

# **MAPA DE RUÍDO DO MUNICÍPIO DE BENAVENTE**

**DESCRIÇÃO DO MODELO E RESULTADOS**

**MAIO, 2005**

**Local:** Município de Benavente  
**Referência do Relatório:** 03-547-MPRD10  
**Data do Relatório:** 23-05-2005  
**N.º total de páginas:** 38  
**(excluindo anexos)**

## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO E OBJECTIVO .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>CONTEXTO LEGISLATIVO .....</b>	<b>6</b>
2.1	DEFINIÇÕES .....	6
2.2	ENQUADRAMENTO LEGAL DOS MAPAS DE RÚIDO .....	7
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>9</b>
3.1	LIMITAÇÕES DA AVALIAÇÃO DE AMBIENTE SONORO “TRADICIONAL” .....	9
3.2	MAPAS DE RÚIDO – DESCRIÇÃO BREVE .....	9
3.3	MAPA DE RÚIDO DO MUNICÍPIO DE BENAVENTE .....	10
<b>4</b>	<b>DESCRIÇÃO DO PROJECTO .....</b>	<b>12</b>
4.1	SOFTWARE UTILIZADO .....	12
4.2	INSTRUMENTAÇÃO UTILIZADA .....	13
4.3	NORMAS E PARÂMETROS UTILIZADOS .....	14
4.3.1	<i>Tráfego Rodoviário</i> .....	14
4.3.2	<i>Indústrias</i> .....	17
4.4	CARACTERIZAÇÃO DO MODELO .....	19
4.4.1	<i>Identificação do local em estudo</i> .....	19
4.4.2	<i>Área do mapa e área de estudo</i> .....	20
4.4.3	<i>Caracterização climática</i> .....	21
4.4.4	<i>Topografia</i> .....	21
4.4.5	<i>Edifícios</i> .....	23
4.4.6	<i>Fontes de Ruído</i> .....	24
4.4.6.1	<i>Tráfego Rodoviário</i> .....	24
4.4.6.2	<i>Indústrias</i> .....	29
4.5	VALIDAÇÃO DO MODELO .....	31
4.5.1	<i>Validação junto às fontes sonoras</i> .....	31
4.6	RESULTADOS DO MODELO – MAPAS DE RÚIDO .....	35
4.6.1	<i>análise dos mapas de ruído</i> .....	35
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>37</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>38</b>

## ANEXOS

**ANEXO 1** – IDENTIFICAÇÃO DAS VIAS RODOVIÁRIAS MODELADAS

**ANEXO 2** – IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS INDÚSTRIAS MODELADAS

**ANEXO 3** – IDENTIFICAÇÃO DOS PONTOS DE VALIDAÇÃO

**ANEXO 4** – MAPAS DE RÚIDO (Formato A3)

**ANEXO 5** – MAPAS DE RÚIDO E MAPAS DE CONFLITO À ESCALA 1:25000

**ANEXO 6** – CD COM RELATÓRIO, MAPAS DE RÚIDO E MAPAS DE CONFLITO EM FORMATO DIGITAL



# MAPA DE RUÍDO DO MUNICÍPIO DE BENAVENTE

## DESCRIÇÃO DO MODELO E RESULTADOS

### *Ficha Técnica*

Designação do Projecto	Mapa de ruído do Município de Benavente
Cliente	Associação de Municípios da Lezíria do Tejo
Morada	CNEMA - Quinta das Cegonhas, Apart. 577 2001-907 Santarém
Local de realização dos ensaios	Área abrangida pelo Concelho de Benavente
Fonte(s) do Ruído Particular	Tráfego rodoviário Actividades industriais
Data(s) dos ensaios	Medições rodoviárias – De 3-8-2004 a 11-8-2004 e 16-11-2004. Medições industriais – 8-3-2005; 9-3-2005; 11-3-2005.
Data de Emissão	23-05-2005

## ***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 Laboratório.
- Fátima Valado, Eng. Ambiente (Un. Aveiro), MSc. In Urban Environmental Management (Un. Delft) – Gestora de Projecto
- Paulo Valério, Físico Tecnológico (FCUL) – Gestor de Produto
- Maria João Palma, Eng. Ambiente (FCT/UNL), MSc.em Poluição Atmosférica (UA) – Técnica Especialista
- Márcia Melro, Eng. Ambiente (UAIG/FCMA) – Técnica Estagiária de Laboratório
- Valter Rocha, Eng. Técnico em Engenharia. Mecânica (ESTG) – Técnico de laboratório
- Marco Martins, Técnico de Gestão de Ambiente (EPED) – Técnico de Laboratório
- Bruno Vilaça, Técnico de AutoCAD (AESBUC, FCP) -Técnico de Desenho

## 1 INTRODUÇÃO E OBJECTIVO

“O Decreto-Lei n.º 292/2000, de 14 de Novembro, 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”.

O objectivo deste trabalho consiste na elaboração do Mapa de Ruído do Concelho de Benavente, de forma a dispor-se de uma ferramenta evoluída para a gestão e controlo da poluição sonora existente nessa área.

Um mapa de ruído constitui, essencialmente, uma ferramenta de apoio à decisão sobre planeamento e ordenamento do território devendo, portanto, ser adoptado na preparação dos instrumentos de ordenamento do território e na sua aplicação.

Assim, um mapa de ruído fornecerá informação 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.

Neste trabalho foi desenvolvido um modelo acústico tridimensional de toda a área em estudo e analisados os respectivos 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 (vias rodoviárias, ferroviárias e indústrias).

O modelo criado apresenta um potencial que não se esgota nos resultados apresentados e a escala a que foi realizado adapta-se melhor à tomada de decisões sobre estratégias de zonamento e de identificação de áreas prioritárias para redução de ruído. Constitui, assim, uma ferramenta que deverá 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 viaturas, mudança de piso, etc.).

A escala utilizada em todo o trabalho foi a escala do PDM do concelho – 1:10.000. 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, utilizado e desenvolvido, e são apresentados os seus resultados, quer em forma de quadros, quer em forma de mapas de ruído. Com os dados apresentados é possível obter resultados claros do ruído proveniente das diversas fontes sonoras.

Em anexo a este relatório, inclui-se um CD em que para além do presente relatório se inclui os referidos Mapas de Ruído e de Conflito.

## 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: nocturno (22h00 às 7h00) e diurno (7h00 às 22h00);
- 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);
- Mapa de Conflitos – Mapas diferenciais em que os níveis de ruído são comparados com determinados limites 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 também refere que a classificação das zonas sensíveis e mistas é também 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 caracterizados 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	Período Diurno (07h00-22h00)	Período Nocturno (22h00-07h00)
Sensível	55 dB(A)	45 dB(A)
Mista	65 dB(A)	55 dB(A)

A Directiva Comunitária 2002/49/CE de 25.06.2002, 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.º 7º que: “até 30 de Junho de 2007, os Estados – Membros assegurarão a elaboração e aprovação pelas autoridades competentes de mapas de ruído para todas os aglomerados

Os resultados de ensaio referem-se exclusivamente aos itens ensaiados

Mod. 60-05.01

Este Relatório só pode ser reproduzido na íntegra, excepto quando haja autorização expressa do dB Lab

populacionais com mais de 250.000 habitantes e a todos os grandes eixos rodoviários, ferroviários e aeroportos situados no seu território”.

Em Outubro de 2001, a DGA (Direcção Geral do Ambiente) em conjunto com a DGOTDU (Direcção Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano) 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), a saber:

- 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, sendo este um elemento fundamental para a informação acústica das zonas, objecto de estudo de âmbito municipal.

Nestes princípios referem-se aspectos técnicos no que diz respeito 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, LAeq, 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 vários 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, escala e a data de avaliação.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 LIMITAÇÕES DA AVALIAÇÃO DE AMBIENTE SONORO “TRADICIONAL”

A avaliação de ambiente sonoro "tradicional" recorre a amostragens de ruído de curta duração, num número limitado de pontos no espaço. A utilização generalizada deste tipo de avaliação em áreas urbanas tem, sem dúvida, contribuído para o conhecimento global dos níveis de ruído existentes, em determinados locais de medição.

No entanto, a experiência tem demonstrado que, frequentemente, esta abordagem não permite obter resultados muito fiáveis nem uma visão clara do real ambiente sonoro da área em estudo. Além disso não fornece geralmente informação suficiente para a tomada de decisão quanto às medidas minimizadoras a implementar – pois não permite identificar e classificar fontes de ruído – nem possibilita uma previsão dos resultados expectáveis de uma determinada intervenção correctiva.

Outro aspecto a ter em conta consiste na dificuldade que a avaliação "tradicional" tem em apresentar resultados de fácil leitura por não especialistas. Tal facto dificulta a comunicação efectiva dos resultados de medidas minimizadoras do ruído aos potenciais interessados, como a comunidade envolvente, organismos oficiais, indústrias, organizações ambientalistas, entre outros, não potenciando devidamente os efeitos dessas medidas na imagem da autarquia.

#### 3.2 MAPAS DE RUÍDO – DESCRIÇÃO BREVE

O desenvolvimento de técnicas de modelação da emissão e propagação sonora, a par do aumento enorme 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.

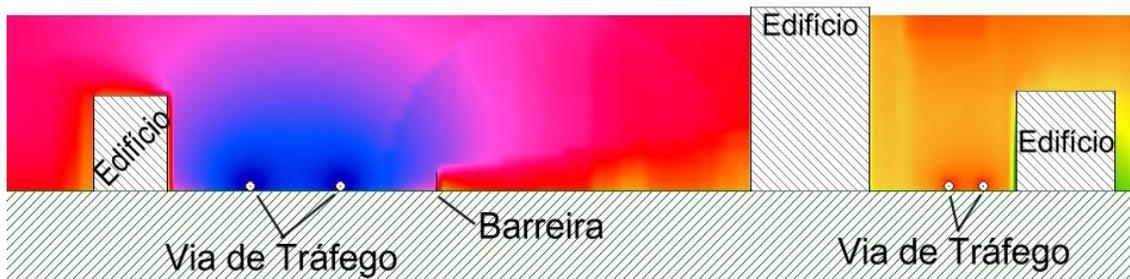


Figura 3-3 – Mapa de Ruído em corte transversal às vias rodoviárias.

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 medida. Eles resultam sim de cálculos realizados de acordo com modelos matemáticos baseados em Normas, englobando uma série de fases que a seguir se descrevem.

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.

### 3.3 MAPA DE RUÍDO DO MUNICÍPIO DE BENAVENTE

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 (muros, barreiras acústicas);
- 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 dos edifícios e outros obstáculos permanentes à propagação do ruído e definição da sua altura de forma a criar-se elementos 3D, a partir da informação fornecida pela Câmara local;
- Caracterização das fontes de ruído com base nas Normas francesas NMPB96 e XPS 31-133 (tráfego rodoviário), nas Normas NP 4361-2 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 Benavente em computador através do software CadnaA e com base nas Normas referidas anteriormente, para realizar o referido mapa de ruído;
- Validação do modelo: selecção de pontos de medição 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 através do modelo introduzido no 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.

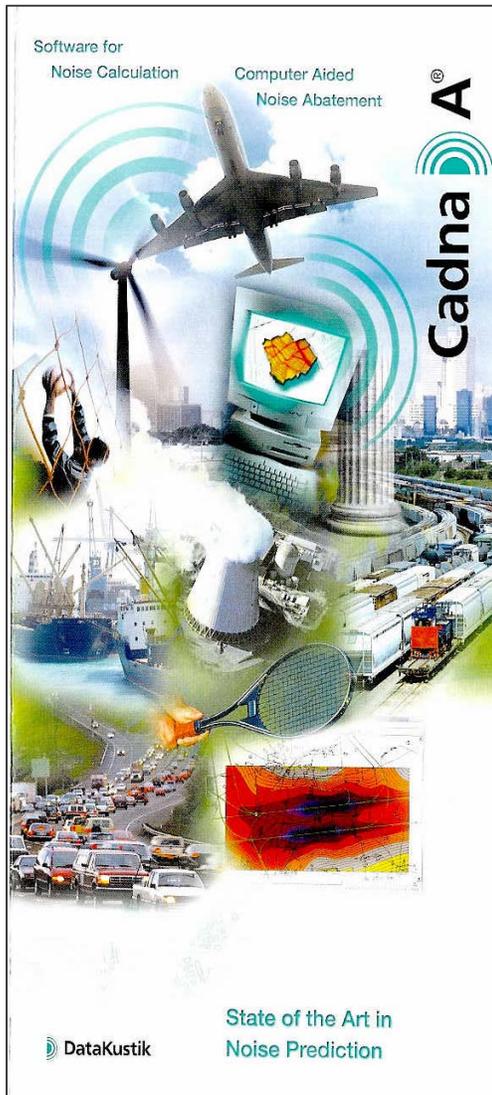
Em relação ao mapa de ruído (MR) elaborado para a referida área, relembrem-se as seguintes observações:

- 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”, o maior benefício obtém-se se for actualizado periodicamente ou continuamente; 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 a pedido da autarquia foram calculados mapas de ruído a 4 metros acima do solo;
- Medições de ruído só para locais específicos; 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 SOFTWARE UTILIZADO

O programa utilizado para a elaboração dos Mapas de Ruído foi o CadnaA.



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

É, manifestamente, um título de referência na área da modelação acústica.

O CadnaA 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.

Deste modo, o CadnaA permite elaborar um mapa de ruído que inclui a contribuição de todos os tipos de fontes relevantes, sendo cada uma modelada de acordo com esses métodos.

## 4.2 INSTRUMENTAÇÃO UTILIZADA

Os equipamentos utilizados na realização do presente estudo, encontram-se homologados pelo IPQ, e as suas características técnicas e n.º de certificados de calibração, podem ser visualizadas no quadro seguinte.

**Quadro 4-1 – Instrumentação utilizada.**

Tipo	Características		Rastreabilidade		
	Ref. Marca Modelo	Nº de Série	Entidade Calibradora	Nº Certificado	Data de Calibração
Sonómetro	LAB-23 Rion NA-27	10342176	I.S.Q.	17107/04	15-06-2004
Calibrador	LAB-24 Rion NC-74	50441102	I.S.Q.	17107/04	15-06-2004
Sonómetro	LAB-27 Rion NL-31	341521	I.S.Q.	22046/04	26-07-2004
Calibrador	LAB-28 Rion NC-74	50441107	I.S.Q.	22046/04	26-07-2004

### 4.3 NORMAS E PARÂMETROS UTILIZADOS

Todos os mapas aqui apresentados foram gerados a partir de uma malha de 10 por 10 metros a 4 metros acima do solo, correspondendo à altura recomendada pela Directiva Comunitária para áreas urbanas, na perspectiva de indicar aproximadamente os níveis incidentes em fachadas de edifícios sensíveis, tipicamente à altura de primeiro andar. Foi utilizado um valor de 1 reflexão para cada raio sonoro.

#### 4.3.1 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 em seguida, na caracterização da associada 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),

Esta Directiva recomenda, no seu anexo II, 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 a Norma referida, 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 introdução no modelo de uma via de tráfego rodoviário envolve os seguintes passos:

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

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

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

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

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

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

em que,

- $\oplus$  é a soma logaritmica 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:

J	Banda de oitava	R(j) em dB(A)
1	125 Hz	-14
2	250 Hz	-10
3	500 Hz	-7
4	1 kHz	-4
5	2 kHz	-7
6	4 kHz	-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.

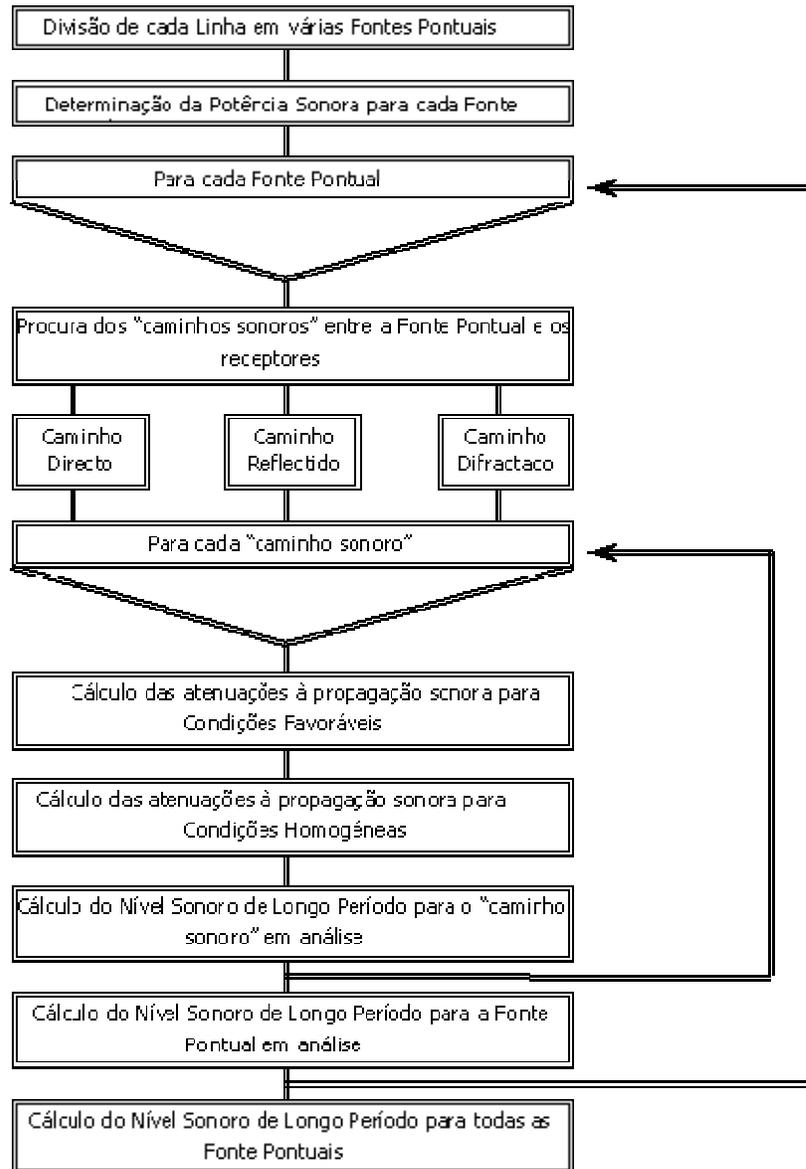


Figura 4-1 – Fluxograma do método NMPB'96

### 4.3.2 INDÚSTRIAS

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

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

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

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

Especificamente, esta norma 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 para o cálculo do nível de pressão sonora ( $L_p$ ), para um dado receptor, é:

$$L_p = L_w + D_c - A$$

em que,

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

em que,

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

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

## 4.4 CARACTERIZAÇÃO DO MODELO

Para a realização de um mapa de ruído é necessário modelar todas as variáveis intervenientes na complexa problemática ambiental que é o ruído, para que a aplicação computacional de previsão do modelo físico de propagação sonora possa fazer o seu papel com o maior rigor possível.

Nos próximos pontos é descrito com maior detalhe a informação introduzida no modelo, distinguida em três classes fundamentais: caracterização da área em estudo, fontes de ruído e pontos receptores de ruído.

### 4.4.1 IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL EM ESTUDO

O concelho de Benavente situa-se na região centro do país, pertencendo ao distrito de Santarém (Figura 4-2). Este município é constituído por quatro freguesias: Barrosa, Benavente, Samora Correia e Santo Estevão, abrangendo uma área total de 521 Km<sup>2</sup> e possuindo uma população de cerca de 25.166 habitantes (ANMP, 2005).

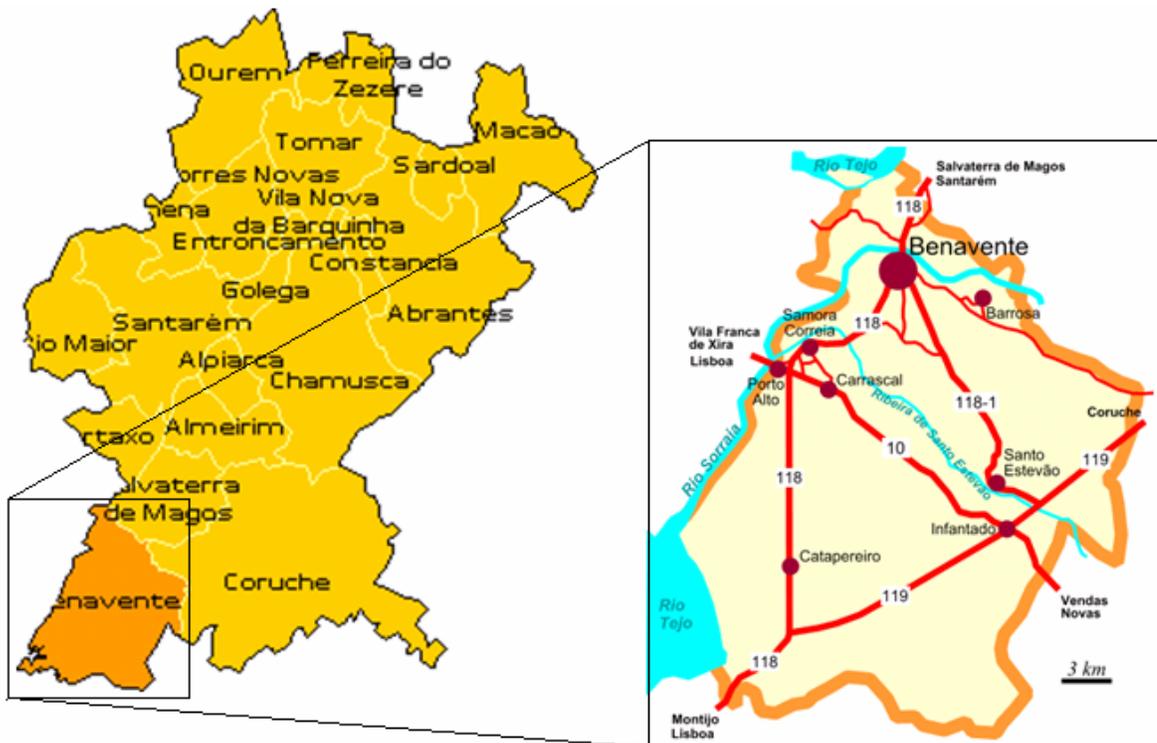


Figura 4-2 – Localização da área em estudo: Concelho de Benavente

Fonte: <http://viajar.clix.pt>

#### 4.4.2 ÁREA DO MAPA E ÁREA DE ESTUDO

A área do mapa corresponde à área contida no limite do concelho. Embora a propagação de ruído seja um problema eminentemente de âmbito local, muitas das infraestruturas que produzem ruído atravessam vários municípios, por isso aquelas que extravasam o limite concelhio, foram estendidas para além da área de cálculo, conforme se ilustra na figura seguinte, para que fosse tida em conta essa emissão sonora. Neste último caso, a área considerada diz respeito à área de estudo. A distância considerada teve em conta o tipo e intensidade das fontes em causa, bem como das características de ocupação do solo no limite da área do mapa.

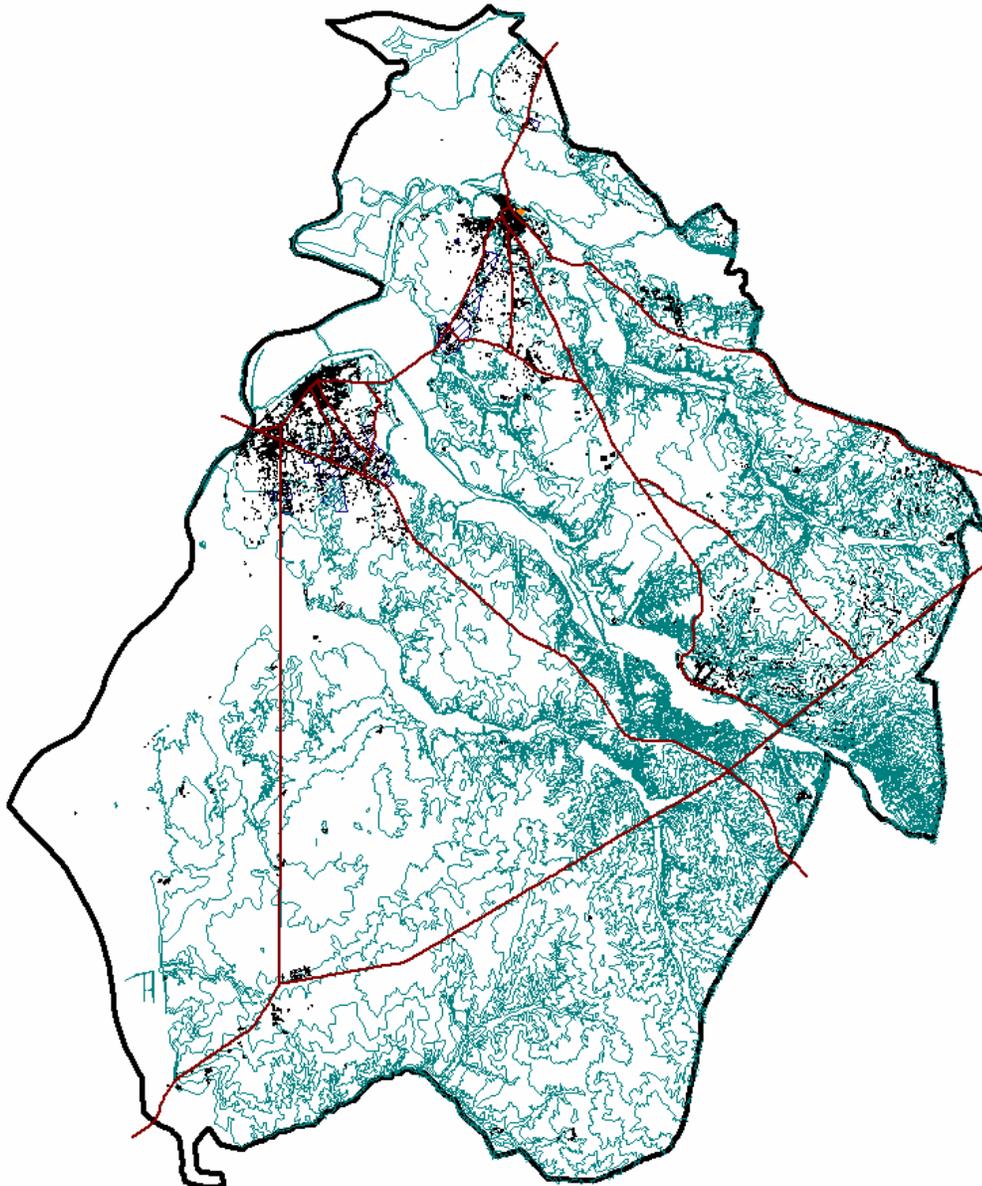


Figura 4-3 – Representação da área de estudo.

#### 4.4.3 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

A caracterização climática da região em estudo foi efectuada com base nos dados referentes às Estações Meteorológicas de Santarém, Salvaterra de Magos e Benavente, situadas geograficamente mais próximas. Os valores destas variáveis são resultados de tratamento estatístico de dados referentes a 30 anos (de 1958 a 1988).

Os principais parâmetros que caracterizam o clima desta região e que se revelam essenciais para o cálculo da atenuação atmosférica na propagação do som ao ar livre são a temperatura, a humidade relativa e o regime de ventos.

A temperatura média anual, obtida através das médias das temperaturas médias mensais foi de 15.6°C. A média anual de humidade relativa do ar foi 80%. A velocidade média dos ventos foi de 2.03 m/s (fonte: <http://agricultura.isa.utl.pt/agricultura/agribase/estacoes.asp>).

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

#### 4.4.4 TOPOGRAFIA

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

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

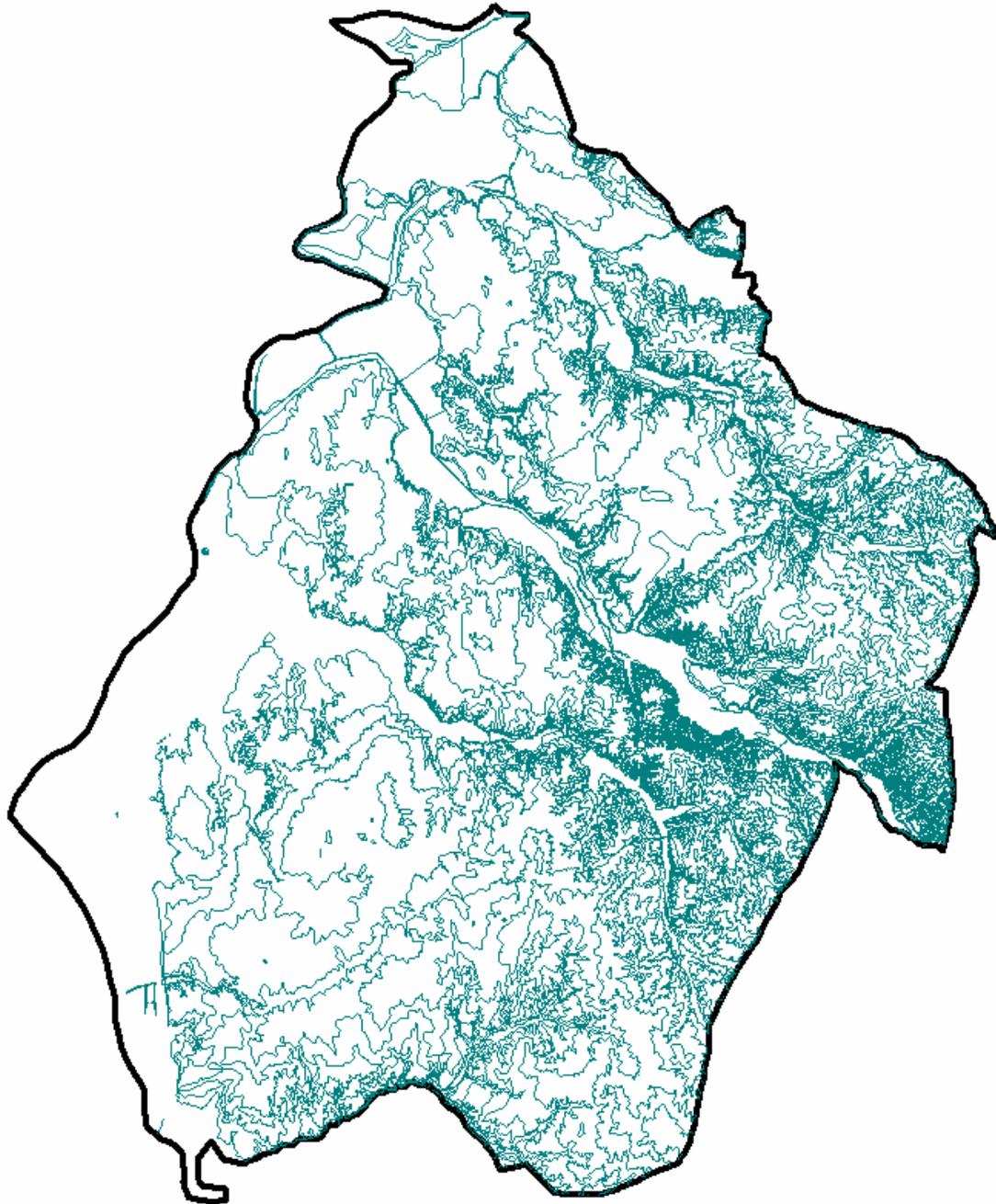


Figura 4-4 – Curvas de nível em planta.

#### 4.4.5 EDIFÍCIOS

A informação referente a edifícios e outros elementos de construção (planimetria), foi fornecida pela Associação de Municípios da Lezíria do Tejo, em duas fases distintas. Numa primeira etapa, a cartografia fornecida não contemplava todos os edifícios existentes no município, essenciais à modelação do Mapa de Ruído. Assim, numa segunda fase, essa informação foi complementada com os restantes elementos planimétricos, providos pelo cliente em Dezembro de 2004.

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

Na Figura 4-5, pode-se observar o aspecto do modelo tridimensional criado. Aos edifícios foi também atribuído um valor médio de absorção sonora.

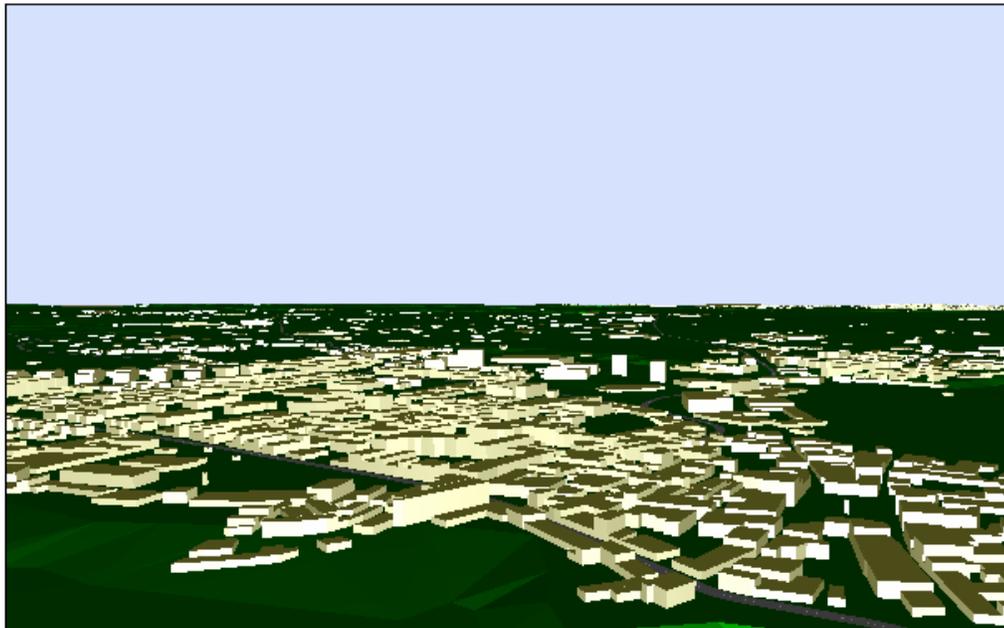


Figura 4-5 – Vista tridimensional de uma zona urbana em Benavente

Será também de realçar que, foram também identificados e introduzidos no modelo alguns objectos de interesse, como por exemplo muros e taludes, que funcionam como “barreiras acústicas” na propagação do som ao ar livre. A Figura 4-6 ilustra uma dessas situações.

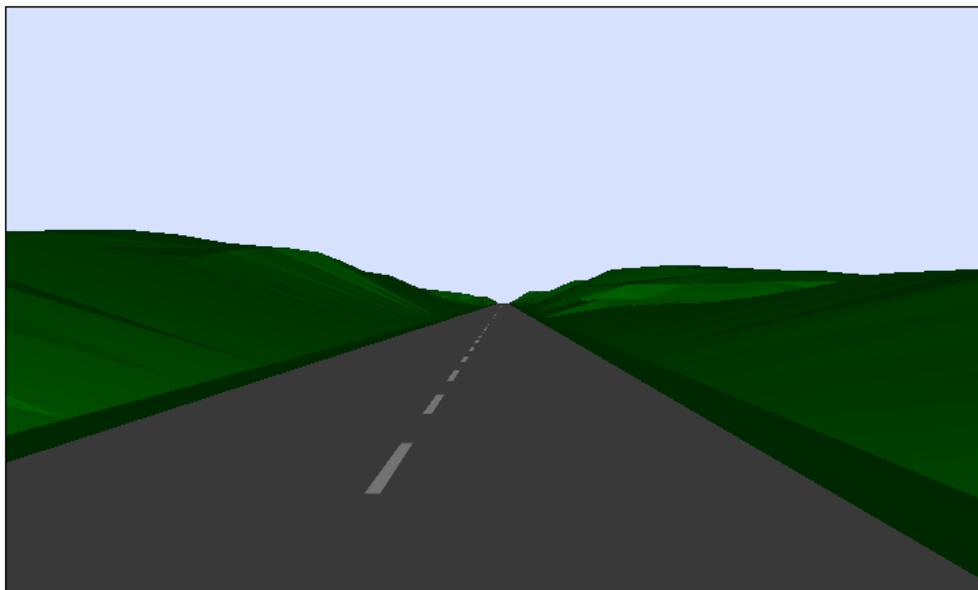


Figura 4-6 – Talude junto de uma via, funcionando como barreira acústica.

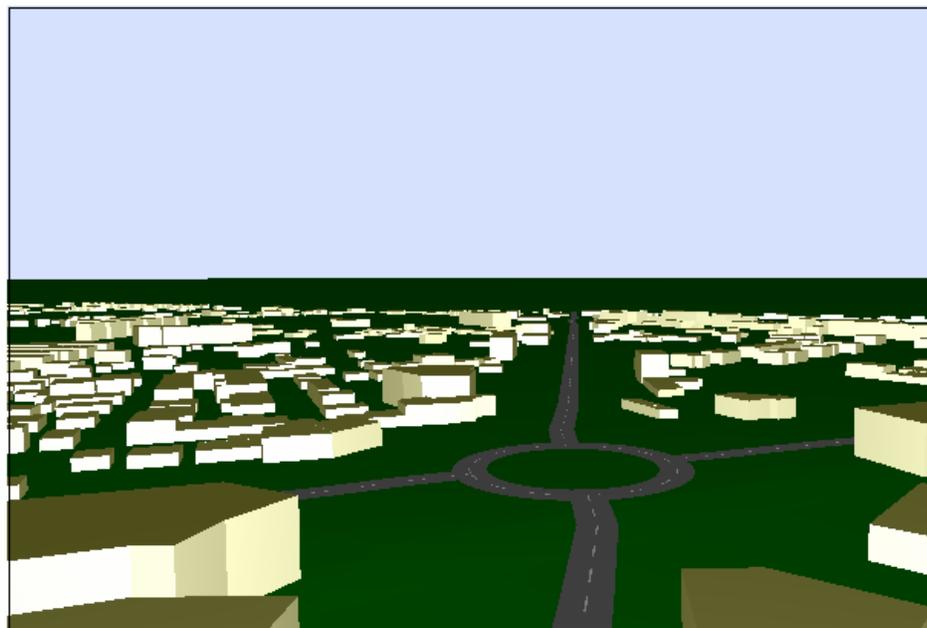
#### 4.4.6 FONTES DE RUÍDO

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.

##### 4.4.6.1 Tráfego Rodoviário

A localização desta informação foi obtida através da cartografia e documentação fornecida pela Associação de Municípios da Lezíria do Tejo.

Nas rodovias, as cotas foram obtidas através da modelação do terreno gerado pelas curvas de nível tendo sido necessários alguns ajustes, de modo a obter uma melhor correspondência com a realidade, tal como se pode verificar na figura seguinte.



**Figura 4-7 – Visualização tridimensional de uma rotunda.**

Em termos de tráfego rodoviário foi efectuado, em primeiro lugar através da realização de trabalho de campo, um levantamento cartográfico das principais rodovias que atravessam o concelho. Posteriormente, de acordo com indicações fornecidas pelo município, de entre estas últimas foram então seleccionadas as vias rodoviárias que iriam ser consideradas no mapa de ruído.

Assim, as estradas consideradas neste estudo foram as seguintes:

- Estrada Nacional n.º 10, EN10;
- Estrada Nacional n.º 10-5, EN10-5;
- Estrada Nacional n.º 118, EN118;
- Estrada Nacional n.º 118-1, EN118-1;
- Estrada Nacional n.º 119, EN119;
- Estrada Municipal n.º 515, EM515;
- Av. Egas Moniz;
- Estrada da Figueira Milheira;
- Estrada do Miradouro;
- Estrada dos Alemães;
- Estrada dos Cachimbos;
- Rua dos Operários Agrícolas;
- Rotunda EN10-EN118.



Atendendo aos principais cruzamentos existentes nas vias rodoviárias em estudo, estas foram divididas em diferentes troços distintos, como pode ser visualizado nas Cartas 1.1 do Anexo 1, de forma a caracterizar os diferentes volumes de tráfego. Dentro destes troços houve ainda uma subdivisão por velocidade máxima de circulação e por tipo de piso.

Para cada rodovia foram efectuadas contagens de tráfego, com períodos de amostragem representativos do tráfego em circulação, em um ou mais pontos de acordo com as variações de tráfego ao longo da rodovia.

Nos Quadros 4-2 e 4-3 apresentam-se algumas características das vias rodoviárias incluídas no modelo para elaboração dos mapas de ruído, resultantes de trabalho de campo realizado pelo dBLab.

**Quadro 4-2 – Listagem de algumas características das vias rodoviárias consideradas e contagens de tráfego para o período diurno**

Rodovia	TMH (veículos/h)	% pesados	Tipo de piso
Avenida Egas Moniz	237	1	Asfalto
EM515 - A	381	6	Asfalto
EM515 - B	103	4	Asfalto
EN 10-5	691	10	Asfalto
EN10 - A	119	21	Asfalto
EN10 - B	1071	21	Asfalto
EN10 - C	453	32	Asfalto
EN10 - D	414	33	Asfalto
EN118 - A	1167	8	Asfalto
EN118 - B	975	14	Asfalto
EN118 - B	975	14	Asfalto
EN118 - C	1191	10	Asfalto
EN118 - D	876	18	Asfalto
EN118-1 - A	876	18	Asfalto
EN118-1 - B	111	3	Asfalto
EN119 - A	261	13	Asfalto
EN119 - B	513	17	Asfalto
EN119 - C	432	15	Asfalto
EN119 - D	281	10	Asfalto
Estrada da Figueira Milheira	198	18	Asfalto
Estrada do Miradouro	134	22	Asfalto
Estrada dos Alemães	80	5	Asfalto
Estrada dos Cachimbos	77	22	Asfalto



Rodovia	TMH (veículos/h)	% pesados	Tipo de piso
Rotunda EN10-EN118	620	18	Asfalto
Rua dos Operários Agrícolas - A	102	2	Asfalto
Rua dos Operários Agrícolas - B	300	20	Asfalto

**Quadro 4-3 – Listagem de algumas características das vias rodoviárias consideradas e contagens de tráfego para o período nocturno.**

Rodovia	TMH (veículos/h)	% pesados	Tipo de piso
Avenida Egas Moniz	55	1	Asfalto
EM515 - A	89	3	Asfalto
EM515 - B	8	2	Asfalto
EN 10-5	204	3	Asfalto
EN10 - A	206	14	Asfalto
EN10 - B	197	14	Asfalto
EN10 - C	83	21	Asfalto
EN10 - D	76	11	Asfalto
EN118 - A	214	5	Asfalto
EN118 - B	179	9	Asfalto
EN118 - B	179	9	Asfalto
EN118 - C	219	7	Asfalto
EN118 - D	161	12	Asfalto
EN118-1 - A	82	3	Asfalto
EN118-1 - B	20	2	Asfalto
EN119 - A	48	9	Asfalto
EN119 - B	95	11	Asfalto
EN119 - C	79	10	Asfalto
EN119 - D	62	10	Asfalto
Estrada da Figueira Milheira	46	9	Asfalto
Estrada do Miradouro	34	11	Asfalto
Estrada dos Alemães	19	3	Asfalto
Estrada dos Cachimbos	17	11	Asfalto



Rodovia	TMH (veículos/h)	% pesados	Tipo de piso
Rotunda EN10-EN118	123	13	Asfalto
Rua dos Operários Agrícolas - A	24	1	Asfalto
Rua dos Operários Agrícolas - B	70	10	Asfalto

É de referir que, as velocidades máximas, para os veículos ligeiros e pesados, consideradas nos troços rodoviários foram de, respectivamente 90 km/h e 80 km/h. No entanto, no interior de localidades essas velocidades passaram a ser limitadas para 50 km/h, em ambos os casos.

#### 4.4.6.2 Indústrias

A fim de identificar as principais fontes de ruído industriais existentes no Concelho de Benavente, foi realizada uma pesquisa das indústrias abrangidas pela avaliação de impacto ambiental (AIA) e das sujeitas a licenciamento de prevenção e controlo integrados da poluição (PCIP).

Na análise das listagens anteriores foram identificados a Indústrias de Alimentação IDAL, LDA, NISA-Indústria Transformadora De Celulose e Papel, S.A., que foram analisadas “in situ”.

Para além destas, foram identificadas várias outras, quer por análise elaborada no local, quer por indicação da Câmara Municipal de Benavente, nomeadamente a Etar da Quinta dos Gatos, a Raçalto (localizada na Zona Industrial da Murteira), a Macilvac, a Milupa Portuguesa, a Silvex, a Brindauto, a Incompol, e várias zonas industriais, nomeadamente a Zona Industrial Porto Alto - EN10, a Zona Industrial da Murteira e a Zona Industrial de Benavente, com potencial impacte sonoro. Do trabalho de campo realizado às diversas Zonas Industriais, definiram-se diferentes fontes em área, as quais se encontram representadas na Carta 1.1 do Anexo 2. Os horários de funcionamento foram fornecidos pela Câmara.

Assim sendo, nos casos em que o ruído por parte das indústrias era mensurável (ou seja, em que o restante ruído da natureza ou do tráfego rodoviário não era mais elevado que o das indústrias), esse mesmo ruído foi medido para estimar a potência sonora das referidas, utilizando procedimento baseado na Norma ISO 8297:1994(E). Nos restantes casos, a metodologia do Laboratório é a de aplicar uma potência típica de 55 a 65 dBA por m<sup>2</sup> durante o dia e 45 a 55 durante a noite, caso estas áreas industriais tenham actividade nesse período, de acordo quer com artigos e documentos disponíveis sobre a matéria, dos quais se realça o documento “Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the production of associated data on noise exposure”, quer com resultados obtidos em situações similares pelo Laboratório.

**Quadro 4-4 – Equivalência descrita em “Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping” entre o tipo de indústria e a potência sonora por metro quadrado.**

Tipo de indústrias	LW" (/m <sup>2</sup> )	
	Diurno	Nocturno
Área c/ indústrias pesadas	65 dB(A)	65 dB(A)
Área c/ indústrias ligeiras	60 dB(A)	60 dB(A)
Áreas com usos comerciais	60 dB(A)	45 dB(A)

Foram assim medidas as contribuições particulares das seguintes indústrias:

- RAÇALTO – Empreendimentos Agrícolas, Industriais E Pecuários, S.A.
- Indústrias de Alimentação IDAL, Lda
- NISA -Indústria Transformadora de Celulose e Papel, S.A.
- PURINA
- MACILVAC – Projectos, Equipamentos e Montagens Industrias, LDA
- MILUPA Portuguesa, LDA.
- SILVEX – Transformadora de Plásticos e Papéis, LDA
- BRINDAUTO – Peças e Acessórios para Automóveis, S.A.
- INCOMPOL – Indústria de Componentes, S.A.



Tendo por base os procedimentos descritos anteriormente, foram obtidos os seguintes valores de potência sonora, e que foram utilizados na modelação das fontes industriais do concelho:

**Quadro 4-5 – Áreas industriais e respectiva potência sonora aplicada**

Área Industrial	Potência Sonora		Período de Laboração	
	dB(A) / m <sup>2</sup>		horas	
	Diurna	Nocturna	Diurno	Nocturno
Etar da Quinta dos Gatos	58	58	15	9
Raçalto - Zona Industrial da Murteira	64	-	14	-
Macilvac	70	-	10	-
Milupa	63	63	15	9
Silvex	54	54	15	9
Brindauto	54	-	10	-
Incompol	54	-	15	-
IDAL	54 a 71	54 a 71	15	9
NISA	66	66	15	9
Zona Industrial Porto Alto - EN10	55	-	11(*)	-
Zona Industrial da Murteira	55	-	11(*)	-
Zona Industrial de Benavente	55	-	11(*)	-

Notas: Quando indicado um intervalo de valores, tal significa que foram atribuídas potências sonoras em função da localização de empresas ou equipamentos com diferentes níveis de ruído  
 \*\*\* - Foi considerado um período de funcionamento genérico entre as 07 e as 18H00.

Devido ao facto da validação só ser possível para condições factuais, apenas os Mapas de Ruído das indústrias em que foi possível analisar as respectivas contribuições de ruído particular estão dentro do âmbito da acreditação do dBLab. A modelação dos parques industriais que ainda não se encontram em actividade ou de indústrias em que não tenha sido possível medir a sua contribuição particular (situações em que foi associada uma potência sonora estimada), está dessa forma, fora do âmbito da acreditação do laboratório.

## 4.5 VALIDAÇÃO DO MODELO

Após o cálculo do mapa de ruído e dado que os valores obtidos são em função dos dados de entrada, é necessário recorrer a uma validação do mesmo. 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.

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

### 4.5.1 VALIDAÇÃO JUNTO ÀS FONTES SONORAS

A fim de proceder à validação junto a cada fonte sonora introduzida no modelo, foram realizadas medições de ruído em 13 pontos receptores (pontos de validação), nos períodos diurno e nocturno. Estas amostragens tiveram uma duração representativa tendo em conta a variabilidade dos níveis de ruído existentes.

As medições foram realizadas de acordo com a metodologia descrita no Procedimento Técnico interno PT11 do dBLab, baseado na Norma Portuguesa 1730 (1996). Durante as amostragens de ruído realizadas, foram efectuadas contagens de tráfego com discriminação de veículos pesados e da sua velocidade média de circulação, a fim de poder simular no modelo a realidade medida.

Na Carta 1.1 do Anexo 3, encontram-se identificados os pontos receptores introduzidos no modelo que representam os locais onde foram realizadas medições. Estes pontos receptores foram cotados a 1,5 metros acima do solo, de modo idêntico à posição do microfone do sonómetro.

Na figura seguinte pode-se visualizar em 3D um ponto receptor de ruído introduzido no modelo.

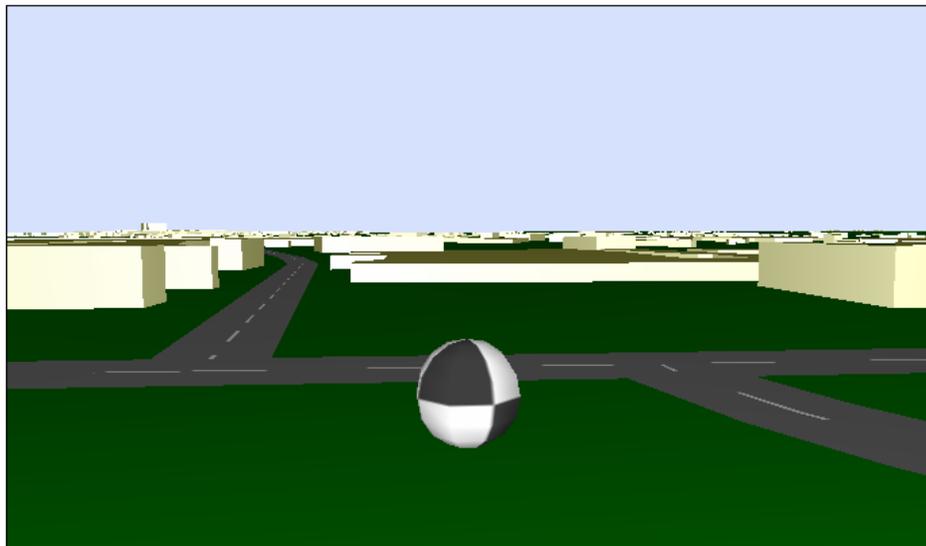


Figura 4-8 – Visualização em 3D de um ponto receptor de ruído.

Os valores obtidos pelo modelo nos pontos receptores de ruído são apresentados no Quadro 4-6.

Nos Quadros utilizaram-se as seguintes designações:

$L_{Aeq\ calc}$  nível sonoro contínuo equivalente calculado pelo modelo para o período de referência em questão;

$L_{Aeq\ med\ médio}$  nível sonoro contínuo equivalente medido pelo dBLab para o período de referência em questão, ou média logaritmo de várias amostragens no mesmo ponto quando aplicável;

$L_{Aeq\ calc} - L_{Aeq\ med\ médio}$  diferença linear entre o  $L_{Aeq\ calc}$  e o  $L_{Aeq\ med\ médio}$

**Quadro 4-6– Resultados das campanhas de medições e correspondentes valores calculados pelo modelo.**

Pontos Receptores	Coordenadas Absolutas		L <sub>Aeq</sub> Calculado		L <sub>Aeq</sub> Medidos	
	X	Y	Diurno dB( A)	Nocturno dB( A)	Diurno dB( A)	Nocturno dB( A)
P1	-52294.1	-91958.2	69.7	61.3	68.2	62.8
P2	-50752.8	-90739	69.5	66.2	71.3	68.3
P3	-64924.8	-98010.5	65.2	58.3	62.9	58.6
P4	-64967.5	-82598.9	72.9	65.1	71.3	66
P5	-64294.9	-81332.3	71.8	66.7	69.7	68.1
P6	-51319.5	-91169.9	65	61.8	66.9	60.4
P7	-62479.5	-81007	72.5	66.7	71	66.7
P8	-63508.6	-83245.5	68.6	61.2	68.2	62.7
P9	-58393.5	-76095.6	66	58.9	64.7	58.3
P10	-58710.7	-76347.7	66.3	60.1	66	61.4
P11 <sup>1</sup>	-62572.2	-83610.7	71.2	-	71.7	-
P12 <sup>1</sup>	-56406.8	-80998.3	62.3	-	62.1	-
P13 <sup>1</sup>	-48430	-88827	67.6	-	65.4	-

**Nota:**

<sup>1</sup> – Pontos de amostragem onde não se efectuaram medições nocturnas.

Apresentam-se de seguida quadros em que se comparam os valores calculados pelo modelo com os valores das amostragens obtidas nos trabalhos de campo.



**Quadro 4-7 – Comparação entre valores medidos e calculados para o Período Diurno.**

Pontos Receptores	LAeq Calc	LAeqmed médio	LAeq calc - LAeq med	Comentário
P1	69.7	68.2	1.5	≤ 5 dB (em módulo)
P2	69.5	71.3	-1.8	≤ 5 dB (em módulo)
P3	65.2	62.9	2.3	≤ 5 dB (em módulo)
P4	72.9	71.3	1.6	≤ 5 dB (em módulo)
P5	71.8	69.7	2.1	≤ 5 dB (em módulo)
P6	65	66.9	-1.9	≤ 5 dB (em módulo)
P7	72.5	71	1.5	≤ 5 dB (em módulo)
P8	68.6	68.2	0.4	≤ 5 dB (em módulo)
P9	66	64.7	1.3	≤ 5 dB (em módulo)
P10	66.3	66	0.3	≤ 5 dB (em módulo)
P11	71.2	71.7	-0.5	≤ 5 dB (em módulo)
P12	62.3	62.1	0.2	≤ 5 dB (em módulo)
P13	67.6	65.4	2.2	≤ 5 dB (em módulo)

**Quadro 4-8 – Comparação entre valores medidos e calculados para o Período Nocturno.**

Pontos Receptores	LAeq Calc	LAeqmed médio	LAeq calc - LAeq med	Comentário
P1	61.3	62.8	-1.5	≤ 5 dB (em módulo)
P2	66.2	68.3	-2.1	≤ 5 dB (em módulo)
P3	58.3	58.6	-0.3	≤ 5 dB (em módulo)
P4	65.1	66	-0.9	≤ 5 dB (em módulo)
P5	66.7	68.1	-1.4	≤ 5 dB (em módulo)
P6	61.8	60.4	1.4	≤ 5 dB (em módulo)
P7	66.7	66.7	0	≤ 5 dB (em módulo)
P8	61.2	62.7	-1.5	≤ 5 dB (em módulo)
P9	58.9	58.3	0.6	≤ 5 dB (em módulo)
P10	60.1	61.4	-1.3	≤ 5 dB (em módulo)

Após análise dos quadros anteriores, verifica-se que os níveis sonoros calculados do ruído ambiente se apresentam, em geral, muito próximos dos valores experimentais. Todos os valores apresentam um desvio inferior a 3 dB(A).

Na globalidade, consideramos estes valores aceitáveis e previsíveis, tendo em conta a complexidade da modelação de vias rodoviárias.

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):

$$| \text{LAeq calc.} - \text{LAeq médio} | \leq 5 \text{ dB(A)}$$

## 4.6 RESULTADOS DO MODELO – MAPAS DE RUÍDO

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 nas Normas francesas XPS 31-133, e “NMPB Routes 1996” (tráfego rodoviário) e nas Normas ISO 8297:1994 e NP 4361-2 (ruído industrial).

Os Mapas de Ruído da situação actual do Concelho de Benavente, podem ser visualizados nas Cartas 1.1 e 1.2 do Anexo 4 (em formato A3) e Anexo 5 (à Escala 1:25000), período diurno e nocturno, respectivamente.

Na sequência da definição de limites de níveis de ruído, decorrentes da classificação de zonas (mistas ou sensíveis), surgem os mapas de conflito, que apresentam os locais onde são excedidos os valores limite pertinentes aplicáveis.

Dado a Câmara Municipal de Benavente ainda não ter definido as zonas sensíveis e mistas, os Mapas de Conflito, para os períodos diurno e nocturno, aqui apresentados (Cartas 2.1, 2.2, 3.1 e 3.2, do anexo 5), foram realizados para duas situações tipo: todo o território classificado como zona sensível e todo o território classificado como zona mista.

Todos os mapas aqui apresentados foram gerados a partir de uma malha regular de pontos receptores, com 10 m por 10 m, e a 4 m de altura do solo. Foi utilizado um valor de 1 reflexão para cada raio sonoro.

### 4.6.1 ANÁLISE DOS MAPAS DE RUÍDO

Os Mapas de Ruído de Concelho permitem identificar situações prioritárias a integrar em planos de redução de ruído. Esta identificação resulta da análise de conformidade com o RLPS realizada a partir dos mapas de ruído.

A análise dos Mapas de Ruído produzidos a partir do modelo mostra que o concelho de Benavente apresenta algumas áreas com níveis de ruído elevados, particularmente nas zonas próximas das principais vias de tráfego rodoviário e as principais vias dos núcleos urbanos, bem como próximo das zonas industriais consideradas.

Em termos de extensão de área sob sua influência sonora, as principais fontes de ruído do concelho são a E.N.118, o E.N.10 e a E.N.119, por se tratarem das maiores via distribuidoras de tráfego da região.

É de referir que, de entre estas fontes, a que assume um papel mais importante em termos de extensão é o E.N.118, uma vez que a faixa de ruído  $L_{Aeq,LT \text{ dia}} > 65 \text{ dB(A)}$ , ascende até aproximadamente 50 metros para cada lado da via, variando devido à altimetria do terreno. Quanto ao período nocturno, a faixa de ruído  $L_{Aeq,LT \text{ noite}} > 55 \text{ dB(A)}$  chega a atingir uma distância de 90 metros, para ambos os lados da via.

A E.N.118 é também a fonte mais problemática, pois para além de se apresentar extremamente saturada em termos de tráfego, gerando elevados valores de níveis sonoros na sua envolvente, afectam uma extensa área urbana que lhes é limítrofe. Esta situação pode ser verificada, principalmente, nas localidades Benavente, Porto Alto e Samora Correia.

Em relação às áreas industriais, o impacte sonoro produzido na envolvente é diversificado, dependendo da potência sonora gerada, do horário de funcionamento e da localização de cada uma. A actividade das áreas industriais modeladas diz respeito, nalguns casos somente ao período diurno e noutros aos dois períodos de referência, tendo estas últimas um funcionamento contínuo. É de notar que, é este último tipo de indústrias que causa maior impacte acústico, uma vez que possui uma laboração nocturna, com valores de potência sonora equivalentes aos do período diurno.

Como seria de esperar, verifica-se um decréscimo dos valores do período diurno para o nocturno, com valores de uma forma geral inferiores a 10 dB(A). No entanto, os valores de  $L_{Aeq}$  são ainda suficientemente elevados para se prever que, quando houver classificação de zonas, o período nocturno seja o mais problemático em termos de situações não regulamentares.

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

Os Mapas de Conflito apresentados baseiam-se num cenário hipotético de classificação de todo o território do Concelho de Benavente como zona mista ou zona sensível, não constituindo mapas definitivos. Como se pode verificar nesses mapas, existem algumas áreas onde, para serem cumpridos os requisitos do n.º 3 do artigo 4º do R.L.P.S., deverá ser equacionado um Plano de Redução de Ruído, que terá maior ou menor amplitude, dependendo da classificação acústica que a Câmara Municipal atribuir às zonas.

Da análise dos Mapas de Conflito propostos para a classificação mista, é notável uma diferença dos valores em relação ao período diurno e nocturno. No período diurno, as vias que mais se destaca por apresentarem valores acima dos regulamentares são a E.N.118, a E.N.10 e a E.N.119, excedendo os valores permitidos por lei até 10 dB (A), em determinados troços. No período nocturno, verifica-se que o conflito gerado apresenta-se mais significativo, uma vez que os valores limite ultrapassam os 10 dB (A), nas vias referidas anteriormente.

Considerando toda a área do concelho como uma zona sensível, conclui-se que, no período diurno, os valores máximos regulamentares são excedidos nas zonas adjacentes de todas as fontes rodoviárias e algumas fontes industriais, com diferenciais que chegam a atingir os 15 dB (A), em alguns casos. Na mesma análise, mas desta feita para o período de referência nocturno, a conclusão é praticamente a mesma agravando-se no entanto a distância máxima de conflito. Porém, para este período, é de referir que somente as fontes industriais com funcionamento nocturno é que não se apresentam em conformidade com o R.L.P.S.

## 5 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 Benavente.

O modelo inclui o modelo digital do terreno, a implantação geográfica de edifícios e fontes sonoras, as características de emissão acústica destas fontes, bem como os algoritmos de cálculo de propagação sonora em conformidade com a Norma Francesa NMPB 96 e XP S 31-133, a ISO 8297:1994 e a Norma NP 4361-2. O modelo foi validado através de um vasto número de medições de ruído realizadas “in situ” para as quais foram contabilizadas várias amostragens, de duração adequada à variabilidade dos níveis de ruído existente ao longo de períodos curtos.

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

A análise dos mapas de conflito 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 em mais de 5 dB(A). 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-à 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 4º.

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

Elaborado por:

Fátima Valado

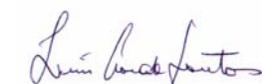
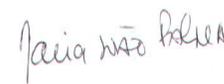
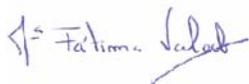
Paulo Valério

Maria João Palma

Márcia Melro

Verificado e aprovado por:

Luís Conde Santos



Gestora de Projecto

Gestor de Produto

Técnica Especialista

Técnica Estagiária do 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 NP – 1730, "Acústica. Descrição e Medição de Ruído Ambiente. Parte 1: Grandezas fundamentais e procedimentos", Instituto Português da Qualidade, 1996.
3. Norma Portuguesa NP – 1730, "Acústica. Descrição e Medição de Ruído Ambiente. Parte 2: Recolha de dados relevantes para o uso do solo", Instituto Português da Qualidade, 1996.
4. Norma Portuguesa NP – 1730, "Acústica. Descrição e Medição de Ruído Ambiente. Parte 3: Aplicação aos limites do Ruído", Instituto Português da Qualidade, 1996.
5. 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.
6. Princípios orientadores para a Elaboração de Mapas de Ruído, DGA/DGOTDU, 2001.
7. Recomendações para Seleção de Métodos de Cálculo a Utilizar na Previsão de Níveis Sonoros, DGA / DGOTDU, 2001.
8. Procedimentos específicos de medição de ruído ambiente, Instituto do Ambiente, Abril 2003.
9. Directrizes para a Elaboração de Planos de Monitorização de Ruído de Infra-Estruturas Rodoviárias e Ferroviárias, DGA / DGOTDU, 2001.
10. 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".
11. 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.
12. Guide du Bruit des Transports Terrestres - Prévission des niveaux sonores", CETUR, 1980.
13. 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.
14. Wolfgang Probst, Implementation of the EU-directive on environmental noise Requirements for calculation software and handling with CadnaA, 2003.
15. Wolfgang Probst, Bernd Huber, A Comparison of Different Techniques for the Calculation of Noise Maps of Cities, International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering, 2001.
16. Wolfgang Probst, Bernd Huber, Integration of area noise control into programmes into a citywide noise control strategy, Institute of Acoustics – Proceedings Volume 23 Pt 5, 2001.
17. ISO 8297:1994 – Determination of sound power levels of multisource industrial plants for evaluation of sound pressure levels in the environment – engineering method.

# ANEXOS

# ANEXO 1

## IDENTIFICAÇÃO DAS VIAS RODOVIÁRIAS MODELADAS

# ANEXO 2

## IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS INDUSTRIAIS MODELADAS

# ANEXO 3

## IDENTIFICAÇÃO DOS PONTOS DE VALIDAÇÃO

# ANEXO 4

## MAPAS DE RUÍDO