



dB Lab

Laboratório de Acústica e Vibrações, Lda.

# Mapa de Ruído do Concelho de Resende

## Relatório Final

Descrição do Modelo e Resultados

Referência do Relatório: 08\_003\_MRPM01

Data do Relatório: Maio 2008

N.º Total de Páginas (excluindo anexos): 22

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 RESENDE .....	7
3.3. SOFTWARE UTILIZADO .....	7
3.4. NORMAS E PARÂMETROS UTILIZADOS.....	8
3.4.1. Tráfego rodoviário .....	8
4. DESCRIÇÃO DO PROJECTO .....	10
4.1. CARACTERIZAÇÃO DO MODELO .....	10
4.1.1. Identificação da área de estudo .....	10
4.1.2. Área de estudo e área do mapa .....	11
4.1.3. Dados cartográficos e modelo tridimensional .....	12
4.1.4. Fontes de ruído .....	14
4.2. VALIDAÇÃO DO MODELO.....	16
4.3. CONFIGURAÇÃO DE CÁLCULO.....	17
5. ANÁLISE DOS MAPAS DE RUÍDO .....	18
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	19
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	20

ANEXO I – IDENTIFICAÇÃO DAS FONTES SONORAS MODELADAS

ANEXO II – MAPAS DE RUÍDO

ANEXO III – MAPAS DE CONFLITO

# Mapa de Ruído do Concelho de Resende

## DESCRIÇÃO DO MODELO E RESULTADOS

### **Ficha Técnica**

<b>Designação do Projecto</b>	Mapa de Ruído do Concelho de Resende
<b>Nome e endereço do cliente</b>	Av. Rebelo Moniz 4660-212 Resende
<b>Requerente</b>	Município de Resende
<b>Localização do projecto</b>	Área abrangida pelo Município de Resende
<b>Fonte(s) do Ruído Particular</b>	Tráfego rodoviário
<b>Data(s) do trabalho de campo</b>	17-03-2008 e de 02-04-2008 a 04-04-2008
<b>Data de Emissão</b>	Maio 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;
- Frederico Vieira, Engenheiro do Ambiente (Univ. Algarve), MSc em Ordenamento do Território e Planeamento Ambiental – Gestor de Projectos;
- Pedro Ribeiro, Técnico de Laboratório (Univ. Católica do Porto) – Técnico.

## 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 constante 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,  $L_n$ .

O Mapa de Ruído do Concelho de Resende, 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, desenvolveu-se um modelo acústico tridimensional 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 Município de Resende – 1:10 000, adaptando-se melhor à tomada de decisões sobre estratégias de zonamento e de identificação de áreas prioritárias para redução de ruído, constituindo, uma ferramenta que deve ser utilizada em conjunto com o planeamento urbano de forma a permitir analisar qualquer cenário de alteração da situação actual, assim como evidenciar perante terceiros os impactes sonoros gerados e a redução ou aumento dos níveis sonoros (p.e. alteração do fluxo de tráfego, mudança de piso, etc.).

A precisão dos cálculos realizados para os mapas de ruído, dependente de vários parâmetros, foi ajustada para a sua apresentação a esta escala, ou inferior (por exemplo, 1:25 000, mínimo estabelecido pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA, Ex-Instituto do Ambiente) para articulação com PDM. A visualização ou impressão a escalas superiores a 1:10 000 não deverá ser utilizada.

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



## 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;

## Mapa de Ruído do Concelho de Resende

- **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/ km<sup>2</sup> 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

## Mapa de Ruído do Concelho de Resende

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.

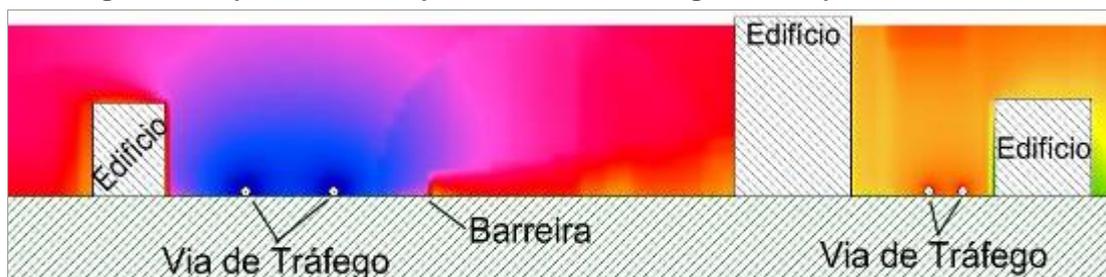


Figura 3 – Mapa de Ruído em corte transversal às vias rodoviárias.

## Mapa de Ruído do Concelho de Resende

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 RESENDE

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:

- 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), fontes de ruído (infra-estruturas de transporte), edifícios e muros relevantes;
- Identificação e levantamento das principais fontes de ruído existentes na área em análise – tráfego rodoviário;
- Importação da altimetria para o Software CadnaA e criação do modelo digital do terreno (tridimensional);
- Importação para o Software CadnaA das linhas que definem os eixos de via das rodovias;
- Caracterização das fontes de ruído com base nas Normas francesas NMPB96 e XPS 31-133 (tráfego rodoviário), e no procedimento interno do dB Lab (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 Município de Resende 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 um ponto de medição acústica em local determinado para validação do modelo na sua globalidade, durante mais de dois dias consecutivos e tendo em conta a influência predominante de um só tipo de fonte, valores previstos que ultrapassem os regulamentares (zonas críticas) ou próximos dos regulamentares, no perímetro da zona urbanizada mais próximo da fonte, e resultados aparentemente duvidosos.
- 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](http://www.datakustik.de)), quer generalizadamente por todo o mundo incluindo Portugal, onde foi inicialmente utilizado na elaboração do Mapa de Ruído da cidade de Lisboa e que se generalizou entretanto na elaboração de Mapas de Ruído de outros municípios (no final de 2005 era já o software responsável pelo mapeamento de mais de 40 % da área de Portugal Continental) e para grandes indústrias cimenteiras, fundições e centrais termoeléctricas.



## 3.4. NORMAS E PARÂMETROS UTILIZADOS

### 3.4.1. Tráfego rodoviário

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

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

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

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

- Perfis longitudinal e transversal;
- Inclinação;
- Fluxos de tráfego horários em cada período de referência (diurno/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.



## Mapa de Ruído do Concelho de Resende

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:

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

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

## Mapa de Ruído do Concelho de Resende

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.

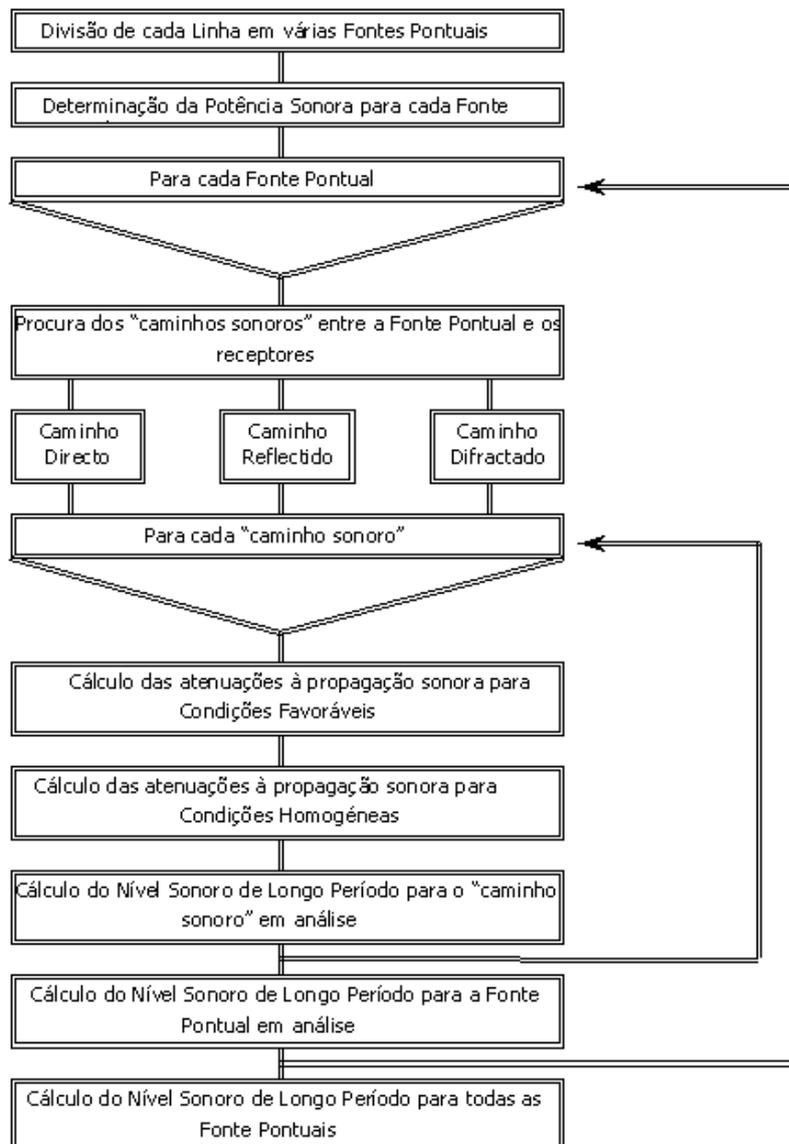


Figura 4 – Fluxograma do método NMPB'96.

## 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 Resende localiza-se no Distrito de Viseu. A sua área é de 122,7 km<sup>2</sup>, sendo delimitada a Norte pelo de Rio Douro, a Sul pelo concelho de Castro Daire, a Este por Lamego e Oeste por Cinfães.

O Concelho tem uma população de 12 370 habitantes e é constituído por 15 freguesias (Censos, 2001).

## Mapa de Ruído do Concelho de Resende

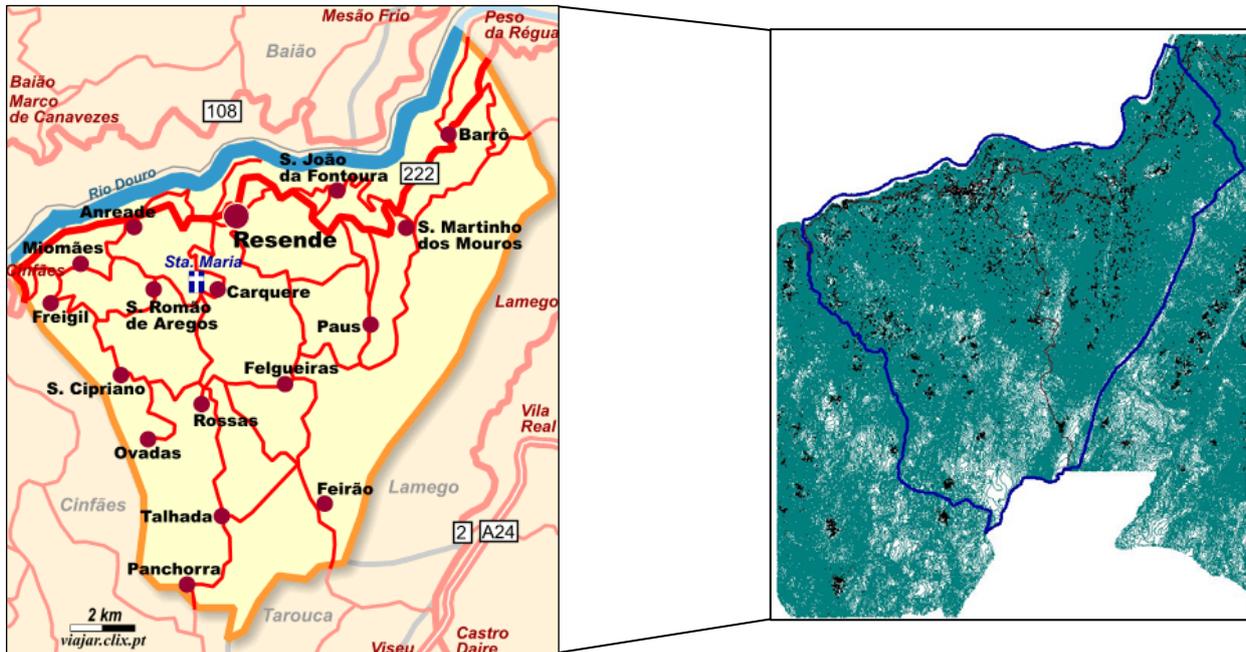


Figura 5 – Localização da área em estudo do Município de Resende.

### 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).

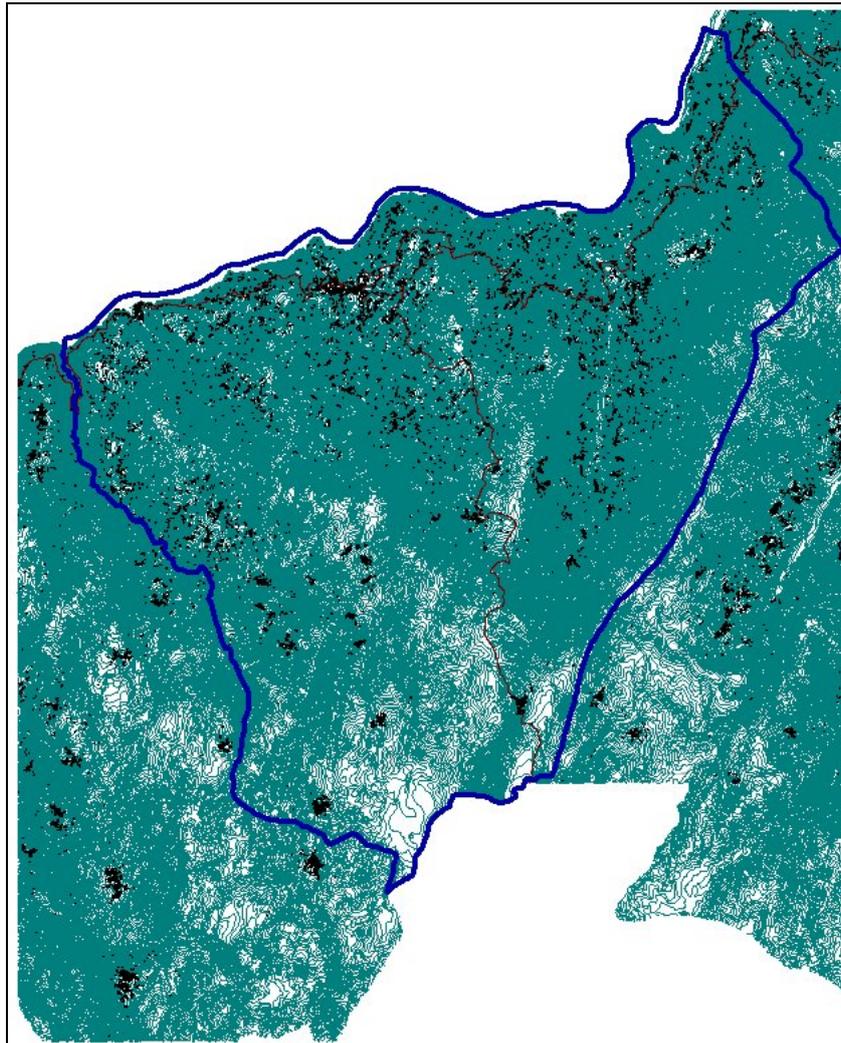


Figura 6 – Representação da área do mapa.

### 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, à escala de 10 000 (Figura 7).

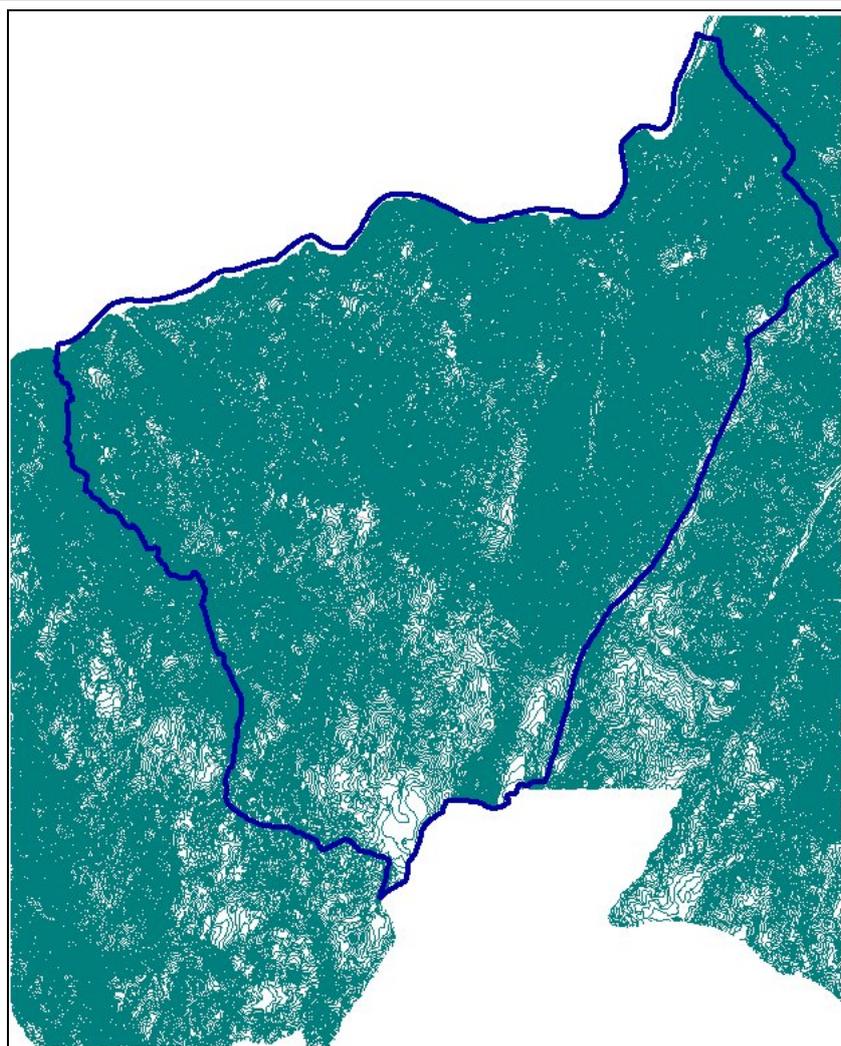


Figura 7 – Curvas de nível em planta.

#### 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 forma a poder “construir” o modelo da área em estudo a 3D foram introduzidas os pisos de cada edifício, tendo-se utilizado 3 metros por piso.

Na Figura 8, pode-se observar o aspecto do modelo tridimensional criado. Aos edifícios foi também atribuído um valor médio de absorção sonora.

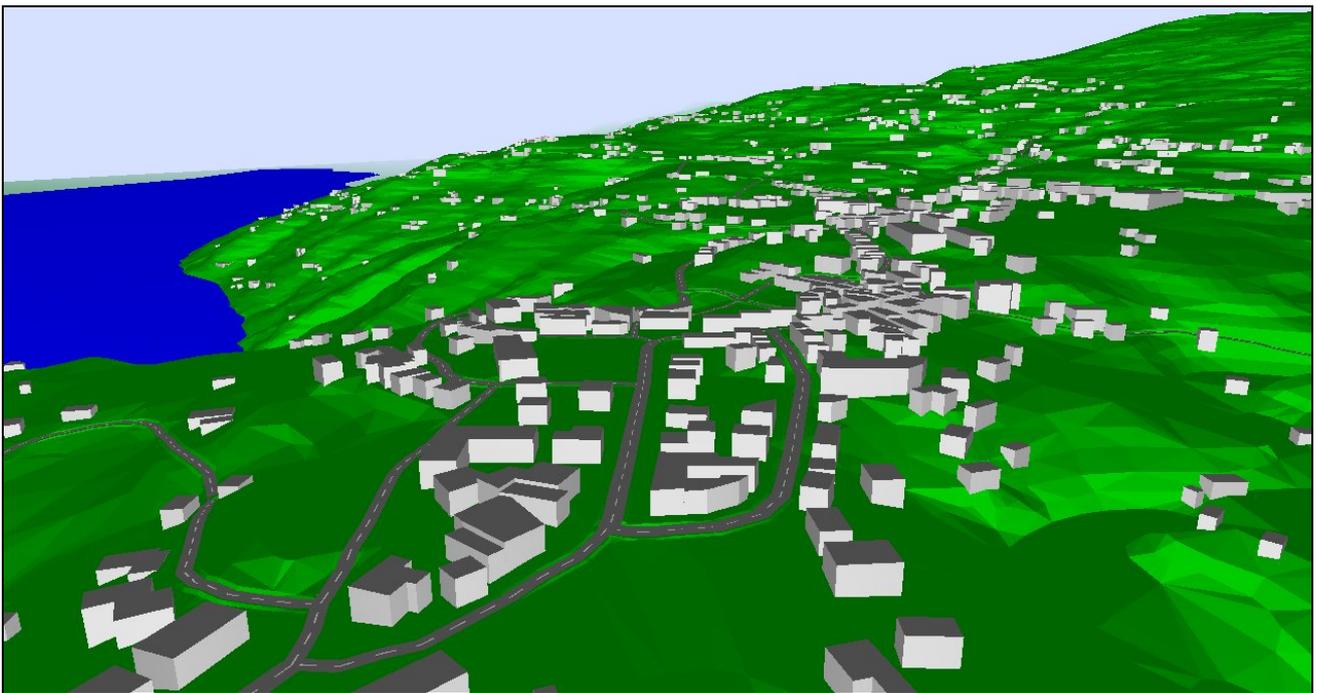


Figura 8 – Vista tridimensional do centro de Resende.

#### 4.1.4. Fontes de ruído

O presente estudo tem definido como fontes de ruído, as principais vias de tráfego 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.

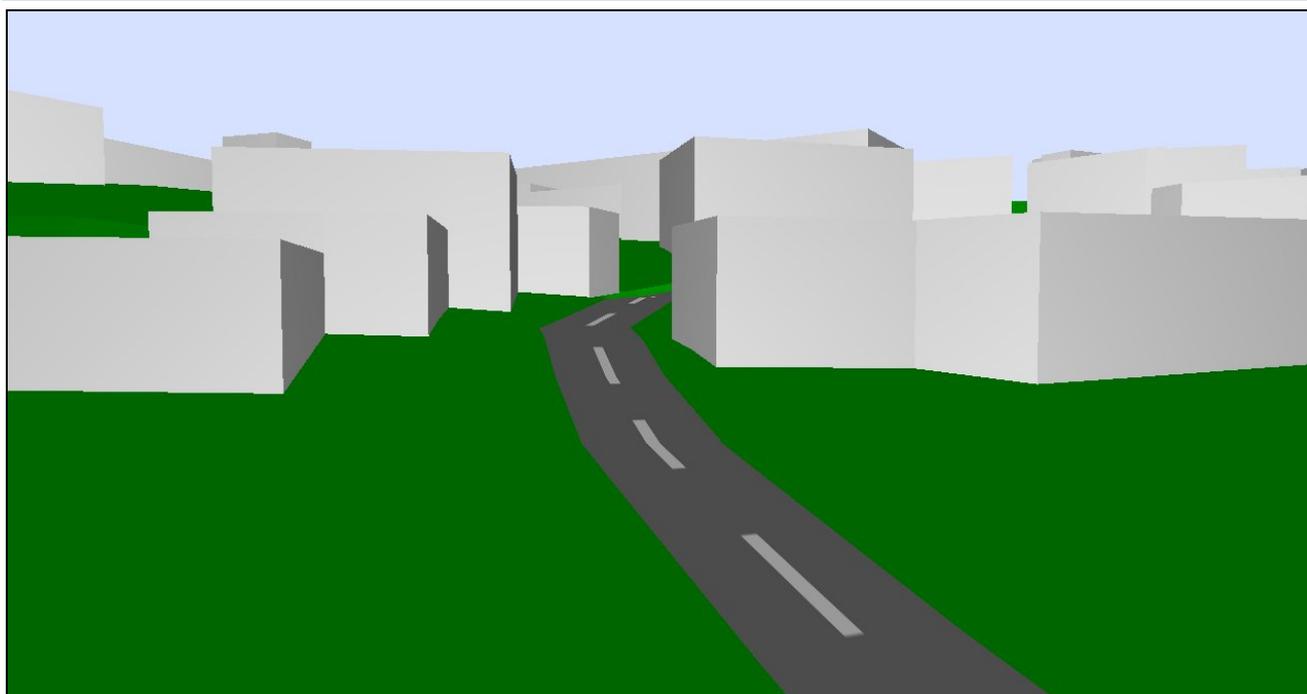
##### 4.1.4.1. Tráfego Rodoviário

A localização desta informação foi obtida através da cartografia (1:10 000) e documentação fornecida pela Câmara Municipal.

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.

Na Figura 9 pode ser visualizado o resultado final dos ajustes realizados a duas vias rodoviárias e a toda a sua envolvente.

## Mapa de Ruído do Concelho de Resende


**Figura 9 – Visualização tridimensional da Rua Dr. Correia Pinto.**

Os dados de tráfego, utilizados na modelação foram fornecidos pelo Município de Resende e para a EN 222 pelas Estradas de Portugal.

Atendendo aos principais cruzamentos existentes nas vias rodoviárias em estudo, estas foram divididas em diferentes troços, como pode ser visualizado na Carta 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.

No quadro seguinte apresentam-se os resultados síntese para a situação actual e provisional, assim como algumas das características das vias rodoviárias consideradas.

**Quadro 2 – Tráfego médio horário por período de referência.**

ID	Toponímia	Período Diurno		Período Entardecer		Período Nocturno		V. Máx. Lig. (Km/h)	V. Máx. Pes. (Km/h)
		TMH (V/H)	% Pesados	TMH (V/H)	% Pesados	TMH (V/H)	% Pesados		
1	Av. Afonso Henriques - Troço 1	60	-	28	-	12	-	50	40
2	Av. Afonso Henriques - Troço 2	120	-	48	-	16	-	50	40
3	Av. Rebelo Moniz	60	-	22,2	-	7	-	40	30
4	CM 1610 - Troço 1	40	5	14,8	-	5	-	70	60
5	CM 1610 - Troço 2	70	-	25,9	-	8	-	70	60
6	EM 553 - Troço 4	40	5	14,8	-	5	-	90	80
7	EN 222 - Troço 1	89	6,7	67	7	24	5,2	90	80
8	EN 222 - Troço 2	108	15,3	81	15	28	11,7	90	80
9	Rua António Caetano de Moura - Troço 1	84	13,4	36	-	12	18,9	40	30
10	Rua António Caetano de Moura - Troço 2	89	6,7	67	7	24	5,2	70	60
11	Rua da Ermida	30	-	11,1	-	3	-	50	40
12	Rua da Escola Preparatória	60	-	22,2	-	7	-	50	40
13	Rua de S. Salvador - Troço 1	140	-	52	-	16	-	50	40
14	Rua de S. Salvador - Troço 2	100	-	37	-	11	-	70	60
15	Rua de São Geris	30	-	11,1	-	3	-	40	30
16	Rua Dr. Correia Pinto - Troço 1	124	-	28	-	12	-	50	40
17	Rua Dr. Correia Pinto - Troço 2	112	-	16	-	4	-	40	30
18	Rua Dr. Francisco Sá Carneiro - Troço 1	152	-	48	-	12	-	50	40
19	Rua Dr. Francisco Sá Carneiro - Troço 2	144	-	68	-	8	-	50	40
20	Rua Dr. Manuel Borges Carneiro	56	-	28	-	8	-	70	60
21	Rua Dr. Nunes da Ponte - Troço 1	105	-	38,9	-	12	-	40	30
22	Rua Dr. Nunes da Ponte - Troço 2	144	-	68	-	8	-	50	40
23	Rua Dr. Pereira Dias	100	-	37	-	11	-	40	30
24	Rua Eça de Queirós	50	-	18,5	-	6	-	40	30
25	Rua Egas Moniz	152	7,4	40	-	12	18,9	50	40

## Mapa de Ruído do Concelho de Resende

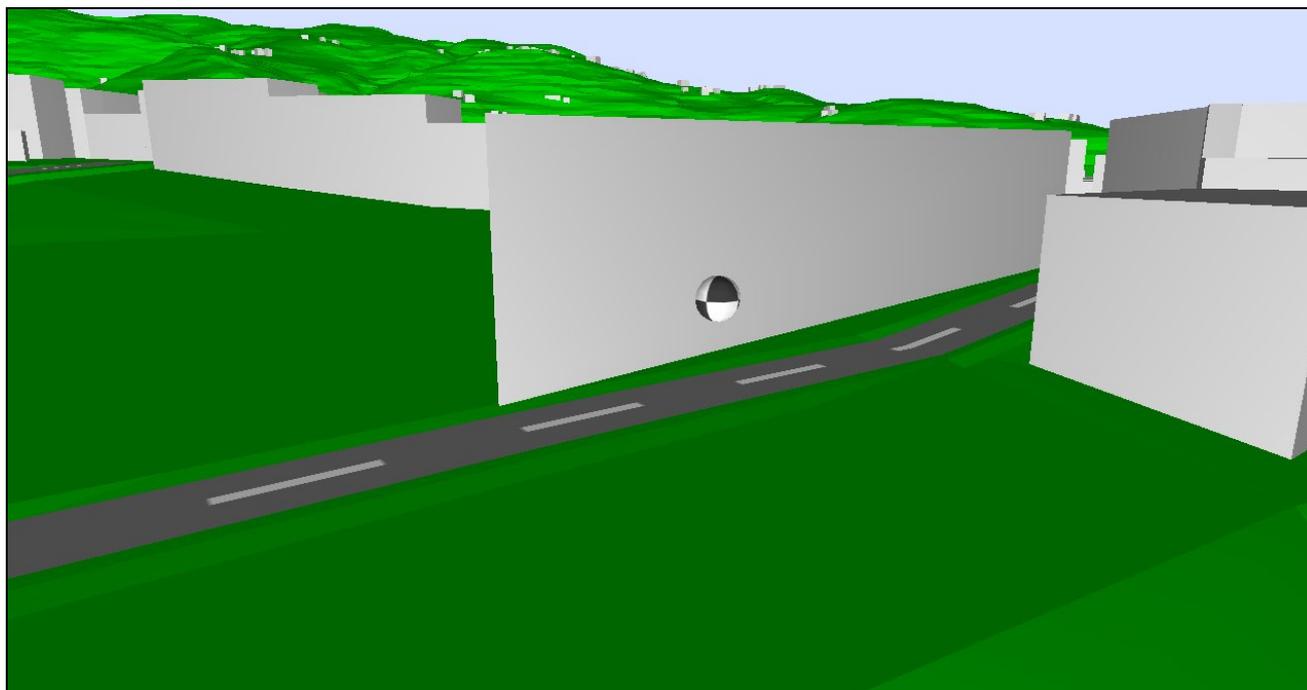
ID	Toponímia	Período Diurno		Período Entardecer		Período Nocturno		V. Máx. Lig. (Km/h)	V. Máx. Pes. (Km/h)
		TMH (V/H)	% Pesados	TMH (V/H)	% Pesados	TMH (V/H)	% Pesados		
26	Rua General Humberto Delgado	44	-	20	-	4	-	50	40
27	Rua José Pereira Monteiro	120	9,4	44,4	-	14	16,6	50	40
28	Rua Monsenhor Manuel de Almeida	144	7,8	48	-	8	28,3	50	40
29	Rua Professor Dr. Edgar Cardoso	160	7	60	-	8	28,3	50	40
30	Rua Professor Joaquim Caetano Pinto - Troço 1	64	-	20	-	12	-	50	40
31	Rua Professor Joaquim Caetano Pinto - Troço 2	64	-	20	-	12	-	50	40
32	Tr. do Moinho Novo	5	-	2	-	-	-	50	40
33	Tr. dos Bombeiros Voluntários	60	-	8	-	2	-	40	30
34	Troço Sem Nome - 05	40	5	14,8	-	5	-	90	80
35	Troço Sem Nome - 08	40	5	14,8	-	5	-	90	80

## 4.2. VALIDAÇÃO DO MODELO

Os mapas de ruído apresentados neste trabalho correspondem a níveis sonoros contínuos equivalentes de longa duração, tipicamente para condições médias anuais, no respectivo período de referência, no que respeita quer a tráfego rodoviário, ferroviário e industrial, quer a condições meteorológicas, sendo aqui de realçar o facto de se ter considerado sempre condições de propagação favoráveis (“downwind conditions”).

A validação com medições de curta duração junto às fontes sonoras, embora muito útil para aferir localmente o rigor do modelo, não permite uma comparação directa com os valores de longa duração obtidos pelo modelo. Por este motivo, neste estudo foi realizada uma amostra de longa duração, baseada na Norma Portuguesa NP1730 (1996).

Em relação à validação, a medição foi efectuada em mais de dois dias distintos junto ao edifício da Câmara Municipal.



**Figura 10 – Aspecto 3D da modelação do Ponto de Validação.**

Na tabela seguinte é apresentada a comparação entre os valores calculados pelo modelo e os valores medidos, para os indicadores diurno, entardecer, nocturno e  $L_{den}$ , verificando-se que os desvios são inferiores a 2 dB(A).

Nesta tabela utilizou-se a seguinte designação:

Indicador<sub>calc</sub>

nível sonoro contínuo equivalente calculado pelo modelo para o período de referência em questão;



## Mapa de Ruído do Concelho de Resende

Indicador<sub>med médio</sub> nível sonoro contínuo equivalente medido pela dB Lab para o período de referência em questão, ou média logarítmica de várias amostragens no mesmo ponto quando aplicável;

Indicador<sub>calc</sub> – Indicador<sub>med médio</sub> diferença linear entre o indicador<sub>calc</sub> e o indicador<sub>med médio</sub>.

**Quadro 3 – Comparação entre valores medidos e calculados.**

Indicador	Indicador calc. [dB(A)]	Indicador medido [dB(A)]	Indicador calc.- Indicador medido [dB(A)]	Requisito
L <sub>den</sub>	63,5	64,8	-1,3	≤2 dB (em módulo)
L <sub>n</sub>	51,5	53,2	-1,7	≤2 dB (em módulo)

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 dB Lab para mapas de ruído:

$$| \text{Indicador}_{\text{calc.}} - \text{Indicador}_{\text{med médio}} | \leq 2 \text{ dB(A)}$$

## EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Os equipamentos utilizados na realização de medições estão homologados pelo IPAC e as suas características técnicas e n.º de certificado de calibração podem ser visualizadas no Quadro 4.

**Quadro 4 – Instrumentação utilizada nas campanhas de medições.**

Tipo	Características			Rastreabilidade		
	Ref.	Marca	Modelo	Organismo de Verificação Metrológica	Boletim de Verificação	Data de verificação
Sonómetro	SONM04	RION	NA-27	I.S.Q.	245.70/07.764	31-12-2007
Calibrador	CALB06	RION	NC-74			

### 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".

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.

Dada a sua influência no cálculo da atenuação do som na sua propagação ao ar livre, refira-se que foram utilizados os seguintes parâmetros climáticos para este Município, obtidos do Atlas do Ambiente: temperatura=14 °C e humidade relativa=78 %.

No que se refere ao vento, pelo facto de as velocidades não ultrapassarem o valor de 5 m/s, 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 2007, 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 Município de Resende para os indicadores  $L_{den}$  e  $L_n$ , podem ser visualizados, respectivamente, nas Cartas 1.1 e 1.2 no Anexo II. Os Mapas de Conflito do Município de Resende para os indicadores  $L_{den}$  e  $L_n$ , podem ser visualizados, respectivamente, nas Cartas 1.1 e 1.2 no Anexo III.

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 3 dB(A) nos níveis de ruído).

A principal fonte de ruído em termos de extensão da área sob a sua influência sonora é a via rodoviária EN222, uma vez que a faixa de ruído do indicador  $L_{den} > 65$  dB(A) ascende aos 20 m para cada lado da via e do indicador  $L_n > 55$  dB(A) ascende aos 25 m, 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 são elevados. Por isso, os centros urbanos, e mais especificamente na sede de concelho, representam cenários acústicos significativos, devido aos níveis de ruído produzidos pelas suas vias de tráfego rodoviário (Figura 11).

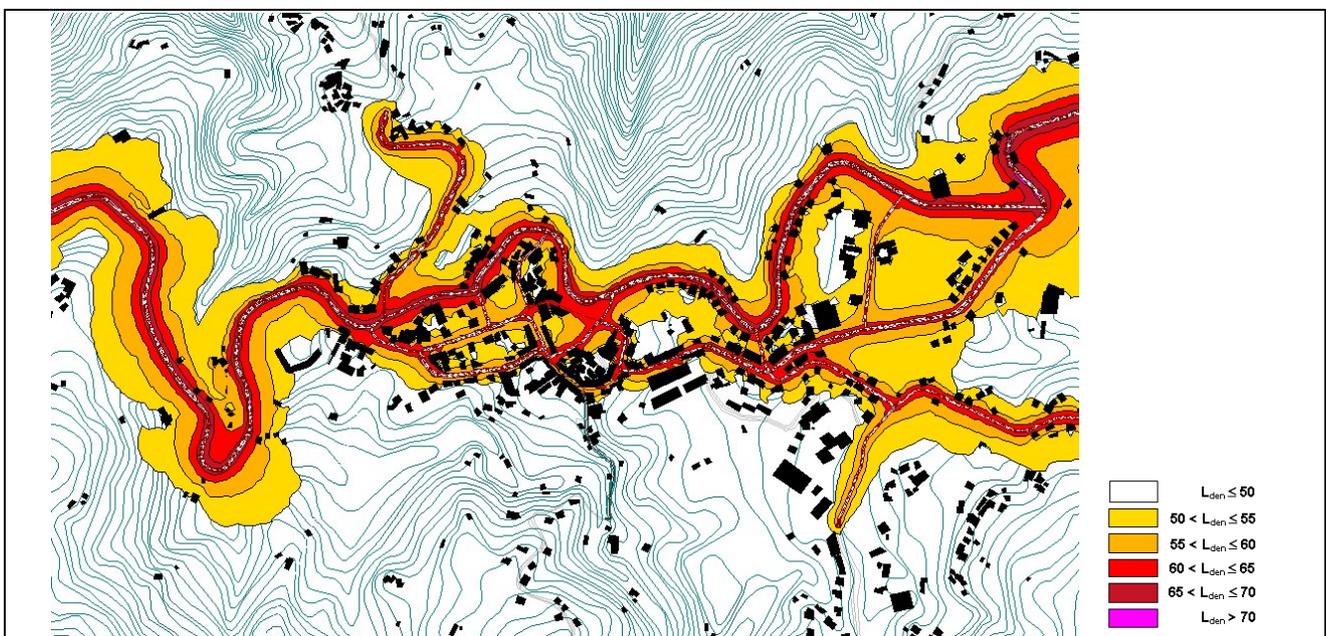


Figura 11 – Mapa de Ruído da Vila de Resende para o indicador  $L_{den}$ .

Uma vez que o Município de Resende, optou por classificar todo o território como Zona Mista, atribuição que lhe é conferida pelo n.º 2 do artigo 6.º do D.L. 9/2007, verifica-se que existe apenas um conflito com essa classificação acústica ao longo de toda a EN 222, tanto para o indicador  $L_{den}$  como para o  $L_n$ . Porém, note-se que na grande maioria dos casos, junto aos receptores sensíveis o conflito é menor que 5 dB(A).



## Mapa de Ruído do Concelho de Resende

O Mapa de Ruído do Concelho de Resende 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.

## 6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

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

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 e XP S 31-133. Aquando da realização do Mapa de Ruído, o modelo foi validado através uma medição acústica de longa duração.

No Mapa de Ruído do Concelho de Resende 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 conflito permitem visualizar as áreas em que os níveis de ruído são excedidos, em relação à classificação de Zona Mista. Estas zonas de conflito localizam-se ao longo de toda a EN222, sendo que no indicador  $L_n$  o conflito é maior, mas na sua maioria sempre menor que 5 dB(A).

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, ser verificados à escala de pormenor a dimensão do conflito e além disso, ser equacionados Planos de Redução de Ruído.

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:

Luís Conde Santos  
Director Técnico



## 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 - Prévision 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