

Laboratório de Acústica e Vibrações – LABAV



**REVISÃO DOS  
MAPAS DE RUÍDO DO CONCELHO  
DA MEALHADA**

*Resumo Não Técnico*

Relatório n.º MR.1985/12-NP


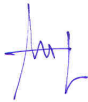
15 de Maio de 2012

## ÍNDICE

<b>1.</b>	<b>Descrição e Enquadramento do Estudo .....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>Breve Descrição da Área de Estudo.....</b>	<b>4</b>
2.1	Indicadores de Ruído Adoptados .....	5
2.2	Escala de Cartografia de Base .....	6
2.3	Períodos de Referência Considerados .....	6
2.4	Modelo Topográfico, Malha e Altura de Avaliação.....	6
2.5	Método de Elaboração dos Mapas .....	7
2.6	Fontes de Ruído – Recolha e Tratamento de Dados.....	7
2.7	Validação de Resultados .....	9
<b>3.</b>	<b>Resultados.....</b>	<b>9</b>
3.1	Mapas de Ruído .....	9
3.2	Indicadores de Exposição ao Ruído da População .....	10
<b>4.</b>	<b>Conclusões.....</b>	<b>12</b>
<b>5.</b>	<b>Referências Essenciais .....</b>	<b>14</b>

**Anexo I - Mapas de Ruído – Ano 2012**

**Anexo II - Mapas de Ruído – Ano 2022**

EXECUÇÃO TÉCNICA DO RELATÓRIO	FUNÇÃO	ASSINATURA
Nuno Pereira, Dr.	Director Técnico	
APROVAÇÃO	FUNÇÃO	ASSINATURA
Augusto Miguel Lopes, Eng.º	Director Geral	

## 1. Descrição e Enquadramento do Estudo

O Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de Janeiro (RGR), é o diploma nacional que actualmente rege a prevenção e o controlo da poluição sonora, tendo em vista a salvaguarda da saúde e o bem-estar das populações.

Pretende-se integrar o factor ruído na tomada de decisão de forma a evitar a coexistência de usos do solo conflituosos e prevenir a exposição das populações a um factor de poluição que vem sendo um dos principais factores de mal-estar da população, no que às temáticas ambientais diz respeito. O objectivo fundamental é assegurar os seguintes limites de exposição (artigo 11.º do RGR):

- a) 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  $L_n$ .
- b) 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  $L_n$ .

Prevê o RGR, no n.º 2 do artigo 6.º, que é da competência dos municípios «a classificação, a delimitação e a disciplina das zonas sensíveis e das zonas mistas». No artigo 8.º enquadram-se os requisitos dos «planos municipais de redução de ruído», que devem ser implementados quando as zonas sensíveis ou mistas se encontram expostas a ruído ambiente exterior que exceda os valores fixados no artigo 11.º.

No estudo a que se reporta este relatório resulta dos procedimentos de *Revisão dos Mapas de Ruído do Concelho da Mealhada*, às condições actuais, face ao período de tempo decorrido desde a elaboração dos mapas de ruído em vigor, datados de 2006 e adaptados aos indicadores sonoros  $L_{den}$  e  $L_n$  em 2007.

Um Mapa de Ruído é uma representação da distribuição geográfica de um indicador de ruído, reportando-se a uma situação existente ou prevista para uma determinada área. Constitui uma ferramenta ímpar para prever e visualizar espacialmente os níveis sonoros, onde, nomeadamente, se identificam e catalogam fontes ruidosas e receptores expostos.

Actualmente, estes trabalhos são preferencialmente efectuados recorrendo a programas computacionais de modelação da emissão e propagação sonora a partir de um conjunto diversificado de informações de base. Estes dados de base podem ser teóricos ou obtidos por técnica de medição.

---

Em qualquer caso, e por motivos de consistência técnica, as medições são indispensáveis para preencher lacunas de informação e por forma validar adequadamente os cenários gerados por modelação matemática.

Seguidamente, são descritos os aspectos metodológicos essenciais do estudo efectuado, os principais resultados obtidos e os dados conclusivos que se consideram relevantes incluir neste RNT<sup>1</sup>.

## 2. Breve Descrição da Área de Estudo

O objecto do presente trabalho consistiu na elaboração dos Mapeamentos de Ruído de toda a área do Concelho da Mealhada, à escala 1:10 000 (PDM).

O Concelho da Mealhada abrange uma área territorial de cerca de 111 km<sup>2</sup>, integrando 8 freguesias: Antes, Barcouço, Casal Comba, Luso, Mealhada, Pampilhosa, Vacariça e Ventosa do Bairro. À data do Censos 2011, a população residente era de 20 496 habitantes.

Relativamente à rede viária, o concelho é atravessado pela A1 com acesso pelo nó da Mealhada, pelo IC 2 que atravessa o concelho, pela EN 234 (entre Mira e Mangualde), e por várias estradas municipais que ligam as várias freguesias. Em relação à rede ferroviária, o concelho é atravessado pelas linhas ferroviárias do Norte (entre Lisboa e Porto), da Beira Alta (entre Pampilhosa e Vilar Formoso) e Ramal da Figueira da Foz (entre a Figueira da Foz e Pampilhosa), que se cruzam na estação da Pampilhosa.

Actualmente o Ramal da Figueira da Foz (entre a Figueira da Foz e Pampilhosa) encontra-se desactivado.

No que se refere às actividades económicas, o concelho tem uma estruturação assente nos sectores secundário (39% da população activa) e terciário (50%), situação relacionada com uma actividade turística termal (Luso), e de restauração. Apenas 11% da população activa está ligada ao sector primário (9,73%, relacionada com a prática de viticultura).

---

<sup>1</sup> Um Resumo Não Técnico é um documento simplificado que deve resumir e traduzir, em linguagem o menos técnica possível, o conteúdo do Relatório Técnico, que deverá descrever com rigor e detalhe todo o trabalho efectuado. O objectivo do RNT deve ser o de tornar a informação essencial do trabalho acessível a todos os cidadãos interessados.

O presente RNT sumariza a informação incluída no Relatório Final n.º MR.1984/12-CM, de 15/05/2012, elaborado pela equipa técnica da ECO 14.

---

## 2.1 Indicadores de Ruído Adoptados

A elaboração de um Mapa de Ruído carece da definição prévia do parâmetro para o qual se referencia a “quantidade” do som.

O Som é definido como qualquer a variação da pressão atmosférica susceptível de ser percebida pelo ouvido humano. O Ruído é tipicamente considerado como todo o som indesejável ou incomodativo.

O ruído ambiente é normalmente expresso em termos de nível de pressão sonora. O «nível» permite expressar uma determinada quantidade relativamente a um valor de referência - no caso do ruído, este valor de referência é o limiar da audição que, para um indivíduo médio e com a função auditiva preservada, se situa nos 20  $\mu$ Pa (0,00002 Pa).

A aplicação directa de uma escala linear de pressão sonora (em Pa) resulta numa escala muito larga e de difícil manuseamento. Por outro lado, sabe-se que o ouvido humano responde de forma não linear a diferentes magnitudes de níveis sonoros, aproximando-se mais de uma resposta logarítmica.

Por estes motivos, é mais prático e vantajoso expressar os parâmetros acústicos em termos de uma taxa logarítmica relativamente a um valor de referência. Esta taxa logarítmica é traduzida pelo decibel - dB.

Quando se pretende expressar a exposição humana ao ruído, o ruído é ainda ponderado em termos de resposta qualitativa do nosso aparelho auditivo que não responde de forma igual a diferentes frequências. Utiliza-se então a curva de resposta normalizada “A” (a que mais se aproxima, no domínio da frequência, da resposta humana ao ruído), sendo então os níveis de ruído expressos em dB(A).

De acordo com as prerrogativas nacionais e comunitárias aplicáveis, no presente estudo tomou-se como parâmetro acústico o nível sonoro médio de longa duração, ponderado A,  $L_{Aeq,LT}$ , na acepção do estabelecido na norma NP ISSO 1996:2011. Trata-se de um indicador médio sonoro num determinado intervalo de tempo considerado e consiste numa média, num intervalo de tempo de longa duração, dos níveis sonoros contínuos equivalentes para as séries de intervalos de tempo de referência compreendidos nesse intervalo de tempo.

Assim, em conformidade com o RGR, foram determinados os indicadores de ruído diurno (**Ld**), do entardecer (**Le**) e nocturno (**Ln**), definidos como sendo os níveis sonoros médios de longa duração, determinados durante séries dos respectivos períodos de referência (diurno, do entardecer ou nocturno) representativos de um ano.

---

A partir dos indicadores anteriores obtêm-se o indicador de ruído diurno-entardecer-nocturno (**Lden**), correspondendo a um indicador de ruído associado ao incómodo global. Este indicador corresponde ao ruído ambiente de 24 horas, que penaliza os níveis de ruído ocorrentes nos períodos entardecer e nocturno, uma vez que, em geral, estão associados a maior incómodo.

Os mapas de ruído foram elaborados para os indicadores de ruído **Lden** e **Ln** reportados a uma altura 4 m acima do solo.

## 2.2 Escala de Cartografia de Base

Sendo um Mapa de Ruído um documento onde se descrevem os níveis de ruído que se verificam numa determinada área, é obviamente necessário definir a peça onde se pretende “fazer” essa descrição.

Neste estudo foi utilizada, como base de trabalho, a cartografia concelhia à escala de Plano Director Municipal (1:10 000).

## 2.3 Períodos de Referência Considerados

Conforme estabelecido no RGR, consideraram-se os períodos de referência diurno (7h-20h), do entardecer (20h-23h) e nocturno (23-7h).

## 2.4 Modelo Topográfico, Malha e Altura de Avaliação

O cálculo computacional dos níveis sonoros de uma área em estudo carece da definição de um conjunto de parâmetros de base ao cálculo que influenciam aspectos como o detalhe e rigor da abordagem e o tempo de cálculo para a obtenção dos Mapas de Ruído.

Assim, para efeitos de cálculo a área do concelho da Mealhada foi dividida numa malha de 20\*20 metros, resultando em cerca de 285 000 pontos de cálculo. A altura de avaliação utilizada foi a recomendada pela norma europeia: 4 metros acima do nível do solo. O modelo altimétrico considerado baseou-se curvas de adensamento topográfico de equidistância de 5 metros. Foram levados em consideração os fenómenos de reflexão (reflexões de 1.<sup>a</sup> ordem). Em termos de fenómenos de absorção sonora pelo solo, considerou-se que o mesmo era mediamente absorvente (coeficiente de absorção sonora,  $\alpha_{med}=0,5$ ).

---

## 2.5 Método de Elaboração dos Mapas

No presente estudo, utilizou-se uma metodologia baseada na técnica de modelação. Por motivos de consistência técnica, efectuou-se um conjunto de medições de validação indispensáveis à obtenção de Mapas Acústicos representativos e reprodutíveis.

Para a elaboração dos Mapas de Ruído do presente estudo, utilizou-se o *software* computacional para simulação da emissão e propagação sonora “IMMI”, versão 6.3.1 de 2008 (*Wölfel Meßsysteme GmbH*, Alemanha). Trata-se de um programa computacional de eficácia comprovada e parametrizado de acordo com métodos de cálculo devidamente validados e recomendados pela Directiva 2002/49/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de Junho de 2002, relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente.

Para que o IMMI possa gerar um determinado campo sonoro pretendido foi necessário fornecer um conjunto de informação de base que caracterize adequadamente a emissão, propagação e recepção do som, nomeadamente:

- A altimetria da área em estudo;
- Dados meteorológicos;
- Volumetria e forma de edifícios e outras barreiras sonoras;
- Localização e catalogação de receptores;
- Caracterização da potência sonora das fontes.

## 2.6 Fontes de Ruído - Recolha e Tratamento de Dados

Na aceção do previsto no RGR, fontes de ruído resultam de actividades ruidosas de carácter permanente, os seja, são todas as actividades susceptíveis de produzir ruído nocivo ou incomodativo, para os que habitem, trabalhem ou permaneçam nas imediações do local onde decorrem. Estão excluídas do âmbito dos Mapas de Ruído actividades ruidosas ditas temporárias (obras de construção civil, competições desportivas, espectáculos, festas ou outros divertimentos, feiras e mercados).

Concretamente para o caso estudado, e segundo os critérios adiante detalhados, consideraram-se basicamente 3 tipologias de fontes sonoras: tráfego rodoviário, tráfego ferroviário e o ruído industrial.

O quadro seguinte apresenta as vias de tráfego rodoviário caracterizadas no âmbito do presente estudo.

**Quadro 1:** Vias rodoviárias consideradas no estudo.

Tipo de Via	Designação da Via
Itinerários Principais	A1/IP1 e IP3.
Rede Complementar	IC2/EN1.
Estradas Nacionais	EN 234, EN 235 e EN 336.
Estradas e Caminhos Municipais	EM 336-1, EM 611, EM 613, EM 614, EM 615, EM 615-1, EM 616, EM 617, EM 618, EM 619, EM 620, EM 620-1, EM 620-2, EM 620-3, EM 622, CM1127 e CM1345.
Arruamentos de interesse	Nó de ligação da EN 234 à A1/IP1 (R01), Ligação da EN 234 ao IC2/EN1 (R02), Ligação da EN234 à EM 615-1 (R03), Ligação da EM 614 ao IC2/EN1 (Ventosa do Bairro) (R04), Principais avenidas e ruas do centro urbano da Mealhada (R05, R06, R07, R08, R09, R10, R11, R12, R13, R14, R15 e R16), Ligação da EN 235 à EN234 (Luso) (R17 e R18), Ligação da EM 615 ao IC2/EN1 (R19), Nó de ligação do IC2/EN1 à Zona Industrial de Viadores (R20, R21 e R22), Arruamento na Zona Industrial de Viadores (R23), Arruamentos na Pampilhosa (R24 e R25), Ligação da EM 616 ao IC2/EN1 (R26), Ligação EM 616 à EM 617 (R27) e Ligação EM 336 ao IC2/EN1 (R28 e R29).
Vias Futuras/Projectadas	IC12 (VF1), IC2 (VF2) e IC3 (VF3).

O Concelho da Mealhada é servido por dois ramais / linhas ferroviárias: a Linha do Norte e a Linha da Beira Alta. Atendendo aos tipos de composições e aos respectivos regimes actuais de circulação, consideraram-se as emissões ruidosas produzidas pela circulação de comboios de passageiros de 5 tipologias: comboios regionais, inter-regionais, intercidades, Sud Expresso e alfa pendulares.

Relativamente ao ruído industrial, importa destacar que o concelho de Mealhada caracteriza-se por uma implantação industrial que engloba diversos sectores produtivos e algumas empresas de média dimensão, nomeadamente no sector das bebidas, na metalomecânica e na cerâmica.

No panorama global concelhio, destaca-se pela sua ocupação territorial e pelo tipo e dimensão das indústrias instaladas, a Zona Industrial de Viadores. Acrescem alguns pólos industriais de mais reduzida dimensão, situados em Barcouços, Pedrulha e Barrô, e pequenas unidades dispersas.



O trabalho de caracterização de fontes sonoras para a obtenção dos dados de entrada indispensáveis à modelação englobou um trabalho misto de levantamento de dados *in situ* (fluxos de tráfego, tipologias de vias, etc.) e de medições *in situ* de verificação / validação.

## 2.7 Validação de Resultados

A validação do processo de cálculo foi efectuada por comparação dos resultados obtidos na modelação com os obtidos nas campanhas de medições acústicas especificamente levadas a cabo para o efeito. Assim, seleccionaram-se dois locais de monitorização, nos quais se procederam a medições de longa duração, em dois dias distintos, em conformidade com os métodos normalizados aplicáveis. Como critério de aceitação/validação dos resultados obtidos por modelação, foi fixado em 2 dB(A) a diferença aceitável. No quadro seguinte apresentam-se os resultados obtidos que validam as simulações efectuadas nos mapas.

Quadro 2: Comparação entre os resultados obtidos por cálculo e por medição.

Via rodoviária	$L_{den}$ [dB(A)]			$L_n$ [dB(A)]		
	Simulação	Medição	Desvio	Simulação	Medição	Desvio
IC2/EN1	68	69	-1	60	62	-2

## 3. Resultados


### 3.1 Mapas de Ruído

No Anexo I apresentam-se os Mapas de Ruído finais obtidos no âmbito do presente estudo para a situação actual (Ano 2012).

No Anexo II apresentam-se os Mapas de Ruído finais que incluem já uma previsão do ruído gerado por vias rodoviárias futuras (“novo “IC2,IC3 e IC12), além da evolução natural do volume de tráfego (assumindo-se um horizonte temporal a 10 anos - ano 2022).

Os mapas de ruído apresentam uma escala de cores de acordo com os níveis de ruído simulados no programa de modelação acústica, correspondendo as cores mais escuras a níveis mais altos de ruído e as mais claras a níveis inferiores, tal como se verifica no quadro seguinte.

Quadro 3: Escala de cores representativas dos diferentes níveis sonoros

Classes do Indicador dB(A)	Cor	Classes do Indicador dB(A)	Cor	
$L_{den} \leq 55$	ocre	$L_n \leq 45$	verde escuro	
$55 < L_{den} \leq 60$	laranja	$45 < L_n \leq 50$	amarelo	
$60 < L_{den} \leq 65$	vermelhão	$50 < L_n \leq 55$	ocre	
$65 < L_{den} \leq 70$	carmim	$55 < L_n \leq 60$	laranja	
$L_{den} > 70$	magenta	$L_n > 60$	vermelhão	
				<b>Mais ruidoso</b>

### 3.2 Indicadores de Exposição ao Ruído da População

Para além de possibilitar uma visão qualitativa da distribuição geográfica dos níveis sonoros da área em análise, um Mapa de Ruído do tipo do desenvolvido deve fornecer indicadores quantitativos da população exposta ao ruído.

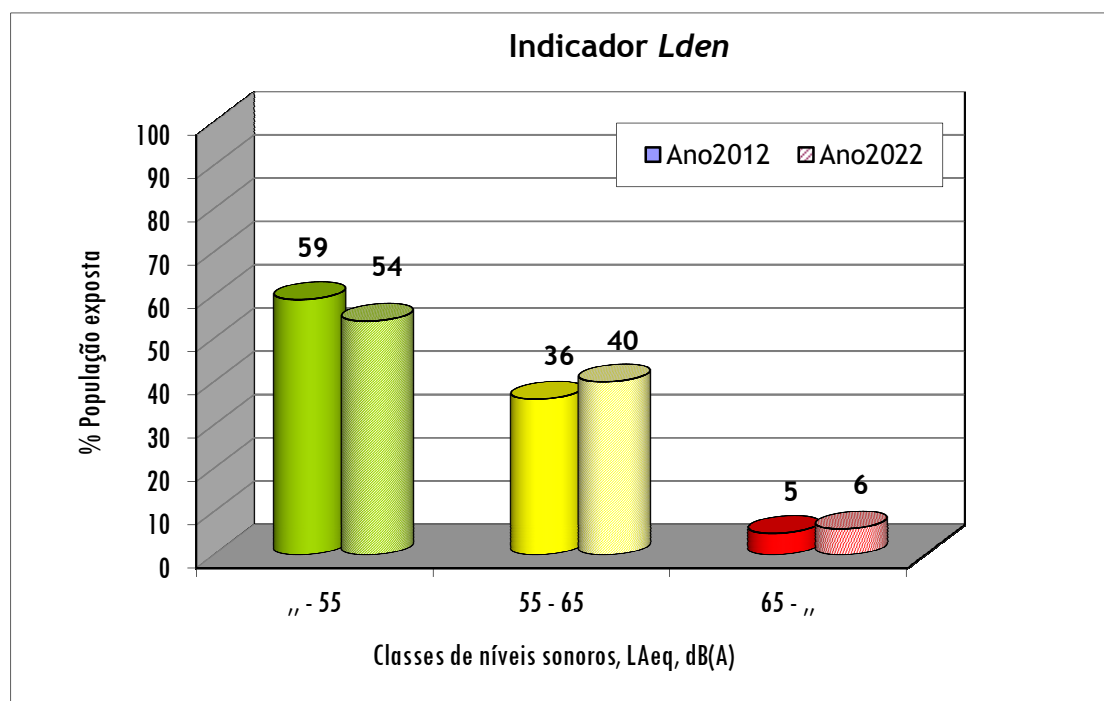
Assim, foram calculados os níveis sonoros incidentes nas fachadas nos receptores sensíveis (edifício habitacional) do concelho. A cada edifício foi associado o nível sonoro mais elevado, referente à fachada mais exposta do mesmo.

A partir de dados sobre densidades populacionais do concelho e das suas freguesias, distribuiu-se a população residente pelos receptores sensíveis proporcionalmente ao volume de cada edifício. Da associação dos níveis sonoros da fachada mais exposta e da população residente em cada edifício estimaram-se as percentagens de exposição da população às diferentes classes de níveis de ruído. Estas estimativas, para ambos os indicadores de ruído ( $L_{den}$  e  $L_n$ ), apresentam-se no quadro 4 e gráficos das figuras 1 e 2.

**Quadro 4:** Estimativas (em %) de população exposta a diferentes intervalos de níveis sonoros, para os indicadores de ruído *Lden* e *Ln*, nos dois cenários estudados.

Classes de níveis sonoros do Indicador LAeq, dB(A)	<i>Lden</i>					<i>Ln</i>						
	Ano 2012		Ano 2022		Variação (2022-2012)	Ano 2012		Ano 2022		Variação (2022-2012)		
<45	21	7	-14	53	53	48	48	-5	-5			
45-50	19	59	26	54	7	-5	23	39	25	44	2	5
50-55	19	21	2	16	19	44	3					
55-60	21	36	23	40	2	4	6	8	6	8	0	0
60-65	15	17	2	2	4	2	8	1	8	-1	0	
65-70	4	5	1	0	1	0	1	1	0	1	0	
>70	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	

**Observações:**  
A coloração confronta os valores obtidos com os limites estabelecidos no RGR para zonas sensíveis (sombreado verde) e zonas mistas (sombreado amarelo). A área de sombreado vermelho marca níveis sonoros que excedem ambos os critérios.



**Figura 1:** Representação gráfica das estimativas dos níveis de exposição da população do concelho da Mealhada ao ruído em termos de *Lden* (indicador de ruído diurno-entardecer-nocturno).

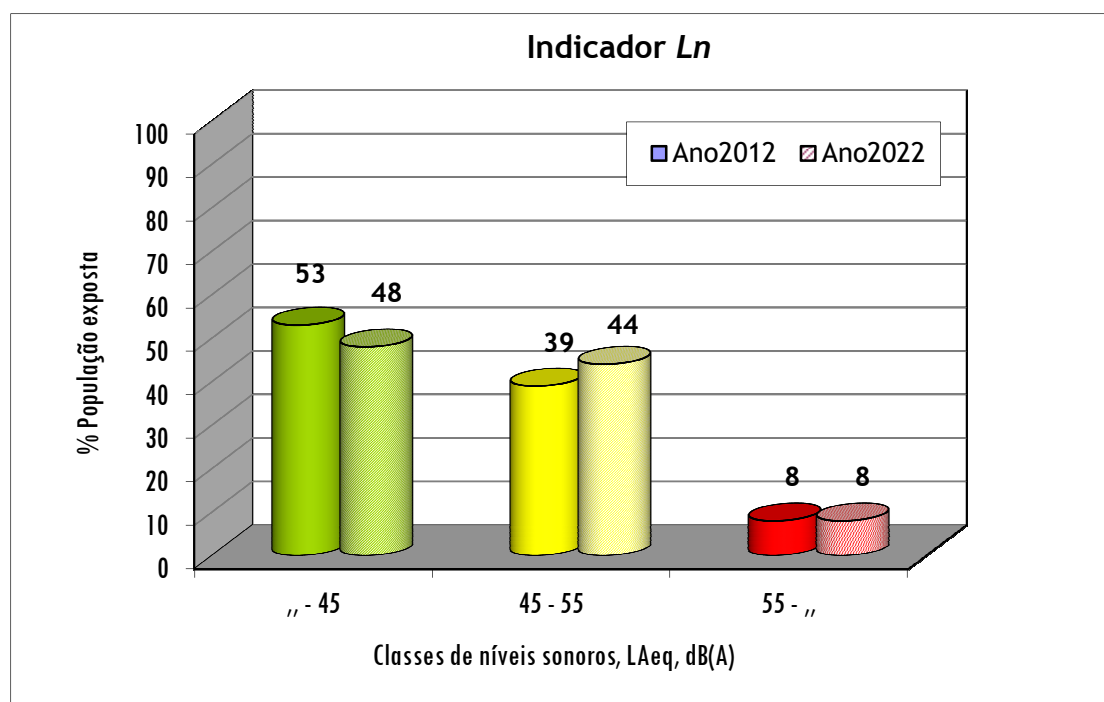


Figura 2: Representação gráfica das estimativas dos níveis de exposição da população do concelho de Mealhada ao ruído em termos de Ln (indicador de ruído nocturno).

#### 4. Conclusões

Em termos dos aspectos mais significativos associados aos resultados obtidos, destacam-se:

- I. A principal fonte de ruído do Concelho da Mealhada, quer qualitativa quer quantitativamente, é o tráfego rodoviário;
- II. As vias rodoviárias mais ruidosas são as vias estruturantes da rede nacional que servem e atravessam o concelho, nomeadamente a A1/IP1, IC2/EN1 e a EN234.
- III. Verificam-se alguns cenários de alguma conflitualidade do ponto de vista acústico, derivados da existência de elevadas densidades de edificado para fins habitacionais praticamente “colado” a vias de considerável volume de tráfego, nomeadamente junto a IC2/EN1;
- IV. Relativamente ao ruído industrial, verificou-se que o impacto ruidoso é mais localizado e maioritariamente confinado ao próprio espaço das zonas industriais. Subsistem, apesar de tudo, algumas unidades industriais em meio urbano (próximas de alvos sensíveis), sendo estes os casos de maior acuidade;
- V. O tráfego ferroviário tem um impacto ruidoso relevante sobre as áreas adjacentes ao traçado.

---

VI. Estimativas efectuadas no âmbito do presente estudo apontam para que, na situação actual (2012):

- **Cerca de 59% e 54% da população está exposta a níveis de ruído ambiente compatíveis com zonas sensíveis**, para os indicadores  $L_{den}$  ( $< 55$  dB(A) ) e  $L_n$  ( $< 45$  dB(A)), respectivamente;
- **Cerca de 95% e 92% da população está exposta a níveis de ruído ambiente compatíveis com zonas mistas** para os indicadores  $L_{den}$  ( $< 65$  dB(A) ) e  $L_n$  ( $< 55$  dB(A)), respectivamente;
- **E somente 5% e 8% da população estão em locais com níveis sonoros incompatíveis com zonas mistas**, para os indicadores  $L_{den}$  e  $L_n$ , respectivamente;

VII. Estimativas efectuadas no âmbito do presente estudo apontam para que, na situação futura (2022):

- **Cerca de 54% e 48% da população está exposta a níveis de ruído ambiente compatíveis com zonas sensíveis**, para os indicadores  $L_{den}$  ( $< 55$  dB(A) ) e  $L_n$  ( $< 45$  dB(A)), respectivamente;
- **Cerca de 94% e 92% da população está exposta a níveis de ruído ambiente compatíveis com zonas mistas** para os indicadores  $L_{den}$  ( $< 65$  dB(A) ) e  $L_n$  ( $< 55$  dB(A)), respectivamente;
- **E somente 6% e 8% da população estão em locais com níveis sonoros incompatíveis com zonas mistas**, para os indicadores  $L_{den}$  e  $L_n$ , respectivamente;

VIII. As áreas a classificar (zonas sensíveis ou mistas) com níveis de ruído ambiente que excedem os critérios legais devem ser objecto de planos de redução de ruído.

## 5. Referências Essenciais

- [1] - Agência Portuguesa do Ambiente - «Directrizes para elaboração de mapas de ruído»; Dezembro 2011.
- [2] - Agência Portuguesa do Ambiente - Nota técnica: «Recomendações para a selecção de métodos de cálculo a utilizar na previsão de níveis sonoros».
- [3] - Agência Portuguesa do Ambiente - «Projecto-piloto de demonstração de mapas de ruído - escalas municipal e urbana», Maio 2004.
- [4] - Alarcão, D.; Bento Coelho, J. L. - «Modelação de ruído de tráfego ferroviário», Acústica 2008, Coimbra, Portugal.
- [5] - Martins da Silva, P. - «Ruído de tráfego rodoviário», LNEC, 1975.
- [6] - IMMI 6.3. for Windows Help Topics.
- [7] - «Noise mapping with IMMI» - Reference Manual, Vols. 1 e 2 - Wölfel MeBsysteme, 2004.

## Anexo I - Mapas de Ruído - Ano 2012

- Mapa de Ruído - Indicador *Lden* - Ano 2011
- Mapa de Ruído - Indicador *Ln* - Ano 2011

## Anexo II - Mapas de Ruído - Ano 2022

- Mapa de Ruído - Indicador *Lden* - Ano 2021
- Mapa de Ruído - Indicador *Ln* - Ano 2021