



dB Lab

Laboratório de Acústica e Vibrações, Lda.

Mapa de Ruído do Concelho de Vila Nova de Cerveira

Actualização de acordo com o Dec.-Lei n.º 9/2007

Relatório Final

Descrição do Modelo e Resultados

Referência do Relatório: 07_374_MRPM01

Data do Relatório: Agosto 2008

N.º Total de Páginas (excluindo anexos): 31

Mod. 60-05.03

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO E OBJECTIVO	2
2. CONTEXTO LEGISLATIVO	3
2.1. DEFINIÇÕES.....	3
2.2. ENQUADRAMENTO LEGAL DOS MAPAS DE RUÍDO.....	4
3. METODOLOGIA.....	6
3.1. MAPAS DE RUÍDO – DESCRIÇÃO BREVE.....	6
3.2. MAPA DE RUÍDO DO CONCELHO DE VILA NOVA DE CERVEIRA	7
3.3. SOFTWARE UTILIZADO	7
3.4. NORMAS E PARÂMETROS UTILIZADOS.....	7
3.4.1. Tráfego rodoviário	7
3.4.2. Tráfego ferroviário	10
3.4.3. Indústrias.....	12
4. DESCRIÇÃO DO PROJECTO	14
4.1. CARACTERIZAÇÃO DO MODELO	14
4.1.1. Identificação da área de estudo.....	14
4.1.2. Área de estudo e área do mapa	14
4.1.3. Dados cartográficos e modelo tridimensional.....	15
4.1.4. Fontes de ruído.....	18
4.2. VALIDAÇÃO DO MODELO.....	24
4.3. CONFIGURAÇÃO DE CÁLCULO.....	24
5. ANÁLISE DOS MAPAS DE RUÍDO	25
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	27
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29

ANEXO I – IDENTIFICAÇÃO DAS FONTES SONORAS MODELADAS

ANEXO II – MAPAS DE RUÍDO

Mapa de Ruído do Concelho de Vila Nova de Cerveira

Actualização de acordo com o Dec.-Lei n.º 9/2007

DESCRIÇÃO DO MODELO E RESULTADOS

Ficha Técnica

Designação do Projecto	Mapa de Ruído do Concelho de Vila Nova de Cerveira
Nome e endereço do cliente	Vastus – Gabinete de Projectos Planeamento e Ambiente, Lda. Rua 1º de Dezembro 243, 2.º - Sala 23 4450-227 Matosinhos
Requerente	Concelho de Vila Nova de Cerveira
Localização do projecto	Área abrangida pelo Concelho de Vila Nova de Cerveira
Fonte(s) do Ruído Particular	Tráfego rodoviário Tráfego ferroviário Ruído industrial
Data de Emissão	Agosto 2008

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 do Laboratório;
- Frederico Vieira, Engenheiro do Ambiente (Univ. Algarve), MSc em Ordenamento do Território e Planeamento Ambiental – Gestor de Projectos;
- Fátima Valado, Eng. Ambiente (Un. Aveiro), MSc. In Urban Environmental Management (Un. Delft) – Gestora de Projectos.

1. INTRODUÇÃO E OBJECTIVO

O Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de Janeiro pretende articular o Regulamento Geral do Ruído (RGR) com outros regimes jurídicos, designadamente o da urbanização e da edificação e o de autorização e licenciamento de actividades. Este decreto-lei refere ainda que o ruído é um indicador importante para a saúde humana e o bem-estar das populações.

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, salvo nas excepções indicadas a seguir. Assim, não é obrigatório elaborar mapas de ruído no caso de planos de pormenor e de planos de urbanização de zonas exclusivamente industriais e no caso dos planos de pormenor de zonas que não sejam exclusivamente industriais pode ser realizada uma recolha de dados acústicos em alternativa ao mapa de ruído.

O Decreto-Lei n.º 146/2006, de 31 de Julho transpõe ainda para o direito português a Directiva Comunitária Relativa à Avaliação e Gestão do Ruído Ambiente (Directiva 2002/49/CE). Com esta transposição e as disposições constantes no RGR passam a existir três períodos de referência: diurno (07h00 – 23h00), entardecer (20h00 – 23h00) e nocturno (23h00 – 07h00), sendo 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 .

A actualização do Mapa de Ruído do Concelho de Vila Nova de Cerveira, tem como objectivo constituir uma ferramenta de apoio às tomadas de decisão sobre a proposta síntese do Plano fornecendo informação acústica para atingir os seguintes objectivos:

- Preservar zonas com níveis sonoros regulamentares;
- Corrigir zonas com níveis sonoros não regulamentares;
- Criar zonas com níveis sonoros compatíveis com a Classificação de Zona de Ruído.

Nesse intuito, actualizou-se o modelo acústico tridimensional anterior de toda a área em estudo, realizado de acordo com o novo RGR (Decreto-Lei n.º 9/2007), analisando-se os resultados, nas seguintes perspectivas:

- Mapas de ruído para os indicadores L_{den} e L_n a uma altura de 4 metros, considerando as principais fontes de ruído (eixos rodoviários);
- Verificação dos conflitos acústicos actuais.

O modelo criado, foi 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 Concelho de Vila Nova de Cerveira – 1:25000, 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, 1:25000, mínimo estabelecido pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA, Ex-Instituto do Ambiente) para articulação com PDM. A visualização ou impressão a escalas superiores a 1:10000 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.

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 APA em Março de 2007 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 do entardecer (L_{Aeq} de longa duração do ruído ambiente do 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

O Regulamento Geral do Ruído refere, nos artigos 7.º e 8.º, que todos os aglomerados populacionais com uma população residente superior a 100 000 habitantes e uma densidade populacional superior a 2500 habitantes/ km² devem elaborar mapas estratégicos de ruído e os respectivos planos de acção, nos termos do disposto no Decreto-Lei n.º 146/2006, de 31 de Julho tal como já vinha preconizado pela Directiva 2002/49/CE.

Ainda no que respeita ao enquadramento legal dos mapas de ruído, é de destacar o documento, emitido em Março de 2007, pela APA, designado como Directrizes para a Elaboração de Mapas de Ruído, devendo os Planos Municipais de Ordenamento do Território (PMOT) ser acompanhados:

- pelo mapa de ruído (o qual pode, no Plano de Pormenor, ser substituído por relatório de recolha de dados acústicos), que fornece a localização das fontes de ruído e de áreas às quais correspondem classes de valores expressos em dB(A);
- pela carta de classificação de zonas sensíveis e mistas.

De acordo com essas mesmas directrizes um mapa de ruído constitui, essencialmente, uma ferramenta de apoio à decisão sobre planeamento e ordenamento do território que permite visualizar condicionantes dos espaços por requisitos de qualidade do ambiente acústico devendo, portanto, ser adoptado na preparação dos instrumentos de ordenamento do território e na sua aplicação.

Nestas directrizes referem-se ainda aspectos técnicos relativos à elaboração de Mapas de Ruído, dos quais alguns se descrevem:

- 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 aos indicadores L_{den} e L_n , ambos calculados a uma altura acima do solo de 4 metros.
- 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, as actividades ruidosas abrangidas pela Avaliação de Impacte Ambiental e de Prevenção e Controlo Integrados de Poluição.

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:
 - 1:25 000, para articulação com PDM, salvo nos municípios definidos como aglomerações;
 - 1:10 000, para mapas estratégicos de aglomerações e de GIT;
 - 1:5 000, ou outras que a regulamentação própria sobre cartografia venha a definir, para articulação com PU/PP.
- Em consequência da escala de trabalho adoptada, a equidistância de curvas de nível será:
 - 10 metros, para cartografia a 1:25 000;
 - 5 metros, para cartografia a 1:10 000;
 - 1 ou 2 metros, para cartografia a 1:5 000 ou superior.

Da informação mínima a incluir deve constar a denominação da área abrangida e toponímia de lugares principais, a identificação dos tipos de fontes sonoras consideradas, métodos de cálculo adoptados, a escala, o ano a que se reportam os resultados, o indicador de ruído, L_{den} ou L_n e a legenda para a relação cores/padrões – classes de níveis sonoros.

As versões digitais dos mapas devem seguir as orientações constantes do documento “Recomendações para a Organização dos Mapas Digitais de Ruído”, actualizado em Março 2007.

Limites Regulamentares

Relativamente aos limites máximos de exposição o DL n.º 9/2007 indica no Artigo 11.º 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 n.ºs 2 e 3 do artigo 6.º, 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).”

Planos de Redução de Ruído

Ainda no Regulamento Geral do Ruído foram institucionalizados os Planos Municipais de Redução de Ruído, os quais deverão ser concebidos e aplicados quando os limites sonoros impostos para zonas sensíveis e para zonas mistas forem ultrapassados.

Apresenta-se, de seguida, transcrição do Artigo 8.º do DL 9/2007 – Planos municipais de redução de ruído:

“1 – As zonas sensíveis ou mistas com ocupação expostas a ruído ambiente exterior que exceda os valores limite fixados no artigo 11.º devem ser objecto de planos municipais de redução de ruído, cuja elaboração é da responsabilidade das câmaras municipais.

2 – Os planos municipais de redução de ruído devem ser executados num prazo máximo de dois anos contados a partir da data de entrada em vigor do presente Regulamento, podendo contemplar o faseamento de medidas, considerando prioritárias as referentes a zonas sensíveis ou mistas expostas a ruído ambiente exterior que exceda em mais de 5 dB(A) os valores limite fixados no artigo 11.º.

3 – Os planos municipais de redução do ruído vinculam as entidades públicas e os particulares, sendo aprovados pela assembleia municipal, sob proposta da câmara municipal.”

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 1 – Mapa de Ruído em planta.



Figura 2 – Mapa de Ruído em 3D.

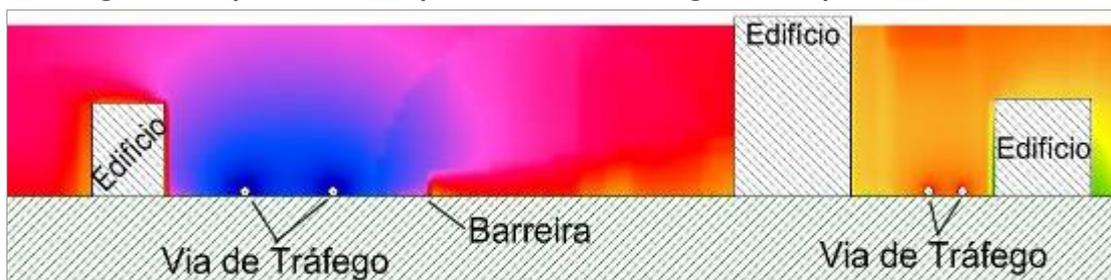


Figura 3 – Mapa de Ruído em corte transversal às vias rodoviárias.

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 CONCELHO DE VILA NOVA DE CERVEIRA

A metodologia utilizada neste trabalho baseou-se na adaptação dos mapas de ruído elaborados, de acordo com o antigo Decreto-Lei 292/2000. Os mapas de ruído foram recalculados, de forma a expressarem os indicadores L_{den} e L_n , com base na adaptação das fontes sonoras aos três períodos de referência, tendo em conta as recomendações das Directrizes para a Elaboração de Mapas de Ruído publicadas pela APA.

Este trabalho englobou as seguintes fases:

- Readaptação da altimetria no Software CadnaA e criação do novo modelo digital do terreno (tridimensional);
- Adaptação das fontes de ruído (Rodovias, ferrovias e indústrias), adaptando as suas características aos três períodos de referência (diurno, entardecer e nocturno) descritos na nova legislação;
- Caracterização das fontes de ruído com base nas Normas francesas NMPB96 e XPS 31-133 (tráfego rodoviário), na Norma alemã Schall03 (tráfego ferroviário), nas Normas NP 4361-2 (ISO 9613-2) e ISO 8297:1994 (indústrias) 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 de Vila Nova de Cerveira em computador através do software CadnaA e com base nas Normas francesas NMPB96, XP S 31-133, na Norma alemã Schall03 e na Norma NP 4361-2, para realizar o referido Mapa de Ruído;
- Impressão dos Mapas de Ruído e análise final por inspecção visual, para eventuais detecções de erros de processamento.

3.3. 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.

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.

Mapa de Ruído do Concelho de Vila Nova de Cerveira

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.

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 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 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.

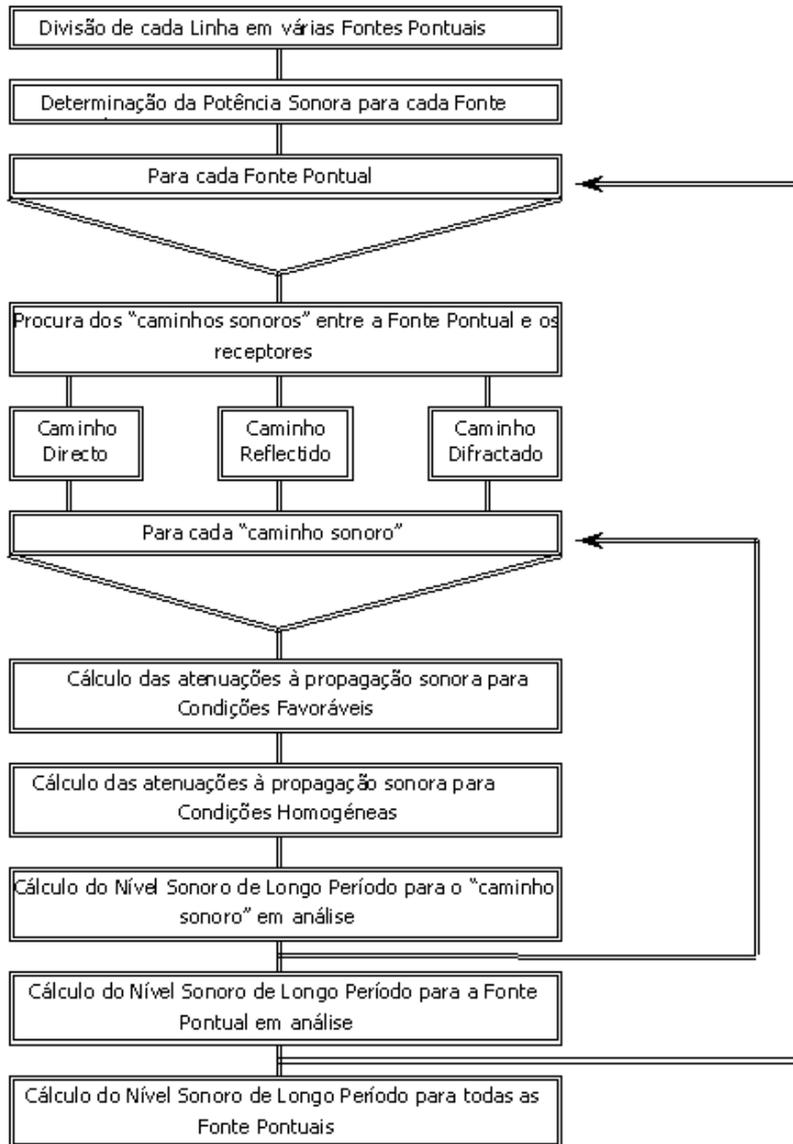


Figura 4 – Fluxograma do método NMPB'96.

3.4.2. Tráfego ferroviário

A avaliação do impacte 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.

No que diz respeito à modelação de tráfego ferroviário, importa referir que o método recomendado pela Directiva Comunitária 2002-49-CE é o "Standaard-Rekenmethode II" dos Países Baixos, publicado na "Reken - Meetvoorschrift Railverkeerslawaaï' 96, Ministerie Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer". Porém, de acordo com o Instituto do Ambiente, em alternativa ao método recomendado na Directiva, pode ser adoptado um método que verifique os seguintes critérios:

- Possibilidade de gerar previsões ao longo de um corredor associado à via ferroviária;
- Possibilidade de gerar mapas de ruído associados às previsões;

- Possibilidade de gerar previsões detalhadas à escala local de forma a apoiar a decisão sobre um plano de redução de ruído;
- Possibilidade de calcular os resultados em termos do indicador $L_{Aeq,LT}$
- Cálculo dos resultados por bandas de oitava;
- Distinção entre diferentes tipos de composições;
- Consideração da influência do declive da via na potência da locomotiva e conseqüentemente nos níveis sonoros de emissão;
- Correção meteorológica no cálculo de $L_{Aeq,LT}$, para condições favoráveis e desfavoráveis à propagação do som, adaptada às condições nacionais;
- Consideração de vários tipos de solo na vizinhança acústica da via;
- Consideração de vários tipos de vegetação (por exemplo, vegetação rasteira, floresta, áreas cultivadas) na vizinhança acústica da via;
- Consideração de efeitos topográficos na propagação do ruído;
- Consideração de efeitos de atenuação devido a obstáculos;
- Consideração de efeitos de reflexão entre fachadas e outros obstáculos (pelo menos, reflexões de 1ª ordem).

Verificados os critérios estipulados pelo Instituto do Ambiente, utilizou-se para a modelação do ruído de tráfego ferroviário a norma alemã Schall 03 que considera os seguintes parâmetros:

- traçado de cada via, devidamente cotado na cartografia;
- tipo de comboio (passageiros, mercadorias);
- número de circulações diárias em ambos os sentidos;
- percentagem do comprimento de cada tipo de comboio servido por travões de disco;
- comprimento médio das composições;
- velocidade máxima a que cada tipo de comboio circula;
- limite de velocidade da via;
- localização de pontes e viadutos;
- localização de cruzamentos com rodovias;
- raios de curvatura da ferrovia;
- tipo de assentamento do carril.

A norma em questão calcula o ruído recebido com base no ruído emitido por cada segmento supondo que todas as fontes estão concentradas no ponto central do segmento. A atenuação com a distância é calculada para cada ponto de fonte considerando que só emite ruído acima do nível do solo. Adicionalmente, a norma caracteriza cada tipo de composição com um valor para o nível de ruído recebido a uma determinada distância, altura e velocidade. Caso se pretenda obter resultados para outras velocidades é multiplicado o nível de ruído emitido por cada ponto de fonte de cada composição por um factor que relaciona a velocidade de referência com a pretendida. Os cálculos são feitos para cada segmento e “adicionados” no final.

O nível de emissão sonora $L_{r,k}$ recebido no receptor r devido ao nível emitido $L_{m,E,k}$ do k -ésimo segmento é calculado por:

$$L_{r,k} = L_{m,E,k} + 19.2 + 10 \log I_k + D_c + A_{prop,k} + C_{inc}$$

em que,

- $L_{r,k}$ é o nível de emissão sonora recebido no receptor devido ao nível emitido pelo k -ésimo segmento;

- $L_{m,E,k}$ é o nível emitido pelo k-ésimo segmento;
- l_k comprimento do segmento;
- $A_{prop,k}$ é a atenuação devido ao percurso de propagação do k-ésimo segmento;
- C_{inc} a correcção devido ao menor incómodo sonoro causado pelos comboios em relação ao ruído rodoviário.

considerando:

$$L_{m,E} = 10 \log \sum_j 10^{\frac{L_{comboio}}{10}} + C_{linha}, \text{ para } j \text{ tipos de comboios.}$$

em que,

- $L_{comboio} = L_0 + C_{FZ} + C_D + C_l + C_{vel}$
- $C_{linha} = C_{Fb} + C_{Br} + C_{cruz} + C_{Ra}$

$$A_{prop,k} = A_{div} + A_{atm} + A_{gr} + A_{misc}$$

em que,

- C_{FZ} é a correcção devido ao tipo de veículo;
- C_D a correcção devida ao tipo de travões;
- C_l a correcção do comprimento do comboio;
- C_{Fb} correcção devida aos materiais usados na linha;
- C_{Br} correcção devida ao ruído em pontes;
- C_{cruz} correcção para o aumento de emissão devido ao cruzamento de vias;
- C_{Ra} correcção para percursos em curva.

A avaliação do impacte 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.

3.4.3. Indústrias

A avaliação do impacte 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.

Mapa de Ruído do Concelho de Vila Nova de Cerveira

Especificamente, esta norma providência 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 (ISO 9613-2) 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 2 – Equivalência entre o tipo de actividade industrial e o nível de potência sonora.

Tipo de indústria	Potência sonora (LW''/m^2)		
	Período Diurno	Período Entardecer	Período Nocturno
Área com indústrias pesadas	65 dB(A)	65 dB(A)	65 dB(A)
Área com indústrias ligeiras	60 dB(A)	60 dB(A)	60 dB(A)
Área com usos comerciais	60 dB(A)	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.

Mapa de Ruído do Concelho de Vila Nova de Cerveira

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.
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.

Utilização de alguns pontos de medição acústica estrategicamente colocados junto a receptores sensíveis para ajustamento/ validação das potências sonoras anteriormente introduzidas.

4. DESCRIÇÃO DO PROJECTO

4.1. CARACTERIZAÇÃO DO MODELO

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

4.1.1. Identificação da área de estudo

O Concelho de Vila Nova de Cerveira apresenta uma área total de 108,6 km² de superfície e uma população residente de 8852 habitantes que se distribui por 15 freguesias.

As principais acessibilidades ao Concelho de Vila Nova de Cerveira são os eixos rodoviários A3, A28 e EN13 e a linha ferroviária do Minho.

O enquadramento do Município no distrito de Viana do Castelo é apresentado na figura seguinte.



Figura 5 – Localização do Município de Vila Nova de Cerveira.

4.1.2. Área de estudo e área do mapa

Os limites físicos de um plano 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 plano (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 6, apresenta-se a área de estudo considerada para o plano em estudo, bem como a área do mapa (a azul).

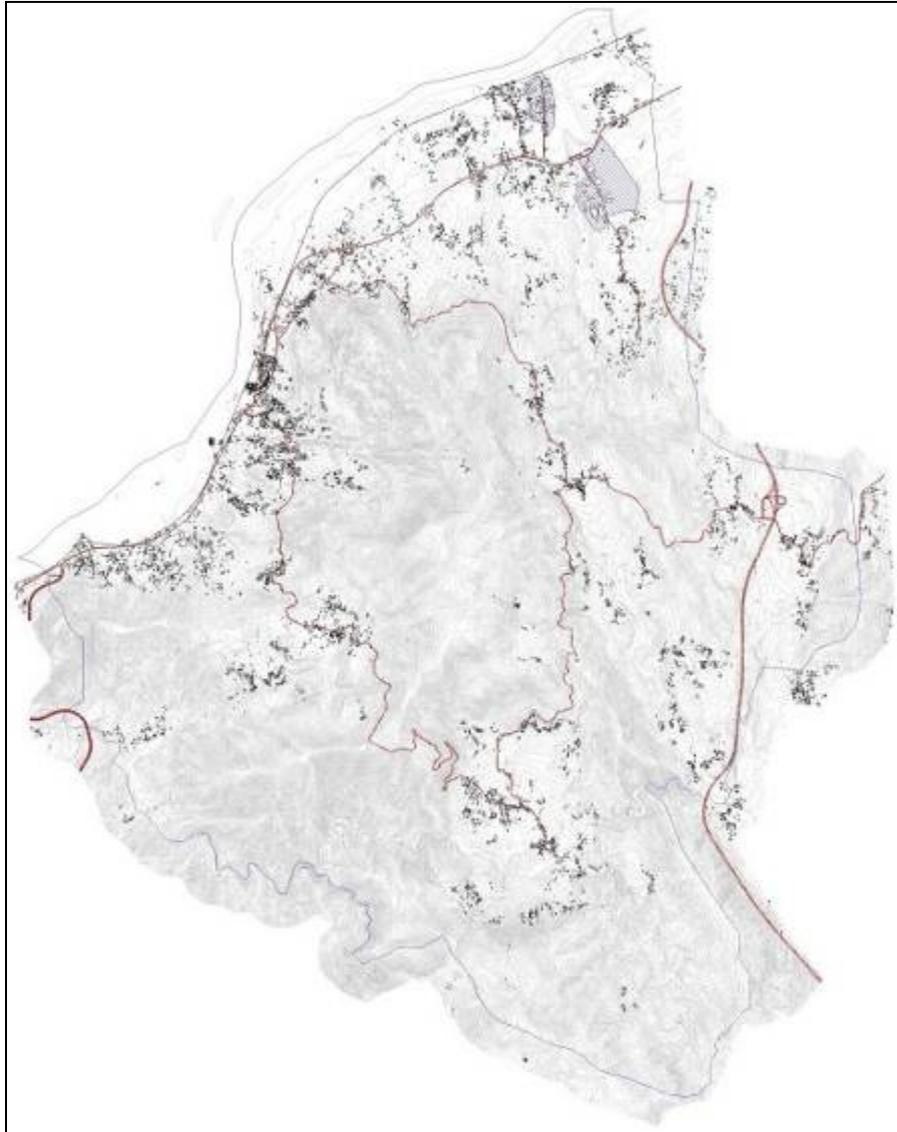


Figura 6 – Representação da área do mapa.

4.1.3. Dados cartográficos e modelo tridimensional

4.1.3.1. Altimetria

Para a elaboração do mapa de ruído foram utilizados os dados altimétricos do concelho fornecidos pela Câmara Municipal. A informação altimétrica fornecida diz respeito às curvas de nível cotadas de 5 em 5 m (Figura 7).

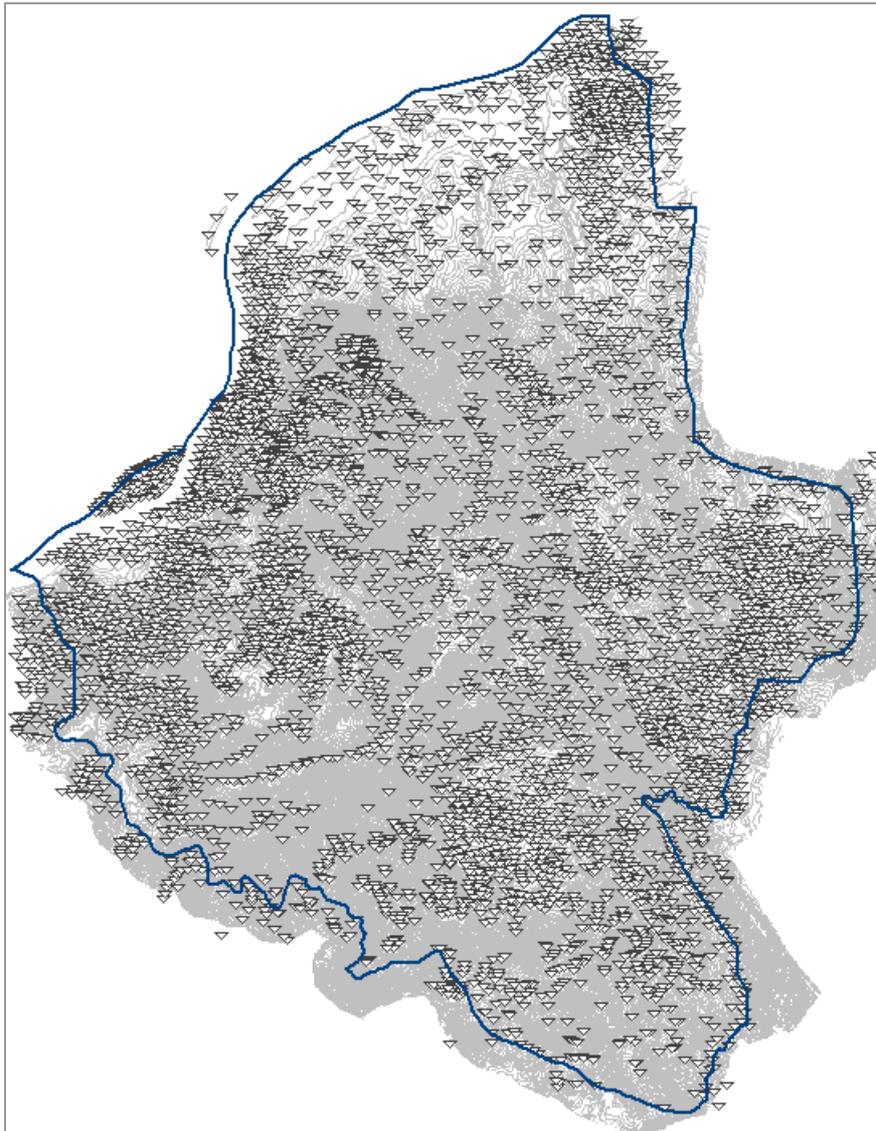


Figura 7 – Curvas de nível da área em análise.

4.1.3.2. Edifícios e barreiras acústicas

A informação referente a edifícios e outros elementos de construção (planimetria) foi fornecida pela Câmara Municipal de Vila Nova de Cerveira.

A informação fornecida não tinha associado uma cota altimétrica tendo sido atribuído uma cota genérica de 6 metros, correspondendo a uma altura média de 2 pisos. Pontualmente, foram ainda inseridas outras alturas no edificado, correspondendo a informação obtida em trabalho de campo.

Nas figuras seguintes, pode-se observar o aspecto do modelo tridimensional criado. Aos edifícios foi também atribuído um valor médio de absorção sonora.

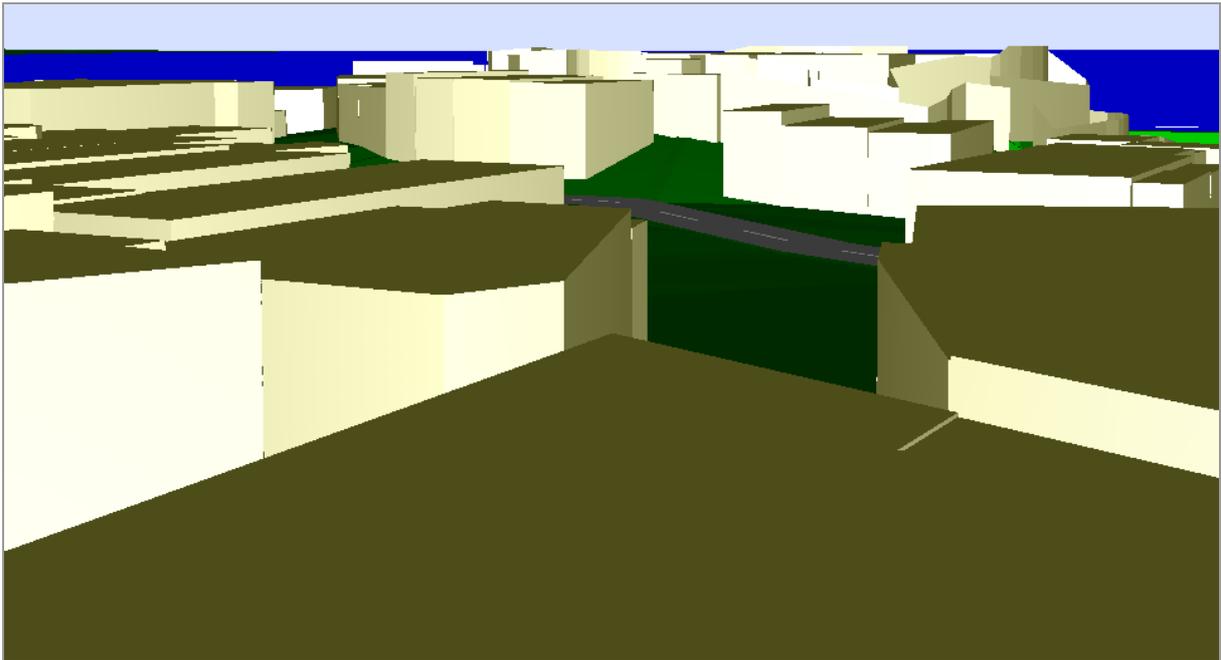


Figura 8 – Vista do Centro do Município de Vila Nova de Cerveira.

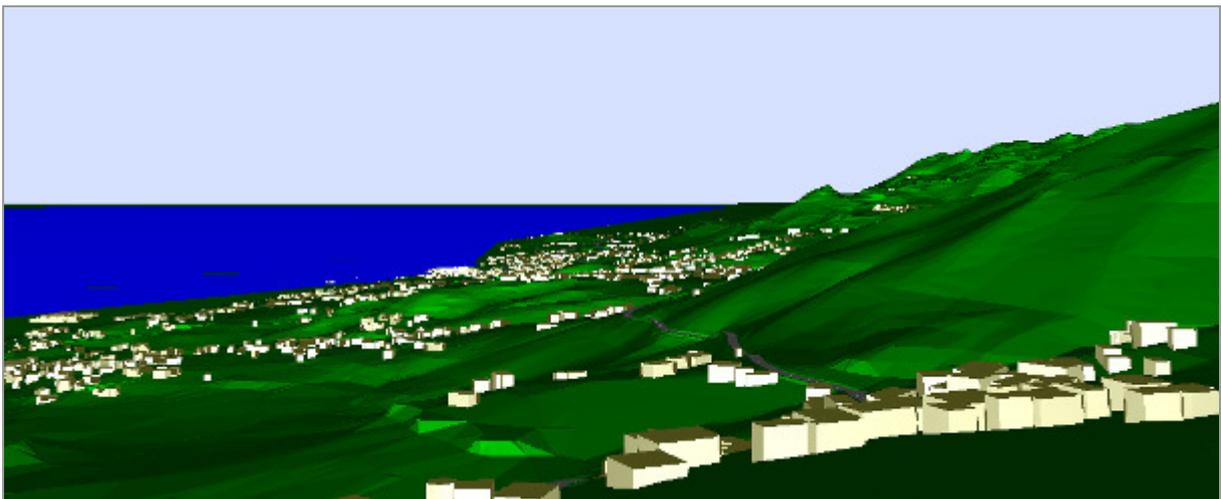


Figura 9 – Vista panorâmica de Vila Nova de Cerveira.

É também de realçar que, durante o trabalho de campo realizado 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. A figura seguinte ilustra uma dessas situações.



Figura 10 – Vista de um talude natural na EN 13.

4.1.4. Fontes de ruído

O presente estudo tem definido como fontes de ruído, as principais vias de tráfego rodoviárias e o ruído industrial 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.

4.1.4.1. Tráfego Rodoviário

A localização desta informação foi obtida através da cartografia e documentação fornecida pela Câmara Municipal de Vila Nova de Cerveira.

As cotas das estradas foram obtidas através da modelação do terreno gerada pelas curvas de nível tendo sido necessários alguns ajustes de modo a obter uma melhor correspondência com a realidade.

Nas figuras seguintes podem ser visualizados os resultados finais dos ajustes realizados às vias rodoviárias e a toda a sua envolvente.

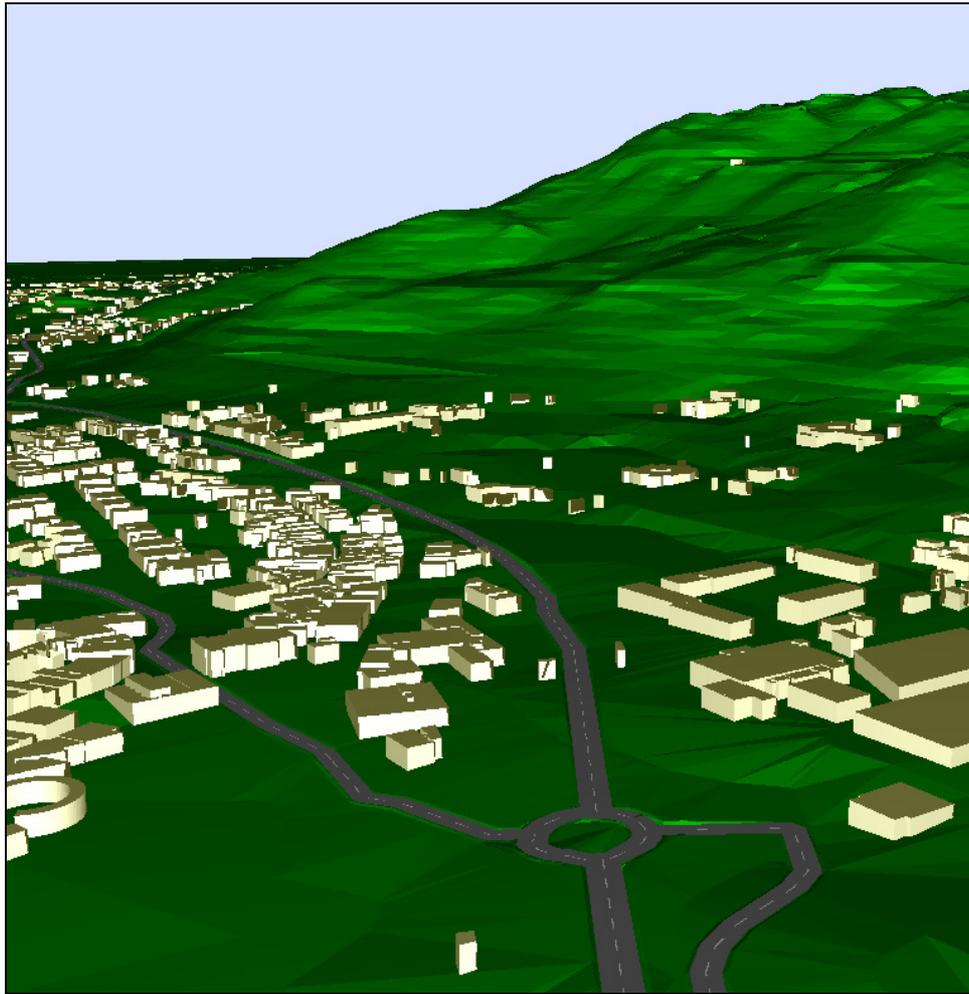


Figura 11 – Perspectiva da Rotunda da EN 13 e envolvente.

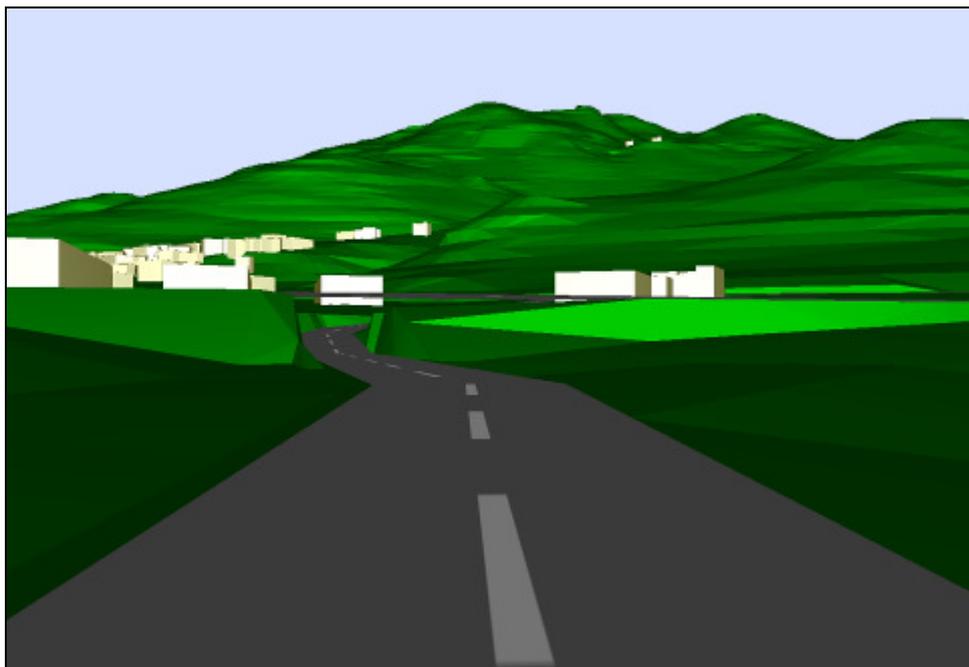


Figura 12 – Vista de um cruzamento desnivelado entre a EN 13 e um Acesso.

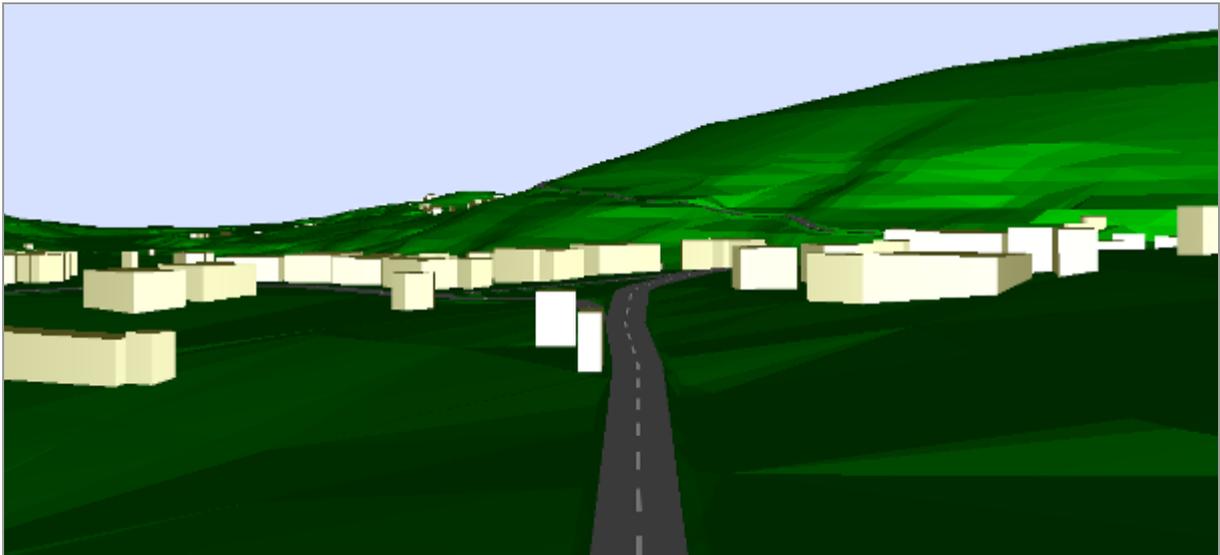


Figura 13 – Vista tridimensional da EN 302.

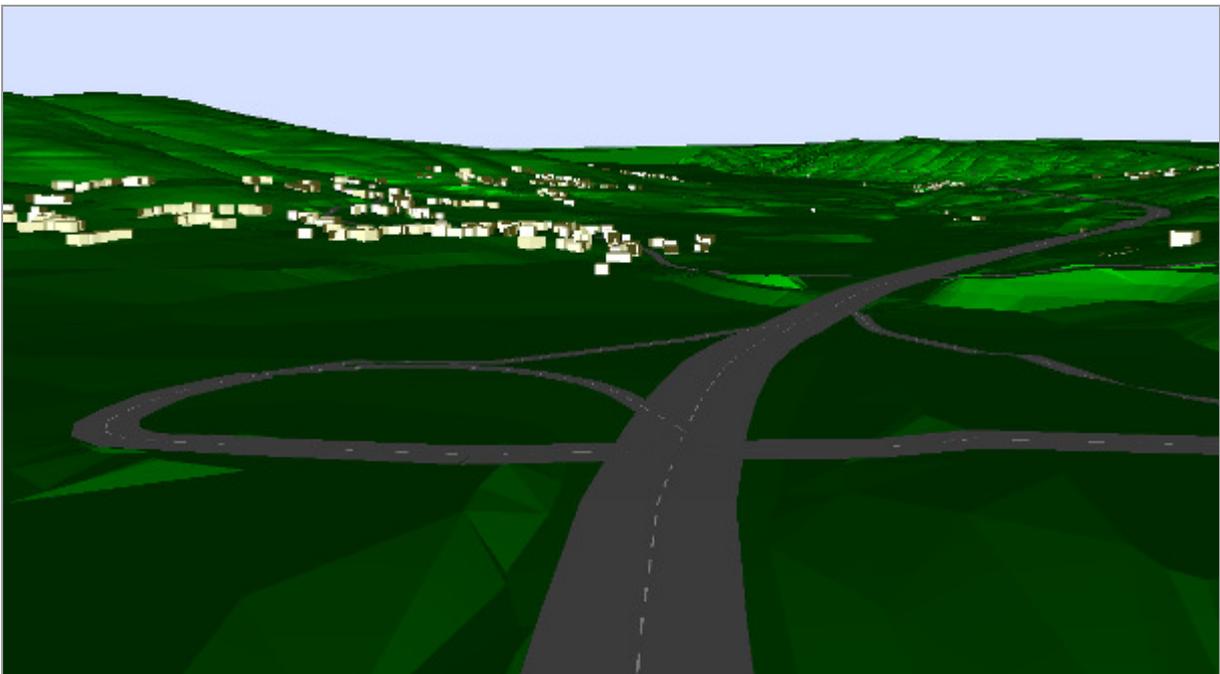


Figura 14 – Vista tridimensional do Nó da A3 com a EN 301.

Os dados de tráfego, utilizados na modelação foram obtidas na Câmara Municipal de Vila Nova de Cerveira, em publicações das Estradas de Portugal e da Brisa, no RECAPE da A28 e através de contagens realizadas no campo.

Atendendo aos principais cruzamentos existentes nas vias rodoviárias em estudo, estas foram divididas em diferentes troços, como pode ser visualizado nas Cartas 1 do Anexo I, de forma a caracterizar os diferentes fluxos de tráfego. Dentro destes troços houve ainda uma subdivisão por velocidade máxima de circulação e por tipo de piso, originando um troço por cada valor diferente de uma destas variáveis.

Tendo em conta o já elaborado mapa de ruído para o concelho, de acordo com o Decreto-Lei 292/2000, foram utilizados os dados de tráfego indicados anteriormente mas devidamente adaptados aos indicadores L_{den} e L_n conforme recomendado pela APA nas suas directrizes publicadas em Março de 2007. Desta forma, tem-se:

- $TMH_{7-20h} = TMH_{7-22h}$
- $TMH_{20-23h} = (2 \times TMH_{7-22h} + 1 \times TMH_{22-7h}) / 3$

- $TMH_{23-7h} = TMH_{22-7h}$

No quadro seguinte apresentam-se os resultados síntese, assim como algumas das características das vias rodoviárias consideradas.

Quadro 3 – Tráfego médio horário por período de referência.

ID	Toponímia	Período Diurno		Período Entardecer		Período Nocturno		V. Máx. Líg. (Km/h)	V. Máx. Pes. (Km/h)	Tipo de Piso
		TMH (V/H)	% Pesados	TMH (V/H)	% Pesados	TMH (V/H)	% Pesados			
1	A3 - Troço 01A	430	5.9	319	6	96	7.5	120	90	Asfalto
2	A3 - Troço 01B	430	5.9	319	6	96	7.5	120	90	Asfalto
3	A3 - Troço 02	447	5.8	331	6	98	7.4	120	90	Asfalto
4	A3 Ramo A	10	3.6	7	4	2	5	60	60	Asfalto
5	A3 Ramo B	10	3.6	7	4	2	5	40	40	Asfalto
6	A3 Ramo C	20	3.6	15	4	4	5	60	60	Asfalto
7	A3 Ramo D	20	3.6	15	4	4	5	60	60	Asfalto
8	A3 Ramo E	30	3.6	22	4	7	5	60	60	Asfalto
9	Acesso A3	60	3.6	44	4	13	5	40	40	Asfalto
10	Acesso EN 13 - Ramo A	220	1	154	1	22	1	50	50	Asfalto
11	Acesso EN 13 - Ramo B	110	1	77	1	11	1	50	50	Asfalto
12	Acesso EN 13 - Ramo C	110	1	77	1	11	1	50	50	Asfalto
13	Avenida das Comunidades Europeias	440	1.4	308	1	44	1.4	50	50	Asfalto
14	Avenida Heróis do Ultramar	282	1	197	1	28	1	50	50	Asfalto
15	CM 1027	192	1	134	1	19	1	50	50	Asfalto
16	CM 1031	140	1.2	98	1	14	1.2	50	50	Asfalto
17	CM 1034 - Troço 01	198	3.1	139	3	20	3.1	40	40	Asfalto
18	CM 1034 - Troço 02	48	3.1	34	3	5	3.1	50	50	Asfalto
19	EM 516 - Troço 01	216	1	151	1	22	1	40	40	Asfalto
20	EM 516 - Troço 02	216	1	151	1	22	1	50	50	Asfalto
21	EM 516 - Troço 03	151	1	106	1	15	1	50	50	Asfalto
22	EM 516 - Troço 04	151	1	106	1	15	1	40	40	Asfalto
23	EM 516 - Troço 05	84	1.5	59	2	10	1.5	90	80	Asfalto
24	EM 516 - Troço 06	84	1.5	59	2	10	1.5	50	50	Asfalto
25	EM 516 - Troço 07	40	3	28	3	5	3	50	50	Asfalto
26	EM 516 - Troço 08	40	3	28	3	5	3	90	80	Asfalto
27	EM 516 - Troço 09	40	3	28	3	5	3	40	40	Asfalto
28	EM 516 - Troço 10	40	3	28	3	5	3	50	50	Asfalto
29	EM 516 - Troço 11	40	3	28	3	5	3	90	80	Asfalto
30	EM 516 - Troço 12	40	3	28	3	5	3	50	50	Asfalto
31	EM 516 - Troço 13	40	3	28	3	5	3	50	50	Paralelo
32	EM 516 - Troço 14	40	3	28	3	5	3	50	50	Asfalto
33	EN 13 - Rotunda	610	3.4	466	3	178	3.7	40	40	Asfalto
34	EN 13 - Troço 01	717	5.9	562	6	251	6.4	90	80	Asfalto
35	EN 13 - Troço 02	717	5.9	562	6	251	6.4	50	50	Asfalto
36	EN 13 - Troço 03	717	5.9	562	6	251	6.4	90	80	Asfalto
37	EN 13 - Troço 04	869	5.9	681	6	304	6.4	50	50	Asfalto
38	EN 13 - Troço 05	1006	5.9	788	6	352	6.4	50	50	Asfalto
39	EN 13 - Troço 06	1006	5.9	788	6	352	6.4	90	80	Asfalto
40	EN 303 - Troço 1	77	5.7	60	5	27	3.7	50	50	Asfalto
41	EN 303 - Troço 2	77	5.7	60	5	27	3.7	90	80	Asfalto
42	EN 303 - Troço 3	77	5.7	60	5	27	3.7	50	50	Asfalto
43	EN 303 - Troço 4	77	5.7	60	5	27	3.7	70	60	Asfalto
44	EN 303 - Troço 5	52	3.8	41	4	18	3	70	60	Asfalto
45	EN 303 - Troço 6	52	3.8	41	4	18	3	50	50	Asfalto
46	EN 303 - Troço 7	52	3.8	41	4	18	3	90	80	Asfalto
47	EN 303 - Ramo A	38	5.7	29	5	12	3.7	40	40	Asfalto
48	EN 303 - Ramo B	38	5.7	29	5	12	3.7	40	40	Asfalto
49	EN302 - Troço 01	98	6.6	77	6	34	5.3	50	50	Asfalto
50	EN302 - Troço 02	98	6.6	77	6	34	5.3	90	80	Asfalto
51	EN302 - Troço 03	98	6.6	77	6	34	5.3	50	50	Asfalto
52	EN302 - Troço 04	98	6.6	77	6	34	5.3	90	80	Asfalto
53	EN302 - Troço 05	98	6.6	77	6	34	5.3	50	50	Asfalto
54	EN302 - Troço 06	44	3	31	3	5	3	90	80	Asfalto
55	EN302 - Troço 07	44	3	31	3	5	3	50	50	Asfalto
56	EN302 - Troço 08	44	3	31	3	5	3	90	80	Asfalto
57	EN302 - Troço 09	44	3	31	3	5	3	50	50	Asfalto
58	EN302 - Troço 10	81	3	57	3	10	3	50	50	Asfalto
59	Rua da Carvalha	72	0.1	50	0	6	0.1	50	50	Asfalto
60	Rua da Estrada Velha - Troço 1	41	3	32	3	14	1	50	50	Asfalto
61	Rua da Estrada Velha - Troço 2	69	5.7	54	5	24	4	50	50	Asfalto
62	Rua da Estrada Velha - Troço 3	179	3.4	131	3	35	2.5	50	50	Asfalto

Mapa de Ruído do Concelho de Vila Nova de Cerveira

ID	Toponímia	Período Diurno		Período Entardecer		Período Nocturno		V. Máx. Lig. (Km/h)	V. Máx. Pes. (Km/h)	Tipo de Piso
		TMH (V/H)	% Pesados	TMH (V/H)	% Pesados	TMH (V/H)	% Pesados			
63	Rua da Estrada Velha - Ramo A	90	3.4	66	3	18	2.5	40	40	Asfalto
64	Rua da Estrada Velha - Ramo B	90	3.4	66	4	18	4	40	40	Asfalto
65	Rua Dr. José Duro - Troço 1	351	1	246	1	35	1	30	30	Paralelo
66	Rua Dr. José Duro - Troço 2	351	1	246	1	35	1	40	40	Paralelo
67	Rua Dr. José Duro - Troço 3	351	1	246	1	35	1	50	50	Asfalto
68	A28 - Troço 01	1197	10	884	10	257	10	120	90	Asfalto
69	A28 - Troço 02	1197	10	884	10	257	10	120	90	Asfalto

4.1.4.2. Tráfego Ferroviário

Em termos de tráfego ferroviário, a Concelho de Vila Nova de Cerveira é atravessado pela Linha do Minho.

O traçado da Linha do Minho foi fornecido pela Câmara Municipal de Vila Nova de Cerveira e encontra-se representado na Carta 1 do Anexo I.



Figura 15 – Visualização tridimensional da Linha do Minho e envolvente.

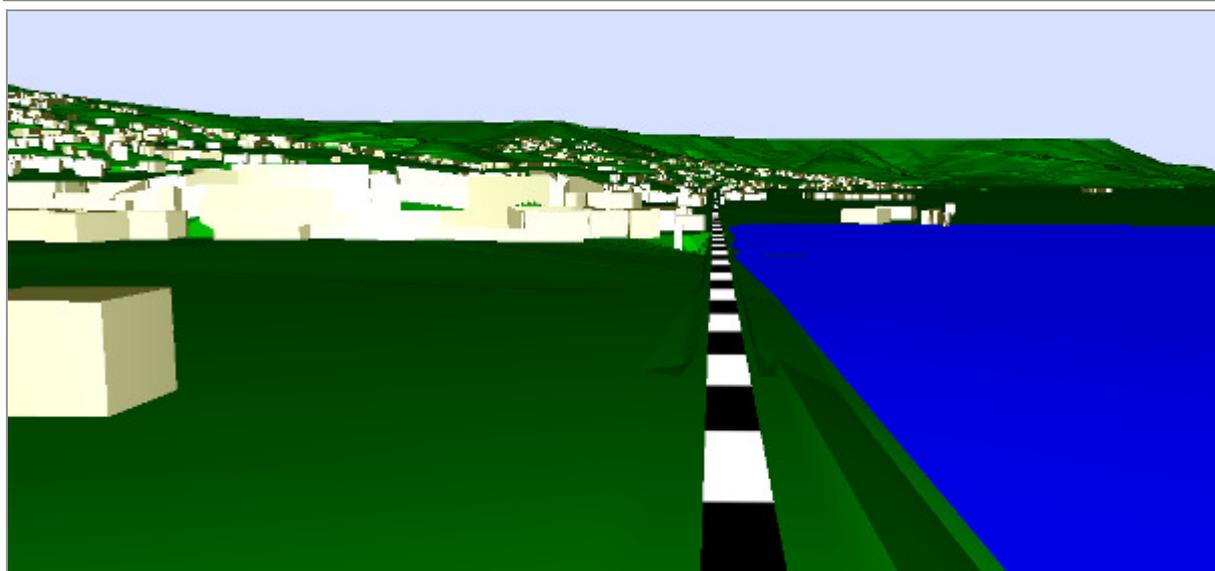


Figura 16 – Visualização tridimensional da Linha do Minho no Centro de Vila Nova de Cerveira.

A informação relativa ao tráfego ferroviário da Linha do Minho e as características do material circulante foi fornecida pela CP – Comboios de Portugal, podendo ser visualizadas no quadro seguinte.

Quadro 4 – Características das composições que circulam na Linha do Minho.

Tipo de Veículo	TMD P.Diurno (07:00 às 20:00)	TMD P.Entardecer (20:00 às 23:00)	TMD P.Nocturno (23:00 às 07:00)	Compr. Médio (m)	% de travões de disco
Internacional	3	1	0	51	100
Interegional	6	1	0	51	100
Regional	9	0	2	51	100
Mercadorias	2	0	0	290	0

TMD - Tráfego Médio Diário

Quadro 5 – Características das velocidades máximas permitidas em cada troço.

ID	Toponímia	V. Max Troço (km/h)
F-1	Linha do Minho - Troço 1	100
F-2	Linha do Minho - Troço 2	80
F-3	Linha do Minho - Troço 3	100

4.1.4.3. Indústrias

No âmbito do Mapa de Ruído do Concelho de Vila Nova de Cerveira, verificou-se não existirem indústrias com Avaliação de Impacte Ambiental (AIA) ou indústrias sujeitas a licenciamento de prevenção e controlo integrado de poluição (PCIP). Assim sendo, apenas foram objecto de análise as indústrias integradas em zonas industriais definidas em P.D.M. e outras indicadas pelo cliente que, pelo tipo de actividade (ex.: exploração/transformação de inertes) e extensão, constituem fontes de ruído com potencial impacte sonoro.

A fim de identificar as principais indústrias existentes nos referidos espaços industriais, foi realizado um levantamento detalhando o tipo de actividade, horário de funcionamento e localização das principais fontes industriais a considerar com indicação da respectiva altura a que se encontram.

Para a avaliação do impacte sonoro das fontes industriais foram efectuadas várias medições acústicas nas diversas zonas industriais, de forma a se validar a potência sonora representativa da actividade. Posteriormente, foi efectuada a modelação de fontes em área optimizáveis de cada unidade industrial como

Mapa de Ruído do Concelho de Vila Nova de Cerveira

uma ou várias fontes em área horizontais, determinando-se genericamente a potência sonora, por metro quadrado, de cada uma das áreas.

Como não existem limitações legais nos níveis de ruído no interior de qualquer área industrial (por não pertencerem nem à classificação de Zonas Mistas nem de Zonas sensíveis) não foi efectuado o cálculo de ruído no seu interior.

As diferentes fontes em área consideradas, encontram-se listadas em resumo no quadro seguinte e em detalhe na Carta 1 do Anexo I.

Quadro 6 – Áreas industriais e respectiva potência sonora calculada.

Área Industrial	ID	Potência Sonora dB(A)/m ²						Tempo de Laboração (horas)					
		Diurno		Entardecer		Nocturno		Diurno		Entardecer		Nocturno	
		de	a	de	a	de	a	de	a	de	a	de	a
Zona Industrial de Campos - Pólo I	I-1	55	68	55	68	55	68	8	13	0	3	0	8
Zona Industrial de Campos - Pólo II	I-2	55	68	55	68	55	68	7	13	0	3	0	8
Exploração Inertes	I-3	72	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-

4.2. VALIDAÇÃO DO MODELO

Dado que o presente trabalho consistiu numa adaptação do mapa de ruído anteriormente elaborado, utilizando como base o mesmo modelo já anteriormente validado, não foi necessário proceder a nova validação. Este procedimento está de acordo com as recomendações da APA.

Recorda-se que no trabalho anterior a validação do modelo acústico foi efectuada por comparação dos níveis de pressão sonora medidos no terreno com os valores simulados pelo modelo, com este parametrizado de modo a reproduzir as condições observadas no local durante as medições realizadas.

As campanhas de medições realizadas dividiram-se em medições de curta duração para aferir a validação junto às principais fontes de ruído e uma medição de longa duração para aferir o modelo no seu todo. Em todos os casos foram obtidos desvios inferiores a 2 dB(A).

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 XPS 31-133, no Método de Cálculo Francês "NMPB Routes 1996" (tráfego rodoviário), Schall 03 (ruído ferroviário) e nas Normas ISO 8297:1994 e NP 4361-2 (ruído industrial).

Todos os mapas aqui apresentados foram gerados a partir de uma malha regular de pontos receptores, com 20 m por 20 m, e a 4 m de altura do solo. Foi utilizado um valor de 1 reflexão para cada raio sonoro.

Dada a sua influência no cálculo da atenuação do som na sua propagação ao ar livre, entre os parâmetros que caracterizam o clima do Concelho de Vila Nova de Cerveira salientam-se a temperatura, a humidade relativa e o regime de ventos. A caracterização climática da região em estudo foi efectuada com base nos dados referentes à Estação de Braga. Os valores dos vários parâmetros meteorológicos resultam de um tratamento estatístico de 30 anos no período 1958-88. De acordo com os valores registados naquela estação tem-se:

- temperatura média anual – 14.1 ° C;
- humidade relativa média do ar – 80 %;
- velocidade média do vento - 2.08 m/s.

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

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, conforme recomendado pela APA nas suas directrizes publicadas em Março de 2007.

Os mapas de ruído correspondem às condições típicas médias ocorridas no ano 2004/7, pelo que na eventualidade de variação dos parâmetros inseridos no modelo (tráfego, condições meteorológicas, etc.), o cenário acústico simulado poderá ser alterado.

5. ANÁLISE DOS MAPAS DE RUÍDO

Os Mapas de Ruído do Concelho de Vila Nova de Cerveira para os indicadores L_{den} e L_n , podem ser visualizados, respectivamente, nas Cartas 1 e 2 no Anexo II.

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 fazer variar os níveis de ruído observados num dado intervalo de tempo particular em relação aos valores obtidos na simulação.

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).

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 concelho, nomeadamente a EN 13, A3 e A28. É de salientar o efeito atenuador da morfologia do terreno na expansão do ruído, bastante visível ao longo de algumas rodovias.

Em termos de extensão em área sob sua influência sonora, a EN 13 origina uma faixa do indicador de ruído $L_{den} > 65$ dB(A) ascende aos 80 m para cada lado da via. No indicador L_n a faixa de ruído > 55 dB(A), ascende aos 125 m de cada lado, sendo a sua largura bastante variável devido à altimetria do terreno e ao efeito dos obstáculos.

Neste contexto refira-se ainda, que dada a predominante ocupação territorial ao longo das vias, verifica-se, de uma forma generalizada, um maior impacte sonoro nos receptores localizados ao longo das principais vias de tráfego rodoviário do Município. Porém, é o próprio edificado existente que serve de barreira à propagação de ruído, situação distinta da que existiria em campo livre, ao mesmo tempo que expõe a níveis mais elevados as populações residentes nos edifícios directamente expostos ao ruído das referidas vias.

Os casos mais evidentes desta situação são os centros urbanos, em que a área de extensão de uma fonte modelada é relativamente reduzida mas os níveis de ruído resultantes bastante elevados. Por isso, os centros urbanos, e mais especificamente na sede de concelho, representam os cenários acústicos mais significativos, devido aos níveis de ruído produzidos pelas suas vias de tráfego rodoviário.

Muito embora os níveis médios de ruído produzidos pela linha-férrea do Minho serem bastantes inferiores aos produzidos pelos grandes eixos viários considerados, esta fonte ferroviária é ainda assim uma fonte ruidosa importante para a caracterização média do ambiente acústico do Município (Figura 17).

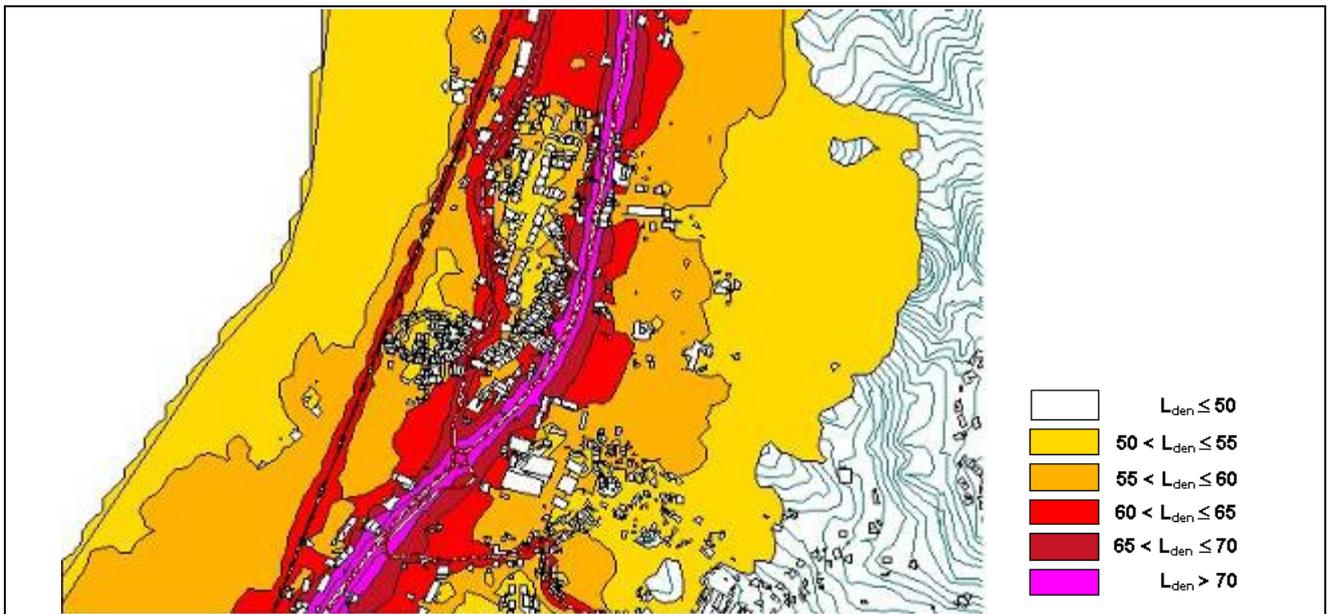


Figura 17 – Mapa de Ruído para o indicador L_{den} da Sede do Concelho de Vila Nova de Cerveira.

O ruído produzido pela generalidade das áreas industriais de Cerveira, 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.

O Mapa de Ruído do Concelho de Vila Nova de Cerveira é um mapa à escala municipal, e como tal comporta todas as fontes que têm interesse a essa escala. Ao analisar áreas 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. Este tipo de fontes de ruído será de incluir em mapas de ruído de Planos de Pormenor e Planos de Urbanização que são efectuados a uma escala local e não concelhia.

SITUAÇÕES PARTICULARES DOS MAPAS DE RUÍDO

Seguidamente são indicadas situações particular 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 18) 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.

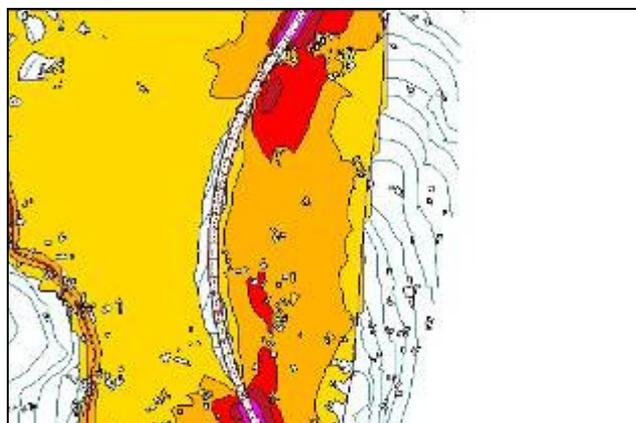


Figura 18 – Exemplo de descontinuidade das linhas isofónicas - viaduto.

- Interrupção abrupta da via rodoviária e correspondentes faixas de ruído - resultam do facto do tráfego rodoviário circulante na via modelada se distribuir pelas outras vias do cruzamento e de nestas o tráfego circulante ser bastante reduzido e assim não terem expressão no âmbito do Mapa de Ruído do Município.

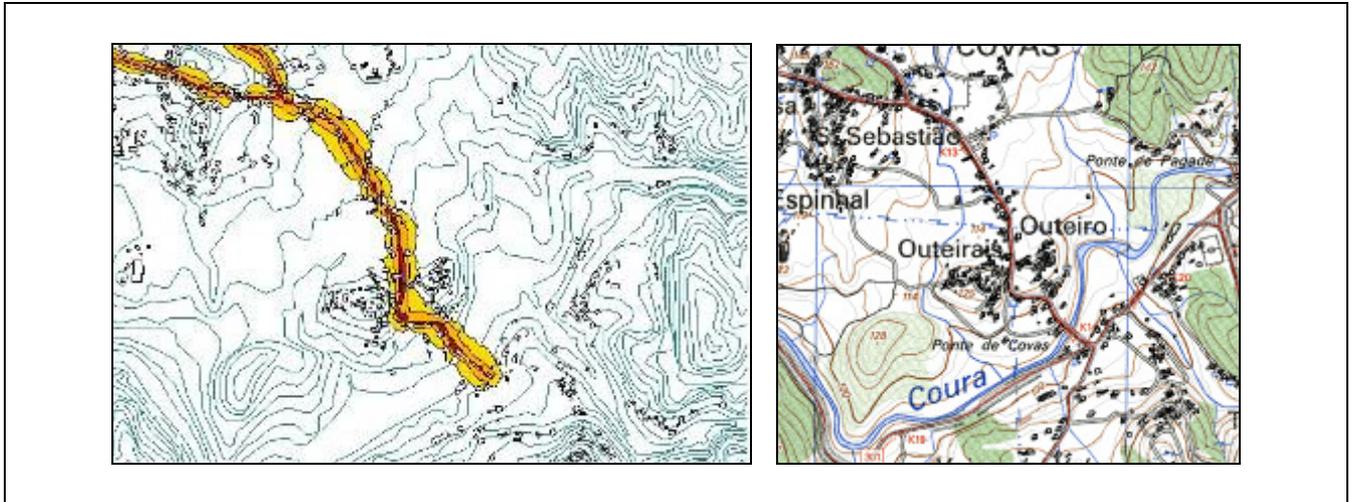


Figura 19 – Via rodoviária modelada interrompida e correspondentes faixas de ruído – EN302.

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 Concelho de Vila Nova de Cerveira.

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 Normas Francesas NMPB 96, XP S 31-133, a Norma Alemã Schall 03 e as Normas ISO 8297:1994 e NP 4361-2. Aquando da realização do Mapa de Ruído, 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, bem como medições acústicas de longa duração.

A actualização do Mapa de Ruído do Concelho de Vila Nova de Cerveira, baseou-se no primeiro modelo terminado em 2006, tendo os novos cálculos sido realizados a partir desse modelo e das actualizações induzidas por modificações na estrutura do município, bem como na alteração de legislação que se fez sentir no ano de 2007, passando a vigorar o Regulamento Geral de Ruído – D.L. 9/2007.

Assim, nesta adaptação de Mapa de Ruído, a distribuição espacial dos níveis sonoros do concelho 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.

Os Mapas de ruído permitem visualizar as áreas em que os níveis de ruído são mais significativos. Estas zonas localizam-se ao longo da EN 13, A3 e A28, sendo que no indicador L_n , a possibilidade de conflito com uma futura Classificação de Zona de Ruído é maior.

Esta informação deve ser tida em consideração 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 espaços de lazer 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.

Mapa de Ruído do Concelho de Vila Nova de Cerveira

Em relação ao Mapa de Ruído elaborado tecem-se ainda as seguintes recomendações gerais:

- Deve ser usado não apenas para avaliar/analisar, mas também para influenciar programas de desenvolvimento e planos municipais;
- Deve ser considerado uma ferramenta de gestão do território e permite a preparação de um plano de redução de ruído e não é apenas como um fim em si mesmo;
- São necessárias actualizações do Mapa de Ruído de modo a visualizar-se a evolução do "panorama acústico", provocada pela alteração das variáveis utilizadas como base do modelo;
- Embora o Mapa de Ruído possa ser útil como uma "fotografia" da situação actual, o maior benefício obtém-se se for actualizado periodicamente ou continuamente e encarado como apenas um passo, sem dúvida importante, no processo de melhoria das condições acústicas proporcionadas à população.

Elaborado por:



Frederico Vieira
Gestor de Projectos

Verificado e aprovado por:



Miguel Lopes
Director do Laboratório

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Regulamento Geral do Ruído – Decreto-Lei n.º 9/2007 de 17 de Janeiro.
2. Directrizes para a Elaboração de Mapas de Ruído, APA, Março 2007.
3. Ramos Pinto, F., Guedes, M. & Leite, M. J., Projecto-Piloto de Demonstração de Mapas de Ruído – Escalas Municipal e Urbana, Instituto do Ambiente, 2004
4. Directrizes para a Elaboração de Planos de Monitorização de Ruído de Infra-Estruturas Rodoviárias e Ferroviárias, DGA / DGOTDU, 2001.
5. Recomendações para Selecção de Métodos de Cálculo a Utilizar na Previsão de Níveis Sonoros, DGA / DGOTDU, 2001.
6. Norma Portuguesa – 1730 (1996) – “Acústica, Descrição e Medição de Ruído Ambiente – Parte 1: Grandezas fundamentais e procedimentos”.
7. Norma Portuguesa – 1730 (1996) – “Acústica, Descrição e Medição de Ruído Ambiente – Parte 2: Recolha de dados relevantes para o uso do solo”.
8. Norma Portuguesa – 1730 (1996) – “Acústica, Descrição e Medição de Ruído Ambiente – Parte 3: “Aplicação aos limites do Ruído”.
9. Norma Portuguesa – 4361 (2001) – “Acústica, Atenuação do Som na sua Propagação ao Ar Livre – Parte 2: “Método Geral de Cálculo”.
10. 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.
11. Procedimentos específicos de medição de ruído ambiente, Instituto do Ambiente, Abril 2003.
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 - Prévission 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. Wolfgang Probst, Implementation of the EU-directive on Environmental Noise Requirements for Calculation Software and Handling with CadnaA, 2003.
17. 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.
18. 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.
19. Relatório de Contas da BRISA, BRISA, 2006.
20. “Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure”, European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN), 2006.

ANEXOS