

# Mapa de Ruído do Concelho da Ribeira Grande

Relatório Final

Referência do Relatório: DBW\_MRRM\_0114\_20

Data do Relatório: Janeiro 2021

Nº. Total de Páginas (excluindo anexos): 29

Mod. 60-05.03

---

**DBWAVE.I ACOUSTIC ENGINEERING, S.A.**

LISBOA: Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, 33, Edifício E – Taguspark, 2780-920 Porto Salvo | Tel: +351 214228950

PORTO (sede): Rua do Mirante 258, 4415-491 Grijó | Tel: +351 227471950

C.R.C. V. N. de Gaia - Cap. Social 187.500 Eur - Cont. n.º 513205993

---

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUÇÃO E OBJECTIVO.....</b>	<b>3</b>
<b>2. CONTEXTO LEGISLATIVO .....</b>	<b>5</b>
2.1. DEFINIÇÕES .....	5
2.2. ENQUADRAMENTO LEGAL E NORMATIVO DOS MAPAS DE RUÍDO .....	7
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>9</b>
3.1. MAPAS DE RUÍDO – DESCRIÇÃO BREVE .....	9
3.2. MAPA DE RUÍDO DO CONCELHO DA RIBEIRA GRANDE .....	10
3.3. SOFTWARE UTILIZADO .....	10
3.4. NORMAS E PARÂMETROS UTILIZADOS .....	10
3.4.1. <i>Tráfego rodoviário</i> .....	10
3.4.2. <i>Indústrias</i> .....	13
<b>4. DESCRIÇÃO DO PROJETO .....</b>	<b>15</b>
4.1. CARACTERIZAÇÃO DO MODELO.....	15
4.1.1. <i>Identificação da área de estudo</i> .....	15
4.1.2. <i>Área do mapa e área de estudo</i> .....	16
4.1.3. <i>Caracterização climática</i> .....	16
4.1.4. <i>Altimetria</i> .....	16
4.1.5. <i>Planimetria</i> .....	17
4.2. FONTES DE RUÍDO .....	18
4.2.1. <i>Tráfego rodoviário</i> .....	18
4.2.2. <i>Indústrias</i> .....	22
4.3. CONFIGURAÇÃO DE CÁLCULO .....	23
4.4. VALIDAÇÃO DO MODELO .....	24
4.4.1. <i>Equipamentos utilizados</i> .....	24
4.4.2. <i>Validação junto às fontes sonoras</i> .....	24
<b>5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>27</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>29</b>
▪ <b>ANEXO I</b> – Identificação das fontes de ruído modeladas (1:25 000) – formato A1	
▪ <b>ANEXO II</b> – Mapas de Ruído $L_{den}$ e $L_n$ (1:25 000) – formato A1	
▪ <b>ANEXO III</b> – Mapas de Conflitos $L_{den}$ e $L_n$ (1:25 000) – formato A1	

# Mapa de Ruído do Concelho da Ribeira Grande

## Situação Atual

### DESCRIÇÃO DO MODELO E RESULTADOS

#### ***Ficha Técnica***

<b>Designação do projecto</b>	Mapa de Ruído do Concelho da Ribeira Grande
<b>Cliente</b>	Município da Ribeira Grande
<b>Morada</b>	Largo Conselheiro Hintze Ribeiro 9600-509 Ribeira Grande
<b>Localização do projecto</b>	Ribeira Grande, São Miguel, Açores
<b>Fonte(s) do Ruído Particular</b>	Tráfego rodoviário Áreas industriais
<b>Data(s) do trabalho de campo</b>	Outubro 2020 e Janeiro 2021
<b>Data de Emissão</b>	Janeiro 2021

#### ***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 da dbwave.i.
- Madalena Vaz de Miranda, Eng. do Ambiente (FCT/UNL), Mestrado em Ordenamento do Território e Impactes Ambientais (FCT/UNL) – Técnica Superior da dbwave.i.
- Tiago Amaral, Eng. Mecânico – Técnico Superior da Norma Açores.

## 1. INTRODUÇÃO E OBJECTIVO

O Decreto Legislativo Regional n.º 23/2010/A, de 30 de Junho, aprova o Regulamento Geral do Ruído e de Controlo da Poluição Sonora na Região Autónoma dos Açores. Este diploma visa a salvaguarda da segurança, da saúde humana e o bem-estar das populações face ao risco resultante da existência de níveis excessivos de ruído ambiental bem como laboral, no que respeita à exposição dos trabalhadores.

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.

Este mesmo diploma transpõe ainda para ordem jurídica regional a Directiva Comunitária Relativa à Avaliação e Gestão do Ruído Ambiente (Directiva 2002/49/CE).

Com esta transposição, deixa de ser aplicável a legislação em vigor em Portugal Continental (DL 9/2007), sendo que a distribuição das 24 horas do dia é feita da seguinte forma, por três períodos de referência:

- Diurno – 07h00 – 21h00;
- Entardecer – 21h00 – 23h00;
- Noturno – 23h00 – 07h00.

Os indicadores relevantes para elaboração de mapas de ruído mantêm-se como sendo o indicador de ruído diurno-entardecer-noturno,  $L_{den}$ , e o indicador de ruído noturno,  $L_n$ , tal como acontecia no DL 9/2007.

A área de estudo diz respeito ao concelho da Ribeira Grande, que se encontra em processo revisão de PDM, e que, nesse âmbito, apresenta uma proposta de classificação acústica para o concelho (delimitação de zonas mistas e sensíveis).

A atualização do Mapa de Ruído do Concelho da Ribeira Grande, agora elaborado, tem como objectivo constituir uma ferramenta atualizada de apoio às tomadas de decisões sobre o ordenamento do território, fornecendo informação acústica para atingir os seguintes objectivos:

- Preservar zonas com níveis sonoros regulamentares;
- Corrigir zonas com níveis sonoros não regulamentares;
- Criar novas zonas sensíveis ou mistas com níveis sonoros compatíveis.

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

- Mapas de ruído para os indicadores  $L_{den}$  e  $L_n$  a uma altura de 4 metros considerando as principais fontes de ruído (grandes eixos rodoviários e indústrias).

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

Os mapas de ruído são apresentados em anexo, à escala 1:25.000, e inserem-se no âmbito do processo de revisão do PDM do Município da Ribeira Grande, e constituem uma peça de apoio 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 atual, 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.).

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 em que se baseiam as disposições legais elaboradas e apresentadas neste trabalho é descrita no Decreto Legislativo Regional n.º 23/2010/A, de 30 de Junho, e nas diversas Notas Técnicas elaboradas pela APA (Agência Portuguesa do Ambiente).

### 2.1. DEFINIÇÕES

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

- 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;
- Área do Mapa – Área onde se pretende conhecer os níveis sonoros;
- Grande aglomeração – uma cidade com uma população residente superior a 20 000 habitantes no interior dos respectivos limites legalmente fixados, uma freguesia com uma densidade populacional igual ou superior a 2500 habitantes por quilómetro quadrado ou qualquer área em que a população e as actividades económicas se encontrem instaladas de forma suficientemente concentrada formando uma localidade onde, em pelo menos um quilómetro quadrado do território, a densidade populacional seja superior a 2500 habitantes por quilómetro quadrado;
- Indicador de ruído diurno-entardecer-noturno ou  $L_{den}$  – indicador de ruído, expresso em dB(A), associado ao incómodo global atribuível ao ruído ambiente, dado pela expressão:

$$L_{den} = 10 \log_{10} \frac{1}{24} \left( 14 \times 10^{\frac{L_d}{10}} + 2 \times 10^{\frac{L_e+5}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right)$$

sendo:

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

- 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.

- Período de Referência – segundo o DLR n.º 23/2010/A, é o intervalo de tempo a que se refere um indicador de ruído, de modo a abranger as actividades humanas típicas, delimitado nos seguintes termos: período diurno (7h às 21h), período do entardecer (21h às 23h) e período noturno (23h às 7h);
- 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;
- 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 Particular (ou Ruído Perturbador) – Componente do ruído ambiente que pode ser especificamente identificada por meios acústicos e atribuída a uma determinada fonte sonora;
- Ruído Residual (ou Ruído de Fundo) – Ruído ambiente a que se suprimem um ou mais ruídos particulares, para uma determinada situação;
- Valor Limite – Valor de  $L_{den}$  ou de  $L_n$  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 Mista - 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 Sensível - 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 noturno;
- Zona tranquila de uma aglomeração - Zona delimitada no âmbito dos estudos e propostas sobre ruído que acompanham os planos municipais de ordenamento do

território, que está exposta a um valor de  $L_{den}$  igual ou inferior a 55 dB(A) e de  $L_n$  igual ou inferior a 45 dB(A), como resultado de todas as fontes de ruído existentes;

- Zona tranquila em campo aberto - Zona delimitada no âmbito dos estudos e propostas sobre ruído que acompanham os planos municipais de ordenamento.
- Zona Urbana Consolidada - Zona sensível ou mista com ocupação estável em termos de edificação;

## 2.2. ENQUADRAMENTO LEGAL E NORMATIVO DOS MAPAS DE RUÍDO

Relativamente aos limites máximos de exposição, o DLR n.º 23/2010/A indica, no Capítulo IV, no ponto 1 do Artigo 22º, 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 Diploma, 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 8º, para efeitos de verificação do valor limite de exposição, aplicam-se aos recetores sensíveis os valores limite de  $L_{den}$  igual ou inferior a 63 dB(A) e  $L_n$  igual ou inferior a 53 dB(A).

O DLR n.º 23/2010/A refere ainda, nos artigos 9º e 10º, que os municípios em cujo território se localizem grandes aglomerações (ver **2.1. DEFINIÇÕES** - Grande aglomeração) estão obrigados a elaborar mapas estratégicos de ruído nos termos do disposto no anexo IV do mesmo diploma, o qual é parte integrante, e que as zonas sensíveis ou mistas com ocupação expostas a ruído ambiente exterior que exceda os valores limite fixados no artigo 22º são objecto de planos de acção, nos termos do artigo 16º do mesmo diploma.

É ainda importante referir que a Agência Portuguesa de Ambiente (APA) é responsável pela definição de directrizes para elaboração de mapas de ruído. Nesse intuito, foram publicadas as referidas

directrizes em Março de 2007 e revistas em Dezembro de 2011, das quais se destacam os seguintes aspectos técnicos a ter em consideração na elaboração de mapas de ruído:

- Todos os mapas de ruído devem reportar-se aos indicadores  $L_{den}$  e  $L_n$ , ambos calculados a uma altura acima do solo de 4 metros.
- Para elaboração dos mapas de ruído municipais recomendam-se os métodos de cálculo referidos no Anexo I da DRA.
- A cartografia base deve incluir a altimetria do terreno (curvas de nível cotadas), a localização e altura dos edifícios, das fontes de ruído (infra-estruturas de transporte e fontes fixas) e dos obstáculos permanentes à propagação do ruído (por exemplo, muros e barreiras acústicas).
- Recomenda-se que a escala seja igual ou superior a: 1:25 000, para articulação com PDM, salvo nos municípios definidos como aglomerações; 1:5 000, ou outras que a regulamentação própria sobre cartografia venha a definir, para articulação com PU/PP; 1:10 000, para mapas estratégicos de aglomerações e de GIT.
- Os mapas para articulação com o PDM devem incluir, pelo menos as seguintes fontes de ruído:
  1. As as rodovias cujo tráfego médio diário anual (TMDA) ultrapasse 8 000 veículos;
  2. As ferrovias, incluindo as linhas da rede principal e complementar, o metropolitano de superfície, com 30 000 ou mais passagens de comboios por ano;
  3. Todos os aeroportos e aeródromos;
  4. as fontes fixas abrangidas pelos procedimentos de Avaliação de Impacte Ambiental e de Prevenção e Controlo Integrados de Poluição.
- Os mapas para articulação com PU e PP devem incluir todas as fontes sonoras com emissões para o exterior.
- Os valores apresentados no mapa devem ser comparados com valores de medições efectuadas em locais seleccionados, através de uma ou mais medições de longa duração (duração mínima de 48 horas).
- Deve ser considerada, pelo menos, a primeira ordem de reflexões para os mapas de ruído à escala do PDM e mapas estratégicos de ruído e, pelo menos, a segunda ordem de reflexões para mapas às escalas de PU ou PP.
- É recomendada uma malha de cálculo não superior a 20 m por 20 m para mapas de ruído à escala do PDM e mapas estratégicos de ruído e não superior a 10 m por 10 m para mapas de ruído à escala de PU e PP e mapas estratégicos de aglomerações.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. MAPAS DE RUÍDO – DESCRIÇÃO BREVE

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

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

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



Figura 3.2 – Mapa de ruído em planta.



Figura 3.1 – Mapa de ruído em 3D.

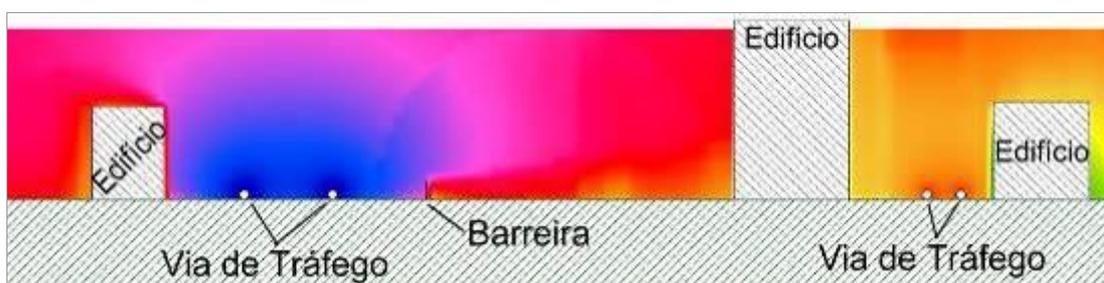


Figura 3.3 – Mapa de ruído em corte transversal às vias rodoviárias.

Estes mapas 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 DA RIBEIRA GRANDE

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

## 3.3. SOFTWARE UTILIZADO

O programa utilizado para a elaboração dos Mapas de Ruído 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 que 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 a *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 respetiva modelação em cada via de trânsito e pela caracterização da propagação sonora na atmosfera.

O método utilizado para o cálculo de níveis de ruído de tráfego rodoviário neste Estudo foi 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 este método, para a modelação de vias de tráfego rodoviário, é necessária a seguinte informação:

- Perfis longitudinal e transversal;
- Inclinação;
- Fluxos de tráfego horários em cada período de referência (diurno/entardecer/noturno), 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, tais 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 recetores de interesse e da escala de trabalho:

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

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

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

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

em que,

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

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

Quadro 3-1 – Espectro de referência para tráfego rodoviário.

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

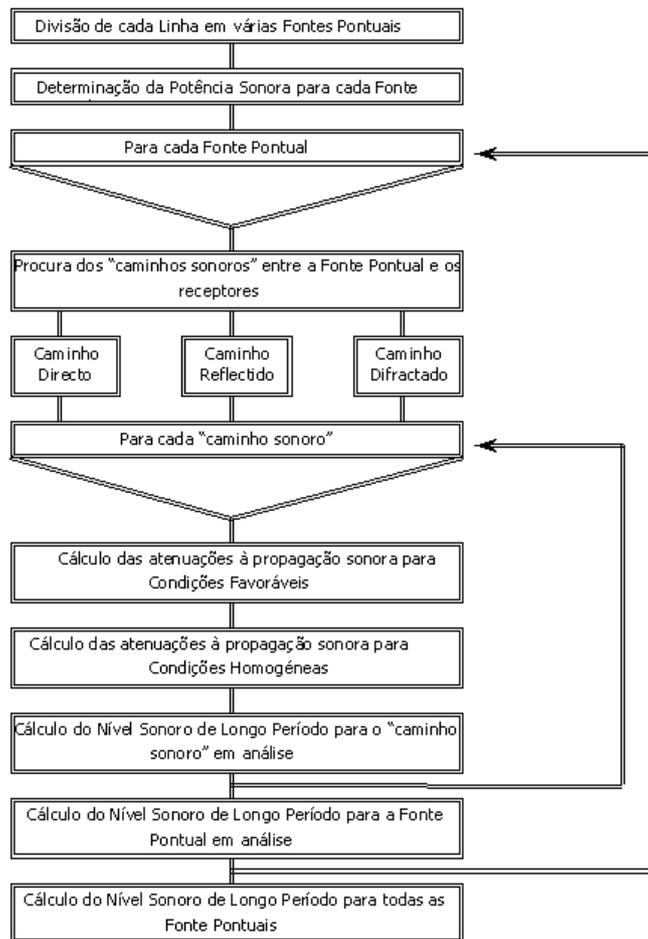


Figura 3.4 – Fluxograma do método NMPB-1996.

### 3.4.2. Indústrias

A avaliação do impacto sonoro das fontes industriais foi efectuada através de modelação de fontes em áreas 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 recetores de otimização e definindo os parâmetros de cálculo necessários, parâmetros esses que obedecem à norma indicada anteriormente.

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

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

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

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

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

$$L_p = L_w + D_c - A$$

em que,

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

em que,

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

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

## 4. DESCRIÇÃO DO PROJETO

### 4.1. CARACTERIZAÇÃO DO MODELO

Dado se tratar de uma atualização de Mapa de Ruído, e uma vez que já existe um modelo tridimensional criado para o efeito, a maioria das componentes que deram forma ao modelo base mantêm-se, introduzindo-se apenas três novas vias e alterando-se o TMH das fontes rodoviárias.

#### 4.1.1. Identificação da área de estudo

O concelho da Ribeira Grande situa-se na ilha de São Miguel, localizada no Grupo Oriental da Região Autónoma dos Açores, sendo limitado a Norte pelo Oceano Atlântico, a Este pelo concelho do Nordeste, a Sueste pelo concelho de Povoação, a Sul pelos concelhos de Vila Franca do Campo e Lagoa e a Sudoeste e Oeste pelo concelho de Ponta Delgada. O concelho encontra-se dividido em 14 freguesias, totalizando uma área de 180,15 km<sup>2</sup> com, aproximadamente, 32 000 habitantes (dados de 2011).

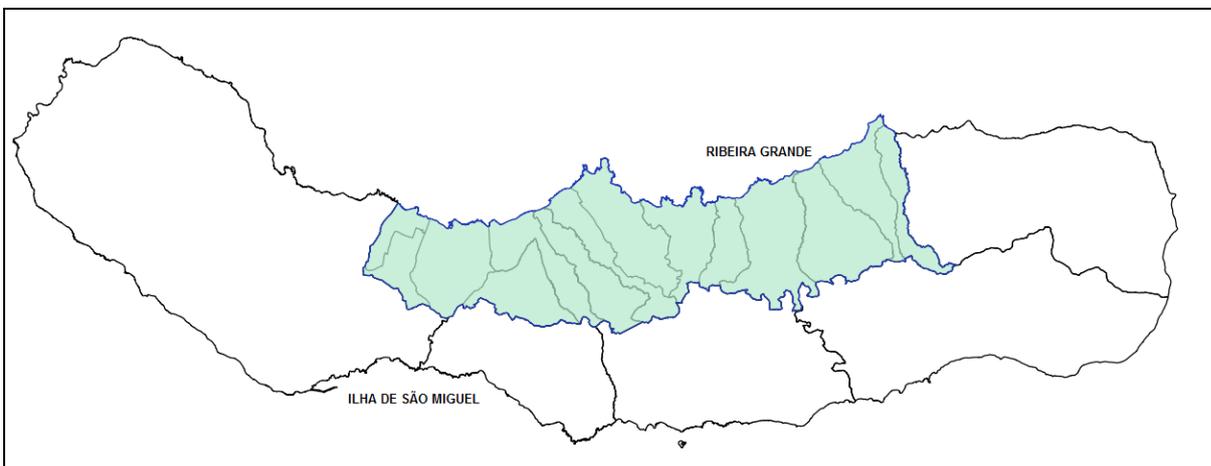


Figura 4.1 – Localização do concelho da Ribeira Grande, na ilha de São Miguel, Açores

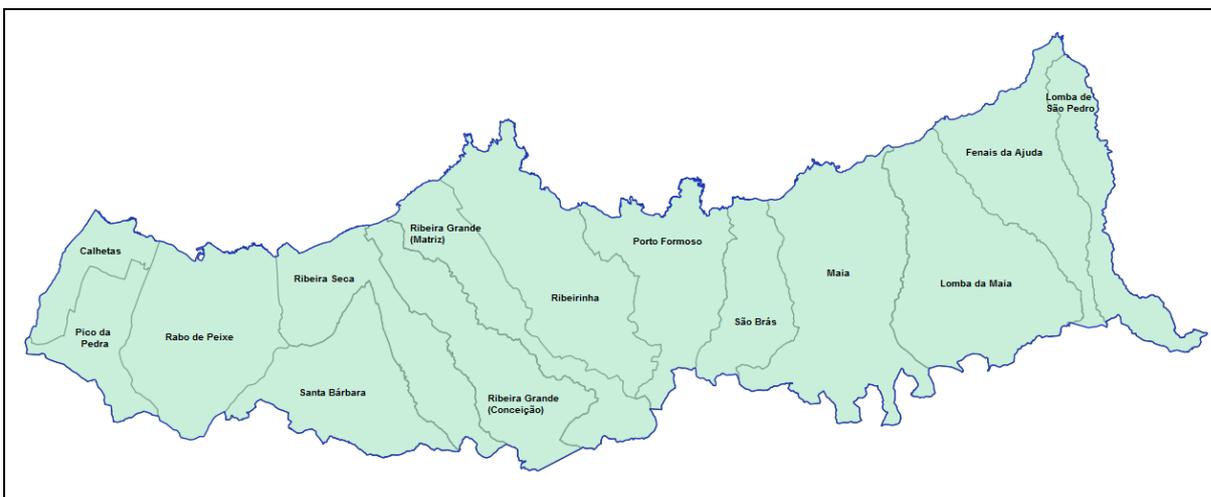


Figura 4.2 – Localização das freguesias do concelho da Ribeira Grande

#### 4.1.2. 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. Como tal, e para que fosse tida em conta a emissão sonora dessas infraestruturas, as mesmas foram estendidas para além da área do mapa, conforme se ilustra na Figura 4.3. Neste 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.

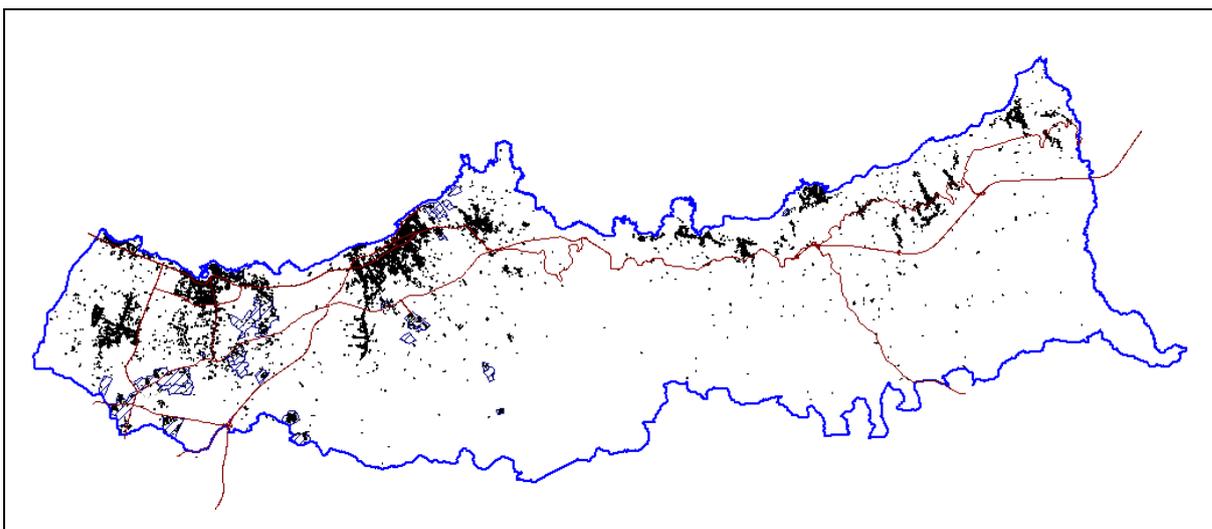


Figura 4.3 – Representação da área de estudo

#### 4.1.3. Caracterização climática

A estação meteorológica geograficamente mais próxima à área de estudo, com dados de parâmetros relevantes para caracterizar climaticamente o concelho em estudo, é a estação meteorológica de Sanata, em Rabo de Peixe (rede hidrometeorológica dos Açores). Os principais parâmetros que caracterizam o clima de uma 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.

Para o período entre Maio de 2018 e Dezembro de 2019, obteve-se valores para a temperatura do ar média diária de 18,3 °C, 78% de humidade relativa média diária e 2,5 m/s para a velocidade do vento média diária (fonte: <http://servicos-sraa.azores.gov.pt/morhi/#>).

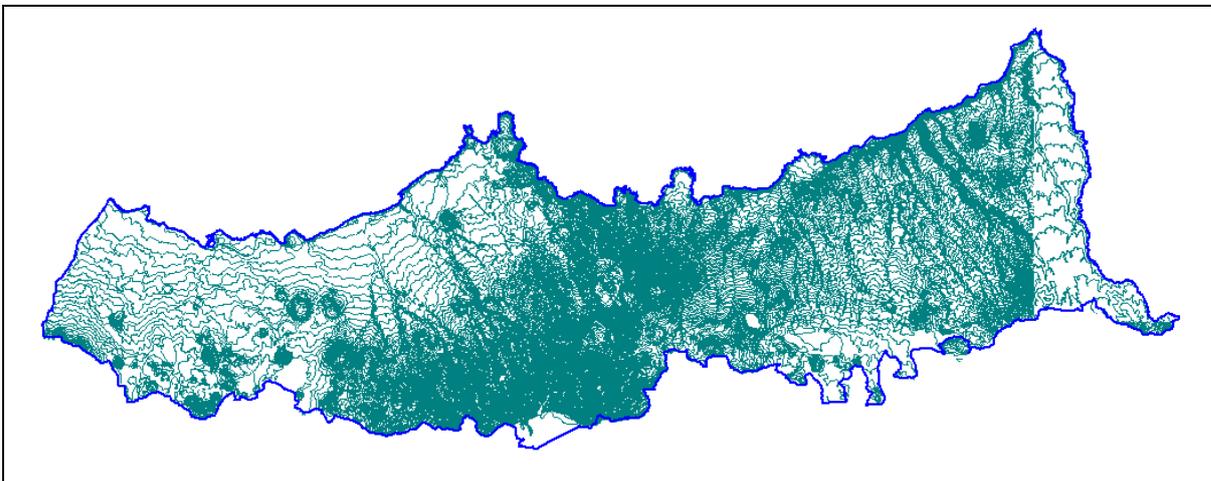
Relativamente às direcções predominantes dos ventos, pelo facto de as velocidades não ultrapassarem o valor de 5,0 m/s, segundo as especificações na Norma NP 4361-2, não haverá necessidade de se introduzirem os dados relativos à direcção dos ventos, já que obedecem aos requisitos das condições de propagação favoráveis (“downwind conditions”).

#### 4.1.4. Altimetria

Para a elaboração do Mapa de Ruído é necessária informação relativa à altimetria do terreno, nomeadamente curvas de nível e pontos cotados. A partir desta informação, o programa de

simulação constrói o modelo digital do terreno (MDT), usado como base no cálculo dos valores de  $L_{Aeq}$  e restantes indicadores.

Neste caso, visto se utilizar como base o modelo acústico elaborado para o MR da Ribeira Grande de 2012, o MDT estava já criado.

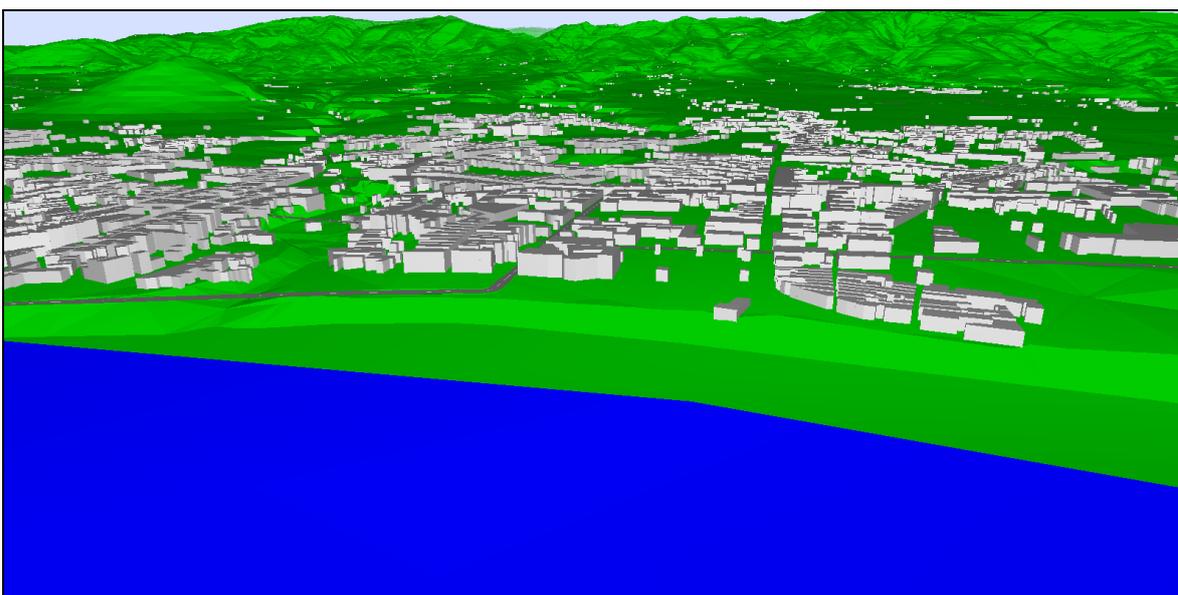


**Figura 4.4 – Extrato do modelo altimétrico**

#### 4.1.5. Planimetria

A informação referente aos edifícios e respectiva cêrcea e também à rede viária foi atualizada com base em informação cedida pela Câmara Municipal da Ribeira Grande. Aos edifícios foi atribuído um valor médio de absorção sonora (0,21).

Na Figura 4.5 pode observar-se o aspecto do modelo tridimensional atualizado.



**Figura 4.5 – Vista 3D do modelo tridimensional atualizado**

## 4.2. FONTES DE RUÍDO

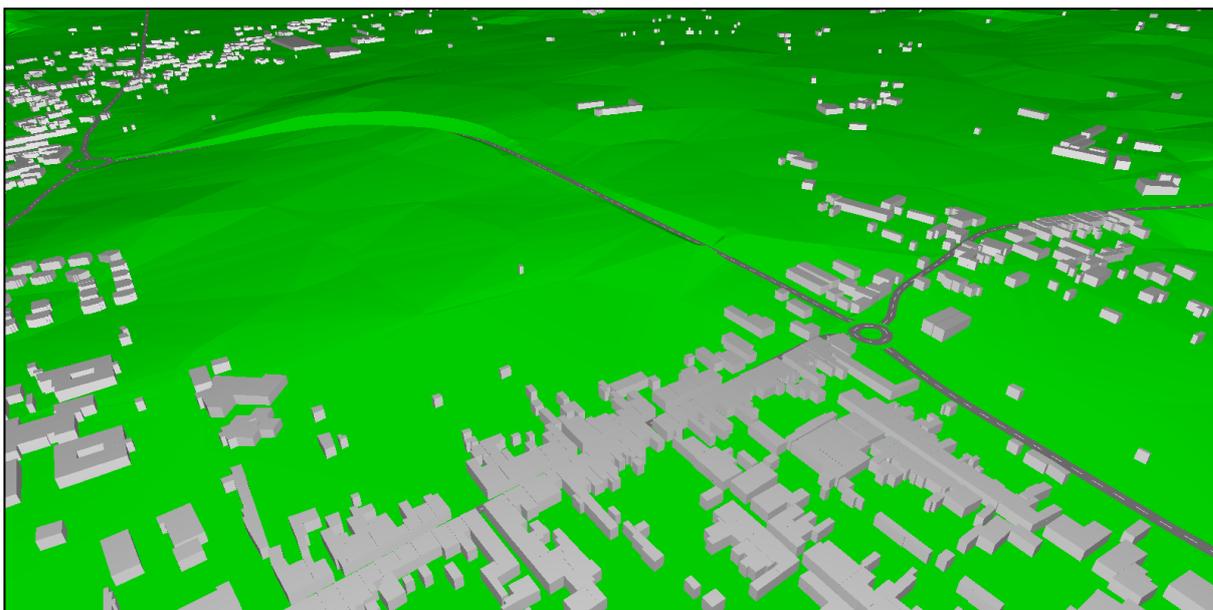
Este estudo contempla como fontes de ruído os principais eixos de tráfego rodoviário e as indústrias existentes na área em estudo. As rodovias incluídas no modelo atual são todas as incluídas no MR anterior, às quais se acrescentou uma ligação rodoviária construída recentemente: Ponte do Atlântico e Travessa do Estrela.

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

### 4.2.1. Tráfego rodoviário

A localização desta informação foi obtida através do modelo anterior, ao qual se juntou a nova ligação rodoviária.

As cotas das estradas foram obtidas através da modelação do terreno gerado pelas curvas de nível, tendo sido necessários alguns ajustes de modo a obter uma melhor correspondência com a realidade, como pode ser verificado na Figura 4.6.



**Figura 4.6 – Vista tridimensional de algumas rodovias incluídas no modelo**

A determinação do tráfego médio horário a considerar em cada uma das vias, para os três períodos de referência (diurno, entardecer e noturno) teve como informação base contagens de tráfego feitas no local e, no caso da SCUT, dados oficiais da concessionária para o ano de 2019.

No quadro que se segue encontram-se listadas todas as estradas incluídas no presente mapa de ruído e respetivas características relevantes do ponto de vista acústico.

**Quadro 4.1 – Características das vias rodoviárias para os períodos diurno, entardecer e noturno**

Toponímia	ID	Período diurno		Período entardecer		Período noturno		vmáx (km/h)		Tipo de piso
		TMH (veíc./h)	% pesados	TMH (veíc./h)	% pesados	TMH (veíc./h)	% pesados	Ligeiros	Pesados	
SCUT: Lagoa - Ribeira Grande	F001	450	1,5	173	0,3	74	0,7	90	70	Betão betuminoso
SCUT: Ribeira Grande - Santa Iria	F002	483	3,0	160	0,7	83	2,5	80	80	Betão betuminoso
SCUT: Santa Iria - Barreiros	F003	431	2,4	140	1,1	72	2,5	80	80	Betão betuminoso
SCUT: Santa Iria - Barreiros	F003a	216	2,4	70	1,1	36	2,5	80	80	Betão betuminoso
SCUT: Barreiros - Lomba da Maia	F004	216	2,4	70	1,1	36	2,5	90	80	Betão betuminoso
ER 1-1A (Calhetas)	F005	271	7,0	184	6,9	10	0,0	50	50	Betão betuminoso
ER 1-1A (Rabo de Peixe)	F006	209	3,8	186	6,3	15	0,0	50	50	Betão betuminoso
ER 1-1A (Rabo de Peixe)	F007	51	5,2	36	9,9	4	0,0	50	50	Betão betuminoso
ER 1-1A (Ribeira Seca)	F008	36	0,0	8	0,0	8	0,0	50	50	Betão betuminoso
ER 1-1A (Ribeira Seca)	F008a	104	11,5	28	1,4	12	0,0	50	50	Betão betuminoso
ER 1-1A (Conceição)	F009	37	1,0	25	1,0	2	0,0	50	50	Betão betuminoso
ER 1-1A (Matriz)	F010	32	1,0	22	1,0	2	0,0	50	50	Betão betuminoso
ER 1-1A (Matriz)	F011	145	2,0	100	2,0	10	0,0	50	50	Betão betuminoso
ER 1-1A (Ribeirinha)	F012	144	1,0	100	1,0	12	0,0	50	50	Betão betuminoso
ER 1-1A (Ribeirinha)	F013	60	1,0	42	1,0	5	0,0	50	50	Betão betuminoso
ER 1-1A (Ribeirinha)	F014	83	12,6	48	9,4	9	0,0	80	80	Betão betuminoso
ER 1-1A (Porto Formoso)	F015	83	12,6	48	9,4	9	0,0	80	80	Betão betuminoso
ER 1-1A (Porto Formoso)	F015a	42	12,6	24	9,4	5	0,0	40	40	Betão betuminoso
ER 1-1A (Maia)	F016	64	16,7	67	17,5	1	0,0	80	80	Betão betuminoso
ER 1-1A (Lomba da Maia)	F017	67	16,7	67	17,5	1	0,0	80	80	Betão betuminoso
ER 1-1A (Fenais da Ajuda)	F018	64	16,7	67	17,5	1	0,0	80	80	Betão betuminoso
ER 1-1A (Lomba de S. Pedro)	F019	64	16,7	67	17,5	1	0,0	80	80	Betão betuminoso
ER 2-1A (Maia)	F020	86	14,0	58	13,8	2	0,0	80	80	Betão betuminoso
ER 3-1A (Pico da Pedra)	F021	612	7,2	196	2,0	60	0,0	60	60	Betão betuminoso
ER 3-1A (Pico da Pedra)	F021a	404	5,0	192	0,0	136	0,0	60	60	Betão betuminoso

Toponímia	ID	Período diurno		Período entardecer		Período noturno		vmáx (km/h)		Tipo de piso
		TMH (veíc./h)	% pesados	TMH (veíc./h)	% pesados	TMH (veíc./h)	% pesados	Ligeiros	Pesados	
ER 3-1A (Rabo de Peixe)	F022	590	9,0	409	8,6	45	0,0	60	60	Betão betuminoso
ER 3-1A (Rabo de Peixe)	F022a	491	10,0	340	9,6	38	0,0	80	80	Betão betuminoso
ER 3-1A (Ribeira Seca)	F023	491	10,0	340	9,6	38	0,0	80	80	Betão betuminoso
ER 3-1A (Ribeira Seca)	F024	152	0,0	88	0,0	44	0,0	50	50	Betão betuminoso
CM 513	F025	120	10,0	128	0,0	36	22,2	50	50	Betão betuminoso
Rua da Saudade (ER 1A)	F026	140	0,0	8	0,0	12	33,3	40	40	Betão betuminoso
Avenida Filarmónica Progresso do Norte (ER 1A)	F027	82	2,4	56	0,0	24	0,0	50	50	Betão betuminoso
Avenida Filarmónica Progresso do Norte (ER 1A)	F027a	134	7,6	59	0,0	29	0,0	50	50	Betão betuminoso
Avenida do Romeiro (ER 1A)	F028	112	8,6	80	0,0	40	0,0	50	50	Betão betuminoso
CM 514	F029	210	2,0	143	2,0	9	0,0	40	40	Betão betuminoso
ER 7-2A (Rabo de Peixe)	F030	141	14,0	96	13,8	5	0,0	80	80	Betão betuminoso
Rua Joaquim Marques (ER 2A)	F031	200	6,0	12	0,0	16	25,0	50	50	Betão betuminoso
Rua Bento Dias Carreiro	F032	128	0,0	12	0,0	8	50,0	50	50	Betão betuminoso
Rua da Indústria	F033	148	9,5	18	0,0	4	0,0	50	50	Betão betuminoso
Av. de São Pedro	F034	200	0,0	132	3,0	88	0,0	50	50	Betão betuminoso
Av. Dr. José Nunes da Ponte	F035	368	2,2	124	3,2	88	4,5	50	50	Betão betuminoso
Rua do Estrela	F036	113	1,0	78	1,0	8	0,0	50	50	Betão betuminoso
Ponte da Ribeira Grande	F037	113	1,0	78	1,0	8	0,0	30	50	Betão betuminoso
Rua Sousa e Silva	F038	113	1,0	78	1,0	8	0,0	50	50	Betão betuminoso
Rua Luís de Camões	F039	139	4,0	96	3,9	10	0,0	30	30	Betão betuminoso
Ligação ER 1-1A - Nó da Lomba de S. Pedro	F040	29	13,8	9	0,0	5	0,0	50	50	Betão betuminoso
Nó da Lomba de S. Pedro - Ramo 1	F041	10	13,8	2	0,0	1	0,0	40	40	Betão betuminoso
Nó da Lomba de S. Pedro - Ramo 2	F042	20	13,8	4	0,0	3	0,0	40	40	Betão betuminoso
Nó da Lomba de S. Pedro -	F043	10	13,8	2	0,0	1	0,0	40	40	Betão betuminoso

Toponímia	ID	Período diurno		Período entardecer		Período noturno		vmáx (km/h)		Tipo de piso
		TMH (veíc./h)	% pesados	TMH (veíc./h)	% pesados	TMH (veíc./h)	% pesados	Ligeiros	Pesados	
Ramo 2.1										
Nó da Lomba de S. Pedro - Ramo 2.2	F044	10	13,8	2	0,0	1	0,0	40	40	Betão betuminoso
Nó da Lomba de S. Pedro - Ramo 3	F045	10	13,8	2	0,0	1	0,0	40	40	Betão betuminoso
Nó da Ribeirinha - Ramo 1	F046	48	14,0	33	13,7	2	0,0	50	50	Betão betuminoso
Nó da Ribeirinha - Ramo 2	F047	48	14,0	33	13,7	2	0,0	50	50	Betão betuminoso
Nó da Ribeirinha - Ramo 3	F048	48	14,0	33	13,7	2	0,0	50	50	Betão betuminoso
Nó da Ribeirinha - Ramo 4	F049	35	10,7	15	0,0	7	0,0	50	50	Betão betuminoso
Nó das Furnas - Ramo 1	F050	29	14,0	19	13,8	1	0,0	40	40	Betão betuminoso
Nó das Furnas - Ramo 2	F051	29	14,0	19	13,8	1	0,0	40	40	Betão betuminoso
Nó das Furnas - Ramo 2.1	F052	14	14,0	10	13,8	0	0,0	40	40	Betão betuminoso
Nó das Furnas - Ramo 2.2	F053	14	14,0	10	13,8	0	0,0	40	40	Betão betuminoso
Nó das Furnas - Ramo 3	F054	29	14,0	19	13,8	1	0,0	40	40	Betão betuminoso
Nó de Acesso Local - Ramo 1	F055	32	16,7	38	17,5	1	0,0	40	40	Betão betuminoso
Nó de Acesso Local - Ramo 2	F056	32	16,7	34	17,5	1	0,0	40	40	Betão betuminoso
Nó de Acesso Local - Ramo 2.1	F057	16	16,7	17	17,5	0	0,0	40	40	Betão betuminoso
Nó de Acesso Local - Ramo 2.2	F058	16	16,7	17	17,5	0	0,0	40	40	Betão betuminoso
Rotunda 1	F059	184	2,2	62	3,2	44	4,5	40	40	Betão betuminoso
Rotunda 2	F060	72	2,0	50	2,0	5	0,0	40	40	Betão betuminoso
Rotunda 3	F061	86	4,1	48	0,0	18	16,7	40	40	Betão betuminoso
Rotunda 4	F062	54	5,6	29	0,0	13	0,0	40	40	Betão betuminoso
Rotunda 5	F063	166	4,2	106	1,3	22	0,0	40	40	Betão betuminoso
Rotunda 6	F064	155	4,3	95	6,5	9	10,8	40	40	Betão betuminoso
Rotunda 7	F065	51	1,0	35	1,0	4	0,0	40	40	Betão betuminoso
Rotunda de Nossa Srª das Vitórias	F066	241	3,0	80	0,7	41	2,5	40	40	Betão betuminoso
Rotunda de São Pedro	F067	142	1,4	64	3,1	44	2,3	40	40	Betão betuminoso

Toponímia	ID	Período diurno		Período entardecer		Período noturno		vmáx (km/h)		Tipo de piso
		TMH (veíc./h)	% pesados	TMH (veíc./h)	% pesados	TMH (veíc./h)	% pesados	Ligeiros	Pesados	
Rotunda do Cabo da Vila	F068	18	0,5	8	0,8	3	0,0	40	40	Betão betuminoso
Rotunda do Romeiro	F069	67	9,1	36	2,7	14	0,0	40	40	Betão betuminoso
Rotunda da Envoltente à Ribeira Grande	F070	87	11,8	60	11,5	4	0,0	40	40	Betão betuminoso
Rotunda da cidade	F071	394	4,5	190	4,5	60	1,1	40	40	Betão betuminoso
Rotunda da Saúde	F072	161	1,9	86	1,3	49	0,0	40	40	Betão betuminoso
Rotunda do Parque Industrial	F073	278	3,8	84	0,6	42	2,4	40	40	Betão betuminoso
Travessa do Estrela	F074	24	0,0	12	0,0	6	0,0	50	50	Betão betuminoso
Travessa do Estrela	F074	24	0,0	12	0,0	6	0,0	50	50	Betão betuminoso
Ponte do Atlântico	F075	24	0,0	12	0,0	6	0,0	50	50	Betão betuminoso
Passeio Atlântico	F076	24	0,0	12	0,0	6	0,0	50	50	Betão betuminoso
Rua do Castelo (Outeiro)	F077	86	2,3	10	0,0	4	0,0	50	50	Betão betuminoso
Rua de Santa Luzia	F078	86	2,3	10	0,0	4	0,0	50	50	Betão betuminoso
Caminho da Beira Mar	F079	86	2,3	10	0,0	4	0,0	50	50	Betão betuminoso

#### 4.2.2. Indústrias

À semelhança das fontes rodoviárias, as fontes de ruído industriais consideradas no mapa de ruído atual mantiveram-se as mesmas do MR anterior.

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

**Quadro 4-2 – Indústrias consideradas e respectiva potência sonora e período de funcionamento aplicados**

Indústria	ID	Potência sonora	Período de laboração (h)		
		dB(A)/m <sup>2</sup>	Diurno	Entardecer	Noturno
ÁREA INDUSTRIAL 01	I001	55	14	2	8
ÁREA INDUSTRIAL 02	I002	65	14	2	8
ÁREA INDUSTRIAL 03	I003	60	8	0	0
ÁREA INDUSTRIAL 04	I004	62	8	0	0
ÁREA INDUSTRIAL 05	I005	55	8	0	0
ÁREA INDUSTRIAL 06	I006	55	14	2	8
ÁREA INDUSTRIAL 07	I007	55	14	2	8

Indústria	ID	Potência sonora	Período de laboração (h)		
		dB(A)/m <sup>2</sup>	Diurno	Entardecer	Noturno
ÁREA INDUSTRIAL 08	I008	55	14	2	8
ÁREA INDUSTRIAL 09	I009	57	14	2	8
ÁREA INDUSTRIAL 10	I010	57	14	2	8
ÁREA INDUSTRIAL 11	I011	60	8	0	0
ÁREA INDUSTRIAL 12	I012	60	8	0	0
ÁREA INDUSTRIAL 13	I013	60	8	0	0
ÁREA INDUSTRIAL 14	I014	60	8	0	0
ÁREA INDUSTRIAL 15	I015	65	8	0	0
ÁREA INDUSTRIAL 16	I016	62	14	2	8
ÁREA INDUSTRIAL 17	I017	55	14	2	8
ÁREA INDUSTRIAL 18	I018	65	8	0	0
ÁREA INDUSTRIAL 19	I019	62	8	0	0
ÁREA INDUSTRIAL 20	I020	57	14	2	8
ÁREA INDUSTRIAL 21	I021	62	8	0	0
ÁREA INDUSTRIAL 22	I022	55	14	2	8
ÁREA INDUSTRIAL 23	I023	57	14	2	8
ÁREA INDUSTRIAL 24	I024	55	14	2	8
ÁREA INDUSTRIAL 25	I025	55	14	2	8
ÁREA INDUSTRIAL 26	I026	55	14	2	8
ÁREA INDUSTRIAL 27	I027	55	14	2	8
ÁREA INDUSTRIAL 28	I028	55	14	2	8
ÁREA INDUSTRIAL 29	I029	65	8	0	0
ÁREA INDUSTRIAL 30	I030	65	8	0	0
ÁREA INDUSTRIAL 31	I031	62	8	0	0
ÁREA INDUSTRIAL 32	I032	55	8	0	0
ÁREA INDUSTRIAL 33	I033	55	8	0	0
ÁREA INDUSTRIAL 34	I034	55	8	0	0

### 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 consideradas, tendo também em consideração os trajectos de propagação e as atenuações, de acordo com o estipulado no método de cálculo francês NMPB-Routes-96 (tráfego rodoviário) e na Norma ISO 9613 (indústrias).

Para o cálculo dos mapas de ruído foi definida uma malha de cálculo regular de pontos recetores, com 10 m por 10 m, e, de acordo com a Directiva 2002/49/CE, a 4 m de altura do solo. Foi utilizado o valor de 1 reflexão para cada raio sonoro e de 2000 m para o raio de busca fonte-receptor.

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

Os mapas de ruído correspondem às condições típicas médias que se preveem ao longo de um período de um ano, pelo que, na eventualidade de variação dos parâmetros inseridos no modelo (tráfego, condições meteorológicas, etc.), o cenário acústico simulado poderá ser alterado.

#### 4.4. VALIDAÇÃO DO MODELO

Para a validação do modelo acústico tridimensional foram efetuadas duas medições acústicas em contínuo, abrangendo pelo menos 48h, de acordo com as recomendações da APA. Estes dados recolhidos permitem aferir a validade do modelo criado pelo *software* com a realidade acústica do local, tendo em conta os ajustes de terreno e as características de emissão sonora das fontes.

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

##### 4.4.1. Equipamentos utilizados

Os equipamentos utilizados na realização de medições estão homologados pelo IPQ e as suas características técnicas e n.º de certificado de calibração podem ser visualizadas no quadro que se segue.

**Quadro 4.3 – Instrumentação utilizada na campanha de medição**

Tipo	Características			Rastreabilidade		
	Marca	Modelo	Nº Série	Entidade Calibradora	N.º Certificado	Data de calibração
Sonómetro	01dB	Solo	65082	ISQ	VACV601/20	03-12-2020
Calibrador	Rion	NC-74	35078760			

##### 4.4.2. Validação junto às fontes sonoras

A medição de longa duração foi realizada de acordo com a metodologia baseada na norma ISO 1996. O microfone do equipamento de medida foi colocado a uma altura de 4 m em relação ao solo e a mais de 3,5 metros de distância de superfícies refletoras. Dadas as características físicas do campo sonoro e as características de radiação das principais fontes sonoras, considera-se que a validação do modelo a esta altura assegura a validação dos resultados do modelo.

Foi então instalado um ponto de medição de longa duração, com o objetivo caracterizar as rodovias, para efeitos de validação do modelo. O equipamento de medição para validação foi instalado junto à ER1-1A (localização geográfica: 37°48'55.85"N, 25°32'39.20"W) 6 de janeiro de 2021 e recolhido após cerca de 48h, no dia 8 de janeiro de 2021.

No Quadro 4.4, que se segue, encontra-se identificado o ponto de validação (PV). Este ponto representa o local onde foram realizadas medições de ruído e o seu posicionamento em coordenadas.

**Quadro 4.4 – Localização em coordenadas dos pontos de validação**

Ponto receptor - medição de longa duração	Coordenadas no modelo		
	x (m)	y (m)	z (m)
PV	628107,3	4186306,34	26,35

O PV foi cotado a cerca de 4 metros acima do solo, de forma idêntica à posição do microfone dos sonómetros.

Na Figura 4.7 pode visualizar-se a localização do ponto de validação introduzido no modelo. A diferença linear entre os valores calculados pelo modelo e os valores medidos para os indicadores  $L_{den}$  e  $L_n$  encontram-se representados no Quadro 4.5.



**Figura 4.7 – Localização do PV**

**Quadro 4.5 – Comparação entre os valores medidos e os valores calculados para os indicadores  $L_{den}$  e  $L_n$  (validação)**

Ponto receptor	Indicador calculado		Indicador medido		Indicador calculado - Indicador medido		Requisito
	$L_{Aeq\ calc} [dB(A)]$		$L_{Aeq\ med} [dB(A)]$		$L_{Aeq\ calc} - L_{Aeq\ med} [dB(A)]$		
	$L_{den}$	$L_n$	$L_{den}$	$L_n$	$L_{den}$	$L_n$	
PV	60,4	50,2	59,2	50,2	1,2	0	$\leq  2\ dB(A) $

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

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

Tendo em conta os resultados do processo de validação, considera-se o modelo apresentado para a elaboração do MR do concelho da Ribeira Grande como validado, dado verificar-se o cumprimento da condição estipulada nas diretrizes emitidas pela APA para a elaboração deste tipo de mapas:

$$L_{Aeq\ calculado} - L_{Aeq\ medido} \leq | 2\text{ dB(A)} |$$

## 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Foi atualizado o modelo computacional desenvolvido para o MR anterior da Ribeira Grande, elaborado pela empresa dBLab, em 2011. Os cálculos realizados com o modelo permitiram obter a distribuição espacial de  $L_{Aeq}$  – Mapas de ruído de  $L_{den}$  e  $L_n$  – que espelham a situação acústica média prevista para o local em estudo. O mapa de ruído do concelho da Ribeira Grande para a situação atual pode ser visualizados, para a totalidade da área do concelho, nos Anexos II.1 (indicador  $L_{den}$ ) e II.2 (indicador  $L_n$ ).

Foram ainda calculados os Mapas de Conflito (MC) tendo em conta a classificação acústica do município, enviada pelo cliente, que define zonas mistas ( $L_{den} \leq 65$  dB(A) e  $L_n \leq 55$  dB(A)) e zonas sensíveis ( $L_{den} \leq 55$  dB(A) e  $L_n \leq 45$  dB(A)). Os MC podem ser visualizados em detalhe nos Anexos III.1 e III.2 para os indicadores  $L_{den}$  e  $L_n$ , respetivamente.

A análise dos mapas de ruído a partir do modelo demonstra que o município dea Ribeira Grande apresenta, em grande parte do seu território, níveis de ruído pouco elevados.

Os níveis de ruído mais elevados são registados na envolvente próxima das principais rodovias que servem o concelho (nomeadamente a SCUT e a ER1-1A), expondo, na generalidade, a primeira frente de habitações a níveis acima dos 55 dB(A) no  $L_{den}$ .

Nos arruamentos urbanos considerados neste estudo é notório o ruído gerado pelo tráfego rodoviário, principalmente no centro da Ribeira Grande. Nesse local regista-se uma maior aglomeração urbana e consequentemente um maior número de recetores sensíveis possivelmente expostos. Contudo, os níveis de ruído não ultrapassam os níveis regulamentares definidos para Zonas Mistas (65 dB(A) no  $L_{den}$  e 55 dB(A) no  $L_n$ ), pelo que não existem habitações expostas a níveis de ruído muito elevados.

As zonas industriais incluídas no modelo contribuem pouco para os níveis de ruído do concelho até porque a grande maioria se encontra em zonas isoladas, mais afastada de habitações e outros recetores sensíveis.

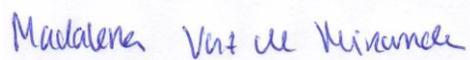
O mapa de ruído do concelho da Ribeira Grande é um mapa que comporta todas as fontes que têm interesse à escala municipal. Ao analisar áreas que se situam distantes das fontes modeladas, poderá não se estar a visualizar a realidade acústica existente, uma vez que estarão provavelmente sob influência de outras fontes de ruído locais, como por exemplo estradas ou caminhos municipais com pouco tráfego, as quais não têm relevância à escala municipal. Estes tipos de fontes de ruído serão de incluir em mapas de ruído de operações de loteamento, Planos de Pormenor e Planos de Urbanização, mapas estes que são efectuados a uma escala bastante mais detalhada.

Reforça-se o facto de os resultados acústicos obtidos na simulação efetuada 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, tipos de pavimento, condições meteorológicas, etc.) poderá, eventualmente, fazer variar os níveis de ruído simulados. No entanto, tendo em conta que os níveis sonoros médios têm uma relação logarítmica com os volumes de tráfego (mantendo-se todas as outras variáveis), seria necessário ocorrerem transformações consideráveis nestes volumes para que os níveis sonoros correspondentes sofressem variações perceptíveis ao ouvido humano (por exemplo, a duplicação nos volumes de tráfego significa um acréscimo de 3 dB(A) nos níveis de ruído).

Como recomendação final, dever-se-á evitar o licenciamento de novos recetores sensíveis em zonas mais ruidosas e o licenciamento de actividades ruidosas (indústrias, parques eólicos, estabelecimentos com funcionamento no período noturno, rodovias) junto de recetores sensíveis existentes ou contemplados em sede de PMOT.

Elaborado por:

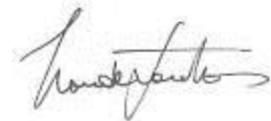
Madalena Vaz de Miranda



Técnica Superior

Verificado e aprovado por:

Luís Conde Santos



Diretor Técnico

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. A Comparison of Different Techniques for the Calculation of Noise Maps of Cities, International Congress and Exhibition in Noise Control Engineering, Wolfgang Probst, Bernd Huber, 2001.
2. Directiva Comunitária 2002/49/CE do Parlamento Europeu e do Conselho relativa à Avaliação e Gestão do Ruído Ambiente, de 25 de Junho de 2002.
3. Guide du Bruit des Transports Terrestres - Prévission des niveaux sonores”, CETUR, 1980.
4. Implementation of the EU-directive on Environmental Noise Requirements for Calculation Software and Handling with CadnaA, Wolfgang Probst, 2003.
5. Integration of Area Noise Control into Programs into a Citywide Noise Control Strategy, Institute of Acoustics – Proceedings, Vol. 23, Pt 5, Wolfgang Probst, Bernd Huber, 2001.
6. NP ISO 1996-1 (2011) – Acústica, Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente, Parte 1: Grandezas fundamentais e métodos de avaliação, IPQ, Fevereiro 2011.
7. NP ISO 1996-2 (2011) – Acústica, Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente, Parte 2: Determinação dos níveis de pressão sonora do ruído ambiente, IPQ, Fevereiro 2011.
8. Norme XP S31-133(2001) – Bruit des infrastructures de transports terrestre. Calcul de l’atténuation du son lors de sa propagation en milieu extérieur incluant les effets météorologiques.
9. NMPB-Routes-96 (SETRA-CERTU-LCPC-CSTB), publicado no "Arrêté du 5 Mai. 1995 relatif au bruit des infrastructures routières, Journal Officiel du 10 MAI 1995, article 6".
10. Directrizes para a Elaboração de Mapas de Ruído, versão 3, APA, Dezembro 2011.
11. Projecto-Piloto de Demonstração de Mapas de Ruído – Escalas Municipal e Urbana, Instituto do Ambiente, Ramos Pinto, F., Guedes, M. & Leite, M. J., 2004.
12. Regulamento Geral do Ruído – Decreto-Lei n.º 9/2007 de 17 de Janeiro.
13. Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios – Decreto-Lei nº 96/2008 de 9 de Junho.
14. Regulamento Geral do Ruído e de Controlo da Poluição Sonora – Decreto Legislativo Regional n.º 23/2010/A.

# ANEXOS

**ANEXO I – IDENTIFICAÇÃO DAS FONTES DE RUÍDO**

**ANEXO II – MAPA DE RUÍDO**

**ANEXO III – MAPA DE CONFLITOS**