

MAPA DE RUÍDO

DO MUNICÍPIO DE VALE DE CAMBRA

VALIDAÇÃO DO MODELO E RESULTADOS

Local:	Concelho de Vale de Cambra
Data do Relatório:	14-03-2006
N.º total de páginas: (excluindo anexos)	45

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO E OBJECTIVO	3
2	CONTEXTO LEGISLATIVO	5
2.1	DEFINIÇÕES	5
2.2	ENQUADRAMENTO LEGAL DOS MAPAS DE RUÍDO	6
3	METODOLOGIA	9
3.1	MAPAS DE RUÍDO – DESCRIÇÃO BREVE	9
3.2	MAPA DE RUÍDO DO MUNICÍPIO DE VALE DE CAMBRA	10
4	DESCRIÇÃO DO PROJECTO	12
4.1	NORMAS E PARÂMETROS UTILIZADOS	12
4.1.1	<i>Tráfego Rodoviário</i>	12
4.1.2	<i>Indústrias</i>	15
4.2	CARACTERIZAÇÃO DO MODELO	18
4.2.1	<i>Identificação do local em estudo</i>	18
4.2.2	<i>Área de estudo e área do mapa</i>	19
4.2.3	<i>Topografia</i>	20
4.2.4	<i>Edifícios e outros obstáculos</i>	21
4.2.5	<i>Fontes de ruído</i>	23
4.3	SOFTWARE UTILIZADO	29
4.4	CONFIGURAÇÃO DE CÁLCULO	29
4.5	VALIDAÇÃO DO MODELO	30
4.5.1	<i>Equipamentos Utilizados</i>	30
4.5.2	<i>Validação junto às fontes sonoras</i>	31
4.5.3	<i>Validação de longa duração</i>	36
4.6	RESULTADOS DO MODELO – MAPAS DE RUÍDO	37
4.6.1	<i>Análise dos mapas de ruído</i>	37
4.6.2	<i>Situações particulares dos mapas de ruído</i>	38
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	40
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

- **ANEXO 1** – Identificação das Fontes Sonoras Modeladas: rodovias e indústrias (1: 25 000);
- **ANEXO 2** – Localização dos Pontos de Medição Acústica :rodovias e indústrias
- **ANEXO 3** – Mapas de Ruído do Município (1:25 000);
- **ANEXO 4** - CD com Relatório técnico e Resumo não técnico

MAPA DE RUÍDO DO MUNICÍPIO DE VALE DE CAMBRA

DESCRIÇÃO DO MODELO E RESULTADOS

Ficha Técnica

Designação do Projecto	Mapa de Ruído do Município de Vale de Cambra
Cliente	Município de Vale de Cambra
Morada	Av. Camilo Tavares de Matos 3730-901 Vale de Cambra
Local de realização dos ensaios	Concelho de Vale de Cambra
Fonte(s) do Ruído Particular	Tráfego Rodoviário e Indústrias
Data(s) dos ensaios	Meses de Novembro e Dezembro de 2005 e Janeiro, Fevereiro e Março de 2006
Data de Emissão	14-03-2006

Equipa Técnica

O presente trabalho foi elaborado pela seguinte equipa técnica:

- Luís Conde Santos, Eng. Electrotécnico (IST), MSc. Sound and Vibration Studies (Un. Southampton) – Director Técnico do dBLab;
- Susana Peixoto, Lic. Planeamento Regional e Urbano (Univ. Aveiro) – Técnica do Laboratório - dBLab
- Artur Jorge Carmo Duarte Ferreira, Lic. Planeamento Regional e Urbano (Univ. Aveiro) – Câmara Municipal de Vale de Cambra;
- Helena Maria Silva Bastos, Eng.^a Biológica – Controlo de Poluição (Univ. do Minho) – Câmara Municipal de Vale de Cambra;
- Horácio Figueiredo, Eng.^o Civil (FEUP) - Câmara Municipal de Vale de Cambra;
- Joel Oliveira Santos, Desenhador (CFP Arsopi) - Câmara Municipal de Vale de Cambra;
- Fátima Valado, Eng. Ambiente (UA), MSc em Urban Environmental Management (Un. de Delft) – Gestora de Projectos dBLab ;
- Eduardo Cunha, Eng. do Ambiente (UTAD), Técnico Coordenador - dBLab;

1 INTRODUÇÃO E OBJECTIVO

O Decreto-Lei n.º 292/2000, de 14 de Novembro, com as alterações introduzidas pelo Decreto-Lei n.º 259/2002, determina que, na execução da política de ordenamento do território e urbanismo deve ser assegurada a qualidade do ambiente sonoro, na habitação, trabalho e lazer.

Elaborado no âmbito da revisão do Plano Director Municipal (PDM), o Mapa de Ruído do concelho de Vale de Cambra, tem como objectivo constituir uma ferramenta de apoio às tomadas de decisões sobre o ordenamento do território, fornecendo informação acústica para atingir os seguintes objectivos:

- preservar zonas com níveis sonoros regulamentares;
- corrigir zonas com níveis sonoros não regulamentares;
- criar novas zonas sensíveis ou mistas com níveis sonoros compatíveis.

Nesse intuito, este estudo desenvolve um modelo acústico tridimensional de toda a área em estudo, analisando os resultados, nas seguintes perspectivas:

- níveis de ruído previstos pelo modelo num dado conjunto de pontos receptores, em particular junto das zonas mais críticas devido à sua sensibilidade ao ruído;
- mapas de ruído diurno e nocturno, considerando as principais fontes de ruído (grandes eixos viários e principais fontes de ruído industriais).

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

A escala de trabalho utilizada foi a escala 1:10000, 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 pelo Instituto 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 em que para além do presente relatório se incluem os Mapas de Ruído Vale de Cambra.

2 CONTEXTO LEGISLATIVO

A legislação portuguesa em que se baseiam as disposições legais elaboradas e apresentadas neste trabalho é descrita no “Regime Legal sobre a Poluição Sonora” – Decreto-Lei n.º 292/2000 de 14 de Novembro, na Directiva Comunitária 2002/49/CE, sobre Avaliação e Gestão de Ruído Ambiente, e nas Notas Técnicas elaboradas pela DGA/DGOTDU – “Princípios orientadores para a Elaboração de Mapas de Ruído” 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 292/2000 – São tomados como períodos de referência os seguintes: diurno (7h00 às 22h00) e nocturno (22h00 às 7h00);
- 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);
- 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), que, caso seja excedido, é ou poderá ser objecto de medidas de redução por parte das autoridades competentes;
- Zonas Sensíveis – áreas definidas em instrumentos de planeamento territorial como vocacionadas para usos habitacionais, existentes ou previstos, bem como para escolas, hospitais, espaços de recreio e lazer e outros equipamentos colectivos prioritariamente utilizados pelas populações como locais de recolhimento, existentes ou a instalar;
- Zonas Mistas – as zonas existentes ou previstas em instrumentos de planeamento territorial eficazes, cuja ocupação seja afectada a outras utilizações, para além das referidas na definição de zonas sensíveis, nomeadamente a comércio e serviços;
- Planeamento Acústico – O controlo de ruído futuro 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.

2.2 ENQUADRAMENTO LEGAL DOS MAPAS DE RUÍDO

O Decreto-Lei 292/00 de 14 de Novembro – Regime Legal Sobre Poluição Sonora, veio introduzir na Legislação Portuguesa uma série de obrigações para as Autarquias, numa perspectiva de melhorar a qualidade de vida das populações.

De acordo com o artigo 4º – Instrumentos de Planeamento Territorial do Capítulo II: “ As Câmaras Municipais devem promover a elaboração de mapas de ruído, de forma a enquadrar a preparação dos respectivos instrumentos de ordenamento do território”.

O mesmo artigo refere ainda que a classificação das zonas sensíveis e mistas é da competência das Câmaras Municipais, devendo estas zonas estar delimitadas e disciplinadas no respectivo plano de ordenamento do território.

Os níveis sonoros limite nestas zonas são caracterizadas pelo valor do parâmetro L_{Aeq} do ruído ambiente exterior, de acordo com as disposições do Decreto-Lei. Os valores limite para os dois tipos de zona são apresentados no Quadro 2-1.

Quadro 2-1 Níveis máximos de exposição ao ruído ambiente exterior, L_{Aeq} , dB(A)

Zona	Níveis máximos de exposição ao ruído ambiente exterior, L_{Aeq} , dB(A)	
	Período Diurno (07h-22h)	Período Nocturno (22h-07h)
Sensível	55	45
Mista	65	55

A Directiva Comunitária 2002/49/CE de 25.06.2002, relativa à Avaliação e Gestão de Ruído Ambiente, que entrou em vigor em 18.07.2002 faz várias referências à elaboração de Mapas de Ruído. Entre estas referências constam a definição de Mapa Estratégico de Ruído e o estabelecimento de datas para a elaboração destes mapas preconizando, no seu art. 7º, que: “até 30 de Junho de 2007, os Estados – Membros assegurarão a elaboração e aprovação pelas autoridades competentes de mapas de ruído para todos os aglomerados populacionais com mais de 250.000 habitantes e para todos os grandes eixos rodoviários, ferroviários e aeroportos situados no seu território”.

Em Outubro de 2001, a Direcção Geral do Ambiente (DGA) em conjunto com a Direcção Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano (DGOTDU) emitiram um documento com princípios orientadores para a Elaboração de Mapas de Ruído, sendo referido que estes instrumentos de Gestão Ambiental deverão ser integrados nos Planos Municipais de Ordenamento do Território (PMOT), em concreto:

- Planos Directores Municipais (PDM);
- Planos de Urbanização (PU);
- Planos de Pormenor (PP).

Neste documento, refere-se que os estudos de ordenamento se devem apoiar na informação disponível nos Mapas de Ruído, constituindo este último um elemento fundamental para a informação acústica das zonas, objecto de estudo de âmbito municipal.

Nestes princípios referem-se aspectos técnicos relativos à elaboração de Mapas de Ruído, dos quais alguns se descrevem a seguir:

- O indicador de ruído ambiente a utilizar é o nível sonoro médio de longa duração, L_{Aeq} , LT, expresso em dB(A), definido na NP-1730;
- É desejável que o Mapa de Ruído seja realizado por modelação na perspectiva de harmonização a médio/longo prazo com as regras adoptadas na Directiva;

- Os Mapas de Ruído devem ser realizados para cada um dos períodos de referência descritos na legislação;
- Devem ser consideradas pelo menos as seguintes fontes sonoras: grandes eixos de circulação rodoviária cujo tráfego médio diário anual (TMDA) ultrapasse os 8000 veículos, grandes eixos de circulação ferroviária com 30000 ou mais passagens de comboio ano, aeroportos e aeródromos e as actividades ruidosas abrangidas pela avaliação de impacte ambiental.

Existem ainda requisitos mínimos a respeitar na Elaboração de Mapas de Ruído, tais como:

- A representação gráfica e medições de ruído ambiente deverão ser realizadas de acordo com a NP 1730;
- A escala não deve ser inferior a:
 - 1/25000, para articulação com PDM;
 - 1/5000, para articulação com PU e PP.
- Da informação mínima a incluir deve constar a denominação da área abrangida, o período de referência, a identificação das fontes consideradas, os métodos de cálculo utilizados, a legenda com escala de cores, a escala e a data de avaliação.

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.

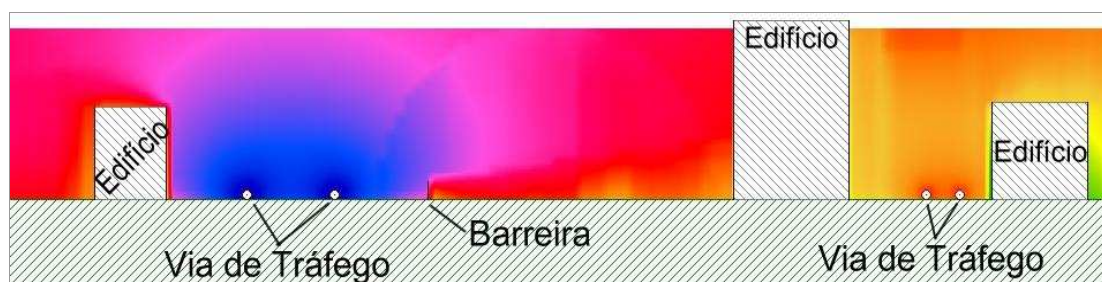


Figura 3.3 – Mapa de Ruído em corte transversal às vias rodoviárias.

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 VALE DE CAMBRA

A metodologia utilizada neste trabalho englobou as seguintes fases:

- Definição da “área do mapa” e da “área de estudo”;
- Recolha de dados climáticos e geográficos;
- Recolha de cartografia digital base, com a altimetria do terreno (curvas de nível), as fontes de ruído (infra-estruturas de transporte e fontes fixas), os edifícios e outros obstáculos permanentes à propagação de ruído;
- Identificação e levantamento das principais fontes de ruído existentes no Concelho – tráfego rodoviário e indústrias;
- Importação da altimetria para o Software CadnaA e criação do modelo digital do terreno (tridimensional);
- Importação para o Software CadnaA das linhas que definem os eixos de via das rodovias;
- Importação dos edifícios e definição da sua altura de forma a criar-se elementos 3D, a partir da informação fornecida pelo Município;
- Caracterização das fontes de ruído com base nas Normas francesas NMPB96 e XPS 31-133 (tráfego rodoviário), e no procedimento interno do dBLab PT60 – Elaboração de Mapas de Ruído;
- Análise e tratamento de dados relativamente às fontes sonoras, obstáculos, efeito do solo e padrões de ocupação do solo;
- Simulação dos níveis de ruído para o Concelho em computador através do software CadnaA e com base nas Normas francesas NMPB96, XP S 31-133, na Norma NP 4361-2 (ISO 9613), para realizar o referido Mapa de Ruído;
- Validação do modelo: selecção de pontos de medição acústica em locais determinados para validação do modelo na sua globalidade. Medição de níveis de pressão sonora, em conformidade com a Norma NP-1730 nesses pontos e respectiva comparação com os valores calculados pelo software nas mesmas condições de funcionamento e condições climatéricas;
- Impressão final do Mapa de Ruído e análise final por inspecção visual, para eventuais detecções de erros de processamento.

Em relação ao Mapa de Ruído (MR) elaborado para a referida área, relembram-se as seguintes observações:

- O MR deve ser considerado uma ferramenta para preparar e monitorizar o plano de redução de ruído e não como um fim em si;
- O MR deve ser usado não apenas para avaliar/analisar mas também para influenciar programas de desenvolvimento;
- O MR é parte de um programa de redução de ruído, para identificar áreas para acção e avaliar alternativas;
- São necessárias a manutenção e actualização do MR de modo a visualizar-se a evolução do “panorama acústico”, provocada pela alteração das variáveis utilizadas como base do modelo;
- Embora o MR possa ser útil como uma "fotografia" de uma situação no tempo, o maior benefício obtém-se se for actualizado periodicamente ou continuamente; o MR deve ser um processo e não um evento, é um passo na caminhada do plano de redução de ruído;
- É possível realizar mapas a diferentes cotas – no presente estudo foram calculados mapas de ruído a 4 metros acima do solo;
- As medições de ruído são efectuadas em locais específicos para validação do modelo; o essencial é a previsão com base em informação das fontes de ruído e topografia do local, incluindo edifícios.

4 DESCRIÇÃO DO PROJECTO

4.1 NORMAS E PARÂMETROS UTILIZADOS

4.1.1 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/nocturno), com distinção de veículos ligeiros e pesados;
- Características do pavimento;
- Classificação da rodovia;
- Limites de velocidade ligeiros/pesados.

O tráfego rodoviário numa Via de Trânsito, devido às relativamente reduzidas dimensões dos veículos automóveis, 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 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 4-1 - 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.

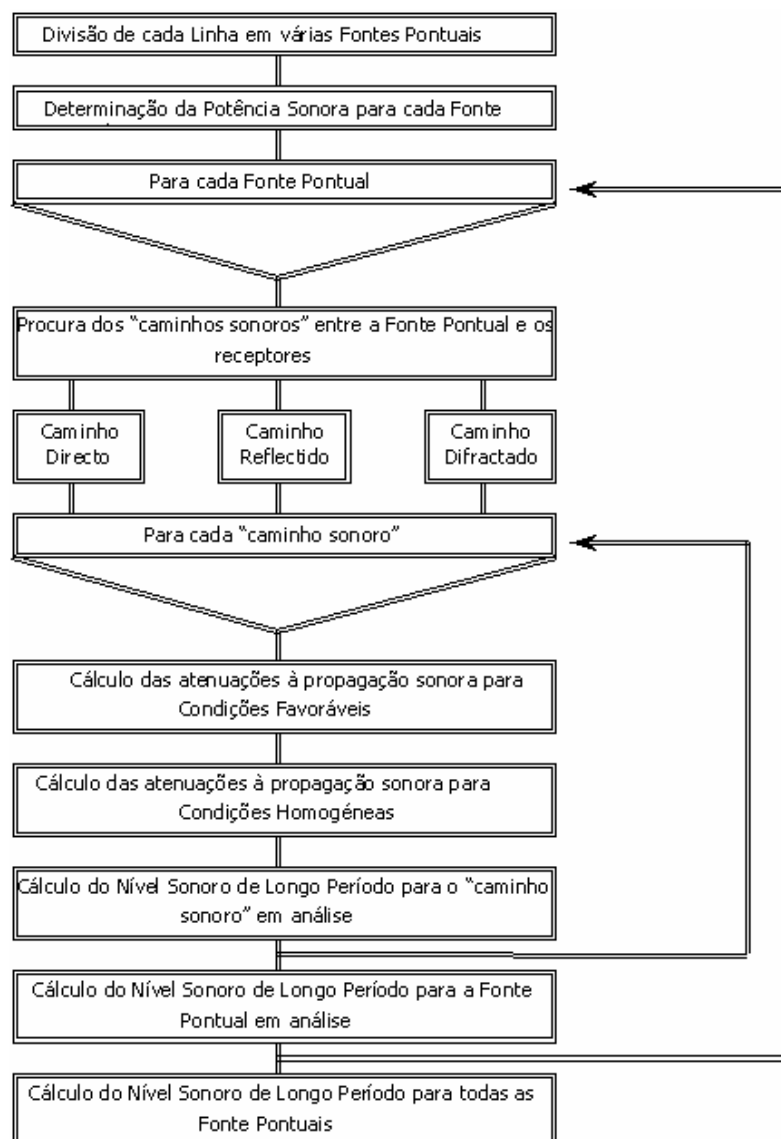


Figura 4-1 Fluxograma do método NMPB'96

4.1.2 INDÚSTRIAS

O método utilizado nos cálculos de ruído industrial foi o recomendado pela Directiva Comunitária 2002-49-CE, ou seja, a norma NP 4361-2 (2001) (ISO 9613), que 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, cuja potência sonora é determinada com base no método descrito mais adiante.

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;
- Atenuação por zonas florestais;
- 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.

Contrariamente ao que se passa com o ruído rodoviário e com o ruído ferroviário, em que as normas de cálculo se têm dados de entrada não acústicos, calculando internamente a potência sonora das fontes a partir desses dados, o mesmo não acontece com o ruído industrial, em que é necessário alimentar o modelo com os dados acústicos relevantes que caracterizam as fontes sonoras, nomeadamente a sua potência sonora, e a sua eventual variação ao longo do tempo (tipicamente decorrente dos regimes e horários de funcionamento das diversas instalações industriais).

Um dos métodos mais expeditos para atribuição de potências sonoras às fontes de ruído é o que consta do documento “Good Practice Guide for Strategic – Noise Mapping and Production of Associated Data on Noise Exposure” (Dezembro 2003) do European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise. A título indicativo apresentam-se no quadro seguinte os valores de potência por metro quadrado para três tipos de indústria, definidos naquele documento.

Quadro 4.4 - Equivalência entre o tipo de actividade industrial e o nível de potência sonora.

Tipo de indústrias	LW(por m ²)	
	diurno	nocturno
Área c/ indústrias pesadas	65 dB(A)	65 dB(A)
Área c/ indústrias ligeiras	60 dB(A)	60 dB(A)
Área c/ usos comerciais	60 dB(A)	45 dB(A)

Este método expedito pode ser utilizado em situações pouco críticas ou na modelação de cenários futuros, em estudos de impacte ambiental de zonas industriais ainda não existentes. No entanto, para situações existentes e com elevada importância e/ou proximidade de receptores sensíveis, este método é demasiado generalista, sendo aqui utilizado apenas como “primeira iteração”, a partir da qual se procede depois ao ajuste dos valores de potência sonora com base em medições realizadas para ajuste e validação.

A modelação acústica de áreas industriais é assim realizada como um conjunto de fontes em área, à qual se associa uma potência sonora por m². Como acima referido, esta potência é inicialmente baseada em valores por defeito, que são depois ajustados utilizando uma metodologia baseada em trabalho de campo e medições de ruído em redor das indústrias ou das zonas industriais a modelar, recorrendo às seguintes fases:

1. De acordo com o trabalho de campo realizado, definição e caracterização, segundo a actividade desenvolvida da área industrial a modelar e atribuição de um nível de potência sonora genérica para cada uma dessas áreas (ver quadro 4.4).
2. No interior de cada área industrial considerada, caracterização de diferentes fontes de ruído, caso existam, segundo a actividade desenvolvida (definido no ponto anterior) e subsequente divisão em diversas fontes em área de ruído.
3. Atribuição de várias potências, segundo o critério descrito no ponto 1 em cada unidade ou fonte industrial exposto em 2.
4. Utilização de alguns pontos de medição acústica estrategicamente colocados junto a receptores sensíveis para ajustamento/ validação das potências sonoras anteriormente introduzidas.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DO MODELO

Para que o modelo físico de propagação sonora possa fazer o seu papel com o maior rigor possível, é necessário modelar as variáveis intervenientes. Nos pontos seguintes é descrita com maior detalhe a informação introduzida no modelo, dividida em três classes fundamentais: caracterização da área em estudo, fontes de ruído e pontos de validação de ruído.

4.2.1 IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL EM ESTUDO

O concelho de Vale de Cambra localiza-se no Centro-Norte litoral do país no cruzamento dos eixos Norte-Sul e Litoral-Interior (latitude $40^{\circ} 50' 57,575''N$ e longitude $8^{\circ} 23' 40,028''W$), mais especificamente na zona norte do distrito de Aveiro. Pertence à região Norte (NUT de nível II) que integra o agrupamento de concelhos denominados por Entre Douro e Vouga (NUT de nível III). Vale de Cambra tem como concelhos limítrofes Oliveira de Azeméis (Oeste), Arouca (Norte, Noroeste), S. Pedro do Sul (Este), Oliveira de Frades (Sudeste) e Sever de Vouga (Sul).



Figura 4-2 – Localização do Município de Vale de Cambra.

A cidade de Vale de Cambra, capital de concelho, cumpre, na actualidade, a função de centro administrativo estando situada na confluência de um importante conjunto de vias de comunicação, que lhe garante proximidade aos grandes centros urbanos do Porto, Aveiro e Coimbra.

O concelho de Vale de Cambra apresenta uma superfície de 146,2 km² com uma população residente de 24 798 habitantes (INE 2001) distribuídos por 9 freguesias.

4.2.2 ÁREA DE ESTUDO E ÁREA DO MAPA

Os limites físicos de um concelho não constituem um obstáculo à propagação das ondas sonoras geradas pelas fontes localizadas fora dessa área. Por isso considera-se uma área de estudo superior à área do mapa, tendo em consideração as contribuições das fontes sonoras localizadas fora da área do mapa mas com influência representativa nos níveis sonoros existentes dentro dessa área.

A definição da área fora dos limites do concelho (área de estudo), tem em conta o tipo e importância das fontes em causa, bem como as características de ocupação do solo no limite da área do mapa. Na figura seguinte apresenta-se a área de estudo considerada para o concelho de Vale de Cambra, onde se visualiza o limite da área do mapa representado a vermelho na figura seguinte.

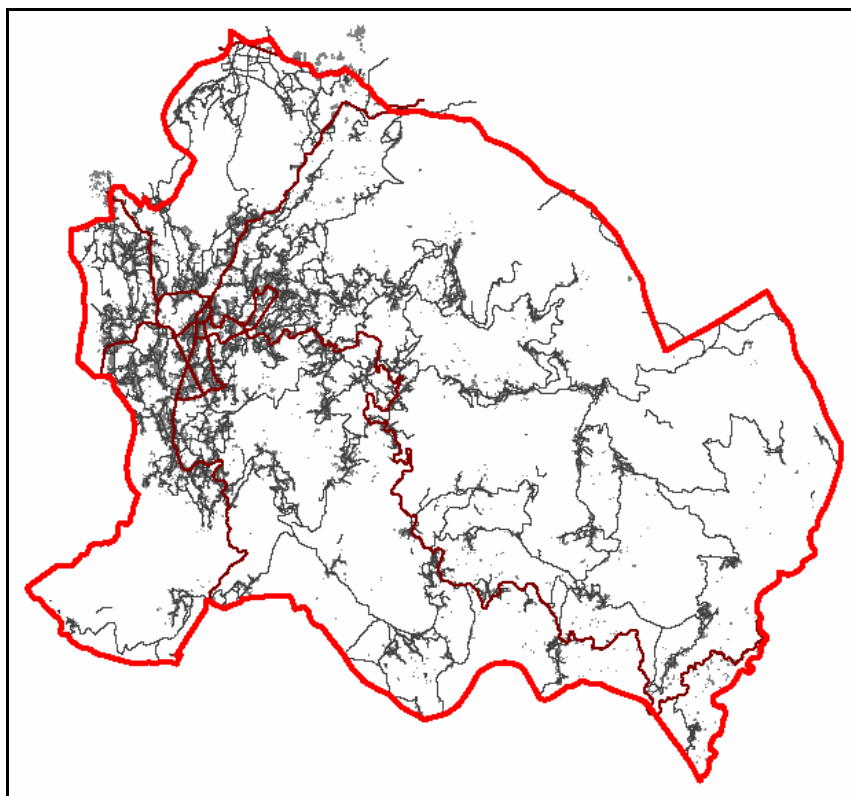


Figura 4-2 Representação da área de estudo e área do mapa

4.2.3 TOPOGRAFIA

Para a elaboração do Mapa de Ruído é necessária informação relativa à altimetria do terreno, nomeadamente curvas de nível. A partir desta informação, o programa de simulação constrói o modelo digital do terreno (MDT) usado como base no cálculo dos valores de L_{Aeq} .

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. A informação utilizada no cálculo é assim detalhada junto às fontes e receptores, e está apresentada na **Figura 4-3**.

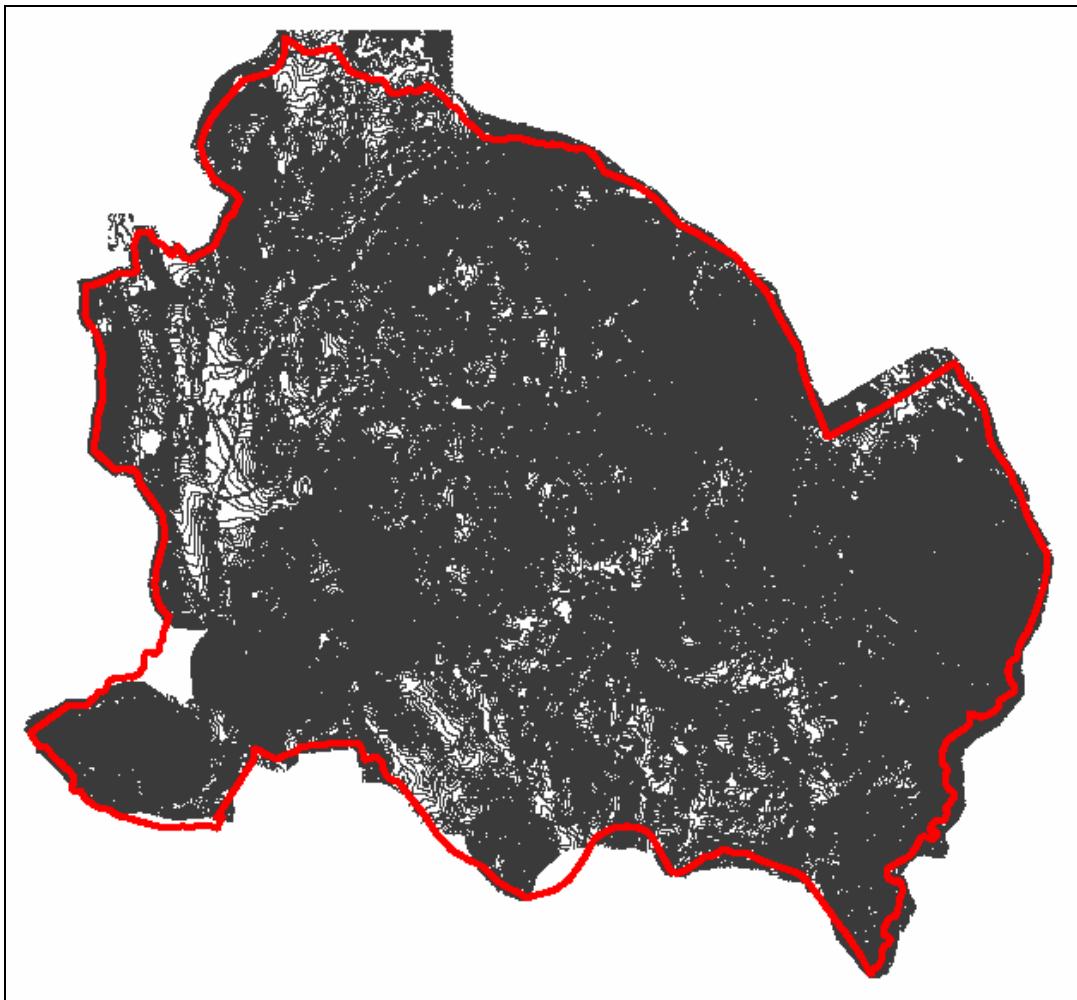


Figura 4-3 Altimetria do Concelho de Vale de Cambra.

4.2.4 EDIFÍCIOS E OUTROS OBSTÁCULOS

A informação relativa ao edificado e outros elementos de planimetria foram importados para o software afim de se construir o modelo tridimensional do terreno.

O tema edificado estava multicodificado pelo que se procedeu à separação do mesmo pelo tipo de uso (anexos, habitação unifamiliar e multifamiliar, indústrias, etc.). Esta informação permitiu atribuir um número de pisos médio a cada tipo de uso resultando em diferentes alturas do edificado, por aplicação da seguinte expressão: cota do edifício = n.º de pisos * 3m. Pelo facto de se distanciarem da altura média típica do edificado do concelho, a altura de alguns edifícios do centro da cidade foi atribuída directamente.

Na Figura 4-4 apresenta-se, como exemplo, um excerto do modelo tridimensional efectuado para o concelho.

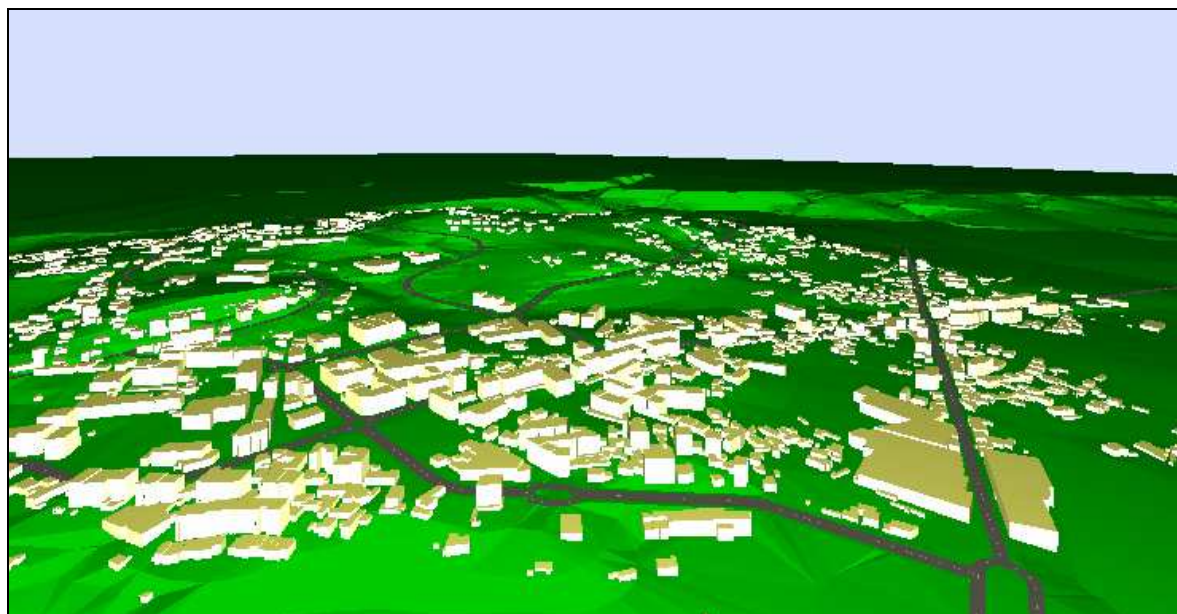


Figura 4-4 Perspectiva 3D de parte do edificado do Centro de Vale de Cambra

Para o cálculo do MR, foi ainda considerado um valor médio de absorção sonora para as fachadas dos edifícios.

Além dos edifícios foram também considerados outros obstáculos à propagação do som ao ar livre, nomeadamente as áreas florestais, e os taludes existentes.

Na figura seguinte apresenta-se um exemplo desta situação.

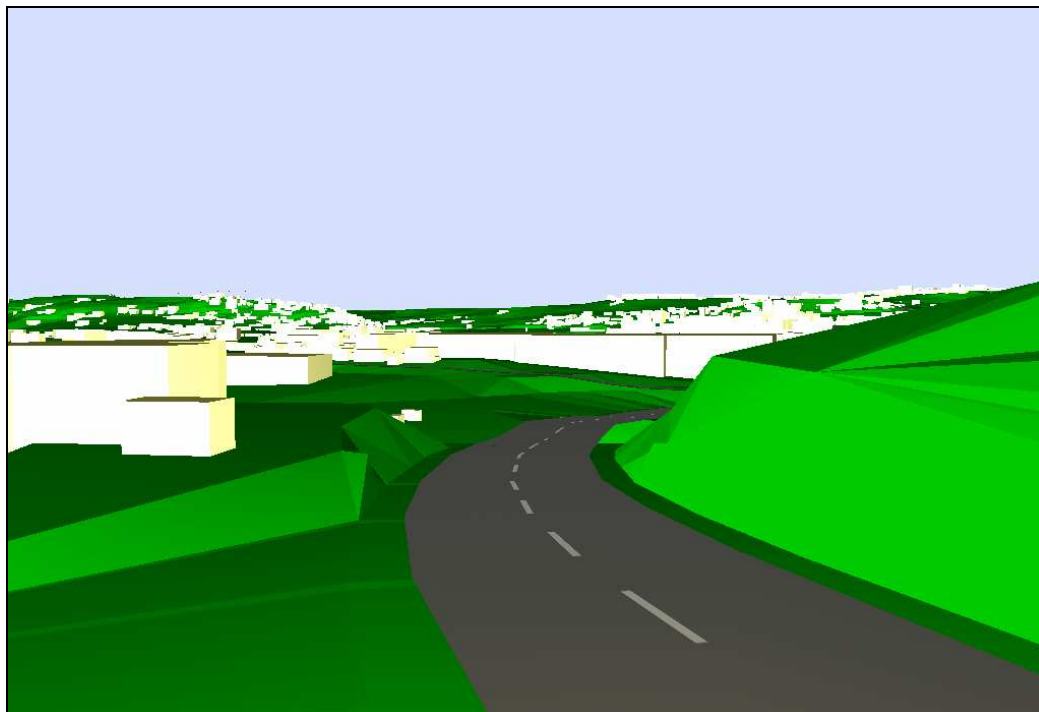


Figura 4-5 – Vista de um talude na Variante/EN 224

4.2.5 FONTES DE RUÍDO

Este estudo tem definido como fontes de ruído, os principais eixos de tráfego rodoviário e as principais fontes industriais existentes na área do concelho.

As fontes de ruído foram modeladas de acordo com a sua geometria real de forma a reproduzir no modelo a realidade acústica existente.

4.2.5.1 Tráfego Rodoviário

A avaliação dos fluxos de tráfego dentro do concelho, efectuada em conjunto com os técnicos do Município, permitiu definir quais as vias rodoviárias com maior contribuição para os níveis sonoros dentro do espaço concelhio e assim aquelas que deveriam ser consideradas na modelação.

As rodovias consideradas no Mapa de Ruído encontram-se listadas nos pontos seguintes:

- ER 227
- EN 224
- ER 227/EN 224
- EN 224 - Variante
- EN 224-1
- EN 328
- EM 547-1
- EM 550-1
- Avenida Burgães
- Avenida Milénio
- Avenida Dr. António Fonseca
- Rua da Granja
- Rua do Hospital
- Rotundas associadas às vias consideradas

A determinação do tráfego médio horário a considerar em cada uma das vias, para os dois períodos em análise, diurno e nocturno, teve como informação base, contagens de tráfego efectuadas pelos técnicos da Câmara Municipal de Vale de Cambra.

A equipa da Câmara Municipal de Vale de Cambra realizou ainda um conjunto de medições, nos períodos diurno e nocturno, acompanhadas de contagens de tráfego rodoviário. O trabalho experimental foi efectuado com dois objectivos:

- obter informação sobre o tráfego que circula nas rodovias consideradas;
- avaliar a eficácia do modelo para a situação em estudo, isto é proceder à sua validação.

Para cada eixo viário considerado foram realizadas pelo menos 2 amostragens em dias da semana, em data e horário distintos, maioritariamente num horário considerado normal, considerando-se períodos de amostragem que se pensa serem representativos do tráfego em circulação. Os períodos considerados totalizam pelo menos 30 minutos, sendo que, tipicamente se realizaram 4 amostragens de 15 minutos por cada ponto.

Foram ainda realizadas contagens em quatro pontos do concelho durante todo o período nocturno, em vias consideradas representativas do tráfego a circular nas restantes vias modeladas. Estas contagens permitiram extrapolar os valores de tráfego nocturno em vias com características de tráfego semelhantes e permitiram, ainda, ter uma visão da variação de tráfego nestes pontos ao longo do período nocturno.

Após ponderação dos dados obtidos em trabalho de campo e de análise comparativa entre as vias consideradas em MR, introduziram-se os valores de tráfego no modelo.

Foram ainda efectuados pelos técnicos da Câmara Municipal de Vale de Cambra levantamentos de campo para recolha de informação e inserção do modelo, nomeadamente o tipo de piso de cada eixo viário e a sinalética vertical de velocidades de circulação máxima.

Os segmentos considerados para cada um dos eixos via são apresentados na Carta 1.1 . do Anexo 1, e correspondem às variações de características listadas nos quadros seguintes, que lhes serve de legenda:

Quadro 4-2 – Listagem de características das vias rodoviárias para os períodos diurno e nocturno.

Legenda numérica Carta 1.1	Toponímia	Periodo Diurno			Periodo Nocturno			V. Máx. (Km/h)	Tipo de Piso
		LW dB(A)	TMH (V/H)	% Pesados	LW dB(A)	TMH (V/H)	% Pesados		
1	Av Dr Antonio Fonseca - Troço01	72	158	1	62	16	1	40	Asfalto
2	Av Dr Antonio Fonseca - Troço02	73	158	1	63	16	1	50	Asfalto
3	Av Dr Antonio Fonseca - Troço03	73	143	1	63	14	1	50	Asfalto
4	Av. Burgães	72	90	2	61	9	1	50	Asfalto
5	Av. Milénio	72	90	2	61	9	1	50	Asfalto
6	EM 547-1-Troço01	79	334	6	70	37	6	50	Asfalto
7	EM 547-1-Troço02	79	334	6	69	37	6	40	Asfalto
8	EM 547-1-Troço03	79	334	6	70	37	6	50	Asfalto
9	EM 547-1-Troço04	75	198	2	65	20	1	50	Asfalto
10	EM 550-1-Troço01	73	143	1	63	14	1	50	Asfalto
11	EM 550-1-Troço02	73	200	1	64	20	1	40	Asfalto
12	EM 550-1-Troço03	73	143	1	63	14	1	50	Asfalto
13	EN 224 -Troço01	80	533	2	68	53	1	50	Asfalto
14	EN 224 -Troço02	79	308	5	66	31	1	50	Asfalto
15	EN 224 -Troço03	79	200	10	65	20	1	50	Asfalto
16	EN 224 -Troço04	79	200	10	66	20	1	60	Asfalto
17	EN 224 -Troço05	79	240	10	65	24	1	50	Asfalto
18	EN 224/ER 227 - Troço01	83	843	4	70	84	1	50	Asfalto
19	EN 224/ER 227 - Troço02	80	632	2	69	63	1	50	Asfalto
20	EN 224_Variante- Troço01	85	534	8	74	40	8	90	Asfalto
21	EN 224_Variante- Troço02	84	534	8	73	40	8	80	Asfalto
22	EN 224_Variante- Troço03	82	534	8	71	40	8	60	Asfalto
23	EN 224_Variante- Troço04	82	534	8	71	40	8	50	Asfalto
24	EN 224-1-Troço01	81	220	10	70	22	1	90	Asfalto
25	EN 224-1-Troço02	79	220	10	65	22	1	50	Asfalto
26	EN 224-1-Troço03	81	220	10	70	22	1	90	Asfalto
27	EN 328 - Troço01	80	770	1	70	77	1	50	Asfalto
28	EN 328 - Troço02	79	539	1	69	59	1	50	Asfalto
29	EN 328 - Troço03	80	545	2	69	60	1	50	Asfalto
30	EN 328 - Troço04	79	436	2	68	48	1	50	Asfalto
31	EN 328 - Troço05	78	227	6	66	26	1	50	Asfalto
32	EN 328 - Troço06	78	349	3	67	38	1	50	Asfalto
33	EN 328 - Troço07	82	349	3	72	38	1	90	Asfalto
34	ER 227 - Troço01	83	550	9	72	66	5	50	Asfalto
35	ER 227 - Troço02	81	549	4	72	66	4	50	Asfalto
36	ER 227 - Troço03	79	521	1	69	52	1	50	Asfalto
37	ER 227 - Troço04	78	312	1	68	31	1	60	Asfalto

Quadro 4-3 – Listagem de características das vias rodoviárias para os períodos diurno e nocturno
continuação.

Legenda numérica Carta 1.1	Toponímia	Periodo Diurno			Periodo Nocturno			V. Máx. (Km/h)	Tipo de Piso
		LW dB(A)	TMH (V/H)	% Pesados	LW dB(A)	TMH (V/H)	% Pesados		
38	ER 227 - Troço05	78	390	2	68	43	1	50	Asfalto
39	ER 227 - Troço06	76	210	3	64	21	1	50	Asfalto
40	ER 227 - Troço07	75	150	4	62	13	1	50	Asfalto
41	ER 227 - Troço08	75	131	4	62	13	1	50	Asfalto
42	ER 227 - Troço09	74	80	4	63	8	1	70	Asfalto
43	ER 227 - Troço10	72	70	4	59	7	1	30	Asfalto
44	ER 227 - Troço11	71	60	4	59	6	1	50	Asfalto
45	ER 227 - Troço12	72	55	4	61	5	1	70	Asfalto
46	ER 227 - Troço13	70	50	4	58	5	1	50	Asfalto
47	ER 227 - Troço14	70	48	4	58	5	1	50	Asfalto
48	Rotunda Areias	78	436	2	68	48	1	30	Asfalto
49	Rotunda ARSOPI	84	936	5	73	100	4	30	Asfalto
50	Rotunda BP	80	632	2	68	64	1	30	Asfalto
51	Rotunda Burgães	71	90	2	61	10	1	30	Asfalto
52	Rotunda Burgães_Marco	73	170	1	63	18	1	30	Asfalto
53	Rotunda Canastro	71	144	1	62	14	1	30	Asfalto
54	Rotunda da Santa	71	144	1	62	14	1	30	Asfalto
55	Rotunda das Agradas	77	338	2	66	34	1	30	Asfalto
56	Rotunda Entre Pontes	79	536	2	69	58	1	30	Asfalto
57	Rotunda Fonte Luminosa	82	662	4	69	66	1	30	Asfalto
58	Rotunda Irmaos Mecanicos	82	852	3	71	92	1	30	Asfalto
59	Rotunda Liceu	72	158	1	62	16	1	30	Asfalto
60	Rotunda Macinhata_Burgães	71	90	2	60	8	1	30	Asfalto
61	Rotunda Mercado	78	540	1	69	60	1	30	Asfalto
62	Rotunda Milenio	76	364	1	66	36	1	30	Asfalto
63	Rotunda Oval	83	968	4	71	100	2	40	Asfalto
64	Rotunda Piscinas	80	546	3	69	60	1	30	Asfalto
65	Rotunda Posto 4 Luzes	83	1228	2	72	122	1	30	Asfalto
66	Rotunda St Antonio	78	538	1	67	52	1	30	Asfalto
67	Rua da Granja-Troço01	80	922	5	68	92	1	50	Asfalto
68	Rua da Granja-Troço02	75	316	3	63	32	1	50	Asfalto
69	Rua do Hospital-Troço01	75	472	1	65	48	1	50	Asfalto
70	Rua do Hospital-Troço02	75	484	1	65	48	1	50	Asfalto

Relativamente às cotas do eixo de via, estas foram obtidas por modelação com o software CadnaA. Este software gera um modelo digital do terreno (MDT) a partir das curvas de nível, colocando em seguida os diferentes objectos necessários à modelação sobre o MDT.

Em algumas rodovias foram ainda necessários ajustes altimétricos, essencialmente em pontes e rotundas de modo a obter uma melhor correspondência do modelo com a realidade. Nas figuras seguintes mostram-se exemplos dos ajustes efectuados.



Figura 4-6 Vista da Ponte sobre o Rio Viges

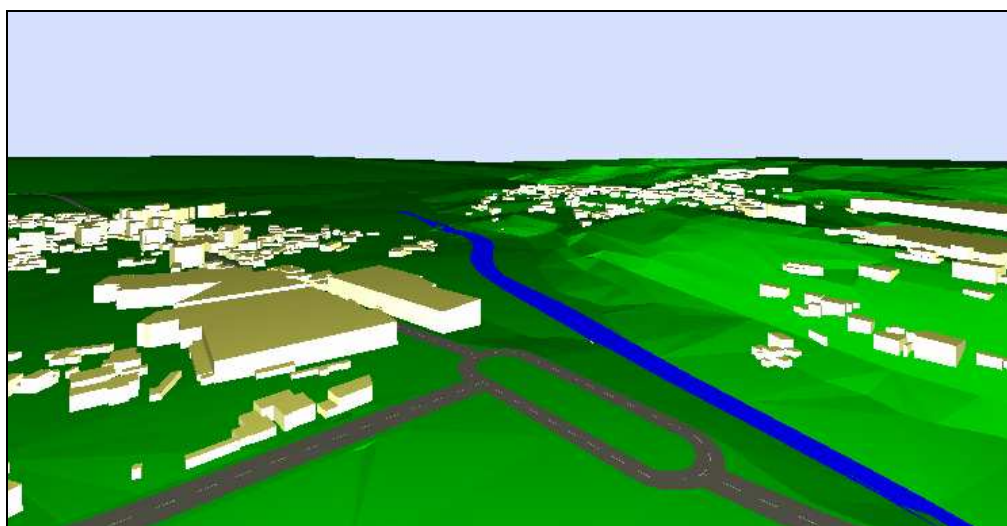


Figura 4-7 Vista da Rotunda Oval

4.2.5.2 Indústrias

No âmbito do Mapa de Ruído do Município de Vale de Cambra foram objecto de análise diversas fontes de ruído industrial indicadas pela Câmara Municipal e delimitadas em PDM, entre as quais constavam várias áreas ou unidades industriais com potencial impacte sonoro.

Cada uma destas áreas foi analisada em pormenor através de trabalho de campo de forma a avaliar quais as indústrias que, quer pela sua localização quer pelas suas características acústicas, apresentavam factores relevantes a serem incluídas no MR do Município de Vale de Cambra.

A localização das áreas industriais modeladas e de todas as áreas industriais definidas, fornecidas pela Câmara Municipal, encontram-se representadas na carta 1.2. do Anexo I.

A avaliação do impacte sonoro das fontes industriais, foi efectuada através de modelação de fontes em área. 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.

Após um aprofundado trabalho de campo realizado nas indústrias visitadas, cada área industrial acusticamente representativa para inserção em MR do Município de Vale de Cambra, foi dividida em diversas fontes de potência em área segundo as diferentes características sonoras que apresentavam, sendo que essa potência foi posteriormente ajustada por medições acústicas efectuadas no local para melhor aferição dos reais níveis sonoros.

As áreas industriais modeladas e correspondência com a potência atribuída no seu tempo de laboração encontram-se listadas no quadro seguinte:

Quadro 4-4– Fontes industriais modeladas e respectivo tempo de laboração

Área Industrial	Potência Sonora dB(A)/m ²				Tempo de Laboração (N.º. horas)			
	Diurno		Nocturno		Diurno		Nocturno	
	de	a	de	a	de	a	de	a
Zona Industrial Rossio	60	65	-	-	8	8	-	-
Zona Industrial Cavadas	57	63	-	-	8	8	-	-
Zona Industrial Codal	55	67	-	-	8	8	-	-
Zona Industrial Farrapa - Arouca	55	75	50	70	8	15	-	6
Zona Industrial Rossio- Arouca	55	55	-	-	8	8	-	-
Concentração Industrial Algeriz	56	69	-	-	8	8	-	-
Concentração Industrial Vale Pereiras	54	75	55	75	8	15	-	9
Concentração Industrial Arsopi	56	68	-	-	8	8	-	-
Concentração Industrial Colep	56	70	56	70	15	15	9	9
Concentração Industrial Iriplas	59	65	-	-	8	8	-	-
Concentração Industrial Plames	54	71	-	71	8	15	-	1
Concentração Industrial Relvas	52	70	-	-	8	8	-	-
Concentração Industrial Selão	57	67	-	-	8	8	-	-
Concentração Industrial Sitape	55	75	-	-	8	8	-	-
Concentração Industrial Uniagri	50	69	-	-	8	8	-	-
Concentração Industrial Vicaima	52	66	58	66	8	15	-	9
Latoaria Lindo Vale	51	62	-	-	8	8	-	-
Metalurgica dos Arcos	64	64	-	-	8	8	-	-
Worthington Cilinders	57	65	57	65	15	15	1	1
Pedral	76	76	-	-	8	8	-	-
Sidel	50	57	-	-	8	8	-	-
Sopinal	53	74	-	-	8	8	-	-
Ferpinta - Oliveira de Azemeis	70	70	70	70	15	15	9	9

4.3 SOFTWARE UTILIZADO

O programa utilizado para a elaboração dos Mapas de Ruído é 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), 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.

4.4 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 consideradas, tendo também em consideração os trajectos de propagação e as atenuações, de acordo com o estipulado na Norma XPS 31-133, no Método de Cálculo Francês “NMPB Routes 1996” (tráfego rodoviário), na Norma NP 4361-2 (ruído industrial).

Para o cálculo dos mapas de ruído foi definida uma malha de cálculo regular de pontos receptores, com 10 m por 10 m, e, de acordo com a directiva 2002/49/CE, a 4 m de altura do solo (como recomendada na directiva Comunitária).

Foi ainda considerada a primeira reflexão para cada raio sonoro para as rodovias.

Dada a sua influência no cálculo da atenuação do som na sua propagação ao ar livre, entre os parâmetros que caracterizam o clima deste Município salientam-se a temperatura, a humidade relativa e o regime de ventos. Os dados utilizados para estabelecer a média de valores para o município de Vale de Cambra, reportam-se à estação meteorológica de Aveiro, correspondendo a médias referentes ao período de 2000 a 2003.

De acordo com os valores registados naquela estação tem-se

- temperatura média anual - 13,2° C;
- humidade relativa média do ar - 71%;
- velocidade média do vento - 1,8 ms⁻¹.

No que se refere ao vento, dado que a velocidade média se situa entre 1 e 5 ms⁻¹, consideraram-se condições de propagação com vento favorável, de acordo com a Norma NP 4361-2, que define os requisitos para o ruído industrial.

Para o ruído de tráfego rodoviário consideraram-se condições médias no período diurno, isto é 50% de ocorrência de situações favoráveis à propagação, para todos os quadrantes de ventos e 100% de ocorrência para as mesmas no período nocturno, que se pensa ser o mais gravoso em termos de incomodidade.

Os mapas de ruído correspondem às condições típicas médias ocorridas no ano 2005/06, pelo que na eventualidade de variação dos parâmetros inseridos no modelo (tráfego, condições meteorológicas, etc.), o cenário acústico simulado poderá ser alterado.

4.5 VALIDAÇÃO DO MODELO

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.

Os períodos de amostragem tiveram em conta características das fontes em estudo - rodovias e indústrias.

4.5.1 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Os equipamentos utilizados na realização de medições estão homologados pelo IPQ e as suas características técnicas podem ser visualizadas no Quadro 4-5.

Quadro 4-5 Instrumentação utilizada nas campanhas de medições.

Tipo	Características		
	Marca	Modelo	Nº Série
Sonómetro	Brüel & Kjaer	2260	2447593
Calibrador	Brüel & Kjaer	4231	2454771
Sonómetro	RION	NL-31	341520
Calibrador	RION	NC-74	50441104
Sonómetro	01 dB	Symphonie	1914
Calibrador	RION	NC-74	50441103

4.5.2 VALIDAÇÃO JUNTO ÀS FONTES SONORAS

Os locais de medição foram previamente definidos, de acordo com alguns critérios: influência predominante de uma só fonte de ruído, proximidade de habitações (sempre que possível), ausência de obstáculos entre a fonte e o receptor, locais onde o efeito de superfícies reflectoras seja mínimo.

A fim de proceder à validação junto a cada fonte sonora introduzida no modelo, foram realizadas 132 medições de ruído. Destes, 31 pontos são de validação de tráfego rodoviário (sendo 2 de longa duração) e 101 pontos de validação no que respeita às zonas industriais.

As medições de validação realizadas junto às fontes rodoviárias, foram efectuadas a uma altura entre 1.4 m e 1.5 m, exceptuando as medições de longa duração que foram efectuadas a , tipicamente, 4,5m de altura do solo, sendo os resultados comparados com os calculados pelo modelo em pontos na mesma posição. Dadas as características físicas do campo sonoro, as características de radiação das principais fontes sonoras e o facto de a generalidade dos pontos de validação se encontrarem em linha de vista com as fontes sonoras principais para cada ponto, considera-se que a validação do modelo, efectuada com medições a entre 1.4 e 1.5 m, e 4,5m no caso das medições de longa duração, assegura a validação dos resultados.

As medições foram realizadas de acordo com a metodologia descrita no Procedimento Técnico interno PT11 do dBLab, baseado na Norma Portuguesa 1730 (1996).). As medições de validação de ruído de tráfego rodoviário foram realizadas na proximidade das estradas, com várias amostragens por período de referência, com duração variável mas suficiente para a estabilização do valor de L_{Aeq} , mas sempre 15 min por amostragem e duração acumulada de pelo menos 30 min por ponto de medição, como recomendado no ponto 2.4 da publicação do IA “*Procedimentos Específicos de Medição de Ruído Ambiente*” Durante as amostragens foram efectuadas contagens de tráfego com discriminação de veículos ligeiros e pesados, assim como da velocidade média de circulação, a fim de poder simular no modelo a realidade medida.

Na Carta 2.1 do Anexo 2, encontram-se identificados os pontos de validação de tráfego rodoviário. Os pontos de validação foram cotados variavelmente entre 1,4 a 1,5 metros acima do solo, de forma idêntica à posição do microfone do sonómetro. Na figura seguinte pode-se visualizar em 3D um dos pontos de validação introduzidos no modelo.



Figura 4-8– Visualização de um ponto de validação.

Os valores calculados e simulados no modelo, para cada um dos pontos de validação de ruído rodoviários, assim como o respectivo posicionamento dos mesmos em coordenadas absolutas, podem ser visualizados nos quadros seguintes. Os valores são apresentados para os dois períodos de referência.

Quadro 4-6 – Comparação entre os valores medidos e calculados e respectivo posicionamento no Período Diurno

Pontos receptores	Coordenadas Absolutas		Leq calc. dB(A)	Leq medido dB(A)	Leq calc.- Leq medido dB(A)	Requisito
	x	y				
P01 - ER 227 - Troço 01	-22927.18	132636.15	69.9	71.9	-2	≤3 dB (em módulo)
P02 - ER 227 - Troço 02	-22779.83	131562.25	69.7	69.5	0.2	≤3 dB (em módulo)
P03 - ER 227 - Troço 03	-21936.79	131253.2	63.5	61.7	1.8	≤3 dB (em módulo)
P04 - ER 227 - Troço 04	-21720.38	131364.65	66.4	64.8	1.6	≤3 dB (em módulo)
P05 - ER 227 - Troço 05	-21545.87	131156.73	66.7	66.4	0.3	≤3 dB (em módulo)
P06 - ER 227 - Troço 06	-21007.46	131158.69	64.5	64.1	0.4	≤3 dB (em módulo)
P07 - ER 227 - Troço 08	-20324.79	130852.19	63	62	1	≤3 dB (em módulo)
P08 - ER 227 - Troço 09	-18315.01	130939.9	59.8	59.9	-0.1	≤3 dB (em módulo)
P09 - ER 227 - Troço 14	-16701.76	125857.56	56.4	57.9	-1.5	≤3 dB (em módulo)
P10 - EN 224_Variante - Troço 01	-23432.98	130824.95	69.6	70.5	-0.9	≤3 dB (em módulo)
P11 - EN 224/ER 227 - Troço 01	-22633.2	131141.35	63.7	64.7	-1	≤3 dB (em módulo)
P12 - EN 224/ER 227 - Troço 02	-22364.94	130983.63	67.6	69.4	-1.8	≤3 dB (em módulo)
P13 - EN 224 - Troço 01	-21813.67	131555.18	64.8	62.8	2	≤3 dB (em módulo)
P14 - EN 224 - Troço 02	-21235.41	132561.88	67.6	69.2	-1.6	≤3 dB (em módulo)
P15 - EN 224 - Troço 04	-19379.41	135183.39	67.7	67.4	0.3	≤3 dB (em módulo)
P16 - EN 328 - Troço 01	-22014.75	131000.06	65.9	63.9	2	≤3 dB (em módulo)
P17 - EN 328 - Troço 02	-22067.86	130645.82	62.8	62.3	0.5	≤3 dB (em módulo)
P18 - EN 328 - Troço 03	-22256.19	130101.11	65.4	66.1	-0.7	≤3 dB (em módulo)
P19 - EN 328 - Troço 06	-21824.2	128338.94	66.4	68	-1.6	≤3 dB (em módulo)
P20 - EN 224-1-Troço 01	-20712.83	136870.36	67.7	66	1.7	≤3 dB (em módulo)
P21 - EN 547-1 - Troço 02	-22251.82	131862.83	66.8	67.9	-1.1	≤3 dB (em módulo)
P22 - EM 547-1 - Troço 04	-21723.13	131613.04	64.6	66.3	-1.7	≤3 dB (em módulo)
P23 - Rua da Granja - Troço 01	-22324.85	130728.37	67.6	66.9	0.7	≤3 dB (em módulo)
P24 - Rua da Granja - Troço 02	-21994.82	130046.99	64.6	65.2	-0.6	≤3 dB (em módulo)
P25 - Av. Burgães	-21526.52	129897.58	54.7	52.9	1.8	≤3 dB (em módulo)
P26 - Rua do Hospital - Troço 01	-21911.04	130908.19	59.3	60	-0.7	≤3 dB (em módulo)
P27 - Rua do Hospital - Troço 02	-21831.77	131145.73	57	55.1	1.9	≤3 dB (em módulo)
P28 - Av Dr Ant Fonseca - Troço 01	-21527.70	130933.20	54.2	55.3	-1.1	≤3 dB (em módulo)
P29 - EM 550-1 - Troço 01	-20781.18	131724.01	61.4	62.2	-0.8	≤3 dB (em módulo)

Quadro 4-7 – Comparação entre os valores medidos e calculados e respectivo posicionamento no Período Noturno

Pontos receptores	Coordenadas Absolutas		Leq calc. dB(A)	Leq medido dB(A)	Leq calc.- Leq medido dB(A)	Requisito
	x	y				
P01 - ER 227 - Troço 01	-22927.18	132636.15	62.4	64.3	-1.9	≤3 dB (em módulo)
P03 - ER 227 - Troço 03	-21936.79	131253.2	53.4	52.5	0.9	≤3 dB (em módulo)
P07 - ER 227 - Troço 08	-20324.79	130852.19	51.1	52.9	-1.8	≤3 dB (em módulo)
P19 - EN 328 - Troço 06	-21824.2	128338.94	54.7	55.7	-1	≤3 dB (em módulo)

Verifica-se em todos os casos que a diferença entre o valor medido e o valor calculado pelo modelo é inferior a 2dB(A). Salienta-se ainda o facto de que, em média existe uma diferença de 1,2 dB(A) entre os valores medidos e os valores calculados para o período diurno, sendo que no caso do período noturno este diferencial é de 1,4 dB(A).

De igual forma aos pontos de medição de tráfego rodoviário, os pontos de validação industriais foram inseridos e calculados na mesma posição pelo modelo, pelo que se consideram assegurados os critérios de validação.

Na Carta 2.2 do Anexo 2, encontram-se identificados os pontos de validação de fontes industriais. Estes pontos representam os locais onde foram realizadas medições de ruído. O seu posicionamento em coordenadas absolutas pode ser visualizado nos quadros seguintes, assim como o diferencial entre os valores medidos e simulados pelo modelo.

Quadro 4-8 – Comparação entre os valores medidos e calculados e respectivo posicionamento

Áreas Industriais	Pontos receptores	LAeq calc. dB(A)	LAeq medido dB(A)	LAeq calc.- LAeq medido	Coordenadas (m)		Requisito
					x	y	
Zona Industrial do Rossio	Z.I. Rossio 01	49,7	49,9	-0,2	136700,2	-20805,85	≤3 dB (em módulo)
	Z.I. Rossio 02	42,5	44	-1,5	136852,44	-20899,46	≤3 dB (em módulo)
	Z.I. Rossio 03	37,7	38,1	-0,4	136760,27	-21201,82	≤3 dB (em módulo)
	Z.I. Rossio 04	38,7	40,3	-1,6	136523,8	-21267,17	≤3 dB (em módulo)
	Z.I. Rossio 05	41,3	40,2	1,1	136444,63	-21149,89	≤3 dB (em módulo)
	Z.I. Rossio 06	42,1	41,8	0,3	136424,28	-20773,98	≤3 dB (em módulo)
Zona Industrial do Codal	Z.I. Codal 01	48,1	46,2	1,9	133446,87	-23691,54	≤3 dB (em módulo)
	Z.I. Codal 02	64,6	66,2	-1,6	133352,27	-23718,32	≤3 dB (em módulo)
	Z.I. Codal 03	61,6	61,4	0,2	133336,96	-23695,68	≤3 dB (em módulo)
	Z.I. Codal 04	49,3	49	0,3	133249,01	-23663,26	≤3 dB (em módulo)
	Z.I. Codal 05	46,5	44,5	2	133243,15	-23631,39	≤3 dB (em módulo)
	Z.I. Codal 06	51,1	49,6	1,5	133185,87	-23438	≤3 dB (em módulo)
	Z.I. Codal 07	46,2	44,2	2	133216,1	-23437,71	≤3 dB (em módulo)
	Z.I. Codal 08	44,4	43,2	1,2	132971,58	-23723,18	≤3 dB (em módulo)
	Z.I. Codal 09	52	50	2	133186,21	-23820,13	≤3 dB (em módulo)
	Z.I. Codal 10	51,8	49,9	1,9	133249,57	-23973,87	≤3 dB (em módulo)
	Z.I. Codal 11	43,5	42,2	1,3	133104,37	-23611,69	≤3 dB (em módulo)
	Z.I. Codal 12	48,9	48	0,9	133200,69	-23942,47	≤3 dB (em módulo)
Concentração Industrial de Algeriz	C.I. Algeriz 01	50,1	49,1	1	133455,29	-21194,86	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Algeriz 02	56,7	56,3	0,4	133406,82	-21269,45	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Algeriz 03	52,3	53,8	-1,5	133220,41	-21312,68	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Algeriz 04	47,5	48	-0,5	133245,21	-21261,78	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Algeriz 05	44,2	42,5	1,7	133174,7	-21246,4	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Algeriz 06	41,2	42,6	-1,4	133105,77	-21275,85	≤3 dB (em módulo)
Concentração Industrial Vale Pereiras	C.I. Vale Pereiras 01	42,8	41	1,8	132727,72	-22069,45	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Vale Pereiras 02	48	46,5	1,5	132762,94	-22080,57	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Vale Pereiras 03	48,3	48,7	-0,4	132867,48	-22116,93	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Vale Pereiras 04	48,8	47,6	1,2	132952,95	-22153,08	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Vale Pereiras 05	49,3	51	-1,7	133006,05	-22184,35	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Vale Pereiras 06	48,5	46,5	2	133025,02	-22206,57	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Vale Pereiras 07	58,3	59,3	-1	133172,42	-22343,9	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Vale Pereiras 08	55	55	0	133131,6	-22303,22	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Vale Pereiras 09	56,2	57,4	-1,2	132856,08	-22058,45	≤3 dB (em módulo)
Concentração Industrial da Arsopi	C.I. Arsopi 01	56,3	56,3	0	131262,75	-22663,25	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Arsopi 02	56,6	57,4	-0,8	131318,33	-22644,72	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Arsopi 03	53,6	53,6	0	131359,61	-22630,49	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Arsopi 04	54,4	53,9	0,5	131499,01	-22739,76	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Arsopi 05	47,1	46,1	1	131476,91	-22776,84	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Arsopi 06	56,1	54,2	1,9	131407,88	-22778,5	≤3 dB (em módulo)

Quadro 4-9 – Comparação entre os valores medidos e calculados e respectivo posicionamento - continuação

Áreas Industriais	Pontos receptores	LAeq calc. dB(A)	LAeq medido dB(A)	LAeq calc.- LAeq medido	Coordenadas (m)		Requisito
					x	y	
Concentração Industrial Colep	C.I. Colep 01	51,7	51,1	0,6	130650,19	-23651,53	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Colep 02	52,5	50,7	1,8	130596,12	-23689,29	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Colep 03	51,3	51,2	0,1	130574,15	-23308,66	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Colep 04	49,9	49,3	0,6	130472,84	-23346,54	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Colep 05	47,6	49,3	-1,7	130329,2	-23387,87	≤3 dB (em módulo)
Concentração Industrial da Colep+ Zona Industrial das Cavadas	C.I. Colep + Z.I Cavadas 01	58,4	57,6	0,8	130489,62	-23676,4	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Colep + Z.I Cavadas 02	54,5	52,6	1,9	130296,75	-23701,8	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Colep + Z.I Cavadas 03	48,4	48	0,4	130254,24	-23679,26	≤3 dB (em módulo)
Concentração Industrial Iriplás	C.I. Iriplás 01	44,2	42,5	1,7	136347,2	-18863,37	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Iriplás 02	50,8	52,7	-1,9	136312,81	-18917,42	≤3 dB (em módulo)
Concentração Industrial Palmes	C.I. Palmes 01	45	43,3	1,7	131297,47	-23112,88	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Palmes 02	56,3	55,3	1	131013,32	-22900,66	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Palmes 03	58,8	59	-0,2	131023,02	-22848,25	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Palmes 04	59	59,2	-0,2	130908,45	-22799,01	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Palmes 05	47,1	46,2	0,9	130980	-22692,5	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Palmes 06	51,1	50,7	0,4	130858,79	-22780,77	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Palmes 07	52,9	51,8	1,1	130853,74	-22902,94	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Palmes 08	46	46	0	130682,49	-23006,3	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Palmes 09	40,7	40,7	0	130788,21	-23287,32	≤3 dB (em módulo)
	Concentração Industrial Relvas	C.I. Relvas 01	46,5	46,2	0,3	132234,42	-20716,59
C.I. Relvas 02		49,5	49,4	0,1	132248,35	-20813,98	≤3 dB (em módulo)
C.I. Relvas 03		39,5	41,3	-1,8	132290,33	-20586,76	≤3 dB (em módulo)
C.I. Relvas 04		46,9	44,9	2	132302,39	-20807,86	≤3 dB (em módulo)
Concentração Industrial Selão	C.I. Selão 01	59,6	59	0,6	131621,79	-23058,79	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Selão 02	52	51,2	0,8	131621,43	-23012,91	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Selão 03	57,5	56,6	0,9	131458,04	-23039,25	≤3 dB (em módulo)
Concentração Industrial Sitape	C.I. Sitape 01	48,4	46,7	1,7	129522,36	-21858,37	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Sitape 02	53,1	52,8	0,3	129569,49	-21815,91	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Sitape 03	48,6	46,8	1,8	129614,64	-21805,7	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Sitape 04	45,5	46,7	-1,2	129542,74	-21792,07	≤3 dB (em módulo)
Concentração Industrial Uniagri	C.I. Uniagri 01	48,4	47,5	0,9	131511,3	-21346,13	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Uniagri 02	47,8	47,1	0,7	131507,94	-21285,34	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Uniagri 03	48	48,4	-0,4	131587,59	-21356,59	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Uniagri 04	45	45	0	131672,57	-21379,3	≤3 dB (em módulo)
Concentração Industrial Vicaima	C.I. Vicaima 01	60	60,9	-0,9	132440,26	-22890,59	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Vicaima 02	51,4	51,9	-0,5	132401,4	-22807,77	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Vicaima 03	53,6	51,9	1,7	132377,3	-22800,88	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Vicaima 04	56,2	56	0,2	132137,44	-22742,09	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Vicaima 05	55,8	54,5	1,3	131979,44	-22800,04	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Vicaima 06	44,9	45,1	-0,2	132688,76	-23056,18	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Vicaima 07	55,3	54,9	0,4	132550,23	-23119,19	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Vicaima 08	45,6	43,6	2	132459,52	-23144,79	≤3 dB (em módulo)
	C.I. Vicaima 09	45,3	46,7	-1,4	132423,76	-23226,51	≤3 dB (em módulo)
Lindo Vale	Lindo Vale 01	53,2	53,3	-0,1	130567,23	-23077,22	≤3 dB (em módulo)
	Lindo Vale 02	57,4	59	-1,6	130548,07	-23078,8	≤3 dB (em módulo)
	Lindo Vale 03	50,8	51,5	-0,7	130515,76	-23055,23	≤3 dB (em módulo)
	Lindo Vale 04	46,5	45	1,5	130495,23	-23152,18	≤3 dB (em módulo)
Metalúrgica dos Arcos	Metalúrgica dos Arcos 01	52	51,1	0,9	130720,59	-22264,13	≤3 dB (em módulo)
	Metalúrgica dos Arcos 02	51,5	52,5	-1	130771,79	-22209,53	≤3 dB (em módulo)
Pedreira Pedral	Pedral 01	67,6	65,7	1,9	136244,74	-20297,98	≤3 dB (em módulo)
	Pedral 02	58,1	56,5	1,6	136116,6	-20282,61	≤3 dB (em módulo)
	Pedral 03	49,5	49,3	0,2	135989,77	-20360,12	≤3 dB (em módulo)
Sidel	Sidel 01	47,2	47,7	-0,5	129779,15	-21796,92	≤3 dB (em módulo)
	Sidel 02	49	47,3	1,7	129730,09	-21802,33	≤3 dB (em módulo)
	Sidel 03	46,2	47,8	-1,6	129656,91	-21757,54	≤3 dB (em módulo)
	Sidel 04	47,1	46,5	0,6	129671,99	-21723,4	≤3 dB (em módulo)
Sopinal	Sopinal 01	50,3	49,6	0,7	131890,03	-22782,88	≤3 dB (em módulo)
	Sopinal 02	57,4	58,5	-1,1	131959,23	-22789,21	≤3 dB (em módulo)
	Sopinal 03	47,2	47,1	0,1	131963,76	-22695,49	≤3 dB (em módulo)
Worthington Cilinders	Worthington 01	63	64,2	-1,2	130798,23	-22378	≤3 dB (em módulo)
	Worthington 02	52,3	52,5	-0,2	130936,82	-22314,11	≤3 dB (em módulo)

Os resultados de ensaio referem-se exclusivamente aos itens ensaiados
Este Relatório só pode ser reproduzido na íntegra, excepto quando haja autorização do dBLab

Os pontos de validação das áreas industriais fora da área do Mapa, pertencentes ao concelho de Oliveira de Azemeis, no caso da Ferpinta, e ao concelho de Arouca, no caso das zonas industriais do Rossio e Farrapa, foram objecto de estudo dos mapas de ruído destes municípios pelo que os seus valores encontram-se listados nos respectivos relatórios.

4.5.3 VALIDAÇÃO DE LONGA DURAÇÃO

Os mapas de ruído, apresentados no próximo capítulo, correspondem a valores de L_{Aeq} de longa duração, tipicamente para condições médias anuais, no respectivo período de referência, no que respeita quer a tráfego rodoviário, quer a condições meteorológicas, sendo aqui de realçar o facto de termos considerado sempre condições de propagação favoráveis (“downwind conditions”).

A validação junto às fontes sonoras, embora muito útil para aferir localmente o rigor do modelo, não permite uma comparação directa com os valores de longa duração obtidos pelo modelo.

Por este motivo, neste estudo foram realizadas duas amostragens de longa duração durante um período mínimo de 24 horas, efectuadas de acordo com os procedimentos descritos na Norma Portuguesa NP1730 (1996). A localização destes pontos é apresentada na Carta 4.2 do Anexo 3.

A medição rodoviária de longa duração na Câmara Municipal(P31) foi efectuada entre os dias 02 e 03 de Fevereiro de 2006.

A medição rodoviária de longa duração (P30) em Macieira de Cambra foi efectuada em 31 de Janeiro a 2 de Fevereiro de 2006

Os valores calculados pelo modelo e o valor medido, assim como o seu diferencial acústico, para os períodos diurno e nocturno encontram-se representados no quadro seguinte.

Quadro 4-10 – Comparação entre os valores calculados e os valores medidos para os períodos Diurno e Nocturno.

Ponto receptor	Leq calculado dB(A)		Leq med médio dB(A)		Leq calculado - Leq med médio dB(A)	
	P. Diurno	P. Nocturno	P. Diurno	P. Nocturno	P. Diurno	P. Nocturno
P30	65.6	58.6	66.2	60.2	-0.6	-1.6
P31	63.7	55	63	56.7	0.7	-1.7

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 no procedimento interno do dBLab para mapas de ruído (PT60 – Elaboração de Mapas de Ruído):

$$| L_{Aeq \text{ calc.}} - L_{Aeq \text{ médio}} | \leq 3 \text{ dB(A)}$$

4.6 RESULTADOS DO MODELO – MAPAS DE RUÍDO

Os MR do Município de Vale de Cambra podem ser visualizados nas Cartas 3.1 e 3.2 do Anexo III à escala 1: 25 000 para os períodos diurno e nocturno, respectivamente.

Reforça-se o facto dos resultados acústicos obtidos na simulação efectuada, corresponderem a situações médias ocorridas num ano, pelo que a variação dos parâmetros que influenciam a propagação dos níveis de ruído (variações na intensidade e composição do tráfego, de tipos de pavimento e condições meteorológicas etc.) poderá, eventualmente, fazer variar os níveis de ruído simulados.

No entanto, tendo em conta que os níveis sonoros médios têm uma relação logarítmica com os volumes de tráfego (mantendo-se 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).

Em relação ao Mapa de Ruído (MR) elaborado para a referida área, tecem-se as seguintes observações:

- O MR deve ser considerado uma ferramenta para preparar e monitorizar o plano de redução de ruído e não como um fim em si;
- O MR deve ser usado não apenas para avaliar/analisar mas também para influenciar programas de desenvolvimento;
- O MR é parte de um programa de redução de ruído, para identificar áreas para acção e avaliar alternativas;
- São necessárias a manutenção e actualização do MR de modo a visualizar-se a evolução do “panorama acústico”, provocada pela alteração das variáveis utilizadas como base do modelo;
- Embora o MR possa ser útil como uma “fotografia” de uma situação no tempo, o maior benefício obtém-se se for actualizado periodicamente ou continuamente; o MR deve ser um processo e não um evento, é um passo na caminhada do plano de redução de ruído;
- As medições de ruído são efectuadas em locais específicos para validação do modelo; o essencial é a previsão com base em informação das fontes de ruído e topografia do local, incluindo edifícios.

4.6.1 ANÁLISE DOS MAPAS DE RUÍDO

A análise dos Mapas de Ruído produzidos a partir do modelo mostra que o Município de Vale de Cambra apresenta algumas áreas com níveis de ruído elevados, particularmente nas zonas próximas dos principais eixos de tráfego rodoviário.

As principais fontes de ruído, em termos de extensão da área sob a sua influência sonora, são o tráfego rodoviário gerado pelas principais rodovias do Município, nomeadamente a EN 224 Variante, a ER 227 em alguns troços, a EN224/ ER227 e ainda alguns troços da EN 328.

Relativamente à EN 224 –variante, gera uma faixa de ruído $L_{Aeq,LT \text{ dia}} > 65 \text{ dB(A)}$, na ordem dos 20 metros em determinados troços a faixa de ruído sendo que a faixa de ruído $L_{Aeq,LT \text{ noite}} > 55 \text{ dB(A)}$ é também da ordem dos 20 metros.

Em termos de extensão em área sob sua maior influência sonora a ER 227, gera uma faixa de ruído $L_{Aeq,LT \text{ dia}} > 65 \text{ dB(A)}$, que ascende os 16 metros em determinados troços. Quanto ao período nocturno, a faixa de ruído $L_{Aeq,LT \text{ noite}} > 55 \text{ dB(A)}$ tem um alcance máximo de 15 metros.

No entanto a análise de extensão de área de influência de uma dada fonte é claramente insuficiente, dado que o próprio edificado existente serve de barreira à propagação de ruído, situação portanto distinta da que existiria em campo livre, ao mesmo tempo que expõe a níveis mais elevados as populações aí residentes.

Os casos mais evidentes desta situação é o centro urbano de Vale de Cambra, em que a área de extensão de uma fonte modelada é relativamente reduzida mas os níveis de ruído resultantes ultrapassam os limites regulamentares. Por isso, os centros urbanos, e mais especificamente o centro de Vale de Cambra, representa o cenário acústico mais difícil, pelos níveis de ruído produzidos pelas suas vias de tráfego rodoviário.

O ruído produzido pela generalidade das áreas industriais de Vale de Cambra, não é significativo no cenário acústico simulado. Isto acontece, porque dentro das áreas industriais os níveis de ruído não foram calculados, pelo que a emissão de ruído dá-se dentro do perímetro da área industrial mas só é visualizado fora desses limites (que muitas vezes é muito superior à fonte ruidosa), porque só aí existem limitações regulamentares na recepção de ruído.

No período nocturno, a tendência geral em termos de rodovias é de um alargamento da sua faixa de influência para cada um dos intervalos de valores considerados, sendo que nas actividades industriais a situação é menos preocupante já que na maioria dos casos as indústrias existentes no Município laboram apenas durante o período diurno.

4.6.2 SITUAÇÕES PARTICULARES DOS MAPAS DE RUÍDO

Seguidamente são indicadas situações particulares dos Mapas de Ruído calculados e para as quais se apontam as razões da sua existência:

- Descontinuidade abrupta das linhas isofónicas de ao longo de uma via rodoviária (Figura 4-9) resulta do facto de existirem viadutos ou pontes desnivelados a mais de 4 metros do nível do solo e do cálculo do modelo ser efectuado a 4 metros acima do nível do solo

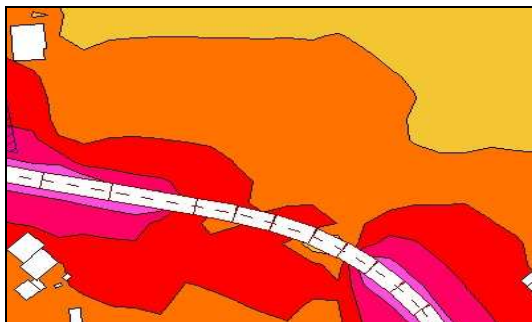


Figura 4-9 – Exemplo de descontinuidade das linhas isofónicas –ponte na EN 224 –variante

- Influência de fontes sonoras localizadas fora dos limites do Mapa com contribuição de ruído no Mapa de ruído.

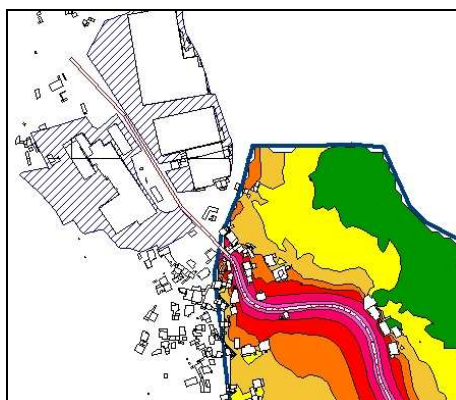


Figura 4-10 – Influência da indústria Ferpinta no concelho de Oliveira de Azemeis

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Foi desenvolvido um modelo computacional, utilizando o programa CadnaA, para calcular a emissão e propagação sonora dos principais eixos rodoviários e fontes industriais.

O modelo inclui o modelo digital do terreno, a implantação geográfica de edifícios e barreiras 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 96 e XP S 31-133 e a NP 4361-2. O modelo foi validado através de um vasto número de medições de ruído realizadas “in situ” com várias amostragens de duração adequada à variabilidade dos níveis de ruído existente ao longo de intervalos curtos. Foram ainda efectuadas duas medições acústicas de longa duração.

Os cálculos realizados com o modelo permitiram obter a distribuição espacial de L_{Aeq} – Mapas de Ruído, assim como o valor deste indicador para pontos receptores discretos que espelham a situação acústica média do local em estudo.

A análise dos Mapas de Ruído permite visualizar as zonas em que os níveis de ruído adequados à classificação proposta pela Câmara Municipal para uma dada zona, sensível ou mista, são excedidos. Esta informação deve ser tida em conta em termos da ocupação do solo prevista para uma dada zona, evitando-se a implantação de utilizações de tipo sensível, isto é habitações, escolas e hospitais e locais de culto nas áreas mais ruidosas. Deste modo poder-se-á compatibilizar o uso do solo com os níveis de ruído existentes ou previstos. Para estas zonas deverão, além disso, ser equacionados Planos de Redução de Ruído, que terão maior ou menor amplitude dependendo da classificação acústica que a Câmara Municipal atribuir às zonas.

Neste contexto, apresenta-se em seguida a transcrição do artigo 6º do R.L.P.S.:

Artigo 6º - Planos Municipais de Redução de Ruído

“1- As zonas sensíveis ou mistas já existentes em que a exposição ao ruído no exterior contraria o disposto no presente diploma devem ser objecto de planos de redução de ruído da responsabilidade das câmaras municipais.

2 – Os planos de redução de ruído podem ser executados de forma faseada, sendo prioritários os referentes a zonas sensíveis ou mistas expostas a níveis sonoros contínuos equivalentes de ruído ambiente exterior que excedam em 5 dB(A) os valores referidos no nº3 do artigo 4ª.

3 – Os Planos de Redução de Ruído têm carácter misto, regulamentar e programático, sendo aprovados pela assembleia municipal, sob proposta da câmara municipal.

Será também de salientar que o D.L. 177/2001, que estabelece o Regime Jurídico da Urbanização e da Edificação, refere que as operações de loteamento podem ou não ser enquadradas por PP / PU. No caso de não o serem, bastará que a câmara autorize a referida operação, não havendo também mapa de ruído que sirva de suporte à decisão, uma vez que não há plano. O extracto de ruído do PDM não serve para operações de loteamento, devido a questões de escala e de fontes consideradas. Assim, em operações de loteamento não enquadradas por PP ou PU, a recolha de dados acústicos deverá continuar a ser solicitada, independentemente da existência de mapa de ruído à escala concelhia.

Elaborado por:

Artur Jorge Duarte Ferreira

Susana Peixoto

Verificado e aprovado por:

Luís Conde Santos

Técnico da Divisão de Planeamento da
Câmara Municipal de Vale de Cambra

Técnica de Laboratório

Director do Laboratório

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Regime Legal sobre a Poluição Sonora – Decreto-Lei n.º 292/2000 de 14 de Novembro.
2. Norma Portuguesa - 1730 (1996) – “Acústica, Descrição e Medição de Ruído Ambiente – Parte 1: Grandezas fundamentais e procedimentos”.
3. Norma Portuguesa - 1730 (1996) – “Acústica, Descrição e Medição de Ruído Ambiente – Parte 2: Recolha de dados relevantes para o uso do solo”.
4. Norma Portuguesa – 1730 (1996) – “Acústica, Descrição e Medição de Ruído Ambiente – Parte 3: “Aplicação aos limites do Ruído”.
5. Norma Portuguesa – 4361 (2001) – “Acústica, Atenuação do Som na sua Propagação ao Ar Livre – Parte 2: “Método Geral de Cálculo”.
6. ISO 8297:1994 – Determination of Sound Power Levels of Multi Source Industrial Plants for Evaluation of Sound Pressure Levels in the Environment – Engineering Method.
7. 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.
8. Princípios Orientadores para a Elaboração de Mapas de Ruído, DGA/DGOTDU, 2001.
9. Recomendações para Selecção de Métodos de Cálculo a Utilizar na Previsão de Níveis Sonoros, DGA / DGOTDU, 2001.
10. Procedimentos específicos de medição de ruído ambiente, Instituto do Ambiente, Abril 2003.
11. Directrizes para a Elaboração de Planos de Monitorização de Ruído de Infra-Estruturas Rodoviárias e Ferroviárias, DGA / DGOTDU, 2001.
12. 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".
13. 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.
14. Guide du Bruit des Transports Terrestres - Prévion des niveaux sonores”, CETUR, 1980.
15. Recomendação da Comissão Europeia 2003/613/EC, relativa às orientações sobre os métodos de cálculo provisórios revistos para o ruído industrial, o ruído das aeronaves e o ruído do tráfego rodoviário e ferroviário, bem como dados de emissões relacionados, de 6 de Agosto de 2003.

16. Ramos Pinto, F., Guedes, M. & Leite, M. J., Projecto-Piloto de Demonstração de Mapas de Ruído – Escalas Municipal e Urbana, Instituto do Ambiente, 2004
17. Secção de Agricultura do Departamento de Produção Agrícola e Animal do Instituto Superior de Agronomia (agricultura.isa.tl.pt/agricultura/agribase/estações.asp).
18. Wolfgang Probst, Implementation of the EU-directive on Environmental Noise Requirements for Calculation Software and Handling with CadnaA, 2003.
19. Wolfgang Probst, Bernd Huber, A Comparison of Different Techniques for the Calculation of Noise Maps of Cities, International Congress and Exhibition in Noise Control Engineering, 2001.
20. Wolfgang Probst, Bernd Huber, Integration of Area Noise Control into Programs into a Citywide Noise Control Strategy, Institute of Acoustics – Proceedings, Vol. 23, Pt 5, 2001.
21. Câmara Municipal de Vale de Cambra/Plano Director Municipal – Revisão do PDM 2005

ANEXOS

ANEXOS 1

