

## **Mapas de Ruído - Escala Municipal**



**Relatório Final**

Novembro de 2007

**Mapas de Ruído - Escala Municipal**  
**Associação de Municípios da Alta Estremadura**  
**Concelho: Alvaiázere**

**Elaborado por:**

Laboratório de Acústica (ESTG / Inst. Politécnico de Leiria)

**Equipa Técnica:**

Doutor João Ramos (ESTG / Inst. Politécnico de Leiria);

Mestre Nuno Martinho (ESTG / Inst. Politécnico de Leiria);

Engenheira Judite Ventura (ESTG / Inst. Politécnico de Leiria);

Engenheiro Vítor Valente (Técnico colaborador).

## ÍNDICE

Apresentação Sumária .....	1
1. Enquadramento e Âmbito do Estudo .....	2
2. Disposições Legais, Normativas, Directivas e Directrizes .....	5
2.1. Contexto legislativo e normativo .....	5
2.2. Conceitos e Definições .....	7
3. Metodologia .....	12
3.1. Indicador de Ruído Adoptado .....	13
3.2. Dados de Entrada ( <i>inputs</i> ) .....	13
3.2.1. Cartografia de Base .....	13
3.2.2. Fontes de Ruído .....	15
3.2.2.1. Tráfego Rodoviário .....	16
3.2.2.2. Ruído Industrial .....	23
3.3. Medições e Equipamento de Medição de Ruído.....	27
3.4. Cálculo dos Mapas de Ruído .....	30
3.5. Aferição/Validação dos Mapas.....	32
3.6. Estimativa da Exposição da População ao Ruído.....	33
4. Apresentação e Análise de Resultados .....	34
4.1. Concelho de Alvaiázere .....	35
4.1.1. Fontes de Ruído consideradas .....	35
4.1.2. Resultados e Validação dos Mapas .....	39
5. Conclusões.....	47
6. Agradecimentos.....	50
7. Referências .....	51
Anexo I – Registo de valores de SPL nas estradas N350 e N348.....	I
Anexo II – Boletim de Verificação Metrológica do Sonómetro .....	IV
Anexo III – Mapas de Ruído .....	V

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Caracterização do Concelho de Alvaiázere. ....	2
Quadro 2 - Diplomas legais relativos à acústica e ao ruído ambiente .....	6
Quadro 3 – Normalização nacional relativa à acústica e ao ruído ambiente.....	6
Quadro 4 – Perfil médio diário da estrada 356 situada no Concelho de Alvaiázere. ....	17
Quadro 5 – Caracterização das vias de tráfego do Concelho de Alvaiázere. ....	36
Quadro 6 – Valores de $L_{Aeq}$ calculados vs $L_{Aeq}$ medidos e respectiva diferença.....	40
Quadro 7 – Valores de $L_{Aeq}$ medidos em cada ponto de monitorização. ....	43
Quadro 8 – Valores de potência sonora ( $L_w$ ) calculados pelo <i>software</i> para as diferentes instalações industriais .....	44
Quadro 9 – População de Alvaiázere exposta a diferentes classes de níveis de ruído .....	45

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Localização das freguesias de Alvaiázere.....	3
Figura 2 – Exemplo da altimetria e volumetria do edificado na zona da vila de Alvaiázere.....	14
Figura 3 – Exemplo da modelação e conformação do terreno numa via rodoviária, a partir da cartografia original.....	14
Figura 4 - Perfil médio diário da circulação de veículos ligeiros na EN 356 situada no Concelho de Alvaiázere.....	18
Figura 5 - Perfil médio diário da circulação de veículos pesados na EN 356 situada no Concelho de Alvaiázere.....	18
Figura 6 – Registo de valores do nível de pressão sonora - longa duração - EN 356.....	19
Figura 7 – Posto de contagem na EN 356.....	19
Figura 8 – Monitorização do nível de pressão sonora junto ao IC3 (R9).....	20
Figura 9 – Monitorização do nível de pressão sonora junto à Câmara Municipal (R13) – Período Diurno.....	21
Figura 10 – Monitorização do nível de pressão sonora junto à Câmara Municipal (R13) – Período Nocturno.....	21
Figura 11 – Monitorização do nível de pressão sonora na Rua Prof. José Maria Castelão (R14)....	22
Figura 12 – Monitorização do nível de pressão sonora na Entrada Norte de Alvaiázere (R15).....	22
Figura 13 –Bripealtos (Pedreira Bricol nº 2) - Indústria extractiva contendo fontes fixas e fontes móveis, junto à EN 356.....	25
Figura 14 – Exemplo de alteração da cartografia - Bripealtos.....	26
Figura 15 – Oficinas e armazéns junto à Zona escolar da Vila de Alvaiázere.....	26
Figura 16 – Sonómetro de precisão integrador.....	28
Figura 17 – Kit de exteriores utilizado para monitorização permanente.....	28
Figura 18 – Sensor de velocidade do ar tipo turbina.....	29
Figura 19 – Traçado das principais vias de tráfego rodoviário.....	37
Figura 20 – Traçado das vias de tráfego e localização dos pontos de monitorização de ruído e de contagem de tráfego rodoviário <i>in situ</i> .....	38
Figura 21 – Localização dos pontos de monitorização de ruído que permitiram aferir a potência das diversas fontes das respectivas unidades/zonas industriais consideradas.....	39
Figura 22 – Esquema representativo de uma indústria localizada neste Concelho onde se realizaram medições de Ruído Industrial (L1).....	42

Figura 23 – Esquema representativo da Bripealtos – L2. ....	43
Figura 24 – Registo de valores do nível de pressão sonora - longa duração - N 350.....	II
Figura 25 – Posto de medição na N 350.....	II
Figura 26 – Registo de valores do nível de pressão sonora - longa duração - N 348.....	III
Figura 27 – Posto de medição na N 348.....	III

## Apresentação Sumária

Na sequência do protocolo de colaboração celebrado entre a **Associação dos Municípios da Alta Estremadura (AMAe)** e a **Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria (ESTG Leiria)**, relativo à elaboração dos Mapas de Ruído à escala municipal (1:25.000) do Concelho de Alvaiázere, por forma a caracterizar a situação acústica actual do ambiente exterior neste mesmo Concelho, apresentam-se os novos Mapas de Ruído elaborados tendo em conta os actuais indicadores  $L_{den}$  e  $L_n$ .

Para além dos resultados finais comentados – Mapas de Ruído do Concelho - este relatório faz alusão à legislação, normas e regras práticas seguidas para a elaboração do trabalho, resume a metodologia adoptada e apresenta dados quantitativos da estimativa da população exposta a determinados intervalos de níveis de ruído.

O presente relatório é constituído por um corpo principal de peças escritas e anexos, com um corpo final de peças desenhadas (Mapas de Ruído).

O estudo foi elaborado pela equipa técnica do Laboratório de Acústica da ESTG Leiria, a qual se apresenta disponível para prestar quaisquer esclarecimentos que se julguem necessários.

## 1. Enquadramento e Âmbito do Estudo

O Decreto-Lei 9/2007, de 17 Janeiro, que entrou em vigor em Fevereiro de 2007, aprova o Regulamento Geral do Ruído e revoga o regime legal da poluição sonora aprovado pelo Decreto-Lei n.º 292/2000, de 14 de Novembro. O novo Regulamento Geral do Ruído estabelece o regime de prevenção e controlo da poluição sonora, visando a salvaguarda da saúde humana e o bem-estar das populações

Este novo regulamento define agora o Mapa de Ruído como um “descriptor do ruído ambiente exterior”, expresso pelos indicadores  $L_{den}$  e  $L_n$ , traçado em documento onde se representam as isófonas e as áreas por elas delimitadas às quais corresponde uma determinada classe de valores expressos em dB(A). Contempla também a definição de novos períodos de referência de modo a abranger as actividades humanas típicas, delimitados em período diurno (das 7 às 20 horas), em período do entardecer (das 20 às 23 horas) e em período nocturno (das 23 às 7 horas).

No trabalho ora relatado, elaboraram-se os **Mapas de Ruído do Concelho de Alvaiázere**, à escala municipal (1:25.000), para a situação actual.

No Quadro 1 caracteriza-se este Concelho dos pontos de vista de população residente e de área por freguesia.

Quadro 1 – Caracterização do Concelho de Alvaiázere.

Freguesias	População HM	Área total	Densidade populacional
Almoster	791	25,8 Km <sup>2</sup>	30,6 hab/Km <sup>2</sup>
Alvaiázere	1818	31,7 Km <sup>2</sup>	57,3 hab/Km <sup>2</sup>
Maças de Caminho	391	6,8 Km <sup>2</sup>	57,5 hab/Km <sup>2</sup>
Maças de Dona Maria	2177	24,6 Km <sup>2</sup>	88,5 hab/Km <sup>2</sup>
Pelmá	986	30,4 Km <sup>2</sup>	32,4 hab/Km <sup>2</sup>
Pussos	1327	23,9 Km <sup>2</sup>	55,5 hab/Km <sup>2</sup>
Rego da Murta	948	17,7 Km <sup>2</sup>	53,9 hab/Km <sup>2</sup>
Total =	8441	160,9 Km <sup>2</sup>	

\* Fonte: INE, Recenseamento Geral da População e Habitação – 2001 (Resultados Definitivos)



Na Figura 1 encontra-se a localização das diferentes freguesias do Concelho de Alvaiázere.

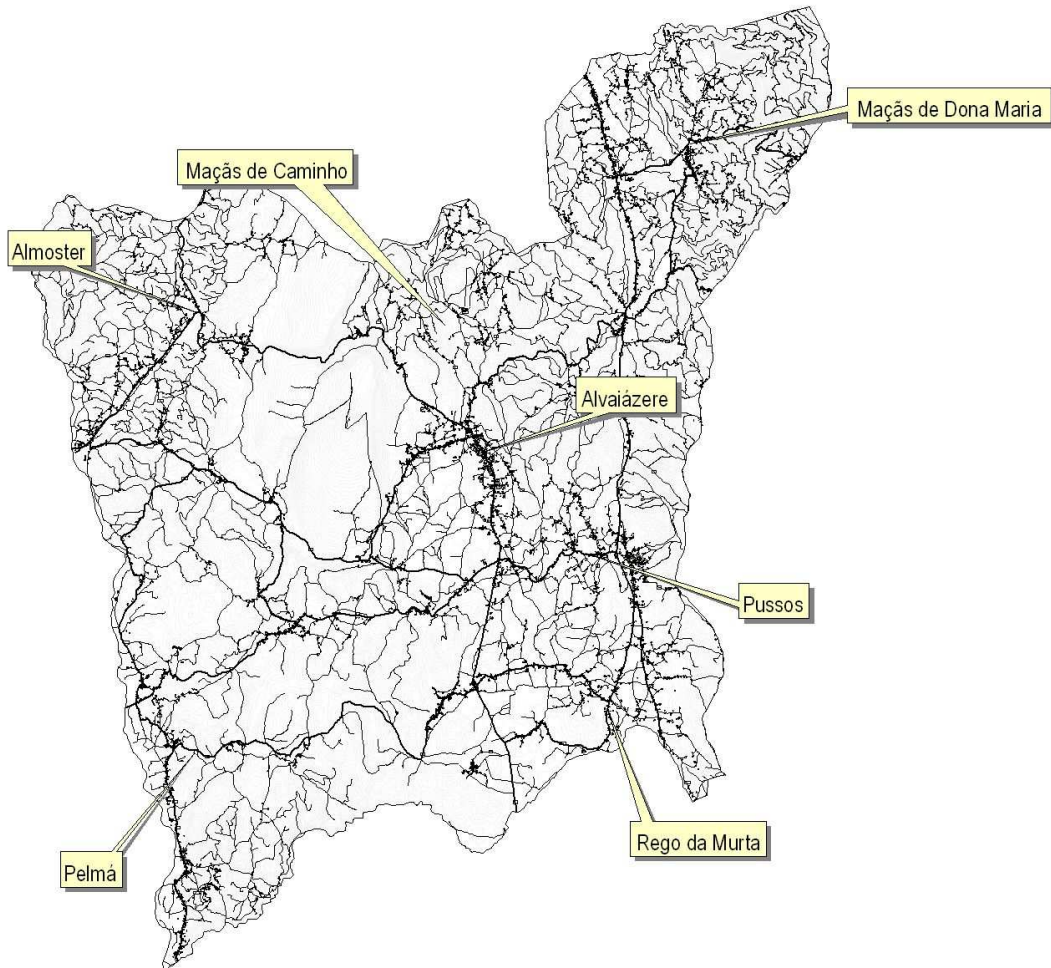


Figura 1 – Localização das freguesias de Alvaiázere.

Os Mapas de Ruído, obtidos no âmbito deste trabalho, fornecem informação acústica que permite atingir os objectivos de identificação das principais fontes de ruído - tipicamente tráfego rodoviário e instalações industriais - e ainda dos receptores expostos.

Com base na informação disponibilizada nos Mapas é possível definir estratégias para a preservação de zonas com níveis sonoros regulamentares, para a selecção de áreas prioritárias para redução de níveis de ruído não regulamentares e para a criação de novas zonas sensíveis ou mistas, com níveis sonoros compatíveis.

Sendo desejável começar os Mapas pelo Concelho no seu todo (escala PDM), deverá posteriormente abordar-se o território a escalas superiores – Planos de Urbanização (PU) e Planos de Pormenor (PP). No entanto, estas escalas, bem como as diferenças nos procedimentos previstos para a obtenção dos Mapas de Ruído para as mesmas, não se encontram previstas no âmbito deste trabalho.

Mercê da dinâmica de desenvolvimento do Concelho, o modelo gerado permitirá, *à posteriori*, prever as características do ruído ambiente baseadas em qualquer alteração/intervenção que venha a ser efectuada, com vista à avaliação das alterações na qualidade do ambiente sonoro por estas provocado. Assim, as simulações geradas (cenários) poderão ser uma óptima ferramenta de apoio à tomada de decisões do ponto de vista da gestão e valorização ambiental.

O presente relatório é constituído por um corpo principal de peças escritas e anexos, com um corpo final de peças desenhadas (Mapas de Ruído).

Conforme consta no índice, no próximo capítulo são apresentadas as disposições legais relevantes, as normas e as directrizes recomendadas para a execução deste tipo de trabalho. Ainda no mesmo capítulo, são listados os principais conceitos e as principais definições utilizadas no âmbito do trabalho.

No capítulo 3 é descrita a metodologia adoptada – apresentação genérica do modelo de previsão adoptado, das diferentes fases do processo da preparação de dados, do cálculo dos Mapas de Ruído por recurso a modelos computacionais, das campanhas de monitorização realizadas *in situ* e da aferição/validação dos Mapas.

Tendo em conta os objectivos propostos, no capítulo 4 são apresentados e discutidos os resultados obtidos, incluindo uma estimativa da população exposta a determinados intervalos de níveis de ruído.

Por fim, nos capítulos seguintes, tecem-se as principais conclusões, apresentam-se alguns agradecimentos e listam-se as referências bibliográficas.

## 2. Disposições Legais, Normativas, Directivas e Directrizes

### 2.1. Contexto legislativo e normativo

A Directiva 2002/49/CE do Parlamento Europeu relativa à Avaliação e Gestão do Ruído Ambiente, publicada em 25 de Junho, adiante designada por Directiva, releva o princípio de que no planeamento, no ordenamento do território e no urbanismo, deve prevalecer a solução que melhor assegure a tranquilidade e o repouso das pessoas nos locais destinados à habitação, trabalho e lazer. A Directiva considera ainda os Mapas de Ruído como formas privilegiadas de diagnóstico para avaliação da incomodidade das populações ao ruído.

No nosso país, com a publicação do Decreto-Lei nº 9/2007 de 17 de Janeiro, que aprovou o novo Regulamento Geral do Ruído, foi revogado o Decreto-Lei nº 292/2000, de 14 de Novembro. Este diploma estabelece o regime de prevenção e controlo da poluição sonora, visando a salvaguarda da saúde humana e o bem-estar das populações, sendo da responsabilidade das Câmaras Municipais a classificação das zonas sensíveis e zonas mistas nos PMOT que gerem, de acordo com os usos do solo predominantes.

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  $L_n$ .

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  $L_n$ .

No Quadro 2 resumem-se os principais diplomas legais relativos à acústica e ao ruído ambiente, enquanto que no Quadro 3, em complemento, apresenta-se a principal normalização nacional em vigor.

Quadro 2 - Diplomas legais relativos à acústica e ao ruído ambiente

Decreto-Lei 9/2007, de 17 Janeiro	É aprovado o novo Regulamento Geral do Ruído, revogando o Decreto-Lei n.º 292/2000, de 14 de Novembro.
Decreto-Lei 146/06, de 31 Julho	Transpõe para a ordem jurídica interna a Directiva n.º 2002/49/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de Junho, relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente.
Decreto-Lei 259/02, 23 de Novembro	Transferência de atribuições e competências para as Autarquias Locais
Decreto-Lei 129/02 de 11 de Maio	Regulamento dos requisitos acústicos de edifícios
Decreto-Lei 292/00, 14 de Novembro	Regime Legal sobre a Poluição Sonora (antigo RGR). Já revogado!
Decreto-Lei 72/92 de 28 de Abril Decreto Reg. 9/92 de 28 de Abril	Protecção dos trabalhadores contra os riscos devidos à exposição ao ruído durante o trabalho
Portaria 1069/89 de 13 de Dezembro	Regulamento de Controlo Metrológico dos Sonómetros

Quadro 3 – Normalização nacional relativa à acústica e ao ruído ambiente

NP 1730-1:1996 (1ª Edição)	Acústica. Descrição e medição do ruído ambiente. Parte 1: Grandezas fundamentais e procedimentos
NP 1730-2:1996 (1ª Edição)	Acústica. Descrição e medição do ruído ambiente. Parte 2: Recolha de dados relevantes para o uso do solo.
NP 1730-3:1996 (1ª Edição)	Acústica. Descrição e medição do ruído ambiente. Parte 3: Aplicação aos limites do ruído.
NP 1733:1981	Acústica. Higiene e segurança no trabalho. Estimativa da exposição ao ruído durante o exercício de uma actividade profissional, com vista à protecção da audição
NP 3496:1988	Medições da incomodidade sonora L(A95), L(Aeq)
NP 3225-1:1986 (1ª Edição)	Acústica. Vocabulário. Parte 1: Definições gerais
NP 3225-2:1986 (1ª Edição)	Acústica. Vocabulário. Parte 2: Propagação do som.
NP 3225-3:1986 (1ª Edição)	Acústica. Vocabulário. Parte 3: Audição
prNP 4423:2003	Acústica. Descrição e medição do ruído ambiente. Procedimentos específicos de medição

Para além destas normas nacionais foram ainda seguidas, nomeadamente para a selecção dos métodos de cálculo e para a avaliação das fontes de ruído de actividades ruidosas permanentes, um conjunto de normas internacionais (ISO) e estrangeiras (NMPB – francesa), conforme as recomendações, quer da Direcção Geral do Ambiente e do Instituto do Ambiente, quer da Directiva Europeia. Estas normas e métodos encontram-se descritos nas respectivas secções deste relatório.

Para a elaboração dos Mapas de Ruído foi seguido o documento “Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure”, publicado pela European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN) em 2003, e as “Directrizes para a Elaboração de Mapas de Ruído” disponibilizados desde Março de 2007 pelo Instituto do Ambiente.

## 2.2. Conceitos e Definições

Com a finalidade de conferir, a quem se encontre menos familiarizado com a acústica, algumas noções consideradas essenciais para uma melhor compreensão do conteúdo do presente relatório, apresentam-se seguidamente as definições das grandezas fundamentais consideradas relevantes para a caracterização do ruído ambiente, assim como outros conceitos a ele associados.

**Actividade ruidosa permanente:** a actividade desenvolvida com carácter permanente, ainda que sazonal, que produza ruído nocivo ou incomodativo para quem habite ou permaneça em locais onde se fazem sentir os efeitos dessa fonte de ruído, designadamente laboração de estabelecimentos industriais, comerciais e de serviços;

**Actividade ruidosa temporária:** a actividade que, não constituindo um acto isolado, tenha carácter não permanente e que produza ruído nocivo ou incomodativo para quem habite ou permaneça em locais onde se fazem sentir os efeitos dessa fonte de ruído tais como obras de construção civil, competições desportivas, espectáculos, festas ou outros divertimentos, feiras e mercados;

**Avaliação acústica:** Verificação de conformidade de situações específicas de ruído com limites estabelecidos;

**Intervalo de tempo de medição:** Intervalo de tempo ao longo do qual se integra e determina a média quadrática da pressão sonora ponderada (A);

**Intervalo de tempo de Emergência:** Intervalo de tempo especificado para o qual os resultados das medições são representativos. Corresponde ao tempo de ocorrências das fontes de ruído em causa;

**Intervalo de tempo de longa duração:** Intervalo de tempo especificado para o qual os resultados das medições são representativos. O intervalo de tempo de longa duração consiste em séries de intervalos de tempo de referência, e é determinado com o fim de descrever o ruído ambiente, sendo, geralmente, fixado, pelas unidades responsáveis;

**Mapa de Ruído:** o descritor do ruído ambiente exterior, expresso pelos indicadores  $L_{den}$  e  $L_n$ , traçado em documento onde se representam as isófonas e as áreas por elas delimitadas às quais corresponde uma determinada classe de valores expressos em dB(A);

**Nível sonoro contínuo equivalente ( $L_{eq}$ ) de um ruído e num intervalo de tempo [dB(A)]:** O nível sonoro contínuo equivalente  $L_{eq}$  de uma determinada distribuição de níveis sonoros, no domínio do tempo, corresponde ao valor de um nível sonoro constante, o qual, integrado no intervalo de tempo considerado T conduz à mesma mobilização de energia que a descrição dada. Este nível é calculado pela seguinte expressão:

$$L_{eq} = 10 \log_{10} \left[ \frac{1}{T} \int_0^T 10^{\frac{L(t)}{10}} dt \right]$$

sendo:

$L(t)$  – o valor instantâneo do nível sonoro em dB(A);

T – o período de tempo considerado

Para uma certa evolução temporal de ruído, o valor do nível sonoro contínuo equivalente permite quantificar adequadamente a energia sonora percebida;

**Nível ponderado A, em dB(A):** Valor do nível de pressão sonora ponderado de acordo com a curva de resposta de filtro normalizado A, expresso em decibel;

**Nível sonoro médio de longa duração,  $L_{Aeq,LT}$ :** Média, num intervalo de tempo de longa duração, dos níveis sonoros contínuos equivalentes, ponderados A, para as séries de intervalo de tempo de referência compreendidos no intervalo de tempo de longa duração.

O  $L_{Aeq,LT}$ , em decibel, para um dado intervalo de tempo de referência, é dado pela fórmula:

$$L_{Aeq,LT} = 10 \cdot \log_{10} \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0,1(L_{Aeq,T})_i} \right]$$

onde:

N – número de amostras do intervalo de tempo de referência;

$(L_{Aeq,T})_i$  – nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A, na amostra i, em decibel;

**Nível sonoro:** O valor do nível sonoro, que não é mais do que um valor de pressão sonora ponderada no domínio das bandas de frequência consideradas num processo de medição, pretende traduzir, sob a forma de valor único, a pressão sonora apercibida pelo ouvido humano, e é expresso em dB(A):

**Nível de pressão sonora (SPL):**

O nível de pressão sonora, expresso em decibéis, é dado pela seguinte expressão:

$$L_p = 10 \log_{10} \frac{p_{ef.}^2}{p_{ref.}^2}$$

O valor de referência integrante desta expressão é normalmente considerado de  $p_{ref.} = 20 \mu Pa$ ;

Nesta equação, o quadrado do valor eficaz da pressão sonora, para um determinado intervalo de tempo t, definido por  $(t_2-t_1)$ , é dado por:

$$p_{ef.}^2 = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} [p(t)]^2 dt$$

**Nível de potência sonora:** A potência sonora de uma determinada fonte ou equipamento, normalmente expresso em dB(A), é dado pela seguinte expressão:

$$L_w = 10 \log_{10} \frac{W}{W_{ref.}}$$

onde  $W$  representa o valor da potência sonora da fonte ou equipamento em causa. O valor de referência integrante desta expressão é normalmente considerado de  $W_{ref.} = 10^{-12} \text{ W}$ ;

**Intervalo de tempo de referência:** Intervalo de tempo a que se pode referir o nível sonoro contínuo equivalente ponderado A. Pode ser especificado em normas internacionais ou nacionais ou por entidades locais para abranger as actividades humanas típicas e as variações dos modos de funcionamento das fontes sonoras. O novo Regime Geral do Ruído, Decreto-Lei nº 9/2007, de 17 Janeiro, define três períodos de referência:

- i) Período diurno, das 7:00 às 20:00;
- ii) Período entardecer, das 20:00 às 22:00
- iii) Período nocturno, das 23:00 às 7:00

**Indicador de ruído:** O parâmetro físico-matemático para a descrição do ruído ambiente que tenha uma relação com um efeito prejudicial na saúde ou no bem-estar humano;

- **Indicador de ruído diurno-entardecer-nocturno  $L_{den}$  :**

$$L_{den} = 10 \log \frac{1}{24} \left[ 13 \times 10^{\frac{L_d}{10}} + 3 \times 10^{\frac{L_e+5}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right]$$

**Potência sonora ( $W$ ) [watt]:** Taxa de energia radiada pela fonte sonora por unidade de tempo;

**Pressão sonora ( $p$ ) [pascal]:** Valor da flutuação da pressão correspondente às perturbações na atmosfera envolvente, devidas a contracções e dilatações de volumes de ar elementares. A pressão total  $P$  em cada ponto e instante de tempo é, assim, a soma da pressão atmosférica  $P_0$  com a pressão sonora  $p$



$$P(t) = p(t) + P_o$$

**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 inicial:** Ruído ambiente que prevalece numa dada área, antes de qualquer modificação da situação existente;

**Ruído particular:** 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;

**Zonas Sensíveis:** 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 ;

**Zonas Mistas:** 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;

### 3. Metodologia

A metodologia seguida nas diferentes fases da elaboração dos Mapas, descrita detalhadamente nas respectivas secções deste relatório, está de acordo com a respectiva legislação, normas e directrizes referidas no capítulo anterior.

A metodologia adoptada está ainda de acordo com as tendências mais recentes no espaço europeu e tem vindo a ser recomendada, quer pelo Instituto do Ambiente, quer pelo *European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN)* (“Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure”).

A cartografia de ruído foi efectuada com base nos resultados de modelos de previsão de níveis de ruído, tendo em conta as diferentes fontes sonoras existentes e um conjunto diversificado de informação de base relativa às áreas dos Concelhos em análise. Para esse fim, recorreu-se ao programa computacional *CadnaA (Datakustik GmbH, Alemanha)* de modelação da emissão e propagação sonora.

Sendo a modelação matemática, apoiada pelos actuais meios computacionais, uma ferramenta fundamental para a previsão de níveis de pressão sonora, não é menos importante e torna-se complementar, ou mesmo necessária, a aferição/validação dos seus resultados através de medições acústicas *in situ*. Assim, foram efectuadas inúmeras campanhas de medições acústicas segundo procedimentos normalizados, quer com esse objectivo de aferição/validação do modelo, quer para a caracterização da emissão de fontes sonoras.

As fontes sonoras consideradas foram o tráfego rodoviário e as actividades industriais.

### 3.1. Indicador de Ruído Adoptado

Segundo o Regulamento Geral do Ruído, o indicador de ruído ambiente exterior a utilizar na elaboração de Mapas de Ruído é o nível sonoro médio de longa duração  $L_{Aeq}$ , expresso em dB(A), também na aceção da referida norma. Este indicador é considerado para cada um dos períodos de referência, ou seja, período diurno (07H00-20H00), período do entardecer (20H00-23H00) e período nocturno (23H00-7H00).

Os Mapas de Ruído elaborados são uma representação da distribuição geográfica deste indicador de ruído ambiente apresentado sob a forma de linhas isofónicas e manchas coloridas, representando as áreas cujo nível de ruído se situa numa dada gama de valores.

### 3.2. Dados de Entrada (*inputs*)

#### 3.2.1. Cartografia de Base

A elaboração dos Mapas de Ruído, a que se reporta a presente memória descritiva, teve como um dos dados de base a cartografia militar digital do Concelho em estudo (1:25.000), fornecida pela Associação de Municípios da Alta Estremadura. Esta contém informação de qualidade indispensável à execução do estudo, designadamente elementos geográficos (altimetria do terreno - curvas de nível cotadas, espaçadas de 10 m), o edificado, os eixos rodoviários e a implantação das zonas industriais no terreno.

Para o Concelho em estudo foi considerada uma área alargada de 1000 m para além dos seus limites em toda a sua periferia, isto é, para além da área onde se pretendem conhecer os níveis de pressão sonora. Este procedimento prende-se com a influência de algumas fontes sonoras localizadas na proximidade dos limites em Concelhos vizinhos.

Para o tratamento da cartografia base acima referida, foi necessária a caracterização física dos dados de entrada necessários ao modelo.

No caso dos edifícios e de outras barreiras à propagação sonora procedeu-se à atribuição das respectivas volumetrias (Figura 2).

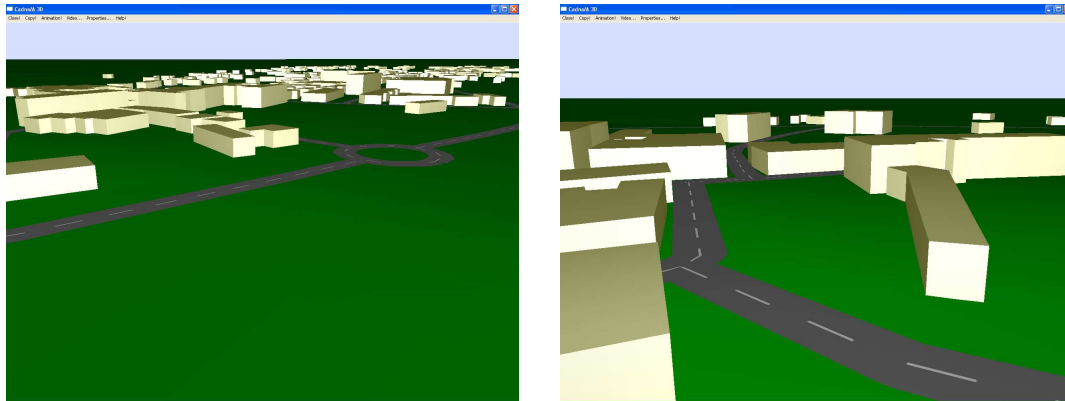
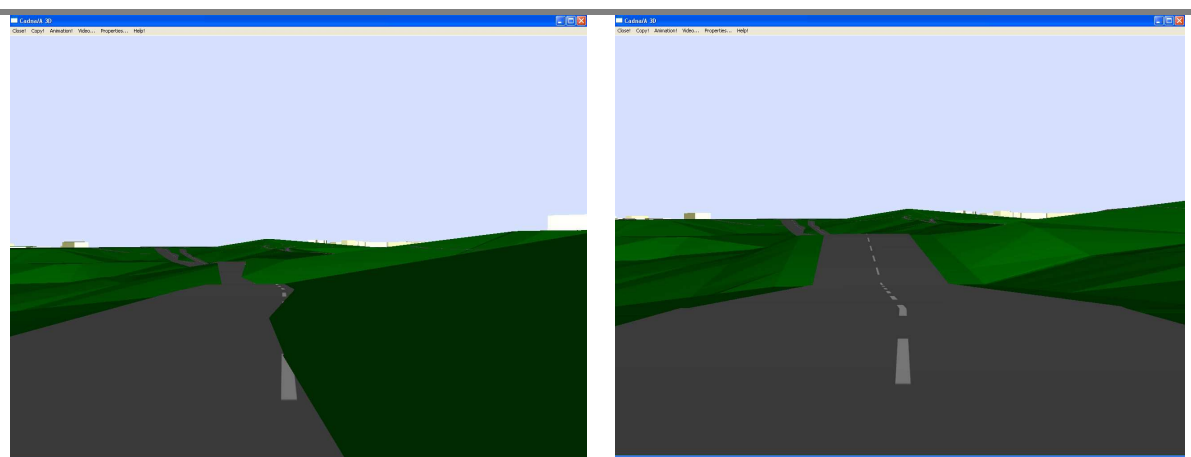


Figura 2 – Exemplo da altimetria e volumetria do edificado na zona da vila de Alviázere.

No que diz respeito às vias de tráfego rodoviário e ferroviário foi necessário proceder à adaptação/conformação ao/do terreno para que o modelo contemplasse a existência de taludes, bermas, pontes e barreiras sonoras (Figura 3).



a) Situação antes do tratamento (original)

b) Situação após conformação

Figura 3 – Exemplo da modelação e conformação do terreno numa via rodoviária, a partir da cartografia original

A caracterização física das fontes rodoviárias (perfil das vias, taludes, bermas, pontes e barreiras sonoras) foi feita através da análise cartográfica e de visitas de campo nas inúmeras campanhas efectuadas. Foram ainda filmadas as infra-estruturas para posterior visualização em gabinete no momento da sua modelação no *software*.

### 3.2.2. Fontes de Ruído

De acordo com a definição apresentada no regulamento, as fontes de ruído são as actividades ruidosas permanentes e temporárias, isto é, são todas as actividades susceptíveis de produzir ruído nocivo ou incomodativo para os que habitem, trabalhem ou permaneçam nas imediações do local onde decorrem.

Tendo em vista uma harmonização de critérios nos Mapas de Ruído elaborados a escalas compatíveis com os Planos Directores Municipais, o Instituto do Ambiente, no documento “Directrizes para Elaboração de Mapas de Ruído”, recomenda que sejam consideradas individualmente, pelo menos, as seguintes fontes sonoras:

- as rodovias cujo tráfego médio diário anual (TMDA) ultrapasse 8 000 veículos;
- as ferrovias, incluindo as linhas da rede principal e complementar, o metropolitano de superfície, com 30 000 ou mais passagens de comboios por ano;
- todos os aeroportos e aeródromos;
- As fontes fixas abrangidas pelos procedimentos de Avaliação de Impacte Ambiental e de Prevenção e Controlo Integrados de Poluição.

No âmbito deste trabalho, conforme se pode constatar no quadro resumo apresentado no capítulo 4, dedicado à apresentação dos resultados para o Concelho, consideraram-se vias de tráfego rodoviário que, embora tendo valores de TDMA inferiores aos valores acima referidos, são as principais vias de circulação rodoviária existentes do Concelho.

A significativa ausência de alguns dados de base para o Concelho em estudo, nomeadamente dados relativos ao volume de tráfego rodoviário e ruído industrial, levou à necessidade de realização de campanhas de contagem de tráfego, de recolha de dados junto de entidades como o IEP (Instituto de Estradas de Portugal) e ainda de medições de ruído *in situ*.

A cada fonte de ruído individualizada foi associada uma envolvente acústica, resultando o ruído ambiente da integração da contribuição das várias fontes de ruído no local.

### 3.2.2.1. Tráfego Rodoviário

As emissões sonoras deste tipo de fonte, dependem do valor do fluxo de tráfego, da tipologia dos veículos (ligeiros e pesados), da respectiva velocidade de circulação, do tipo de pavimento e ainda das características físicas referidas na secção 3.2.1.

No que concerne ao volume de tráfego procedeu-se, numa primeira abordagem, à consulta de dados do recenseamento de tráfego de postos de contagem do Instituto de Estradas de Portugal. Dado que só para uma via (IC3) existia essa informação, e desconhecendo-se, *a priori*, o perfil do tráfego diário das vias onde não existia recenseamento prévio, adoptou-se o seguinte procedimento:

**1º Passo:** Dividiram-se as vias em estradas nacionais (principais) e estradas secundárias;

**2º Passo:** Para cada um dos tipos anteriores foram efectuadas contagens *in situ* “Pontos Chave” do volume de tráfego para um período de 24 horas.

A título de exemplo apresenta-se no Quadro 4 o perfil médio diário da EN 356 situada no Concelho de Alvaiázere.

Quadro 4 – Perfil médio diário da estrada 356 situada no Concelho de Alvaiázere.

Períodos de Referência	Hora	N.º de Veículos		Fracção do Tráfego no Período (%)		Fracção do Tráfego no Período/Total Diário (%)		Tráfego Médio Horário no Período	
		Ligeiros	Pesados	Ligeiros	Pesados	Ligeiros	Pesados	Ligeiros	Pesados
<b>Diurno</b>	07 - 08	55	25	6,7%	8,1%	<b>84,1%</b>	<b>90,1%</b>	<b>55</b>	<b>21</b>
	08 - 09	71	21	8,6%	6,8%				
	09 - 10	67	24	8,1%	7,8%				
	10 - 11	58	16	7,0%	5,2%				
	11 - 12	70	31	8,5%	10,0%				
	12 - 13	69	18	8,4%	5,8%				
	13 - 14	39	14	4,7%	4,5%				
	14 - 15	46	21	5,6%	6,8%				
	15 - 16	47	28	5,7%	9,1%				
	16 - 17	46	16	5,6%	5,2%				
	17 - 18	72	22	8,7%	7,1%				
	18 - 19	52	19	6,3%	6,1%				
	19 - 20	50	30	6,1%	9,7%				
	20 - 21	47	15	5,7%	4,9%				
21 - 22	34	9	4,1%	2,9%					
<b>Total:</b>	<b>823</b>	<b>309</b>	100,0%	100,0%					
<b>Nocturno</b>	22 - 23	27	2	17,3%	5,9%	<b>15,9%</b>	<b>9,9%</b>	<b>17</b>	<b>4</b>
	23 - 24	20	0	12,8%	0,0%				
	00 - 01	8	0	5,1%	0,0%				
	01 - 02	2	0	1,3%	0,0%				
	02 - 03	1	0	0,6%	0,0%				
	03 - 04	2	0	1,3%	0,0%				
	04 - 05	8	1	5,1%	2,9%				
	05 - 06	37	8	23,7%	23,5%				
	06 - 07	51	23	32,7%	67,6%				
	<b>Total:</b>	<b>156</b>	<b>34</b>	100,0%	100,0%				
<b>Total Diário</b>		<b>979</b>	<b>343</b>						

Nas Figura 4 e Figura 5 apresentam-se os perfis médios diários de circulação de veículos ligeiros e pesados, respectivamente, nesta via.

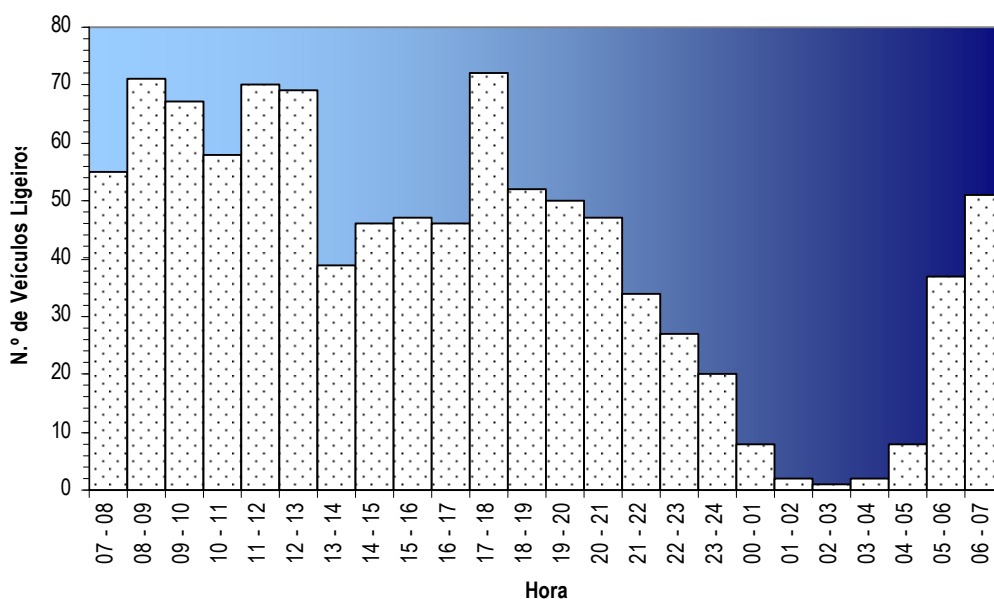


Figura 4 - Perfil médio diário da circulação de veículos ligeiros na EN 356 situada no Concelho de Alvaiázere.

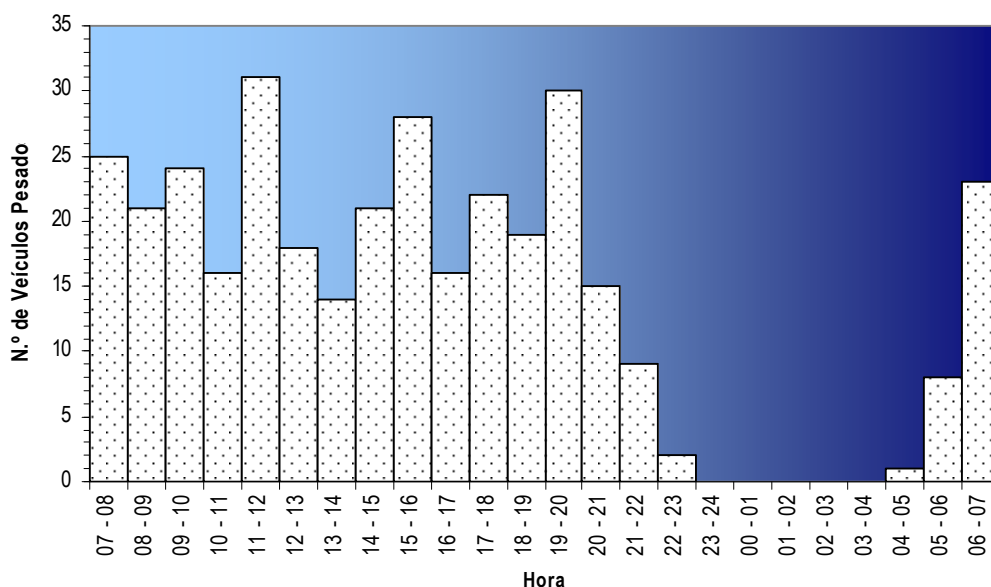


Figura 5 - Perfil médio diário da circulação de veículos pesados na EN 356 situada no Concelho de Alvaiázere.



**3º Passo:** Simultaneamente, nestes mesmos “Pontos Chave” foram efectuadas medições em contínuo do valor de SPL;

A Figura 6 ilustra o registo de valores de SPL obtidos para o caso exemplificado.

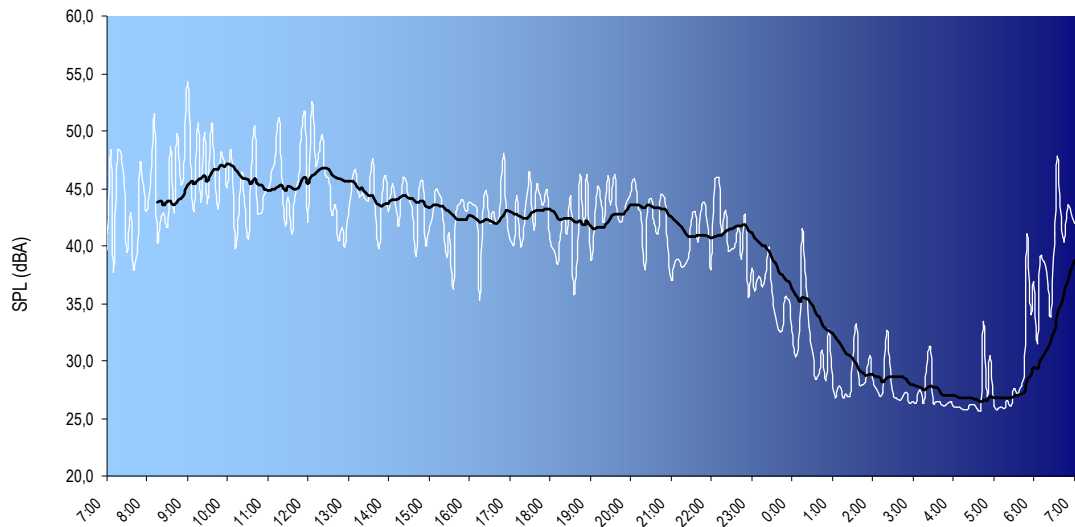


Figura 6 – Registo de valores do nível de pressão sonora - longa duração - EN 356.



Figura 7 – Posto de contagem na EN 356.

**4º Passo:** Cruzando a informação referida nos passos anteriores, foi possível estabelecer relações entre o tráfego e os correspondentes níveis de ruído e, assim, obter um perfil médio diário típico para cada tipo de via.

Desta forma, para as restantes vias do Concelho de Alvaiázere, quer com contagens de tráfego de duração mais limitada quer com medições de ruído por amostragem, realizadas nos mesmos intervalos de tempo, foi possível obter valores de TDMA para cada um dos períodos de referência diurno e noturno, por ajuste destas amostras a esses perfis típicos.

Nas Figura 8, Figura 9, Figura 10, Figura 11 e Figura 12 apresentam-se alguns locais onde foram realizadas contagens de tráfego e medições de ruído por amostragem.

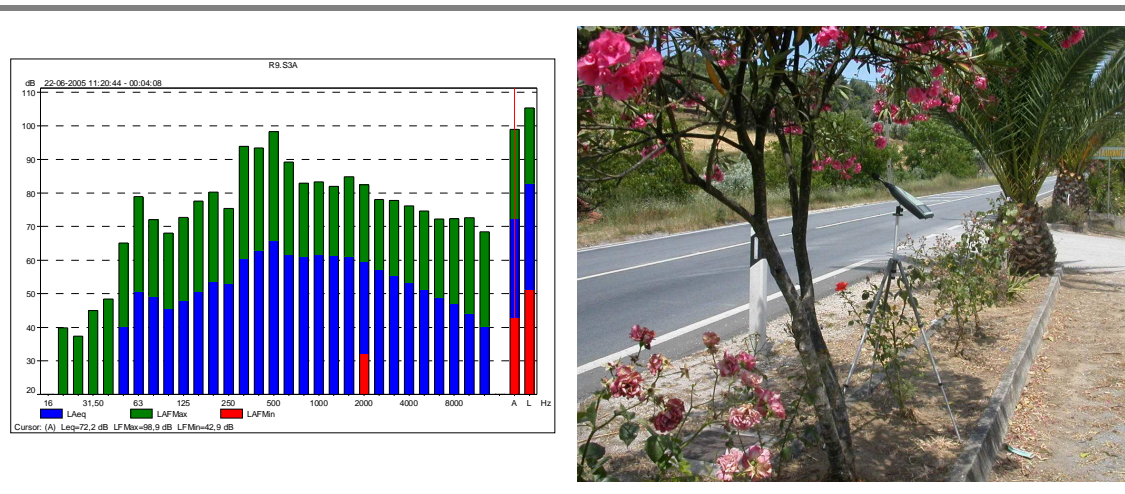


Figura 8 – Monitorização do nível de pressão sonora junto ao IC3 (R9).

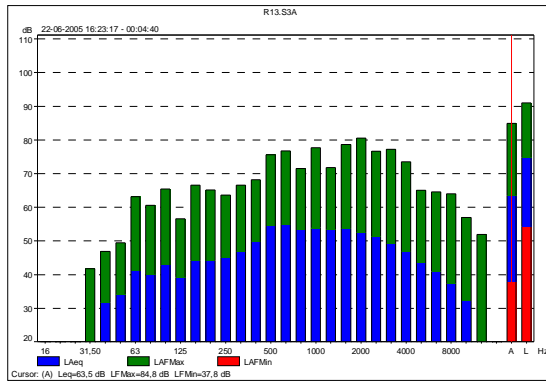


Figura 9 – Monitorização do nível de pressão sonora junto à Câmara Municipal (R13) – Período Diurno.

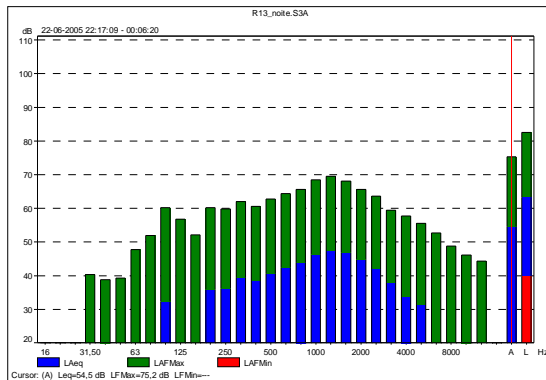


Figura 10 – Monitorização do nível de pressão sonora junto à Câmara Municipal (R13) – Período Noturno

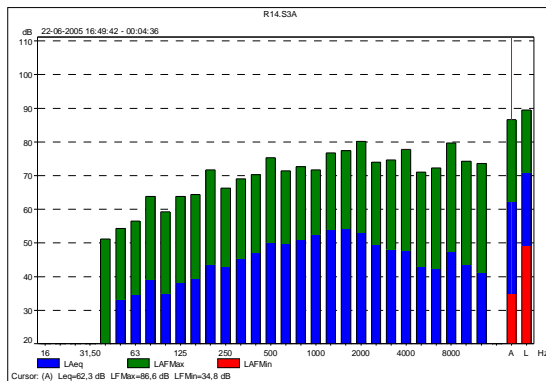


Figura 11 – Monitorização do nível de pressão sonora na Rua Prof. José Maria Castelão (R14).

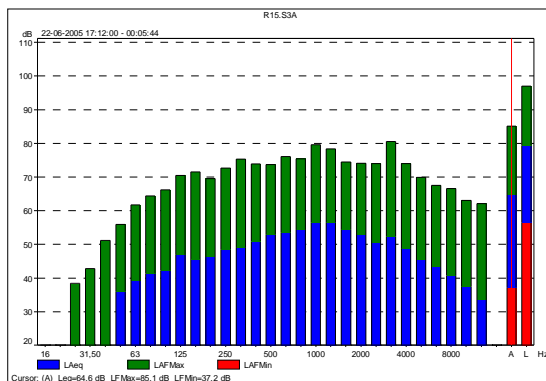


Figura 12 – Monitorização do nível de pressão sonora na Entrada Norte de Alvaiázere (R15).

No Anexo I encontram-se ilustrados registos de SPL (medições de longa duração) em outras duas estradas do Concelho.

Para a reelaboração dos Mapas de Ruído foi necessário redistribuir os fluxos de tráfego nos novos três períodos de referência, conforme as recomendações do documento “Directrizes para Elaboração de Mapas de Ruído”, do Instituto do Ambiente.

Alterações aos fluxos de tráfego rodoviário:

Período Diurno:  $TMH_{7-20h} = TMH_{7-22h}$

Período de Entardecer:  $TMH_{20-23h} = \frac{(2 \times TMH_{7-22h} + 1 \times TMH_{22-7h})}{3}$

Período Nocturno:  $TMH_{23-7h} = TMH_{22-7h}$

Conforme referido, outro dado necessário para o cálculo da influência deste tipo de fonte é a velocidade média de circulação dos veículos. Na prática este parâmetro é de difícil determinação. Assim, como primeira aproximação para o cálculo, adoptou-se o valor legalmente estipulado como limite para cada tipo de via. Após o cálculo dos níveis de pressão sonora resultantes da modelação matemática e da sua comparação com os dados reais obtidos pelas medições *in situ*, foi realizada a aferição e ajuste da fonte, nomeadamente a partir da alteração desse valor de velocidade. Foram considerados aceitáveis desvios até  $\pm 2$  dB(A).

No capítulo dedicado à apresentação dos resultados são indicados, quer os pontos onde foram realizadas as contagens de tráfego e a monitorização de ruído, quer os valores TDMA e velocidade de circulação adoptados. Nesse capítulo são ainda listados os resultados comparativos para verificação/validação do cálculo.

### 3.2.2.2. Ruído Industrial

O Concelho em estudo caracteriza-se por um reduzido número de áreas definidas em sede de planeamento territorial como Zonas Industriais consolidadas e/ou previstas.

Para os fins pretendidos, elaboração de Mapas de Ruído à escala 1:25.000, interessa essencialmente aferir os níveis de ruído particular que uma determinada fábrica e/ou área industrial origina na sua envolvente, isto é, estimar a contribuição destas emissões ruidosas para os níveis de ruído ambiente prevaletentes.

Para o modelo de cálculo é assim necessário introduzir, como dados de entrada, os níveis de potência sonora associados a cada uma destas fábricas e/ou áreas industriais consideradas.

Uma vez que estes dados não se encontram catalogados houve a necessidade de efectuar medições acústicas *in situ* para o posterior cálculo do valor das referidas potências acústicas. Para o efeito a Directiva Comunitária recomenda a adopção da Norma ISO 8297: 1994 - «Acoustics – Determination of sound power levels of multisource industrial plants for evaluation of sound pressure levels in the environment – Engineering method». O método de medição de níveis de pressão sonora para posterior cálculo da potência sonora especificado nesta norma, apresenta limitações como a área, o tipo da instalação industrial em causa e o nível de ruído residual circundante.

Para além disso, no caso do Concelho em estudo, levantaram-se outras dificuldades de aplicação desta mesma norma, nomeadamente:

- i) A indústria cuja contribuição para o ruído ambiente é significativa à escala de elaboração dos Mapas é essencialmente indústria extractiva (extracção de pedra, areia e terra). Tratam-se assim de casos em que não existem uma ou várias fontes de ruído fixas no espaço, com fachadas às quais seja possível atribuir potência sonora. Na verdade, está-se perante um conjunto de fontes temporariamente fixas (grupos de máquinas como esteiras de transporte de matéria prima, britadeiras e moinhos) com fontes móveis (escavadoras, veículos pesados de transporte e uma série de outras máquinas móveis);

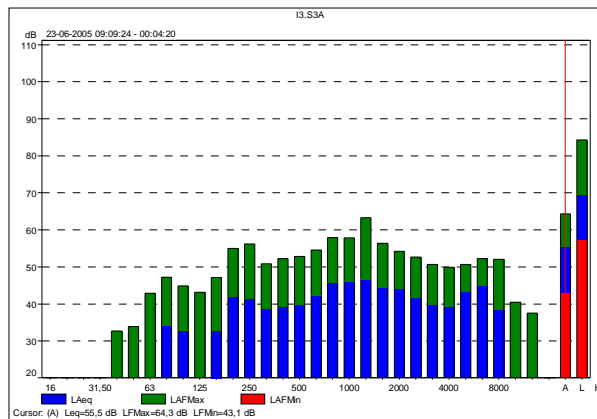


Figura 13 –Bripealtos (Pedreira Bricol nº 2) - Indústria extractiva contendo fontes fixas e fontes móveis, junto à EN 356.

- ii) A cartografia de base, à escala 1:25.000 (com curvas de nível espaçadas de 10 em 10 m), não contém uma série de barreiras à propagação do som (montes de terra, muros e taludes,...) verificadas no terreno. Refira-se ainda que o próprio tipo de indústria vai provocando, ao longo do tempo, alterações na própria cartografia do local;



Figura 14 – Exemplo de alteração da cartografia - Bripealtos.

- iii ) Noutros tipos de indústria, como é o caso de algumas oficinas e armazéns junto à Zona escolar da Vila de Alvaiázere, verificou-se que a sua localização se encontra perto de eixos rodoviários com volumes de tráfego significativos, tornando-se inviável o cumprimento do critério de ter um nível de ruído residual 6 dB (preferencialmente 10 dB) inferior ao nível de ruído particular proveniente das indústrias em causa.



Figura 15 – Oficinas e armazéns junto à Zona escolar da Vila de Alvaiázere.



Estas dificuldades, conjugadas com o factor “escala” de elaboração dos Mapas de Ruído (não se tratando de planos de pormenor), conduziram à adopção da seguinte metodologia para a determinação da potência sonora das fontes de ruído industrial relevantes:

**Passo 1:** Com base no conhecimento prévio das zonas industriais existentes/propostas, fornecido cartograficamente pelo Concelho, procedeu-se à identificação, no terreno, da tipologia das unidades industriais activas e destas, das que efectivamente produziam ruído com contribuição significativa para o ruído ambiente;

**Passo 2:** Efectuaram-se uma série de medições do nível de pressão sonora contínuo equivalente, em média durante períodos não inferiores a 10 minutos, na envolvente das unidades referidas no passo anterior;

**Passo 3:** Tirando partido de uma função do *software* de modelação utilizado – *Optimisable Sources* – o valor da potência sonora das fontes (fontes em área) consideradas significativas foi calculado automaticamente a partir da introdução dos valores de pressão sonora medidos nas respectivas envolventes. Refira-se que no caso particular da indústria extractiva – Bripealtos – toda a área de actividade da mesma foi considerada uma fonte sonora em área, à qual o programa de modelação atribui uma potência sonora por forma a que a influência desta na envolvente coincida com os valores de pressão medidos.

No capítulo de apresentação de resultados encontra-se representada numa Figura a localização dos pontos onde foram realizadas as várias campanhas de medição de ruído para caracterização do ruído das respectivas zonas industriais.

### 3.3. Medições e Equipamento de Medição de Ruído

As Campanhas de Monitorização Acústica foram baseadas em medições realizadas com um sonómetro integrador digital – *Bruel & Kjaer Investigator 2260* - com classe de precisão 1 de acordo com a CEI 804, com microfone de banda larga de alta sensibilidade, filtros de análise espectral e módulos de análise estatística (Figura 16).

Este equipamento, homologado pelo IPQ, com o nº 245.70.98.3.10, foi sujeito a uma verificação metrológica periódica, cujo certificado se apresenta no Anexo II. Para além disso, antes de cada campanha era efectuada uma verificação com o calibrador *Bruel & Kjaer 4231*.



Figura 16 – Sonómetro de precisão integrador

Associado a este analisador foi utilizado ainda um sistema de monitorização permanente *Bruel & Kjaer 3592* - com *kit* de exteriores (Figura 17), equipado com pára-vento e tripé, alimentado com uma bateria permitindo uma autonomia máxima de 96 horas consecutivas de medições. Este sistema foi utilizado para as medições em contínuo do perfil diário do nível da pressão sonora nos “Pontos Chave”.



Figura 17 – Kit de exteriores utilizado para monitorização permanente

As medições do nível de pressão sonora foram realizadas em “Pontos Chave” seleccionados conforme o tipo de fonte a caracterizar. Conforme mencionado nas secções anteriores, nuns pontos a medição foi realizada em contínuo (48 horas, em dois dias consecutivos ou não), noutros a medição foi realizada por amostragem, nos respectivos períodos de referência diurno e nocturno, tendo-se adoptado um tempo de medição acumulado de três amostras, totalizando no mínimo 30 minutos por local, por período de referência.

Houve a preocupação de realizar as campanhas de medição do ruído apenas quando as condições meteorológicas o permitiam, ou seja, na ausência de chuva e com baixa velocidade do vento, inferior a 5 m/s, seguindo as recomendações indicadas, quer no Projecto Norma prNP 4423 (2003), quer nos Procedimentos Específicos de Medição de Ruído Ambiente – Instituto do Ambiente (Abril 2003). Para a medição da velocidade do vento nos pontos de monitorização, usou-se o sensor de velocidade do ar tipo turbina “TSI Velocicalc Modelo 8322” (Figura 18).



Figura 18 – Sensor de velocidade do ar tipo turbina.

### 3.4. Cálculo dos Mapas de Ruído

Para o cálculo dos Mapas de Ruído utilizou-se o *software* de Previsão Acústica *CadnaA*, desenvolvido pela empresa *Datakustik GmbH* - Alemanha. Este *software* tinha sido já utilizado pela equipa autora deste trabalho na elaboração de outros Mapas de Ruído.

Para a modelação matemática dos fenómenos de propagação das ondas de pressão sonora e caracterização das fontes de ruído foram utilizadas bases de dados e algoritmos *standard* normalizados, conforme recomendado pela Directiva, ou seja:

– **Ruído de TRÁFEGO RODOVIÁRIO:**

O método de cálculo francês «*NMPB-Routes-96*» que consta da norma francesa «*XPS 31-133 – Acoustique. Bruit des infrastructures de transport terrestres*».

– **Ruído INDUSTRIAL e propagação sonora exterior:**

A Norma ISO 9613-2: «*Acoustics – Attenuation of sound propagation outdoors. Part 2: General method of calculation*».

#### **Malha de cálculo**

Os pontos de cálculo ( $x_i, y_i$ ) localizam-se numa malha ( $x_i, y_i, z$ ), onde  $z$  representa a altura do ponto de cálculo. O factor de atenuação depende fortemente da altura, já que o percurso de propagação é calculado num espaço tri-dimensional.

Tendo em conta o compromisso entre rigor e tempo de cálculo foi considerada uma malha de cálculo de 15 m x 15 m como sendo a solução otimizada, com um grau de reflexões de 1ª ordem, um raio máximo de busca de 2000 m e um coeficiente de absorção sonora pelo solo de 0,5.

A malha gerada possui cerca de 1.609.000 pontos de cálculo.

Adoptou-se ainda uma altura de 4 m para a malha de cálculo. Esta altura é adequada à avaliação do ruído no espaço exterior atendendo à altura média dos edifícios (receptores), à altura das medições de ruído *in situ* e ainda à altura da recepção do cidadão na rua.

O valor do índice indicador de ruído ambiente em cada ponto do domínio de cálculo (receptor) resulta da contribuição das diferentes fontes sonoras localizadas ou que exercem influência na área em estudo, do intervalo de tempo de emergência e da atenuação do nível da pressão sonora devido à propagação. A atenuação é devida a diversos fenómenos físicos, nomeadamente ao efeito da divergência geométrica, à absorção e reflexão no solo, à absorção atmosférica, ao efeito da difracção em barreiras ou outras estruturas, aos efeitos de reflexão e ainda aos efeitos meteorológicos. Para caracterização dos dados meteorológicos foi consultado o Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica (INMG), tendo sido considerados valores médios anuais da temperatura, humidade relativa, direcção e velocidade do vento típicos dos locais. O INMG tem uma cobertura apreciável disponibilizando em diversas publicações e em suporte magnético (ver referências), valores médios mensais destes parâmetros, obtidos a partir de períodos de observação de 30 anos.

A modelação de um Mapa de Ruído, a uma escala municipal, é um processo bastante moroso que requer a tipificação de todas as estruturas municipais. Para tal, contribuem aspectos como a dimensão da área em estudo, o elevado número de fontes sonoras envolvidas a caracterizar, sejam pontuais, em área ou lineares, a quantidade de pontos receptores, de edificações e outros elementos que interferem na propagação sonora.

Para o processamento do cálculo foram utilizadas duas *Workstation* com 2 processadores de 3,4 GHz cada, tendo cada máquina requerido cerca de 1 semana de cálculo efectivo.

### 3.5. Aferição/Validação dos Mapas

Dado que os valores obtidos no cálculo dos Mapas de Ruído são, entre outros, função dos dados de entrada, foi necessário recorrer à sua aferição/validação.

Nos casos do ruído de tráfego rodoviário, esta aferição/validação foi baseada na comparação dos valores do indicador  $L_{AeqT}$  obtidos pelo cálculo com os valores obtidos pelas medições *in situ* em pontos coincidentes, seleccionados nas diversas campanhas de monitorização de ruído, realizadas no Concelho. Após a primeira simulação e nos casos em que se verificou uma diferença superior a  $\pm 2$  dB(A) procedeu-se, iterativamente, à alteração do valor da fonte, essencialmente através da alteração do valor da velocidade média dos respectivos veículos, até que esta diferença se situasse dentro do intervalo referido.

No caso de ruído industrial, foram as medições *in situ* que serviram para a determinação do valor da potência das fontes emissoras, ficando assim os valores gerados pelo modelo validados à partida, conforme referido na secção 3.2.2.2.

A simulação foi aceite para a generalidade das diferenças entre os valores simulados e medidos não superiores  $\pm 2$  dB(A). No capítulo seguinte, dedicado à apresentação, análise e validação dos resultados, são apresentados os locais onde foram efectuadas estas medições de ruído e os quadros comparativos dos valores obtidos.

### 3.6. Estimativa da Exposição da População ao Ruído

Com o objectivo de efectuar uma estimativa da população exposta a diferentes classes de níveis de ruído, nos dois períodos de referência, adoptou-se o seguinte procedimento:

**Passo 1:** Uma vez que a distribuição da população pela área do Concelho não é uniforme, sendo claramente mais densa nos centros urbanos, estimou-se o número de habitantes em cada edifício tendo em conta a proporção entre o número total de habitantes do Concelho (8.441), a área total ocupada pelos edifícios do Concelho (1.560.777 m<sup>2</sup>) e, finalmente, a área de cada edifício;

**Passo 2:** Com o valor do número de habitantes em cada edifício do Concelho e os dados das fontes sonoras envolventes, o software de previsão acústica calcula o valor da população exposta a diferentes intervalos de níveis de ruído.

Os resultados desta análise são apresentados no capítulo 4. Optou-se por apresentar os resultados na gama entre 45 dB(A) e 75 dB(A), em intervalos de 5 dB.

#### 4. Apresentação e Análise de Resultados

Na parte do relatório dedicada às peças desenhadas apresenta-se, para cada um dos períodos de referência legislados, os Mapas de Ruído relativos ao Concelho de Alvaiázere, à escala 1:25.000.

Para a representação foram considerados intervalos entre 40 dB(A) e 85 dB(A). Os índices de ruído ambiente são apresentados em intervalos de 5 dB, sendo a cada intervalo atribuída uma cor distinta, de acordo com a Tabela 1 (Relação de cores e padrões para as classes de níveis sonoros) apresentada no documento “Directrizes para Elaboração de Mapas de Ruído”, do Instituto do Ambiente.

Numa abordagem imediata, os Mapas de Ruído do presente estudo constituem um elemento de descrição da exposição ao ruído da população do Concelho. No entanto, a informação neles contida permite, entre outros, identificar as fontes com maior contribuição para o ruído prevaente, a localização de áreas críticas e áreas acusticamente mais confortáveis.



## 4.1. Concelho de Alvaiázere

A partir do cálculo da contribuição de cada fonte particular, obteve-se e é apresentado o Mapa de Ruído relativo ao ruído ambiente do Concelho de Alvaiázere, para cada indicador de ruído.

São ainda apresentados os resultados relativos à estimativa da exposição da população a diferentes classes de níveis de ruído.

### 4.1.1. Fontes de Ruído consideradas

As fontes de ruído identificadas neste município foram o tráfego rodoviário e o ruído industrial.

#### Tráfego Rodoviário

No Quadro 5 listam-se as vias de tráfego rodoviárias consideradas e caracterizadas no âmbito deste Concelho, segundo a metodologia descrita na secção 3.2.2.1. Conforme se pode verificar, as vias consideradas apresentam tráfego rodoviário com TDMA inferior a 8.000 veículos (cerca de 333 veículos/hora). Mesmo não existindo vias com valores de TDMA superior a 8000 veículos foram consideradas e caracterizadas as vias cuja influência se julgou relevante para o ruído ambiente do Concelho.

Quadro 5 – Caracterização das vias de tráfego do Concelho de Alvaiázere.

Estrada	Fluxo de Tráfego				Velocidade		Largura da via
	Período de Referência Diurno		Período de Referência Nocturno		Km/h		
	Veículos /hora	% Pesados	Veículos /hora	% Pesados	Ligeiros	Pesados	m
IC3*	286	19	68	10.8	70	50	9
348 Ansião - Almoester	28	9	6	6	50	50	6.5
348_T1 Almoester - Alvaiázere	34	9	8	6	50	50	6
348_T2 Alvaiázere	127	15	32	13	50	50	6
348_T3 Alvaiázere - Tomar	77	14	21	9.5	50	50	6
350 Almoester - Freixianda	43	16	15	10	50	50	6
350 Alvaiázere – IC3	42	9	10	4	50	50	6
356_T1 Ourém - Alvaiázere	71	23	21	18	50	50	7
356_T2 Alvaiázere - Pussos	35	25	8	13	50	50	6
Rua da Câmara Municipal	77	3	16	0	50	50	6
Rua D. João I	49	0	12	0	50	50	6
Rua D. Manuel I	65	6	15	4	50	50	6
Rua Prof. José Maria Castelão	46	9	11	6	50	50	6

\*O valor tabelado no IEP foi ligeiramente corrigido a partir de medições efectuadas pela equipa de trabalho *in situ*.

Fonte: 

IEP	Contagens <i>in situ</i>
-----	--------------------------

Na Figura 19 complementa-se a informação, quer com a visualização dos traçados das vias na carta, quer com a representação dos pontos onde foram realizadas as campanhas de monitorização de ruído e as contagens de tráfego *in situ*.

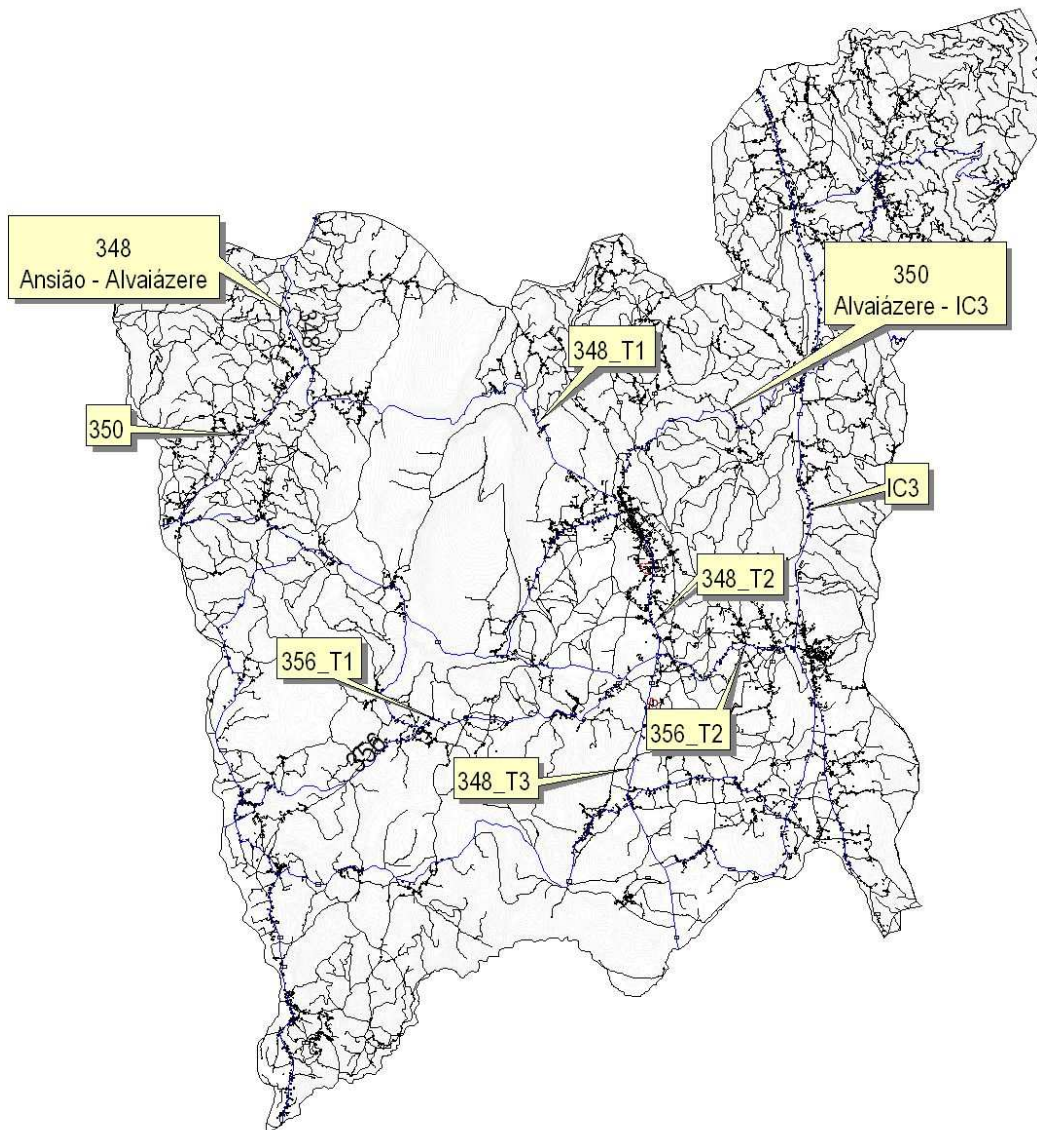


Figura 19 – Traçado das principais vias de tráfego rodoviário.

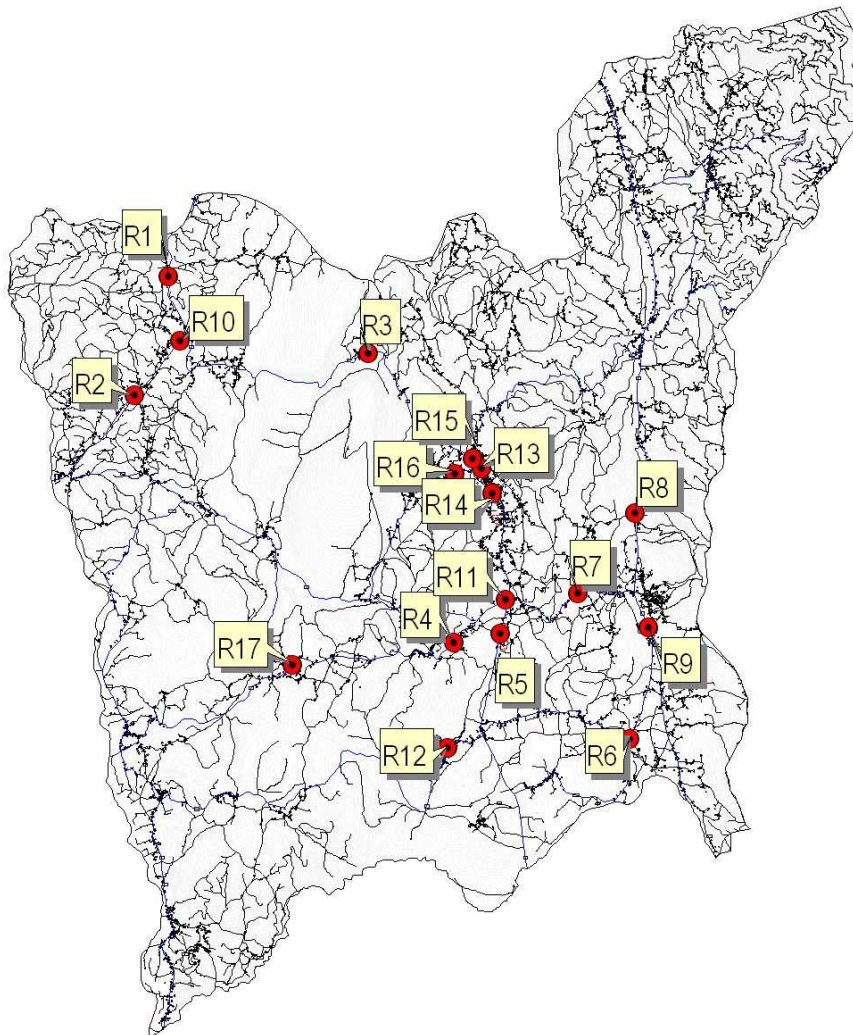


Figura 20 – Traçado das vias de tráfego e localização dos pontos de monitorização de ruído e de contagem de tráfego rodoviário *in situ*.

### Ruído Industrial

Na Figura 21 apresenta-se a localização dos diversos pontos de medição de ruído que permitiram aferir o valor da potência acústica das diversas fontes nas respectivas unidades/zonas industriais consideradas, de acordo com a metodologia descrita na secção 3.2.2.2.

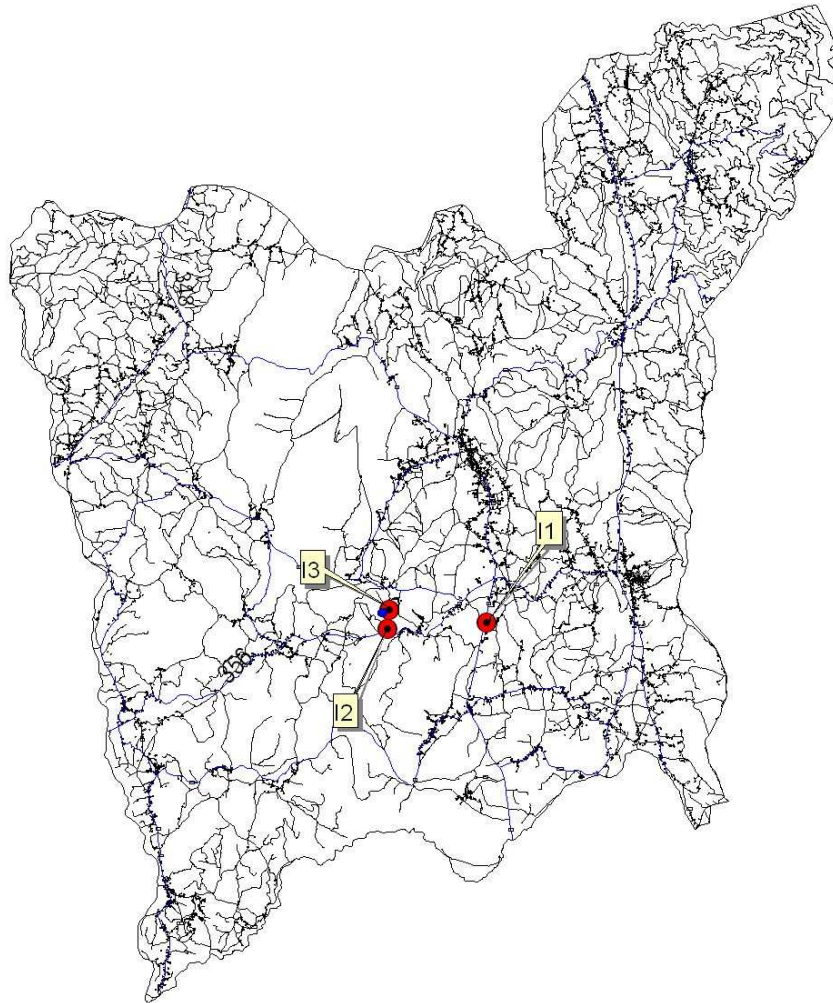


Figura 21 – Localização dos pontos de monitorização de ruído que permitiram aferir a potência das diversas fontes das respectivas unidades/zonas industriais consideradas.

#### 4.1.2. Resultados e Validação dos Mapas

##### Tráfego Rodoviário

Os valores do indicador  $L_{Aeq}$  obtidos nas campanhas de medição *in situ* e pelo cálculo, nos dois períodos de referência diurno e noturno, encontram-se listados no Quadro 6. Na

perspectiva de validação dos resultados, são ainda indicadas as diferenças obtidas entre esses valores.

Quadro 6 – Valores de  $L_{Aeq}$  calculados vs  $L_{Aeq}$  medidos e respectiva diferença.

Pontos de Monitorização	Local	$L_{Aeq}$ Medido		$L_{Aeq}$ Calculado		$L_{Aeq}$ Med – $L_{Aeq}$ Calc	
		Período de Referência Diurno	Período de Referência Nocturno*	Período de Referência Diurno	Período de Referência Nocturno	Período de Referência Diurno	Período de Referência Nocturno*
		dBA	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA
R01	348	57,6	49,8	57,2	49,6	0,4	0,2
R02	350	61,4	55,6	60,0	54,3	1,4	1,3
R03	348 Almoster	52,3	45,6	53,9	46,7	-1,6	-1,1
R04	356	63,6	59,3	63,3	57,4	0,3	1,9
R05	348	65,8	59,3	65,3	58,7	0,5	0,6
R06	IC3	72,5	65,2	70,6	63,3	1,9	1,9
R07	356 Pussos	62,3	54,2	62,2	53,4	0,1	0,8
R08	IC3	69,0	*	69,9	*	-0,9	*
R09	IC3	72,2	65,4	71,0	63,8	1,2	1,6
R10	350	62,8	*	64,3	*	-1,5	*
R11	Rotunda Sul	67,6	61,5	66,2	60,2	1,4	1,3
R12	Estrada para Loureira	48,3	*	47,5	*	0,8	*
R13	Rua CMA	63,5	54,5	62,9	54,6	0,6	-0,1
R14	Rua Prof José M. Castelão	62,3	55,4	61,6	54,6	0,7	0,8
R15	Rotunda Norte	64,6	58,1	64,7	57,8	-0,1	0,3
R16	Estrada para Palmá	51,0	*	49,7	*	1,3	*
R17	356	65,3	59,9	66,1	60,2	-0,8	-0,3

\*A não existência de valores em alguns dos pontos considerados no período nocturno, prende-se com a impossibilidade prática da realização de medições nestes locais. Esta impossibilidade está relacionada com a existência de ruídos particulares (exemplo: cães a ladrar) algumas vezes devidas à própria presença do operador.

Da análise do Quadro 6 verificam-se diferenças dentro do intervalo  $\pm 2$  dB(A), consideradas aceitáveis para a escala de trabalho. De referir que em medições de maior duração, em que o

operador não se encontrava na proximidade do sonómetro, existe a possibilidade da ocorrência de ruídos particulares para além do que efectivamente se pretendia medir.

Os Mapas de Ruído ambiente finais reflectem que o tráfego rodoviário constitui a fonte de ruído mais significativa no Concelho de Alvaiázere. As principais fontes são as vias estruturantes que servem e atravessam o Concelho e que apresentam volumes de tráfego significativo, designadamente a **IC3** e a **EN356**.

A fonte associada à **IC3** apresenta, em termos de extensão de área de influência para o indicador  $L_{den}$ , uma faixa onde os valores são superiores a 65 dB(A) que varia entre 26 m a 28 m para cada lado da via. Para o indicador  $L_n$ , a largura da faixa onde os valores são superiores a 55 dB(A) varia de cerca de 32 m a 35 m.

A **EN356** apresenta para o indicador  $L_{den}$ , uma faixa onde os valores são superiores a 65 dB(A) que varia entre 7 m a 9 m para cada lado da via. Para o indicador  $L_n$ , a largura da faixa onde os valores são superiores a 55 dB(A) varia de cerca de 13 m a 14 m.

Após a classificação das zonas em "mistras" e "sensíveis" a efectuar pela Câmara Municipal de Alvaiázere, que segundo o RLPS deverá ser efectuada de acordo com o tipo de uso do solo, a ultrapassagem daqueles limiares poderá significar desconformidade com o RLPS. A visualização do Mapa de Ruído permite identificar as povoações afectadas que se situam nos limítrofes destas vias estruturantes.

### Ruído Industrial

Conforme referido na secção 3.2.2.2, dedicada à metodologia de modelação das fontes de ruído industriais, o *software CadnaA* possui uma ferramenta que permite o cálculo automático do valor da intensidade sonora (potência por unidade de área) de instalações industriais a partir de valores do nível de pressão sonora contínua equivalente medidos em pontos na sua envolvente. Assim, apresenta-se o valor destas potências calculadas para as zonas industriais deste Concelho.

Na Figura 22 identifica-se o ponto de monitorização de ruído relativos à indústria seleccionada - designado por I1.

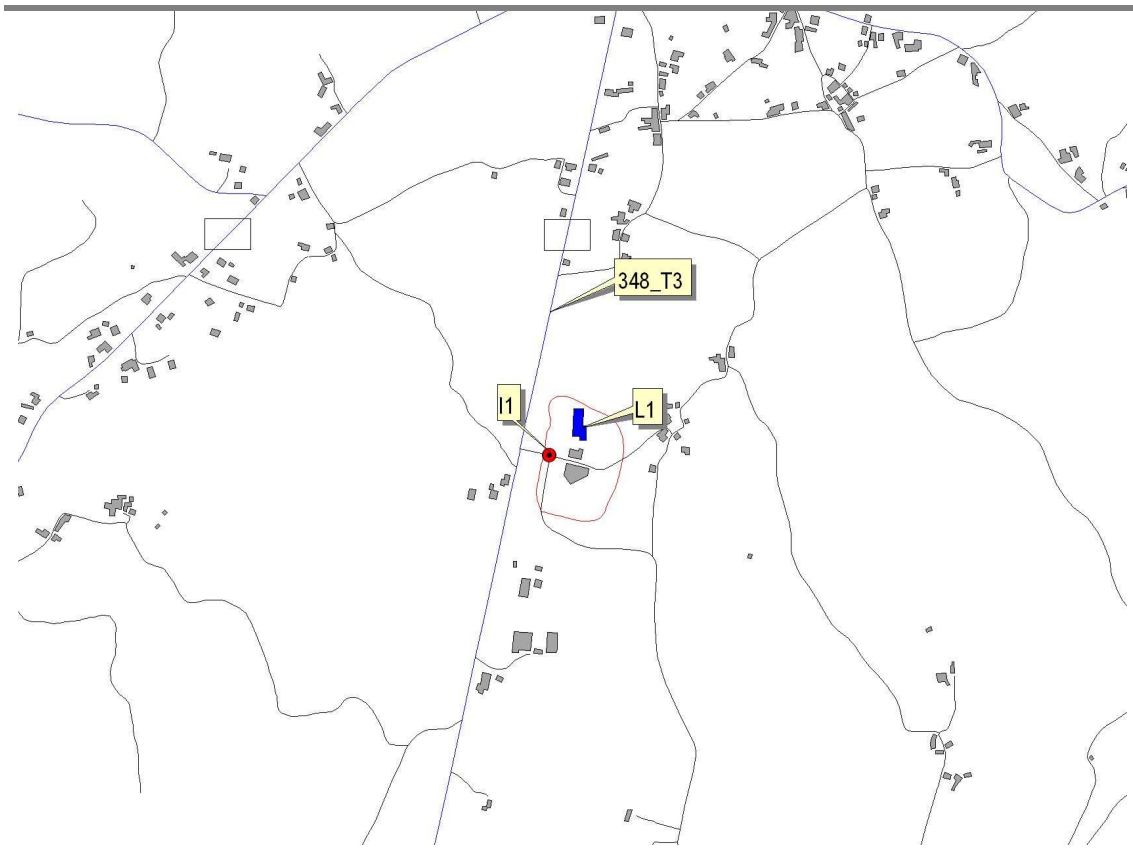


Figura 22 – Esquema representativo de uma indústria localizada neste Concelho onde se realizaram medições de Ruído Industrial (L1).

Na Figura 22 identificam-se os pontos de monitorização de ruído relativos à zona industrial seleccionada - designados por I2 e I3.



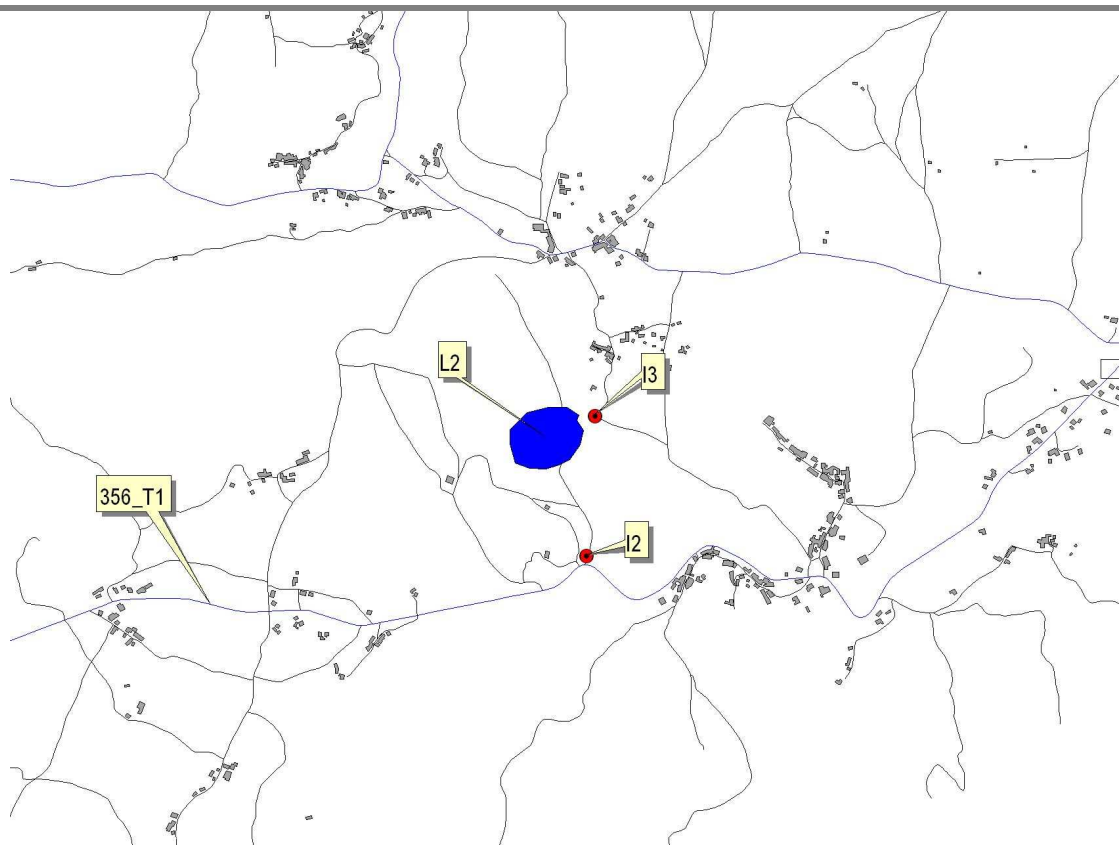


Figura 23 – Esquema representativo da Bripealtos – L2.

No Quadro 7 listam-se os valores do nível de pressão sonora contínua equivalente medidos nesses pontos e no Quadro 8 os valores de potência sonora calculados para as diferentes instalações industriais com contribuição relevante para o ruído ambiente - designados por L1 e L2.

Quadro 7 – Valores de  $L_{Aeq}$  medidos em cada ponto de monitorização.

Ponto de Monitorização	Valor de $L_{Aeq}$ Medido (dBA)
I1	50,2
I2	40,5
I3	55,5

Quadro 8 – Valores de potência sonora ( $L_w$ ) calculados pelo *software* para as diferentes instalações industriais

Fonte Sonora	$L_w$ - dB(A)
L1	90,6
L2	109,7

A título de exemplo, para o caso da pedreira Bripealtos (L2), partir dos valores de  $L_{Aeq}$  medidos (I2 e I3) e indicados no Quadro 7, o *software* calculou um valor de **66,0 dB(A)/m<sup>2</sup>** para o **nível de intensidade sonora** da área em causa, a que corresponde um **nível de potência sonora de 109,7 dB(A)** como o valor que melhor se ajusta aos valores de pressão medidos. É este valor final de potência, conjugado com o período de funcionamento desta indústria, que o *software* de previsão acústica, baseado na Norma ISO 9613-2: «*Acoustics – Attenuation of sound propagation outdoors. Part 2: General method of calculation*», utilizará para o cálculo do valor da pressão sonora em toda a envolvente desta unidade industrial.

A Bripealtos (indústria extractiva e de transformação de pedra - L2) é a fonte de ruído industrial mais significativa neste Concelho. Como esta pedreira se encontra próxima de um eixo rodoviário com tráfego reduzido (embora significativo para o Concelho em causa), a sua influência no ruído ambiente é notória e pode ser verificada no Mapa de Ruído.

Neste Concelho existem outras unidades/zonas industriais com impacto sonoro menos significativo, ou porque se localizam próximo das vias de maior volume de tráfego, nomeadamente da estrada 348 e da Rua Prof. José Castelão, ou porque se tratam de indústrias “leves”, muitas vezes confinadas em pavilhões industriais fechados (L1).

### Estimativa da população exposta às diferentes classes de níveis de ruído

De acordo com o procedimento referido na secção 3.6, efectuou-se a estimativa da exposição da população a diferentes classes de níveis de ruído.

No Quadro 9 apresentam-se os resultados obtidos para o Concelho de Alvaiázere, quer em valor absoluto, quer relativo (percentagem).

Para comparar os valores calculados com os limites estabelecidos pelo RLPS para as diferentes zonas - “sensíveis” e “mistas” – para os respectivos indicadores  $L_{den}$  e  $L_n$ , o Quadro 9 apresenta zonas com uma coloração diferente correspondentes aos respectivos valores limite. Assim, os níveis que respeitam os limites para zonas sensíveis apresenta-se sem sombreado, o sombreado cinza claro corresponde aos limites para zonas mistas e o cinza escuro marca os limites dos níveis sonoros que excedem ambos os critérios.

Quadro 9 – População de Alvaiázere exposta a diferentes classes de níveis de ruído

Classes de níveis de ruído ambiente (dB(A))	Indicador $L_{den}$		Indicador $L_n$	
	N.º Hab.	% Hab expostos aos limites	% Hab.	N.º Hab expostos aos limites
<45	5493	81	4991	59
45-50	792		969	20
50-55	560	15	690	21
55-60	612		611	
60-65	635		628	
65-70	254	4	430	21
70-75	95		122	
>75	0		0	

A estimativa da percentagem da população exposta aos diferentes níveis de ruído indica que:

– **Para o indicador  $L_{den}$ :**

- 19 % da população está exposta a níveis de ruído ambiente que excedem o limite referente a zonas sensíveis;
- 4 % da população está exposta a níveis superiores ao limite máximo para zonas mistas;

– **Para o indicador  $L_n$ :**

- 41 % da população está exposta a um nível superior ao limite para zonas sensíveis;
- 21 % da população está sujeita a níveis que excedem o limite máximo para a zonas mistas.

## 5. Conclusões

Adaptaram-se os Mapas de Ruído dos Concelho de Alvaiázere, à escala municipal (1:25.000), que descrevem os níveis de ruído ambiente dos respectivos Concelhos, para a situação actual de acordo com os Novos Indicadores  $L_{den}$  e  $L_n$ .

Para o Concelho foi estimada a exposição da população a intervalos de níveis de ruído numa gama entre 45 dB(A) e 75 dB(A), em intervalos de 5 dB.

Os Mapas de Ruído obtidos constituem um elemento importante para a incorporação da poluição sonora nas tomadas de decisões nos processos de planeamento e ordenamento do território do respectivo Concelho. Com base na informação disponibilizada nos Mapas é possível identificar as principais fontes de ruído, identificar áreas prioritárias para redução de níveis de ruído, visualizar e quantificar as áreas de influência acústica das principais fontes sonoras existentes e definir estratégias para o zoneamento acústico com níveis sonoros compatíveis.

Para a caracterização acústica das diferentes fontes de ruído - tráfego rodoviário e instalações industriais – seguiram-se critérios e metodologias que cumprem a Legislação e Normalização Nacional. Esta metodologia está ainda de acordo com as mais recentes notas técnicas do Instituto do Ambiente e da *European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN)*. Tratando-se de elaboração de Mapas à escala municipal, a selecção das fontes a cartografar teve como ponto de partida as características mínimas constantes no documento “Directrizes para Elaboração de Mapas de Ruído”, do Instituto do Ambiente. No entanto, essa selecção foi adaptada à realidade do Concelho.

Para o cálculo dos Mapas foi utilizado o programa de previsão acústica *CadnaA* que permite a modelação da emissão e propagação sonora considerando todos os aspectos relevantes destes fenómenos. Para o Concelho em estudo foi considerada uma discretização do domínio segundo uma malha de receptores distanciados de 15 m x 15 m, com uma altura de avaliação de 4 m acima do solo.

Para efeitos de validação dos resultados gerados pelo modelo efectuaram-se uma série de campanhas de monitorização de ruído *in situ*. A selecção dos locais (“Pontos Chave”) para estas campanhas teve em conta critérios essencialmente relacionados com o tipo de ruído particular (fonte) a caracterizar. Foram aceites diferenças entre os valores simulados e medidos dentro do intervalo  $\pm 2$  dB(A).

Da análise dos resultados obtidos destacam-se os seguintes aspectos mais significativos:

- Do ponto vista qualitativo e quantitativo, a fonte de ruído mais significativa é o tráfego rodoviário. As vias com uma influência mais significativa são as estruturantes que servem e atravessam o Concelho, nomeadamente: o **IC3** e a **EN356**.
- Relativamente ao ruído industrial verificou-se que as indústrias extractivas (extracção de pedra) são as que apresentam maior influência no ruído ambiente. Este facto torna a sua influência no ruído ambiente bastante significativa ao nível local, o que pode ser facilmente verificado nos Mapas de Ruído.

As restantes indústrias existentes no Concelho apresentam impacto sonoro menos significativo, ou porque se localizam próximo das vias de maior volume de tráfego, ou porque se tratam de indústrias “leves”, muitas vezes confinadas em pavilhões industriais fechados. Um exemplo disso é o conjunto de oficinas e armazéns existentes junto à estrada 348 e rua Prof. José Castelão.

- A análise efectuada à estimativa da população exposta a diferentes classes de níveis de ruído indica:
  - Cerca de 4 % da população encontra-se exposta a níveis de ruído superiores a 65 dB(A), limite estabelecido pelo RLPS para **zonas mistas** para o **indicador L<sub>den</sub>**;
  - Para o **indicador L<sub>n</sub>** a percentagem da população que se encontra exposta a níveis de ruído superiores a 55 dB(A), limite estabelecido pelo RLPS para **zonas mistas** neste período, é de 21%.
  - Cerca de 19 % da população encontra-se exposta a níveis de ruído superiores a 55 dB(A), limite estabelecido pelo RLPS para **zonas sensíveis** para o **indicador L<sub>den</sub>**;
  - Para o **indicador L<sub>n</sub>** a percentagem da população que se encontra exposta a níveis de ruído superiores a 45 dB(A), limite estabelecido pelo RLPS para **zonas sensíveis**

neste período, é de 41 %. O **indicador**  $L_n$  corresponde, segundo esta análise, ao período mais crítico.

## 6. Agradecimentos

A Equipa técnica que elaborou o presente trabalho expressa os seus sinceros agradecimentos a todas as pessoas que contribuíram para este trabalho com o seu apoio científico, técnico e humano. Em particular, agradece-se às instituições abaixo listadas a disponibilidade e colaboração prestada.

- Associação de Municípios da Alta Estremadura;
- Instituto do Ambiente;
- Câmara Municipal de Alvaiázere;
- I.E.P. – Instituto de Estradas de Portugal;
- dBLab - Grupo Absorção;
- Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica



## 7. Referências

- Computation and Measurement, Progress Report; EU WG3.
- Decreto Lei nº 292/2000 - Regime Legal sobre a Poluição Sonora, 14 de Novembro;
- Directive of the European Parliament and of the Council 2002/49/CE on the assessment and management of environmental noise, 25 de Junho;
- Directrizes para a avaliação de ruído de actividades permanentes, Instituto do Ambiente, Abril de 2003;
- Directrizes para a elaboração de planos de monitorização de ruído de infra-estruturas rodoviárias e ferroviárias, Instituto do Ambiente, Fevereiro de 2003;
- Elaboração de Mapas de Ruído – Princípios Orientadores, Direcção Geral do Ambiente/ Direcção Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano, Outubro de 2001;
- Environmental Impact Analyses Handbook. Edited by John G. Rau & David Wooten;
- 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), 2003;
- Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica. *Atlas climatológico*, Lisboa, 1974;
- Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica/Laboratório Nacional de Engenharia Civil. *Temperaturas de projecto e números de graus-dias*, Lisboa, 1989.
- Livro Verde da Comissão Europeia, Futura Política de Ruído, Comissão das Comunidades Europeias, COM(96), 1996;
- Noise Policy Working Group 4 on Noise Mapping; EU WG4,
- Norma Europeia ISO 3746:1995. Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure;
- Norma Europeia ISO 8297:1994. Acoustics – Determination of sound power levels of multisource industrial plants for evaluation of sound pressure levels in the environment – Engineering Method
- Norma Europeia ISO 9613. Acoustics. Attenuation of sound during propagation outdoors. Part 1. Calculation of the absorption of sound by the atmosphere. Part 2. General method of calculation;

- Norma Francesa XP S 31 – 133:2001. Acoustique. Bruit das infraestruturas de transport terrestres;
- Norma Portuguesa NP 1730:1996. Acústica. Descrição e medição do ruído ambiente. Parte 1: Grandezas fundamentais e procedimentos. Parte 2: Recolha de dados relevantes para o uso de solos (ISO 1996:1982 e ISO 1996:1987);
- Norma Portuguesa NP 4361 – 2:2001. Acústica. Atenuação do som na sua propagação ao ar livre. Parte 2: Método geral de cálculo. (ISO 9613 – 2:1996);
- Procedimentos Específicos de Medição de Ruído Ambiente, Instituto do Ambiente, Ministério das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente, Abril de 2003;
- Procedimentos específicos de medição de ruído ambiente, Instituto do Ambiente, Abril de 2003;
- Projecto Norma Portuguesa prNP 4433:2003. Acústica. Descrição e Medição do Ruído Ambiente. Procedimentos Específicos de Medição;
- Projecto-piloto de demonstração de Mapas de Ruído – escalas municipal e urbana, Instituto do Ambiente, Maio 2004;
- Recomendações para a selecção de métodos de cálculo a utilizar na previsão de níveis sonoros, Instituto do Ambiente, Setembro de 2001;
- Ruído de tráfego rodoviário, Martins da Silva, P., LNEC, 1975;
- Técnicas de prevenção e controlo do ruído, Instituto do Ambiente;



## Anexo I – Registo de valores de SPL nas estradas N350 e N348

A Figura 24 ilustra o registo de valores de SPL obtidos para o R2.

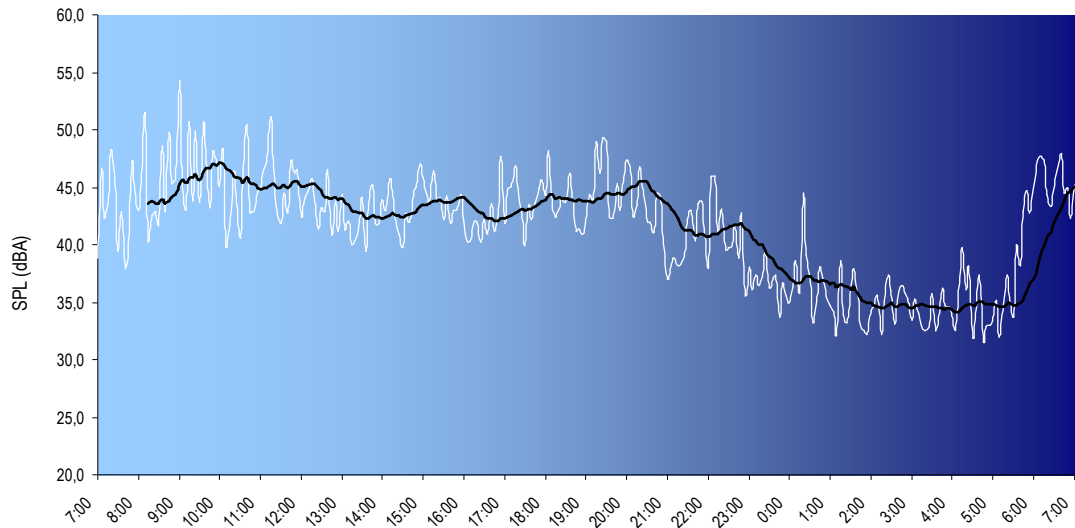


Figura 24 – Registo de valores do nível de pressão sonora - longa duração - N 350.



Figura 25 – Posto de medição na N 350.

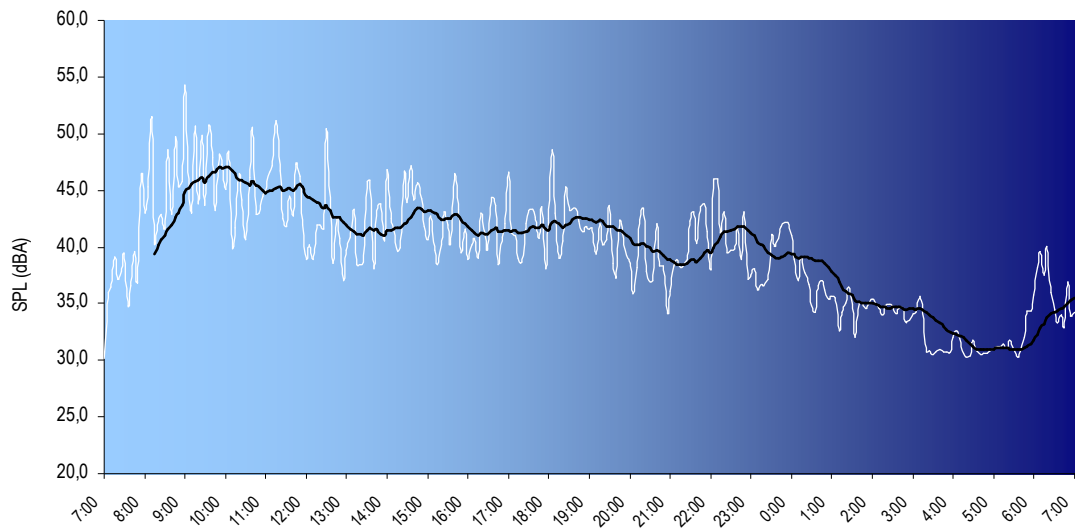


Figura 26 – Registo de valores do nível de pressão sonora - longa duração - N 348.

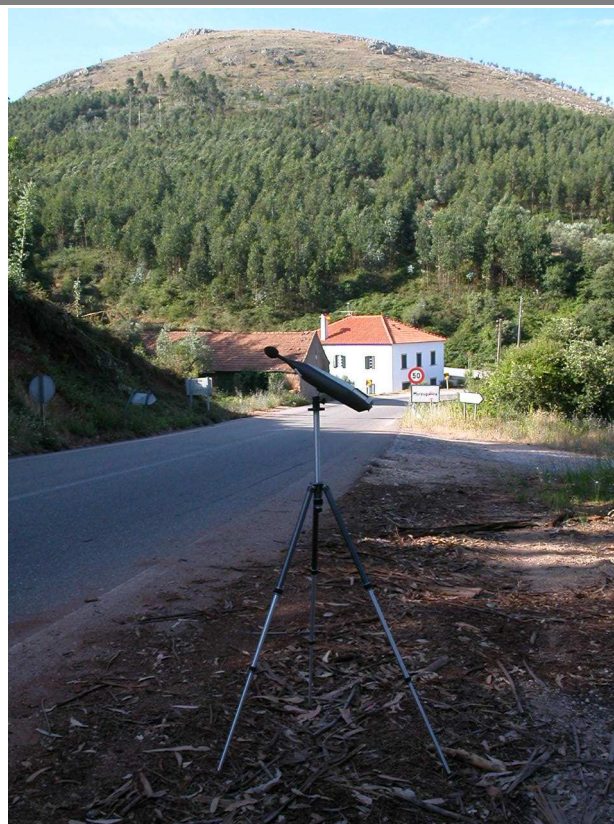


Figura 27 – Posto de medição na N 348.

## Anexo II – Boletim de Verificação Metrológica do Sonómetro

## Anexo III – Mapas de Ruído