorme aumento das capacidades de memória e cálculo dos sistemas informáticos, permitiram o aparecimento, nos últimos anos, de programas informáticos capazes de modelar, com boa precisão e relativa rapidez, as mais complexas situações de geração e propagação de ruído.

Os resultados são normalmente apresentados sob a forma de linhas isofónicas e/ou manchas coloridas, representando as áreas cujo nível de ruído se situa numa dada gama de valores, ou seja, Mapas de Ruído.



Figura 3-1 – Mapa de Ruído em planta.



Figura 3-2 – Mapa de Ruído em 3D.

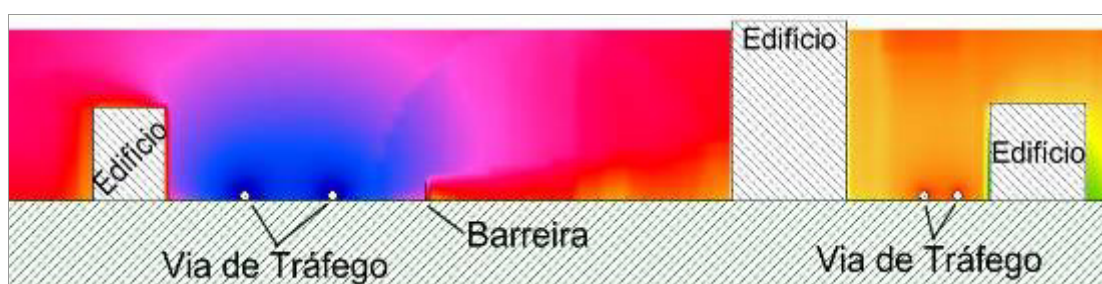


Figura 3-3 – Mapa de Ruído em corte transversal às vias rodoviárias.

Estes mapas de ruído não resultam directamente de medições de ruído realizadas pois, para que tal fosse possível com um mínimo de representatividade, seriam necessárias centenas, ou mesmo milhares de medições, com duração de vários dias por cada ponto de medição. Estes resultam sim, de cálculos realizados de acordo com modelos matemáticos baseados em Normas, englobando uma série de fases que a seguir se descrevem.

## 3.2 MAPA DE RUÍDO DO MUNICÍPIO DE MIRANDA DO DOURO

O trabalho realizado consistiu, conforme se referiu anteriormente, na caracterização acústica da situação existente do concelho de Miranda do Douro. Os mapas de ruído foram calculados, de forma a expressarem os indicadores  $L_{den}$  e  $L_n$ , tendo em conta as recomendações das Directrizes para a Elaboração de Mapas de Ruído publicadas pela APA.

## 3.3 SOFTWARE UTILIZADO

O programa utilizado para a elaboração dos Mapas de Ruído foi o CadnaA que cumpre integralmente com os requisitos apresentados na Directiva Comunitária (2002/49/CE), no que toca aos métodos de cálculo a utilizar para elaboração do Mapa de Ruído e permite elaborar Mapas de Ruído que incluem a contribuição de todos os tipos de fontes relevantes, sendo cada uma modelada de acordo com o método respectivo.

De origem alemã, está no mercado desde a década de 80, tendo sido utilizado desde então quer pela equipa que o desenvolve ([www.datakustik.de](http://www.datakustik.de)), quer generalizadamente por todo o mundo incluindo Portugal, onde foi inicialmente utilizado na elaboração do Mapa de Ruído da cidade de Lisboa e que se generalizou entretanto na elaboração de Mapas de Ruído de outros municípios (no final de 2005 era já o software responsável pelo mapeamento de mais de 40 % da área de Portugal Continental) e para grandes indústrias cimenteiras, fundições e centrais termoeléctricas.

## 3.4 NORMAS E PARÂMETROS UTILIZADOS

### 3.4.1 TRÁFEGO RODOVIÁRIO

A modelação do ruído de tráfego rodoviário, para obtenção do seu nível sonoro associado, passa primeiro de tudo, pela caracterização da emissão sonora dos veículos rodoviários e respectiva modelação em cada via de trânsito e pela caracterização da propagação sonora na atmosfera.

Na ausência de um método nacional para o cálculo de níveis de ruído de tráfego rodoviário, recorreu-se, neste estudo, ao método de cálculo recomendado pela Directiva do Parlamento Europeu e do Conselho relativa à Avaliação e Gestão do Ruído Ambiente (2002/49/CE) de 25 de Junho.

No seu anexo II, a Directiva recomenda que se utilize a base de dados constante no documento “Ministère de l’Environnement et du Cadre de Vie; Ministère des Transports; CETUR – *Guide du Bruit des Transports Terrestres: Prèvision des Niveaux Sonores*”. [s.l.]: ed. A., 1980. pág. 98 e 99 e o método NMPB-1996 (Norma XPS 31-133) o qual reparte a via de tráfego em fontes pontuais, considerando a aproximação *da Acústica Geométrica* para a propagação sonora associada a cada fonte.

De acordo com esta Norma, para a modelação de vias de tráfego rodoviário, é necessária a seguinte informação:

- Perfis longitudinal e transversal;
- Inclinação;
- Fluxos de tráfego horários em cada período de referência (diurno/entardecer/nocturno), com distinção de veículos ligeiros e pesados;
- Características do pavimento;
- Classificação da rodovia;
- Limites de velocidade ligeiros/pesados.

Devido às relativamente reduzidas dimensões dos veículos automóveis, o tráfego rodoviário numa via de tráfego, pode ser modelado como por um número de Fontes Pontuais igual ao número de veículos

que nela circulam, a moverem-se com velocidades iguais às dos respectivos veículos e com um Nível de Potência Sonora, Ponderado A,  $L_{AW}$ , função da velocidade, do tipo de veículo, do perfil longitudinal e do fluxo de tráfego.

Como nos interessa a integração dos níveis sonoros ao longo do tempo, ou seja, o Nível Sonoro Contínuo Equivalente, Ponderado A, num determinado Receptor, uma via de tráfego pode ser modelada como uma fonte linear que, na prática, é dividida em vários segmentos elementares, que se comportam como fontes pontuais estáticas, com uma determinada potência sonora  $L_{AW}$ , função de diversos parâmetros como a velocidade, tipo de veículo, perfil longitudinal, fluxo de tráfego e comprimento do segmento.

A introdução no modelo de uma via de tráfego rodoviário envolve os seguintes passos:

- Separação de um troço rodoviário em secções acusticamente homogêneas, querendo-se com isto dizer que o ruído emitido pelo tráfego em cada secção não varia ou varia pouco, e o perfil da via é aproximadamente constante ao longo dessa secção;

A localização das fontes de ruído lineares poderá ser efectuada de três formas, por ordem decrescente de preferência e em função das dimensões da secção da via, da distância relativa aos pontos receptores de interesse e da escala de trabalho:

- uma fonte linear por faixa de tráfego
- uma fonte linear por cada direcção
- uma fonte linear por via de tráfego, situada no eixo da referida via.

De acordo com o método NMPB-1996 uma fonte linear é segmentada em fontes pontuais da seguinte forma:

- O nível de potência sonora  $L_{AWi}$  expresso em dB(A) de uma fonte pontual para uma dada banda de oitava pode ser obtida através de valores disponibilizados no “Guide du Bruit des Transports Terrestres” – “Prévision des niveaux sonores”, CETUR, 1980, ábacos 4.1 e 4.2, através da seguinte fórmula:

$$L_{Wi} = [(E_{VL} + 10 \log Q_{VL}) \oplus (E_{PL} + 10 \log Q_{PL})] + 20 + 10 \log(l_i) + R(j)$$

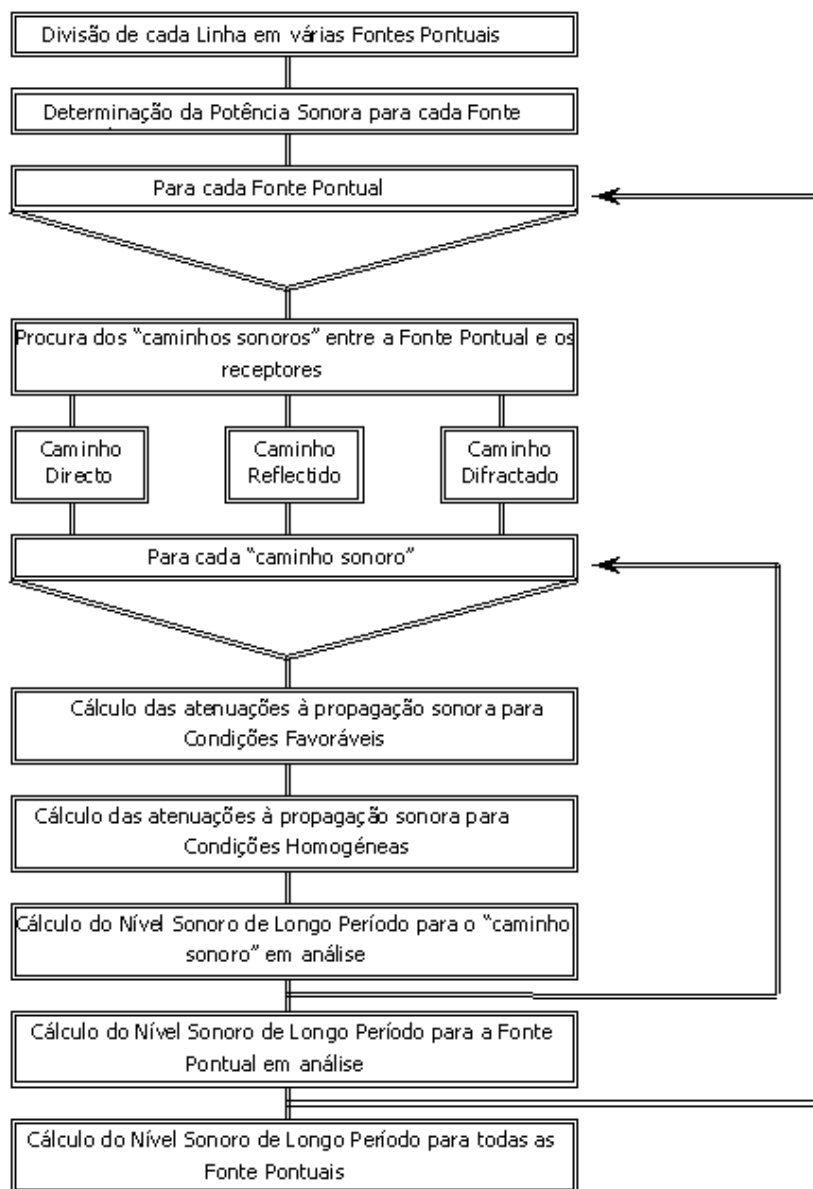
em que,

- $\oplus$  é a soma logarítmica das duas parcelas adjacentes
- $E_{VL}$  e  $E_{PL}$  são os níveis sonoros retirados dos ábacos acima referidos para veículos ligeiros e pesados respectivamente;
- $Q_{VL}$  e  $Q_{PL}$  são os fluxos horários de veículos ligeiros e pesados respectivamente, representativos do período considerado para análise
- $l_i$  é o comprimento em metros do segmento da fonte linear modelada por fontes pontuais
- $R(j)$  é o espectro referência para tráfego rodoviário calculado pela Norma Europeia EN 1793-3 conforme o Quadro seguinte:

**Quadro 3-1 - Espectro de referência para tráfego rodoviário**

j	Banda de oitava	R(j) em dB(A)
1	125 HZ	-14
2	250HZ	-10
3	500HZ	-7
4	1KHZ	-4
5	2KHZ	-7
6	4KHZ	-12

Apresenta-se, na figura seguinte, o fluxograma preconizado pelo método NMPB-1996, o qual pondera a probabilidade de ocorrência de condições atmosféricas favoráveis e desfavoráveis à propagação sonora.



**Figura 3-4 – Fluxograma do método NMPB'96**

### 3.4.2 INDÚSTRIAS

A avaliação do impacto sonoro das fontes industriais, foi efectuada através de modelação de fontes em área optimizáveis. Esta consiste na modelação de cada unidade industrial como uma ou várias fontes em área horizontais, determinando-se genericamente a potência sonora, por metro quadrado, de cada uma das áreas.

A determinação da potência sonora baseia-se na Norma ISO 8297:1994(E) e, sucintamente, consiste na realização de medições do ruído ambiente na área envolvente à unidade industrial em avaliação, variando a distância à fonte, a altura das medições e a distância entre pontos de medição em função das características (altura média das fontes, comprimento máximo da unidade industrial) da área industrial em estudo. A potência sonora da unidade industrial é determinada em função dos valores medidos indicados no modelo como pontos receptores de optimização e definindo os parâmetros de cálculo necessários, parâmetros esses que obedecem à norma indicada anteriormente.

A atenuação do som na sua propagação ao ar livre foi calculada pelo software recorrendo à norma NP 4361-2 (2001). Esta norma especifica um método de engenharia para o cálculo da atenuação do som durante a sua propagação em campo livre, a fim de prever os níveis de ruído ambiente a uma dada distância proveniente de diversas fontes.

O método permite prever o nível sonoro equivalente, ponderado A em condições meteorológicas favoráveis à propagação a partir de fontes de emissão conhecidas e, neste caso, calculado pela ISO 8297:1994(E).

Especificamente, esta norma providencia métodos de cálculo para os seguintes efeitos físicos que influenciam os níveis de ruído ambiental:

- Divergência geométrica;
- Atenuação através do solo;
- Atenuação por barreiras acústicas;
- Atenuação por zonas industriais ou verdes;
- Reflexões em superfícies.

A equação básica definida na Norma NP 4361-2 para o cálculo do nível de pressão sonora ( $L_p$ ), para um dado receptor, é:

$$L_p = L_w + D_c - A$$

em que,

- $L_w$  é o nível de potência sonora produzida por uma fonte sonora, dB;
- $D_c$  é a correcção de directividade, dB;
- $A$  é o termo de atenuação do nível de potência sonora que ocorre durante a propagação do som desde a fonte emissora até ao receptor, dB.

em que,

$$A = A_{atm} + A_{solo} + A_{div} + A_{bar} + A_{var}$$

- $A_{atm}$  é a atenuação resultante da absorção atmosférica;
- $A_{solo}$  é a atenuação resultante da absorção por parte do solo;
- $A_{div}$  é a atenuação resultante da divergência geométrica;
- $A_{bar}$  é a atenuação resultante de barreiras;
- $A_{var}$  é a atenuação resultante de efeitos diversos, como zonas industriais e zonas verdes.

## 4. DESCRIÇÃO DO PROJECTO

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DO MODELO

Nos pontos seguintes são indicados e descritos os elementos e dados necessários para a construção do modelo acústico tridimensional necessário para a posterior apresentação do mapa de ruído.

#### 4.1.1 IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Miranda do Douro situa-se na região nordeste do país, pertencendo ao distrito de Bragança (Figura 4-1). Faz fronteira com Espanha a norte e leste, com o concelho de Mogadouro a sul e com o concelho de Vimioso a poente. O concelho encontra-se dividido em 17 freguesias ocupando uma área de 484 km<sup>2</sup> e possuindo aproximadamente 9000 habitantes (<http://www.cm-mdouro.pt/concelho/>, 2013).

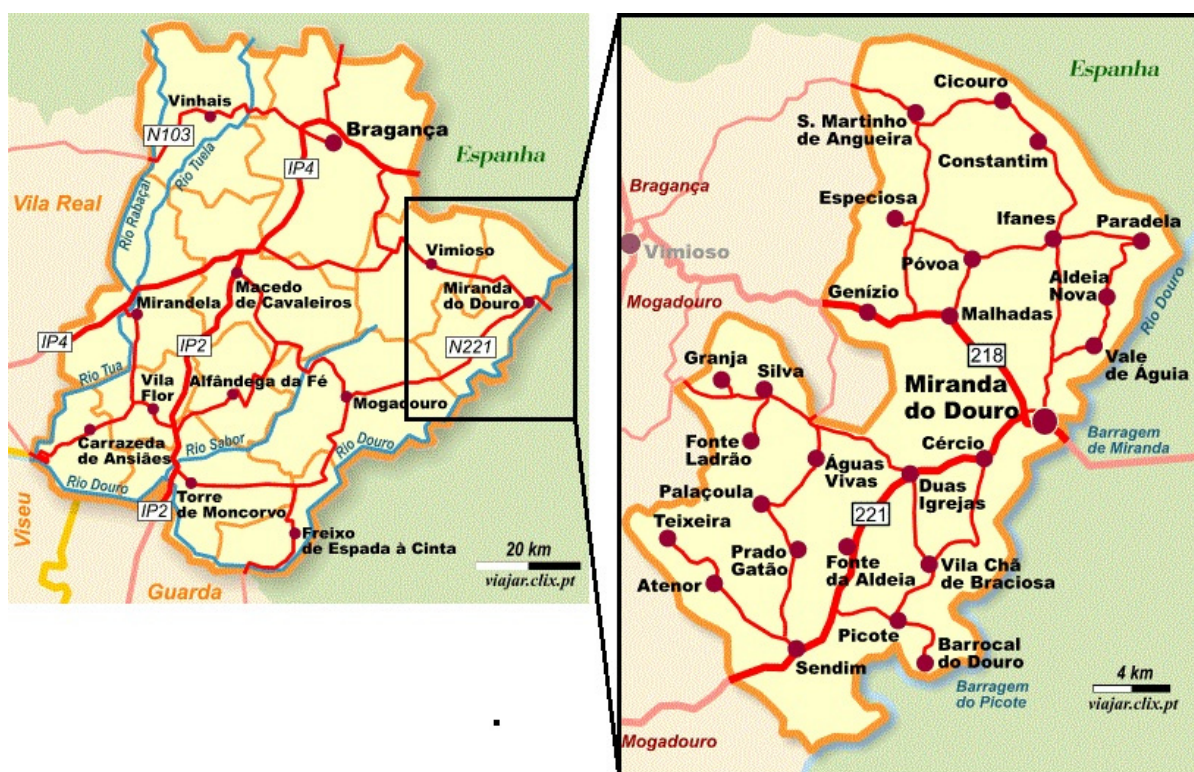


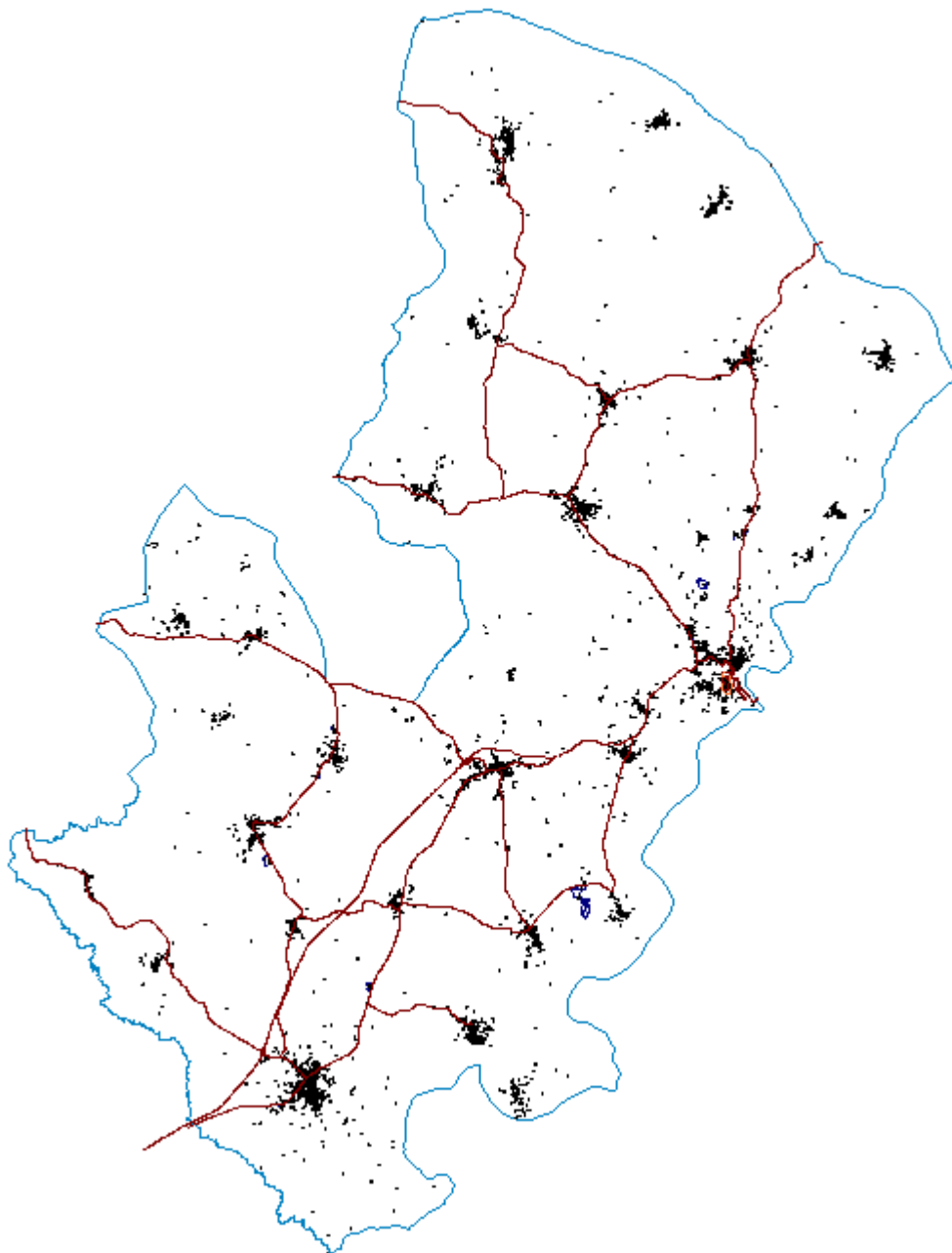
Figura 4-1 – Localização da área em estudo: Município de Miranda do Douro (<http://viajar.clix.pt>)

#### 4.1.2 ÁREA DO MAPA E ÁREA DE ESTUDO

A área do mapa corresponde à área contida no limite do Município. Embora a propagação de ruído seja um problema eminentemente de âmbito local, muitas das infraestruturas que produzem ruído atravessam vários municípios, por isso aquelas que extravasam o limite concelhio, foram estendidas para além da área de cálculo, conforme se ilustra na figura seguinte, para que fosse tida em conta essa



emissão sonora. Neste último caso, a área considerada diz respeito à área de estudo. A distância considerada teve em conta o tipo e intensidade das fontes em causa, bem como das características de ocupação do solo no limite da área do mapa.



**Figura 4-2 – Representação da área de estudo.**

### 4.1.3 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

A caracterização climática da região em estudo foi efectuada com base nos dados referentes à Estação Meteorológica de Junqueira, Bragança entre os anos de 2003 e 2010. Os principais parâmetros que caracterizam o clima desta região e que se revelam essenciais para o cálculo da atenuação atmosférica na propagação do som ao ar livre são a temperatura, a humidade relativa e o regime de ventos.

A temperatura média anual, obtida através das médias das temperaturas médias mensais foi de 15.3 °C. A média anual de humidade relativa do ar foi 66%. A velocidade média dos ventos foi de 0.8 m/s (fonte: <http://www.snirh.pt>).

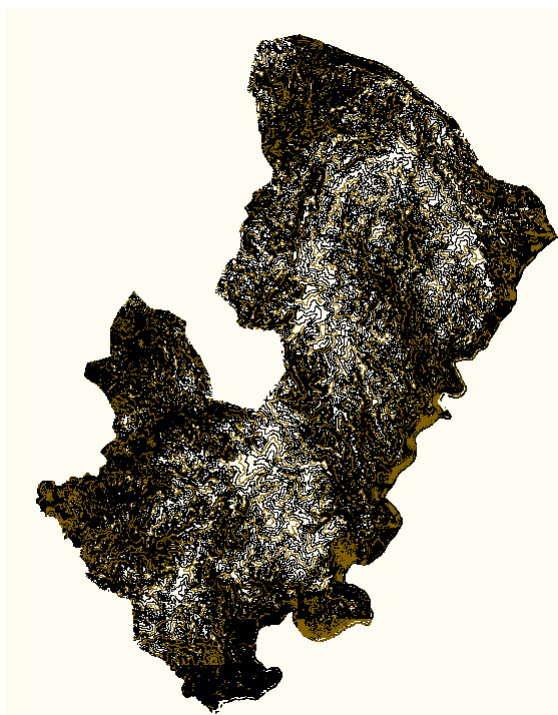
Relativamente às direcções predominantes dos ventos, pelo facto de as velocidades não ultrapassarem o valor de 5.0 m/s, segundo as especificações na Norma NP 4361-2, não haverá necessidade de se introduzirem os dados relativos a direcção dos ventos, já que obedecem os requisitos das condições de propagação favoráveis (“downwind conditions”).

### 4.1.4 DADOS CARTOGRÁFICOS E MODELO TRIDIMENSIONAL

#### 4.1.4.1 Altimetria

Para a elaboração do mapa de ruído é necessária informação relativa à altimetria do terreno, nomeadamente curvas de nível e pontos cotados. A partir desta informação, que dá entrada no modelo em formato DWG, é construído o modelo digital do terreno usado como base na simulação.

Os dados altimétricos do município foram fornecidos pelo cliente. Para representar o terreno na área do mapa e na sua envolvente, foram utilizadas neste modelo curvas de nível cotadas de 5 em 5 metros, abrangendo a totalidade da área concelhia, conforme a Figura 4-3. A informação fornecida pela Câmara Municipal encontrava-se georreferenciada.



**Figura 4-3 – Curvas de nível em planta.**

#### 4.1.4.2 Edifícios

A informação referente a edifícios e outros elementos de construção (planimetria) foi fornecida pelo cliente.

Na cartografia fornecida pelo cliente, encontrava-se disponível a informação sobre a cêrcea da totalidade dos edifícios do município. Deste modo, foi possível “construir” o modelo 3D da área em estudo.

Na Figura 4-4, pode-se observar o aspecto do modelo tridimensional criado. Aos edifícios foi também atribuído um valor médio de absorção sonora.

Será também de realçar que, foram também identificados e introduzidos no modelo alguns objectos de interesse, como por exemplo muros e taludes, que funcionam como “barreiras acústicas” na propagação do som ao ar livre.

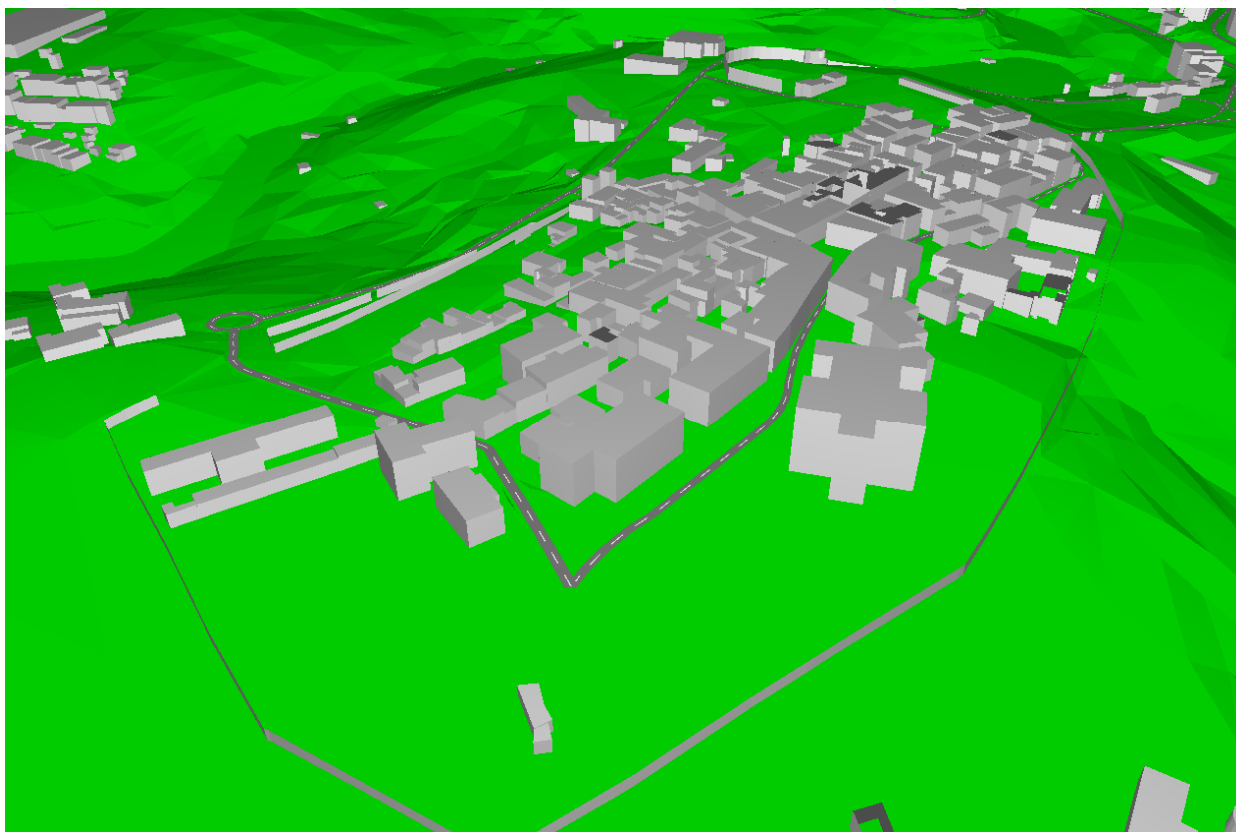


Figura 4-4 – Vista tridimensional sobre o centro histórico de Miranda do Douro

## 4.2 FONTES DE RUÍDO

O presente estudo tem definido como fontes de ruído, as principais vias de tráfego rodoviárias e as indústrias existentes na área em estudo. As fontes de ruído foram modeladas de acordo com a sua geometria real e de forma a reproduzir no modelo a realidade acústica existente.

## 4.2.1 SITUAÇÃO ACTUAL

### 4.2.1.1 Tráfego Rodoviário

A localização desta informação foi obtida através da cartografia e documentação fornecida pelo cliente.

As cotas das estradas foram obtidas através da modelação do terreno gerado pelas curvas de nível, tendo sido necessários alguns ajustes, de modo a obter uma melhor correspondência com a realidade, como pode ser verificado na Figura 4-5. No caso do IC5 foram utilizados os elementos cartográficos que fazem parte do projecto de execução da via.

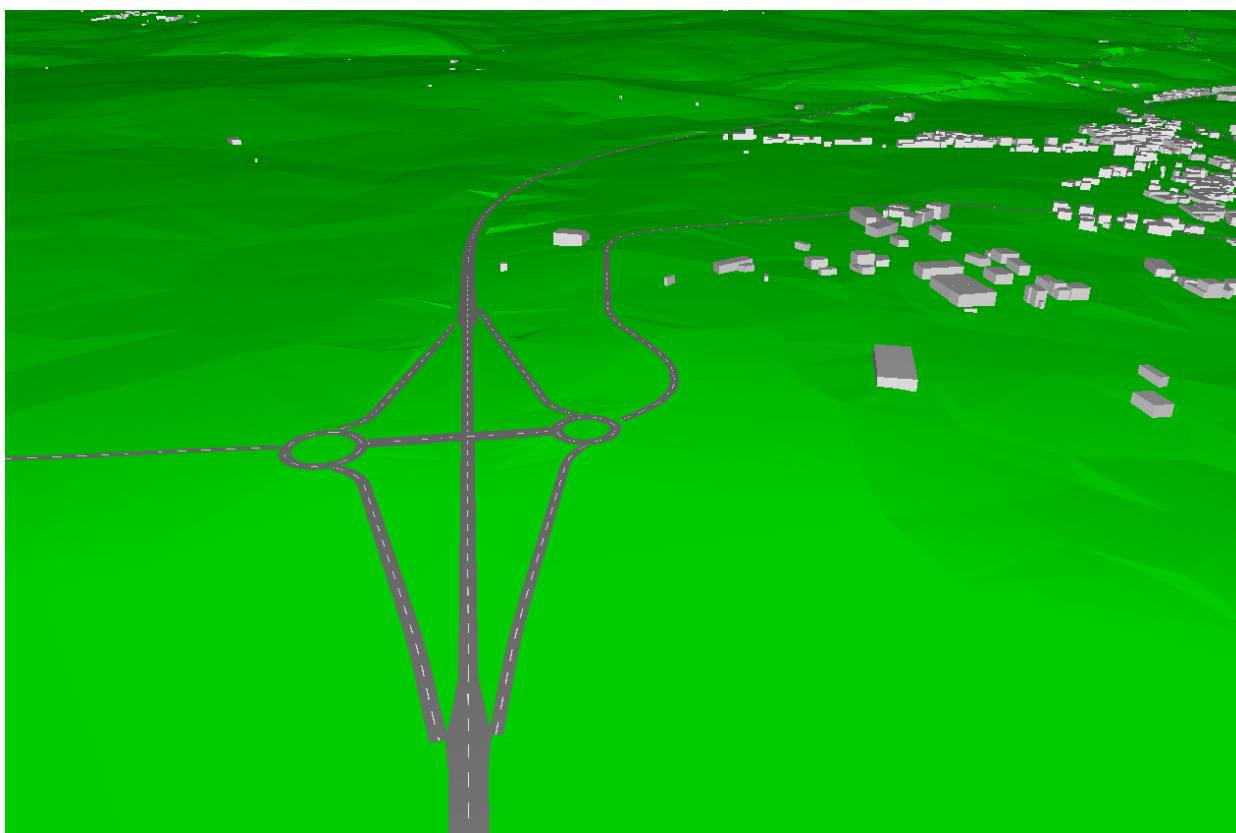


Figura 4-5 – Vista tridimensional do IC5 junto do Nó de Duas Igrejas.

Assim, as estradas consideradas neste estudo foram as seguintes:

- Av. Fonte do Sol
- Avenida Aranda de I Douro
- EM1126
- EM1128
- EM1128 – Rua de Sta. Cruz



- EM1200 – Estrada Ifanes - Póvoa – Nazo
- EM1201
- EM542
- EM542 - Rua de São Roque
- EM542 - Rua de São Sebastião
- EM542 - Rua dos Adis
- EM543
- EM543 - Largo da Feira
- EM543 - Rua Principal
- EM544
- EM568
- EM568
- EM569
- EM569 – Av. da Indústria
- EM569 – Avenida da Indústria / Rua Caminho de Sendim
- EM569 – Largo da Cruz
- EM569 – Rua das Eirinhas
- EM569 – Rua de Santo Cristo
- EM569 – Rua do Rodelão
- EM602
- EM602 – Rua da Macaneira
- EM602 – Rua Sta. Cruz
- EN218
- EN221
- EN221-2
- EN221-2 - Rua dos Barreais
- EN221-6

- Estrada entre Prado Gatão e Fonte Aldeia
- IC5 - Sendim - Duas Igrejas
- Largo D. João III
- Largo da Moagem
- Largo da Sé
- Largo do Castelo / Rua D. Pedro Lourenço de Távora
- Rua 1º de Maio
- Rua D. Turíbio Lopes
- Rua da Costanilha
- Rua da Igreja
- Rua da Rainha D. Catarina
- Rua das Eiras
- Rua do Convento
- Rua do Paço
- Rua Dom Dinis
- Rua dos Olmos
- Rua Eng. A.C.Meirinhos / Av.Fonte do Sol
- Rua Mouzinho de Albuquerque
- Travessa do Castelo

Atendendo aos principais cruzamentos existentes nas vias rodoviárias em estudo, estas foram divididas em diferentes troços distintos, como pode ser visualizado na Carta 1.1 do Anexo I deste estudo, de forma a caracterizar os diferentes volumes de tráfego. Dentro destes troços houve ainda uma subdivisão por velocidade de circulação permitida e por tipo de piso.

No Quadro 4-1 apresentam-se algumas características das vias rodoviárias incluídas no modelo para elaboração dos mapas de ruído, resultantes de trabalho de campo realizado pelo dBLab e de dados de tráfego obtidos a partir de publicações oficiais (Estradas de Portugal, 2003) e outros estudos (RECAPE elaborado para o IC5, Lanço Mogadouro – Miranda do Douro, 2009).

A sua adaptação ao terreno foi efectuada com recurso ao programa de modelação acústica CadnaA e com base no respectivo projecto de execução fornecido pela CM de Miranda do Douro.

**Quadro 4-1 – Listagem das características das vias rodoviárias consideradas para os períodos diurno, entardecer e nocturno**

Rodovia	TMH (veículos/h)			Percentagem de Pesados			Velocidade máxima (km/h)		Tipo de Piso
	Diurno	Entardecer	Nocturno	Diurno	Entardecer	Nocturno	Ligeiros	Pesados	
Av. Fonte do Sol	12	3	1	33,0	0,0	0,0	90	70	Betuminoso
Avenida Aranda de I Douro - A	50	38	15	2,0	1,7	0,0	50	50	Betuminoso
Avenida Aranda de I Douro - B	25	19	8	2,0	1,7	0,0	50	50	Betuminoso
EM1126 - A	12	3	1	33,0	0,0	0,0	50	50	Betuminoso
EM1126 - B	12	3	1	33,0	0,0	0,0	90	70	Betuminoso
EM1128	12	3	1	33,0	0,0	0,0	90	70	Betuminoso
EM1128 - Rua de Sta. Cruz	12	3	1	33,0	0,0	0,0	50	50	Betuminoso
EM1200 - Estrada Ilnes - Póvoa - Nazo - A	6	1,5	0,5	33,0	0,0	0,0	50	50	Betuminoso
EM1200 - Estrada Ilnes - Póvoa - Nazo - B	6	1,5	0,5	33,0	0,0	0,0	90	70	Betuminoso
EM1201	48	12	4	25,0	0,0	0,0	90	70	Betuminoso
EM542 - A	20	5	2	20,0	0,0	0,0	90	70	Betuminoso
EM542 - B	48	12	25	25,0	0,0	0,0	90	70	Betuminoso
EM542 - C	48	12	25	25,0	0,0	0,0	50	50	Betuminoso
EM542 - Rua de São Roque	48	12	4	25,0	0,0	0,0	50	50	Betuminoso
EM542 - Rua de São Sebastião	48	12	4	25,0	0,0	0,0	50	50	Betuminoso
EM542 - Rua dos Adis	48	12	4	25,0	0,0	0,0	50	50	Betuminoso
EM543 - A	12	3	1	33,0	0,0	0,0	50	50	Betuminoso
EM543 - B	12	3	1	33,0	0,0	0,0	90	70	Betuminoso
EM543 - Largo da Feira	12	3	1	33,0	0,0	0,0	50	50	Betuminoso
EM543 - Rua Principal	12	3	1	33,0	0,0	0,0	50	50	Betuminoso
EM544	20	5	2	20,0	0,0	0,0	90	70	Betuminoso
EM568 - A	8	2	1	12,5	0,0	0,0	50	50	Betuminoso
EM568 - B	24	8	3	20,0	20,0	20,0	90	70	Betuminoso
EM568 - C	42	12	4	14,3	0,0	0,0	90	70	Betuminoso
EM568 - D	48	14	5	12,5	0,0	0,0	90	70	Betuminoso
EM569	20	7	2	0,0	0,0	0,0	90	70	Betuminoso
EM569 - Av. da Indústria - A	12	4	1	0,0	0,0	0,0	50	50	Betuminoso
EM569 - Av. da Indústria - B	12	4	1	0,0	0,0	0,0	90	70	Betuminoso
EM569 - Av. da Indústria - C	18	6	2	0,0	0,0	0,0	90	70	Betuminoso
EM569 - Av. da Indústria - D	20	7	2	0,0	0,0	0,0	50	50	Betuminoso
EM569 - Av. da Indústria - E	30	10	3	0,0	0,0	0,0	90	70	Betuminoso
EM569 - Av. da Indústria - F	30	10	3	0,0	0,0	0,0	50	50	Betuminoso
EM569 - Av. da Indústria - G	16	5	2	0,0	0,0	0,0	90	70	Betuminoso
EM569 - Av. da Indústria / Rua Caminho de Sendim	16	5	2	0,0	0,0	0,0	90	70	Betuminoso
EM569 - Largo da Cruz	12	4	1	0,0	0,0	0,0	50	50	Betuminoso
EM569 - Rua das Eirinhas	12	4	1	0,0	0,0	0,0	50	50	Betuminoso
EM569 - Rua de Santo Cristo	16	5	2	0,0	0,0	0,0	50	50	Betuminoso
EM569 - Rua do Rodelão	20	7	2	0,0	0,0	0,0	50	50	Betuminoso
EM602	12	4	1	0,0	0,0	0,0	90	70	Betuminoso
EM602 - Rua da Macaneira	12	4	1	0,0	0,0	0,0	50	50	Betuminoso
EM602 - Rua Sta. Cruz	12	4	1	0,0	0,0	0,0	50	50	Betuminoso
EN218 - A	84	28	9	0,0	0,0	0,0	50	50	Betuminoso
EN218 - Acesso Miranda 1	42	14	5	0,0	0,0	0,0	50	50	Betuminoso
EN218 - Acesso Miranda 2	42	14	5	0,0	0,0	0,0	50	50	Betuminoso
EN218 - Acesso Miranda 3	8	2,5	1	0,0	0,0	0,0	50	50	Betuminoso
EN218 - Acesso Miranda 4	8	2,5	1	0,0	0,0	0,0	50	50	Betuminoso
EN218 - B	75	25	8	0,0	0,0	0,0	50	50	Betuminoso
EN218 - C	16	5	2	0,0	0,0	0,0	50	50	Betuminoso
EN218 - D	16	5	2	0,0	0,0	0,0	90	70	Betuminoso
EN218 - E	16	5	2	0,0	0,0	0,0	50	50	Betuminoso
EN218 - F	12	3	1	33,0	0,0	0,0	90	70	Betuminoso
EN218 - G	12	3	1	33,0	0,0	0,0	50	50	Betuminoso
EN218 - H	12	3	1	33,0	0,0	0,0	90	70	Betuminoso
EN221 - A	180	60	20	12,5	0,0	0,0	90	70	Betuminoso
EN221 - Acesso Miranda 1	50	16	5	0,0	0,0	0,0	50	50	Betuminoso
EN221 - Acesso Miranda 2	50	16	5	0,0	0,0	0,0	50	50	Betuminoso

**Quadro 4-1 – Listagem das características das vias rodoviárias consideradas para os períodos diurno, entardecer e nocturno – continuação**

Rodovia	TMH (veículos/h)			Percentagem de Pesados			Velocidade		Tipo de Piso
	Diurno	Entardecer	Nocturno	Diurno	Entardecer	Nocturno	Ligeiros	Pesados	
EN221 - B	180	60	20	12,5	0	0	50	50	Betuminoso
EN221 - C	72	24	8	0	0	0	50	50	Betuminoso
EN221 - D	72	24	8	0	0	0	90	70	Betuminoso
EN221 - E	24	16	8	0	0	0	90	70	Betuminoso
EN221 - F	185	62	21	13,3	0	0	50	50	Betuminoso
EN221 - G	185	62	21	13,3	0	0	90	70	Betuminoso
EN221 - H	185	62	21	13,3	0	0	50	50	Betuminoso
EN221 - I	185	62	21	13,3	0	0	90	70	Betuminoso
EN221 - J	100	33	11	0	0	0	90	70	Betuminoso
EN221 - K	100	33	11	0	0	0	50	50	Betuminoso
EN221 - L	100	33	11	0	0	0	90	70	Betuminoso
EN221 - M	100	33	11	0	0	0	50	50	Betuminoso
EN221-2 - A	3	2	0,6	13,4	13,4	13,2	50	50	Betuminoso
EN221-2 - B	3	2	0,6	13,4	13,4	13,2	90	70	Betuminoso
EN221-2 / Rua dos Barreais	3	2	0,6	13,4	13,4	13,2	50	50	Betuminoso
EN221-6	48	8	0	0	0	0	50	50	Betuminoso
Estrada entre Prado Gatão e Fonte Aldeia	4	1	1	0	0	0	90	70	Betuminoso
IC5 - Sendim - Duas Igrejas	70,7	47,9	12,6	11	11	11	90	70	Betuminoso
IC5 - Urrós - Sendim	49,9	33,8	8,8	10	10	10	90	70	Betuminoso
Largo D. João III	40	31	12	1,8	1,6	0	40	40	Paralelo
Largo da Moagem - A	12,5	9,5	4	2	1,7	0	50	50	Betuminoso
Largo da Moagem - B	39	9	3	30,3	0	0	50	50	Betuminoso
Largo da Moagem - C	77,5	63,5	36	4,3	3,6	20	50	50	Betuminoso
Largo da Moagem - D	51	41	22	3,7	3,2	0	50	50	Betuminoso
Largo da Moagem - E	25	19	8	2	1,7	20	50	50	Betuminoso
Largo da Moagem - F	102,5	82,5	44	3,7	3,2	20	50	50	Betuminoso
Largo da Moagem - G	51	41	22	3,7	3,2	0	50	50	Betuminoso
Largo da Sé	50	40	20	1,8	1,5	0	40	40	Paralelo
Largo do Castelo / Rua D. Pedro Lourenço de Távora	25	20	10	2	1,7	0	40	40	Paralelo
Ligação 1 EM569 / EN221-2	8	2,5	1	0	0	0	50	50	Betuminoso
Ligação 2 EM569 / EN221-2	8	2,5	1	0	0	0	50	50	Betuminoso
Ligação Rotundas Nó Duas Igrejas IC5	8	2	1	12,5	0	0	40	40	Betuminoso
Ligação Rotundas Nó Sendim IC5	3	2	0,6	13,4	13,4	13,2	40	40	Betuminoso
Ramo 1 Nó Duas Igrejas IC5	8	2	1	12,5	0	0	40	40	Betuminoso
Ramo 1 Nó Sendim	3	2	0,6	13,4	13,4	13,2	40	40	Betuminoso
Ramo 2 Nó Duas Igrejas IC5	8	2	1	12,5	0	0	40	40	Betuminoso
Ramo 2 Nó Sendim	3	2	0,6	13,4	13,4	13,2	40	40	Betuminoso
Ramo 3 Nó Duas Igrejas IC5	8	2	1	12,5	0	0	40	40	Betuminoso
Ramo 3 Nó Sendim	3	2	0,6	13,4	13,4	13,2	40	40	Betuminoso
Ramo 4 Nó Duas Igrejas IC5	8	2	1	12,5	0	0	40	40	Betuminoso
Ramo 4 Nó Sendim	3	2	0,6	13,4	13,4	13,2	40	40	Betuminoso
Rotunda 1 Nó Duas Igrejas IC5	8	2	1	12,5	0	0	40	40	Betuminoso
Rotunda 1 Nó Sendim IC5	3	2	0,6	13,4	13,4	13,2	40	40	Betuminoso
Rotunda 2 Nó Duas Igrejas IC5	18	5	2	12,5	0	0	40	40	Betuminoso
Rotunda 2 Nó Sendim IC5	3	2	0,6	13,4	13,4	13,2	40	40	Betuminoso
Rotunda EM569 - Av. Indústria	11	4	1	0	0	0	40	40	Betuminoso
Rotunda EN221 / EN218	50	16	4	0	0	0	40	40	Betuminoso
Rotunda Rua D.Dinis / Rua do Convento	35	28	13	3,3	2,5	0	40	40	Betuminoso
Rua 1º de Maio	48	12	4	25	0	0	50	50	Betuminoso
Rua D. Turíbio Lopes	30	23	10	1,8	1,5	0	40	40	Paralelo
Rua da Costanilha	17	14	8	0	0	0	40	40	Paralelo
Rua da Igreja	42	12	4	14,3	0	0	50	50	Betuminoso
Rua da Rainha D. Catarina	40	31	12	1,8	1,6	0	40	40	Paralelo
Rua das Eiras	20	5	2	20	0	0	50	50	Betuminoso
Rua do Convento	50	37	10	2	1,8	0	40	40	Paralelo
Rua do Paço	40	30	10	1,8	1,6	0	40	40	Paralelo
Rua Dom Dinis	90	73	40	4	3,3	0	50	50	Betuminoso
Rua dos Olmos	4	1	1	0	0	0	50	50	Betuminoso
Rua Eng. A.C.Meirinhos / Av.Fonte do Sol	12	23	1	33	0	0	50	50	Betuminoso
Rua Mouzinho de Albuquerque	17	14	8	2	1,6	0	50	50	Paralelo
Travessa do Castelo	15	12	7	1	0,3	0	40	40	Paralelo



#### **4.2.1.2 Indústrias**

As unidades industriais consideradas no modelo encontram-se identificadas a seguir ao Quadro 4-2. Os limites das zonas industriais encontram-se, por outro lado, definidos na Carta 1.2 – Anexo I.

Foram assim consideradas as contribuições particulares das seguintes indústrias:

- Z.I. Miranda
- Pedreira de Refica
- Corte granitos – Barreiros
- Fabrigranitos
- Salsicharia – Águas Vivas
- Aviário – Águas Vivas
- Cutelaria Filmam
- Tacopal
- JMG Tanoaria
- Inertil
- Corte pedra – Duas Igrejas
- Artefactos Betão – Sendim
- Adega – Sendim
- Zona Industrial Sendim

No quadro seguinte são apresentadas as características de emissão sonora e horários de funcionamento das indústrias modeladas.



Quadro 4-2 – Áreas industriais e respectiva potência sonora aplicada

Área Industrial/ Indústria	Potência Sonora (dB(A)/ m <sup>2</sup> )			Período de Laboração (Horas)		
	Diurno (07h-20h)	Entardecer (20h-23h)	Nocturno (23h-07h)	Diurno (07h-20h)	Entardecer (20h-23h)	Nocturno (23h-07h)
Z.I. Miranda 1	49.2	-	-	10	-	-
Z.I. Miranda 2	41.7	-	-	10	-	-
Pedreira de Refica	39.7	-	-	9	-	-
Corte granitos - Barreiros	50.0	-	-	9	-	-
Fabrigranitos	40.6	-	-	8	-	-
Salsicharia - Águas Vivas	40.5	-	-	8	-	-
Aviário - Águas Vivas	42.8	-	-	8	-	-
Cutelaria Filmam	45.7	-	-	9	-	-
Tacopal	65.0	-	-	9	-	-
JMG Tanoaria	61.0	-	-	9	-	-
Inertil 2	42.9	-	-	9	-	-
Inertil 1	58.8	-	-	9	-	-
Corte pedra - Duas Igrejas	49.7	-	-	9	-	-
Artefactos Betão - Sendim	45.0	-	-	8	-	-
Adega - Sendim	43.6	-	-	9	-	-
Zona Industrial Sendim	48.4	-	-	9	-	-

### 4.3 CONFIGURAÇÃO DE CÁLCULO

O cálculo dos Mapas de Ruído foi realizado a partir da criação de uma malha equidistante de pontos de cálculo. Para cada um dos pontos da malha o modelo calcula os níveis de ruído adicionando as contribuições de todas as fontes de ruído, tendo também em consideração os trajectos de propagação e as atenuações, de acordo com o estipulado na Norma ISO 9613, na Norma XPS 31-133 e no Método de Cálculo Francês “NMPB Routes 1996”.

Para o cálculo dos mapas de ruído foi definida uma malha de cálculo regular de pontos receptores, com 15 m por 15 m, e, de acordo com a directiva 2002/49/CE, a 4 m de altura do solo. Foi utilizado o valor de 1 reflexão para cada raio sonoro e de 2000 m para o raio de busca fonte-receptor.

Relativamente aos dados meteorológicos para o ruído de tráfego rodoviário consideram-se condições médias no período diurno, isto é 50% de ocorrência de situações favoráveis à propagação para todos os quadrantes de ventos 75% no período do entardecer e 100% de ocorrência para as mesmas no período nocturno, que se pensa ser o mais crítico em termos de incomodidade, conforme recomendado pela APA nas suas directrizes inicialmente publicadas em Junho de 2008 e actualizadas em Dezembro de 2011.

Os mapas de ruído correspondem às condições típicas médias ocorridas nos anos de 2012 e 2013, pelo que, na eventualidade de variação dos parâmetros inseridos no modelo (tráfego, condições meteorológicas, etc.), o cenário acústico simulado poderá ser alterado.

### 4.4 VALIDAÇÃO DO MODELO

Para a validação do modelo acústico tridimensional foi efectuada uma medição acústica em contínuo, abrangendo pelo menos dois dias, de acordo com as recomendações da APA. Estes dados recolhidos permitem aferir a validade do modelo criado pelo software com a realidade acústica do local, tendo em conta os ajustes de terreno e as características de emissão sonora das fontes sonoras. O equipamento de medição foi colocado junto de um edifício próximo da EN218, no troço com ligação a Espanha.

Para se proceder à validação do modelo acústico e das respectivas fontes foi efectuada uma comparação dos valores de  $L_{Aeq}$  medidos “in situ” com os valores calculados pelo modelo. O modelo foi parametrizado de modo a reproduzir as condições observadas no local durante as medições acústicas.

#### 4.4.1 VALIDAÇÃO JUNTO ÀS FONTES SONORAS

A medição de longa duração foi realizada de acordo com a metodologia descrita no Procedimento Técnico interno PT11 do dBLab, baseado na norma ISO 1996.

O microfone do equipamento de medida foi colocado a uma altura de 4 m em relação ao solo e a menos de 3,5 metros de superfícies reflectoras. Desta forma, foram subtraídos 3 dB aos níveis medidos tendo em conta que, de acordo com a norma ISO 1996, *“Quando o microfone se encontra próximo de uma superfície reflectora, o som directo e o som reflectido são igualmente intensos e, quando a banda de frequências considerada é suficientemente larga, a reflexão duplica a energia do campo sonoro directo e aumenta em 3 dB o nível de pressão sonora”*.

Dadas as características físicas do campo sonoro e as características de radiação das principais fontes sonoras considera-se que a validação do modelo a esta altura assegura a validação dos resultados do modelo.

As medições de longa duração ocorreram no período de 11 a 13 de Março de 2013.

O microfone foi ligado ao analisador em tempo real *01dB Symphonie* sendo registados os valores medidos no computador ligado ao mesmo.

Os valores calculados pelo modelo e os valores medidos, assim como a sua diferença linear, para os indicadores  $L_{den}$  e  $L_n$  encontram-se representados no Quadro 4-4. No Quadro 4-3, que se segue, encontra-se identificado o ponto de validação. Este ponto representa o local onde foram realizadas medições de ruído e o seu posicionamento em coordenadas (no sistema de georeferenciação definido com o cliente).

**Quadro 4-3 – Localização em coordenadas do ponto de validação.**

Ponto receptor - medição de longa duração	Coordenadas no modelo		
	x(m)	y(m)	z(m)
P01 - Junto ao posto de turismo e da EN218	155777,9	203965,1	616,49

O ponto de validação foi cotado a cerca de 4 metros acima do solo, de forma idêntica à posição do microfone do sonómetro. Na fotografia seguinte pode visualizar-se o ponto de validação introduzido no modelo.



**Figura 4-6 – Visualização do ponto de validação**

**Quadro 4-4 – Comparação entre os valores medidos e os valores calculados para os indicadores  $L_{den}$  e  $L_n$  - Validação**

Ponto receptor	Indicador calculado [dB(A)]		Indicador medido [dB(A)]		Indicador calculado - Indicador medido [dB(A)]		Requisito
	$L_{den}$	$L_n$	$L_{den}$	$L_n$	$L_{den}$	$L_n$	
	P01	54,1	44,3	52,3	42,8	1,8	

Após análise do quadro anterior, verifica-se que os níveis sonoros calculados do ruído ambiente se apresentam, em geral, muito próximos dos valores experimentais. O desvio calculado é inferior a 2 dB(A), considerando o arredondamento às unidades.

No quadro de validação apresentado utilizaram-se as seguintes designações:

$L_{Aeq\ calc}$	nível sonoro contínuo equivalente calculado pelo modelo para o período de referência em questão;
$L_{Aeq\ med}$	nível sonoro contínuo equivalente medido pelo dBLab para o período de referência em questão, ou média logaritmo de várias amostragens no mesmo ponto quando aplicável;
$L_{Aeq\ calc} - L_{Aeq\ med}$	diferença linear entre o $L_{Aeq\ calc}$ e o $L_{Aeq\ med}$

Tendo em conta os resultados do processo de validação, considera-se o modelo apresentado para a elaboração do Mapa de Ruído como validado, dado verificar-se o cumprimento da condição estipulada nas directrizes emitidas pela APA para elaboração de mapas de ruído:

$$| L_{Aeq\ calc.} - L_{Aeq\ med} | \leq 2 \text{ dB(A)}$$

## 5. RESULTADOS DO MODELO – MAPAS DE RUÍDO

Os Mapas de Ruído do Município de Miranda do Douro da situação actual, podem ser visualizados nas Cartas 2.1 e 2.2 do Anexo II, indicadores  $L_{den}$  e  $L_n$ , respectivamente. Na sequência da definição de limites de níveis de ruído, decorrentes da classificação de zonas (mistas ou sensíveis), surgem os mapas de conflito, que apresentam os locais onde são excedidos os valores limite pertinentes aplicáveis.

A análise dos Mapas de Ruído produzidos a partir do modelo mostra que o Município de Miranda do Douro apresenta, numa boa parte do seu território, níveis de ruído pouco elevados. Exceptua-se a envolvente do IC5, EN221 e das principais vias com ligação a Espanha (EM542 e EN218) onde os níveis de ruído são um pouco mais elevados. No entanto, a faixa com níveis superiores a 65 dB(A) para o  $L_{den}$  encontra-se praticamente confinada à envolvente próxima de cada via, com uma extensão que varia entre 5 a 10 metros. No caso do  $L_n$ , a faixa com níveis superiores a 55 dB(A) assume um comportamento semelhante à faixa indicada para o  $L_{den}$ . A principal diferença reside num aumento dessa faixa que apresenta, por regra, uma extensão de 10 a 15 metros. Em todo o caso, a dimensão dessas faixas não configura um cenário acústico muito problemático tendo em conta que em muitos troços dessas vias não existem receptores sensíveis na proximidade.

Em relação às fontes industriais, estas ficam geralmente afastadas das habitações e funcionam apenas durante o dia, pelo que não constituem situações críticas do ponto de vista acústico.

O Mapa de Ruído do Município de Miranda do Douro é um mapa que comporta todas as fontes que têm interesse à escala municipal. Ao analisar áreas que se situam distantes das fontes modeladas, poderá não se estar a visualizar a realidade acústica existente, uma vez que estarão provavelmente sob influência de outras fontes de ruído locais, como por exemplo estradas ou caminhos municipais com pouco tráfego, as quais não têm relevância à escala municipal. Estes tipos de fontes de ruído serão de incluir em mapas de ruído de Planos de Pormenor e Planos de Urbanização que são efectuados a uma escala local e não concelhia.

No entanto, tendo em conta que os níveis sonoros médios têm uma relação logarítmica com os volumes de tráfego (mantendo-se constantes todas as outras variáveis), seria necessário ocorrerem transformações muito significativas nestes volumes para que os níveis sonoros correspondentes sofressem variações significativas ao ouvido humano (por exemplo, a duplicação nos volumes de tráfego significa um acréscimo de 3dB(A) nos níveis de ruído).

## 6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Foi desenvolvido um modelo computacional, utilizando o programa CadnaA, para calcular a emissão e propagação sonora das principais vias rodoviárias e das principais actividades industriais do Município de Miranda do Douro.

O modelo inclui o modelo digital do terreno, a implantação geográfica de edifícios e fontes sonoras, as características de emissão acústica destas fontes, bem como os algoritmos de cálculo de propagação sonora em conformidade com a Norma Francesa NMPB 9696 e XP S 31-133, a ISO 8297:1994 e a Norma NP 4361-2. Nesta actualização do Mapa de Ruído, a distribuição espacial dos níveis sonoros do município é expressa através dos indicadores  $L_{den}$  e  $L_n$ , para os pontos receptores discretos que espelham a situação acústica média do local em estudo.

Como principal conclusão, pode-se referir que uma boa parte do concelho de Miranda do Douro não apresenta níveis de ruído significativos não havendo a registar situações especialmente críticas do ponto de vista acústico.

É igualmente importante referir que os edifícios a licenciar futuramente na área do plano deverão respeitar os níveis de isolamento indicados no Regulamento dos Requisitos Acústico dos Edifícios (DL 96/2008), nomeadamente para os índices de isolamento a sons de condução aérea, a sons de percussão e de fachada. A título de recomendação complementar, os locais de estar e de descanso das habitações (salas de estar e quartos) deverão ficar voltados para as fachadas menos expostas ao ruído.

Nos locais que venham a ser classificados acusticamente e onde se prevê que venha a existir conflito acústico deverá ser equacionado um conjunto de medidas de redução do ruído. A execução dessas medidas será prévia ao licenciamento de receptores sensíveis e enquadrar-se-á num Plano Municipal de Redução do Ruído a desenvolver oportunamente pelo município.

Como nota final, a instalação de actividades ruidosas permanentes em espaços próprios e junto de ou próximo de receptores sensíveis deverá garantir o cumprimento dos critérios estabelecidos no RGR previamente ao seu licenciamento. Recomenda-se que as actividades mais ruidosas (indústria pesada, grandes armazéns) sejam localizadas com o maior afastamento possível a receptores sensíveis, licenciando as actividades menos ruidosas (serviços, comércio) mais próximo daqueles.

Nota relativa à situação futura: não estando previstas alterações profundas no mapa de ruído actual (novas infra-estruturas de transporte/ zonas industriais/ alteração significativa de perímetros urbanos e rurais/ projectos urbanísticos de grandes dimensões), a situação futura do ponto de vista acústico coincide com a situação actual.

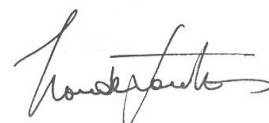
Elaborado por:



Jorge Preto

Técnico Superior

Verificado e aprovado por:



Luís Conde Santos

Director Técnico



## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. A Comparison of Different Techniques for the Calculation of Noise Maps of Cities, International Congress and Exhibition in Noise Control Engineering, Wolfgang Probst, Bernd Huber, 2001.
2. Directiva Comunitária 2002/49/CE do Parlamento Europeu e do Conselho relativa à Avaliação e Gestão do Ruído Ambiente, de 25 de Junho de 2002.
3. Guide du Bruit des Transports Terrestres - Prévion des niveaux sonores”, CETUR, 1980.
4. Implementation of the EU-directive on Environmental Noise Requirements for Calculation Software and Handling with CadnaA, Wolfgang Probst, 2003.
5. Integration of Area Noise Control into Programs into a Citywide Noise Control Strategy, Institute of Acoustics – Proceedings, Vol. 23, Pt 5, Wolfgang Probst, Bernd Huber, 2001.
6. NP ISO 1996-1 (2011) – Acústica, Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente, Parte 1: Grandezas fundamentais e métodos de avaliação, IPQ, Fevereiro 2011.
7. NP ISO 1996-2 (2011) – Acústica, Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente, Parte 2: Determinação dos níveis de pressão sonora do ruído ambiente, IPQ, Fevereiro 2011.
8. Norme XP S31-133(2001) – Bruit des infrastructures de transports terrestre. Calcul de l’atténuation du son lors de sa propagation en milieu extérieur incluant les effets météorologiques.
9. NMPB-Routes-96 (SETRA-CERTU-LCPC-CSTB), publicado no "Arrêté du 5 Mai. 1995 relatif au bruit des infrastructures routières, Journal Officiel du 10 MAI 1995, article 6".
10. Directrizes para a Elaboração de Mapas de Ruído, versão 3, APA, Dezembro 2011.
11. Projecto-Piloto de Demonstração de Mapas de Ruído – Escalas Municipal e Urbana, Instituto do Ambiente, Ramos Pinto, F., Guedes, M. & Leite, M. J., 2004.
12. Regulamento Geral do Ruído – Decreto-Lei n.º 9/2007 de 17 de Janeiro.
13. Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios – Decreto-Lei nº 96/2008 de 9 de Junho.