

# **PLANOS DE AÇÃO**

## **DA**

# **REDE FERROVIÁRIA NACIONAL**

**PLANO DE AÇÃO DA LINHA DE SINTRA**

**RESUMO NÃO-TÉCNICO**

**Março 2020**

# **PLANOS DE AÇÃO DA REDE FERROVIÁRIA NACIONAL**

## **PLANO DE AÇÃO DA LINHA DE SINTRA RESUMO NÃO-TÉCNICO**

**Março 2020**

## CONTEÚDO

<b>ÂMBITO</b> .....	<b>3</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>4</b>
<b>O SOM E O RUÍDO</b> .....	<b>4</b>
<b>A LINHA DE SINTRA</b> .....	<b>9</b>
<b>PLANO DE AÇÃO DA LINHA DE SINTRA</b> .....	<b>10</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>24</b>

### Âmbito

O Plano de Ação de Redução do Ruído Ferroviário (doravante denominado Plano de Ação - PA) referente à Linha de Sintra é elaborado pela entidade responsável, nomeadamente as INFRAESTRUTURAS DE PORTUGAL, SA, (IP), com o objetivo de dar cumprimento ao enquadramento legal que se impõe a esta entidade, no âmbito dos requisitos do Decreto-Lei n.º 146/2006 (DL146/2006) de 31 de Julho que transpõe a Diretiva n.º 2002/49/CE do Parlamento Europeu e do Conselho relativa a gestão e avaliação de ruído ambiente, mais especificamente a elaboração de estudos no âmbito dos Mapas Estratégicos de Ruído (MER) e a elaboração do correspondente PA para as áreas territoriais expostas ao ruído gerado pelo tráfego ferroviário da Linha de Sintra.

O Plano de Ações da Linha de Sintra, que vigora para o período 2020-2025, foi desenvolvido na sequência da elaboração dos Mapas Estratégicos de Ruído (MER) daquela Linha.

## Objetivos

O PA da Linha de Sintra tem por objetivo estabelecer um programa de atuação com vista   redução, controlo e gestão do ruído de origem ferroviária eliminando, tanto quando possível, conflitos com valores limite estipulados na legisla o vigente aplicável e ser conducente a uma melhoria geral do ambiente sonoro na área envolvente da infraestrutura ferroviária.

Este PA envolve (i) a análise de zonas, onde se verificam níveis sonoros excessivos em conflito com os valores limite estipulados na legisla o aplicada sobre ruído ambiente, bem como a aprecia o e a hierarquiza o de interven es, (ii) a considera o de distintas tipologias de medidas de minimiza o de ruído, o estudo da sua viabilidade e correspondente eficácia e (iii) o faseamento das diversas a es preconizadas.

Os objetivos do presente Plano são alcançados através de estratégias otimizadas para gestão, controlo e redu o da exposi o ao ruído das popula es eventualmente afetadas pela explora o da Linha de Sintra. O PA segue uma metodologia de interven o faseada, com base nas tipologias de medidas de controlo de ruído e na análise de benefícios e de viabilidade técnica, operacional e econ mica. O faseamento   ditado tanto pelos benefícios a colher, como pela viabilidade prática da sua implementa o.

## O Som e o Ruído

O som   a manifesta o audível de vibra es mecânicas de um meio material elástico. As vibra es percebidas pelo ouvido humano como um sinal sonoro são caracterizadas por um determinado número de parâmetros físicos, sendo os principais a intensidade do som e a sua frequência.

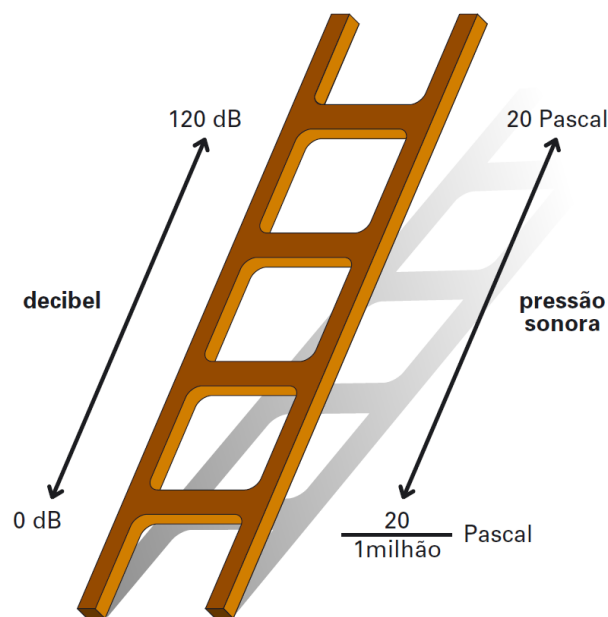
O intervalo de intensidades sonoras relativamente ao qual o ouvido humano   sensível   muito grande – o som menos intenso capaz de ser detetado pelo ouvido humano   um milhão de vezes inferior ao som mais intenso que o ouvido humano consegue detetar, sem sofrer danos físicos.

A varia o da pressão sonora na gama audível situa-se entre os 20  $\mu$ Pa e os 20 Pa, onde Pa, Pascal,   a unidade de pressão. O valor 20  $\mu$ Pa corresponde ao som de menor intensidade que um indivíduo médio em plena posse das suas faculdades auditivas consegue ouvir e por isso   considerado como o

“limiar da audição”. Uma pressão sonora de 20 Pa é tão elevada que causa dor e por isso é considerado o “limiar da dor”.



Face a este enorme intervalo de valores de amplitude sonora, a intensidade de som é normalmente representada na escala logarítmica “Decibel”, na qual é atribuído ao “limiar de audição” o valor zero (0 dB). A um som 10 vezes mais intenso do que este limiar corresponderá um valor de 10 dB, 20 dB para um som 100 vezes mais intenso, 30 dB para um som 1000 vez mais intenso, e assim sucessivamente, devido às características da função logaritmo.



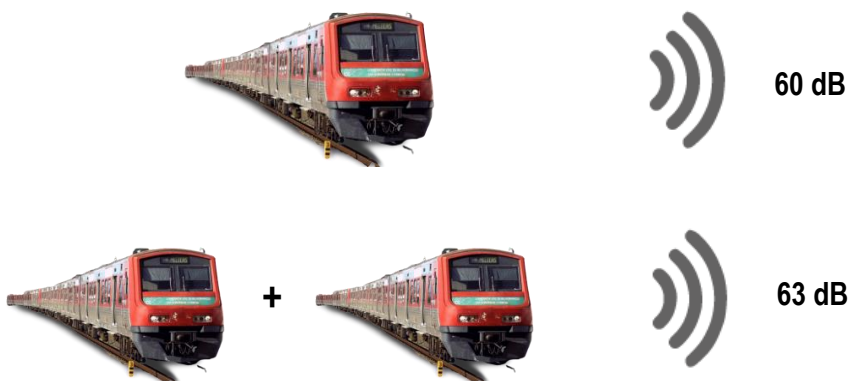
O nível de pressão sonora,  $L_p$ , em dB, é então calculado através de:

$$Lp = 10 \times \log_{10} \left( \frac{p}{p_0} \right)^2 = 20 \times \log_{10} \frac{p}{p_0}$$

em que,  
 $Lp$  é o nível de pressão sonora expresso em dB  
 $p$  é a pressão sonora expressa em Pa  
 $p_0$  é a pressão sonora de referência ( $p_0 = 20 \times 10^{-6}$  Pa) e que corresponde ao limiar mínimo da audição humana

Em dB é possível trabalhar com uma escala de valores muito mais acessível, compreendida entre os 0 dB (limiar da audição) e os 120 dB (limiar da dor).

Ao trabalhar com níveis sonoros (em dB) haverá que notar que, tratando-se de unidades logarítmicas, não poderão estas ser adicionadas linearmente. Enquanto as energias sonoras realmente se somam, o cálculo de logaritmos conduz à conclusão de que se uma fonte emissora produz um determinado nível sonoro, duas exatamente iguais produzirão esse valor acrescentado de 3 dB. Por exemplo, se um comboio produz num determinado ponto um nível sonoro de 60 dB, dois comboios idênticos a passar exatamente no mesmo local produziram um nível sonoro de 63 dB.



Note-se que a sensação humana de intensidade sonora se relaciona com a energia sonora. Subjetivamente, um aumento para o dobro da energia (3 dB) é marginalmente perceptível; um aumento da energia em 5 dB é claramente perceptível; e um aumento de 10 dB é percebido como o duplicar da nossa sensação de intensidade sonora.

O intervalo de frequências a que um ouvido saudável é sensível, denominado por espectro de audio-frequências, situa-se aproximadamente entre os 20 Hz e os 16.000 Hz, representando o Hz (Hertz), ou ciclos por segundo, a unidade de frequência. Este intervalo varia entre indivíduos e é afetado principalmente com a idade do indivíduo, daí resultante a perda de sensibilidade auditiva nas altas frequências.

O ouvido humano é mais sensível às frequências médias, justamente onde se expressa a voz humana. Para reproduzir essa sensibilidade e traduzir a falta de linearidade de funcionamento do ouvido, normalmente utiliza-se o decibel corrigido com um filtro de ponderação de frequências, de modo a penalizar as componentes graves e agudas do som, relativamente às frequências médias. Surge, então, o nível de pressão sonora expresso em dB(A), ou dBA.

A nível ambiental, dada a grande variabilidade temporal, os níveis sonoros são normalmente expressos pelo índice  $L_{Aeq}$ , nível sonoro contínuo equivalente, correspondente à sensação com que efetivamente o ser humano percebe o fenómeno sonoro. O índice  $L_{Aeq}$  é definido como um valor médio para um determinado período de referência. A legislação portuguesa define três períodos de referência: o diurno, entre as 7h00 e as 20h00, o entardecer, entre as 20h00 e as 23h00, e o noturno, entre as 23h00 e as 7h00, sendo obtidos, respetivamente os valores de  $L_d$ ,  $L_e$  e  $L_n$ . A regulamentação nacional segue ainda as recomendações europeias no sentido de definir como indicadores de ruído ambiente os indicadores  $L_n$  e  $L_{den}$  em que este é uma média ponderada de  $L_d$ ,  $L_e$  e  $L_n$  com penalizações para os períodos de entardecer e noturno.

O ruído pode ser caracterizado como um som desagradável e indesejável, constituindo-se como uma forma de poluição: a poluição sonora. Note-se, no entanto, que a discriminação entre ruído e sons tidos como agradáveis e/ou suportáveis é uma ação puramente subjetiva de classificação de um certo indivíduo, tornando assim a determinação objetiva de incomodidade uma tarefa difícil.



Existe, contudo, um certo consenso em relação a um determinado grupo de estímulos sonoros considerados como ruído. Neste grupo encontram-se os sons derivados principalmente da atividade de dispositivos mecânicos. Exemplos típicos de emissores de ruído são todos os tipos de tráfego (principalmente rodoviário, ferroviário e aéreo) e maquinaria utilizada em construções e em atividades de carácter industrial.

Por outro lado, existem sons que podem até não ser considerados como ruído por certos indivíduos, devido à sua própria sensibilidade auditiva ou estética, mas que apresentam determinadas características físicas, e que através da sua exposição prolongada podem provocar danos fisiológicos temporários e/ou permanentes no ouvido humano. Trata-se aqui de tipologias de sons ligadas a atividades oficiais ou laborais de forma geral.

O ruído pode genericamente afetar o ser humano de forma direta ou indireta, através da criação de “stress” e cansaço ou através de perturbações no ritmo biológico, gerando distúrbios no sono e na saúde, em geral, bem como através da redução da capacidade de concentração, daí advindo um decréscimo na produtividade individual e coletiva. Refira-se ainda que efeitos da exposição ao ruído podem também estar ligados a problemas de relacionamento de forma social.



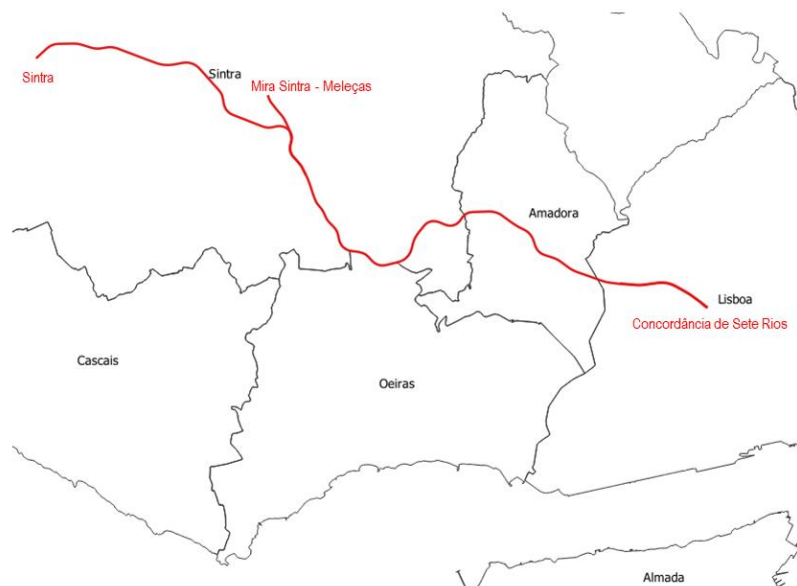
Embora a relação causa-efeito entre ruído e saúde / incómodo possa ser muito variável conforme o indivíduo, têm sido encontrados dados objetivos que têm informado os conteúdos das disposições legais sobre ambiente sonoro em todo o mundo, com particular ênfase na União Europeia e seus Estados Membros.

## A Linha de Sintra

Esta Linha é um eixo ferroviário com cariz suburbano e periurbano, que estabelece a ligação entre o centro da cidade de Lisboa (Estação do Rossio) e a Vila de Sintra (Estação de Sintra). É uma via de bitola larga (1688 mm), quádrupla entre Campolide e Agualva-Cacém, com cerca de 27 km de extensão, estando a Linha de Sintra inserida maioritariamente numa densa malha urbana/suburbana.



No presente PA, o troço da Linha de Sintra é contabilizado desde a Concordância de Sete Rios e inclui parte da Linha do Oeste entre Agualva-Cacém e Mira Sintra-Meleças.



Esta infraestrutura apresenta um volume de tráfego ferroviário superior a 30 000 passagens de comboios por ano, sendo como tal considerada uma Grande Infraestrutura de Transporte Ferroviário (GIF) à luz do estipulado no artigo 3º do Regulamento Geral do Ruído (RGR), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 9/2007 de 17 de Janeiro, retificado pela Declaração de Rectificação n.º 18/2007 de 16 de Março e alterado pelo Decreto-Lei n.º 278/2007, de 1 de Agosto.

Este, no ponto 9 do seu Artigo 19.º estabelece ainda que “As grandes infra-estruturas de transporte ... ferroviário ... elaboram mapas estratégicos de ruído e planos de ação, nos termos do disposto no Decreto-Lei n.º 146/2006, de 31 de julho”.

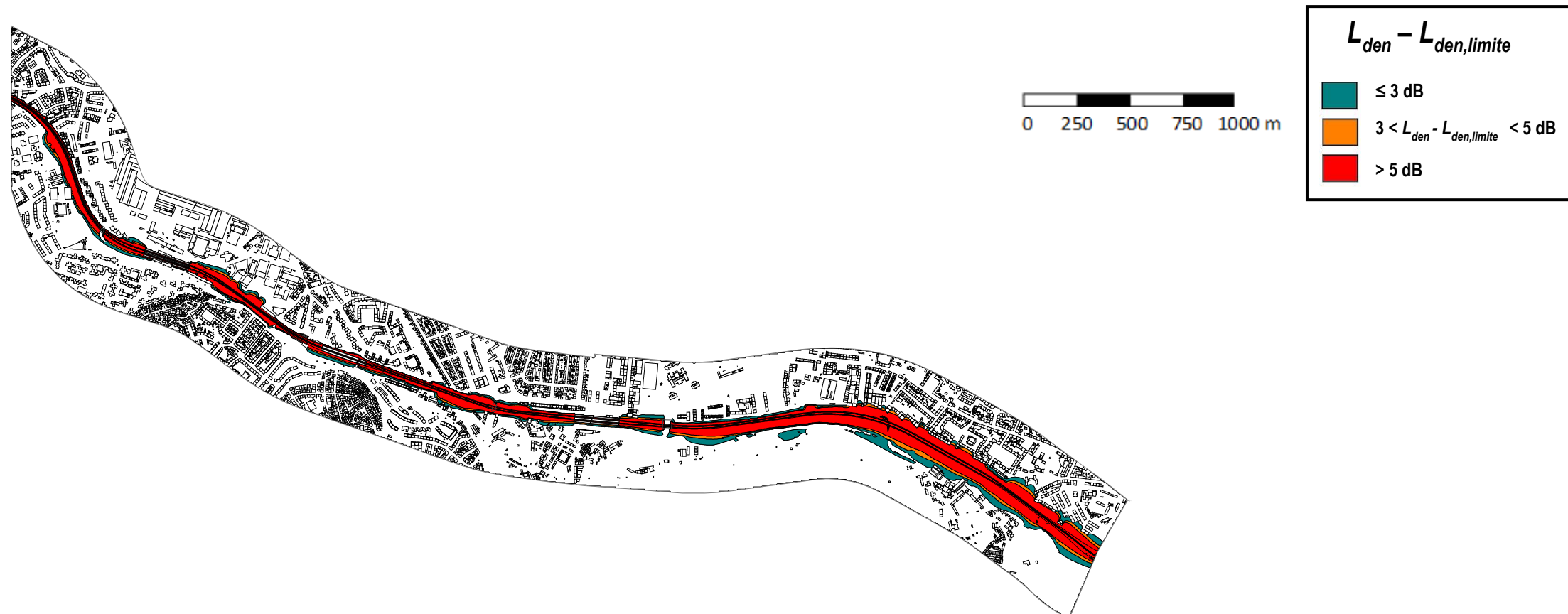
## Plano de Ação da Linha de Sintra

A abordagem metodológica seguida na elaboração do Plano de Ação da Linha de Sintra baseia-se na análise dos mapas de conflitos para os indicadores de ruído ambiente regulamentares  $L_n$  e  $L_{den}$  face aos limites de ruído legais vigentes, os quais têm em consideração a carta de classificação acústica do território municipal.

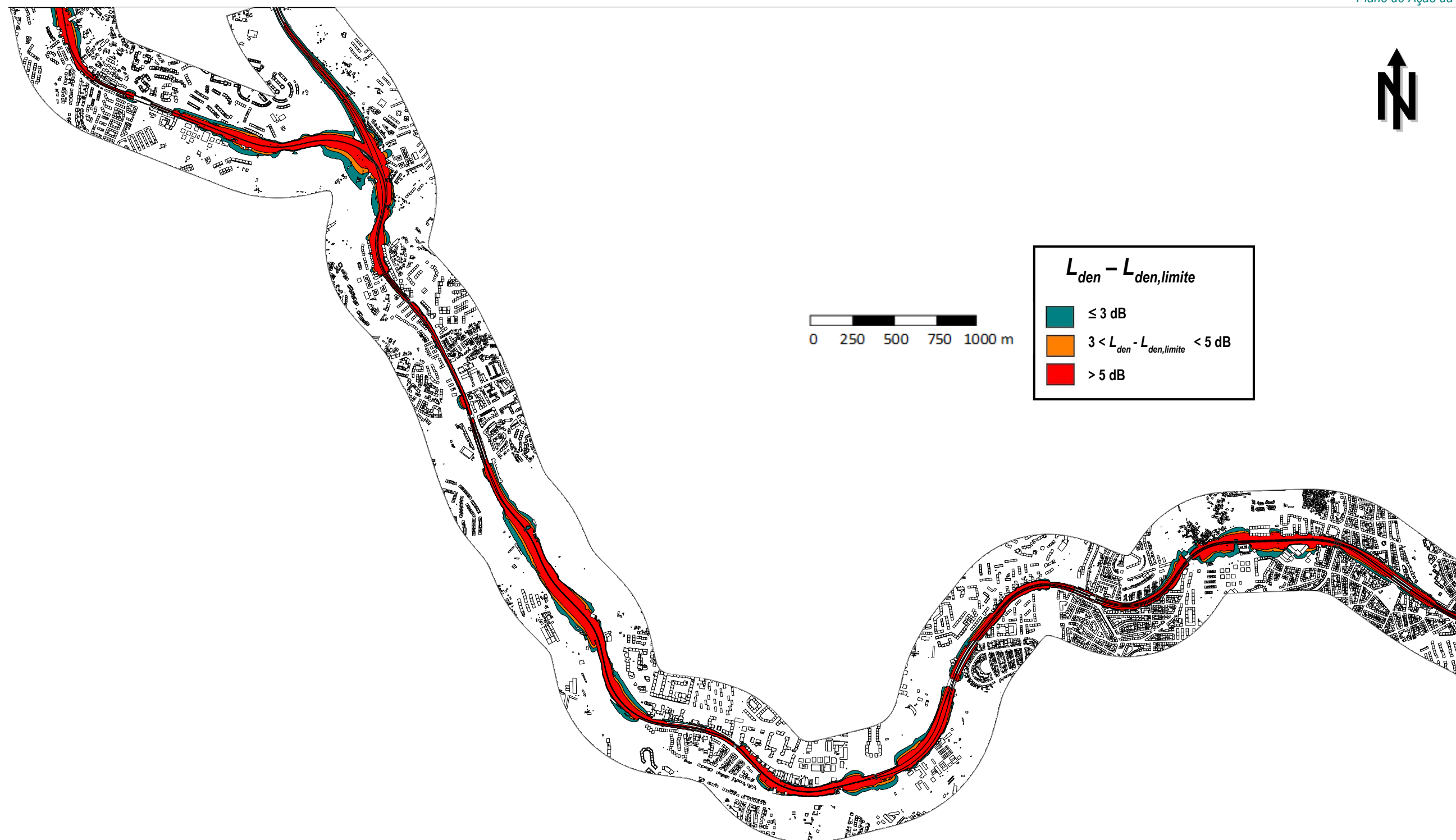
O grau de conflito foi codificado segundo os intervalos de 0 a 3 dB, de 3 a 5 dB e acima de 5 dB. De entre os dois indicadores de ruído legais vigentes, foi escolhido o indicador  $L_n$  para se proceder à análise dos conflitos, por ser aquele que verifica o maior grau de conflito.

As zonas que apresentam valores de conflito até 3 dB, foram consideradas como de vigilância, tendo em conta as incertezas associadas a todo o processo de avaliação, quer experimental quer de cálculo, que pode assumir valores daquela ordem de grandeza. Tais valores poderão, contudo, indiciar desvios marginais que devem ser vigiados para não aumentarem. Não justificam, no entanto, na presente fase, qualquer ação concreta específica.

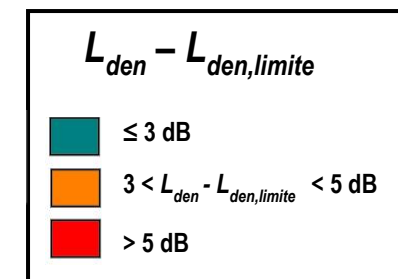
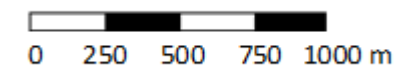
Para valores de desvio (conflito com valor limite legal) superiores, foram estudadas e desenvolvidas estratégias e ações com vista ao controlo e redução do ruído com origem ferroviária.



Mapa de Conflitos baseado nos MER da Linha de Sintra (Concordância de Sete Rios - Reboleira) e na classificação acústica territorial - Indicador  $L_{den}$



Mapa de Conflitos baseado nos MER da Linha de Sintra (Reboleira/Amadora – Rio de Mouro) e na classificação acústica territorial - Indicador  $L_{den}$

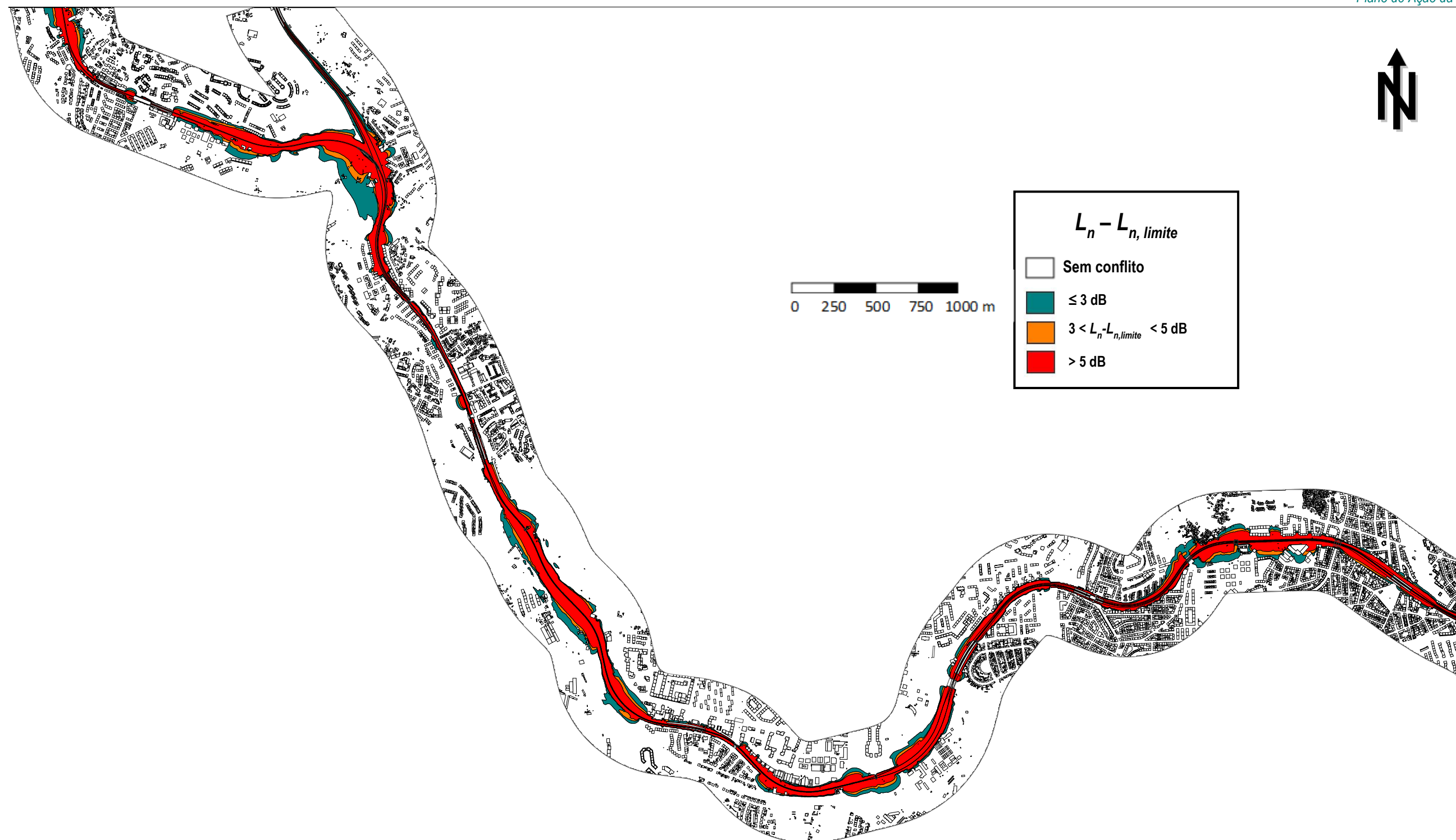


Mapa de Conflitos baseado nos MER da Linha de Sintra (Rio de Mouro/Mercês - Sintra) e na classificação acústica territorial - Indicador  $L_{den}$



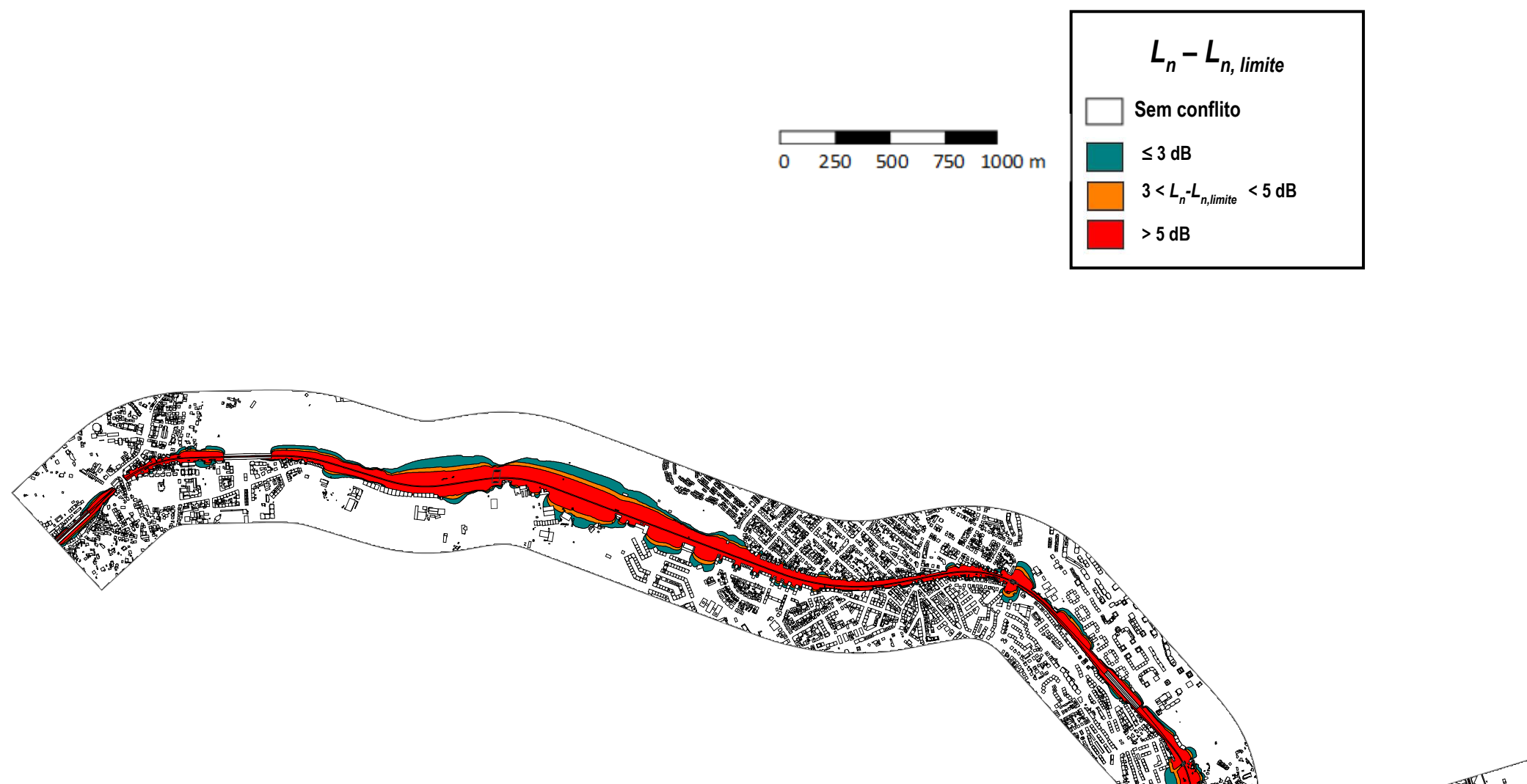


Mapa de Conflitos baseado nos MER da Linha de Sintra (Concordância de Sete Rios – Reboleira) e na classificação acústica territorial - Indicador  $L_n$



Mapa de Conflitos baseado nos MER da Linha de Sintra (Reboleira/Amadora - Rio de Mouro) e na classificação acústica territorial - Indicador  $L_n$



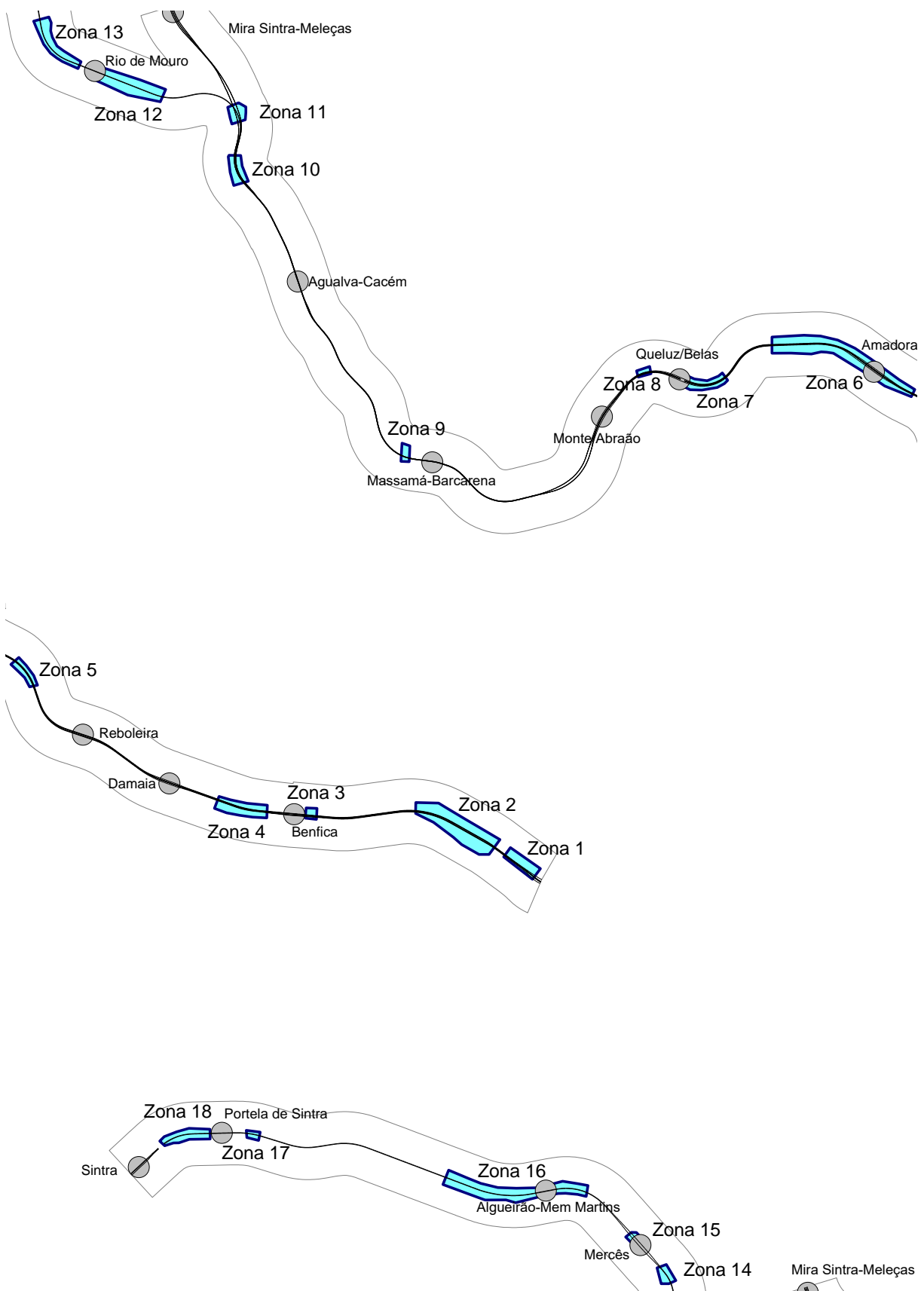


Mapa de Conflitos baseado nos MER da Linha de Sintra (Rio de Mouro/Mercês - Sintra) e na classificação acústica territorial - Indicador  $L_n$

A análise das áreas em conflito permitiu identificar dezoito zonas de intervenção na envolvente da Linha de Sintra e sobre as quais incide o presente PA:

Zona	Município	Início (pk)	Fim (pk)	Localização recetores
1	Lisboa	3+800	4+150	sentido descendente
2	Lisboa	4+270	5+100	predominantemente descendente
3	Lisboa	6+030	6+140	sentido descendente
4	Lisboa/Amadora	6+500	6+990	ambos os sentidos
5	Amadora	9+020	9+420	predominantemente descendente
6	Amadora	9+560	11+030	ambos os sentidos
7	Sintra	11+590	12+120	ambos os sentidos
8	Sintra	12+300	12+460	sentido descendente
9	Sintra	15+320	15+430	ambos os sentidos
10	Sintra	18+430	18+720	ambos os sentidos
11	Sintra	19+070	19+250	ambos os sentidos
12	Sintra	19+930	20+590	ambos os sentidos
13	Sintra	20+770	21+370	ambos os sentidos
14	Sintra	21+550	21+730	ambos os sentidos
15	Sintra	22+030	22+150	ambos os sentidos
16	Sintra	22+710	24+090	ambos os sentidos
17	Sintra	25+910	26+040	sentido ascendente
18	Sintra	26+390	26+850	ambos os sentidos

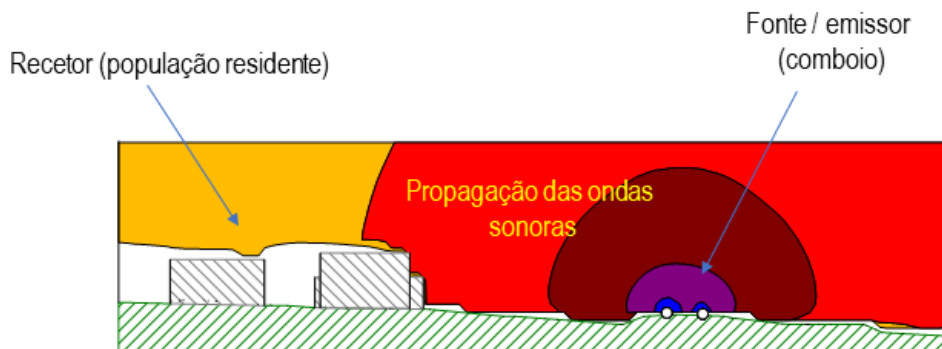
As diferentes zonas podem ser observadas esquematicamente nas figuras seguintes.



Podem ser definidas distintas tipologias de intervenções direcionadas para gestão, controlo e redução do ruído de origem ferroviária. As ações consideradas para a boa gestão do ambiente sonoro podem ser do tipo (i) comunicação, sensibilização e participação pública, (ii) vigilância e monitorização, (iii) gestão de fontes emissoras de ruído e (iv) controlo e redução dos níveis sonoros de emissão ferroviária.

O plano de intervenções considerou uma combinação racional e integrada das diferentes tipologias de ações, numa perspetiva de abordagem equilibrada, conforme as boas práticas atuais. De facto, a otimização, em termos técnicos e financeiros, passa pela adoção combinada de distintas estratégias e medidas permitindo benefícios acrescidos sem criar ruturas ou perceção de dificuldades por parte quer das populações (tanto utilizadores da GIF como dos espaços da envolvente da linha) quer dos operadores de transporte, sem incorrer em custos inoportáveis, sendo a análise operacional, técnica e económica parte fundamental da tomada de decisão das estratégias a adotar.

O ruído percebido num determinado recetor sensível pode ser minorado recorrendo a ações que atuem na fonte do ruído, no caminho da transmissão sonora (caso das barreiras acústicas) ou atuando no isolamento sonoro das fachadas do edificado.



No entanto, a redução de ruído na fonte é, em geral, mais eficaz por atuar diretamente na redução das emissões sendo que em termos económicos se revela também frequentemente mais favorável.

As estratégias para a redução do ruído passam por criar perdas de transmissão no meio, quer por introdução de uma eficaz solução atenuadora no sistema roda-carril (em qualquer das suas

componentes), quer por introdução de barreiras acústicas, dispositivos de atenuação de ruído interpostos no percurso de transmissão entre o emissor (linha ferroviária) e o recetor.

Privilegiam-se, sempre que possível, as intervenções que atuem na redução de ruído na fonte (linha/material circulante).

Não são consideradas, por questões de exequibilidade prática, operacional e económica, ou por não se julgarem justificadas, outras medidas tais como a limitação de velocidades de circulação, alteração ao uso dos solos ou o reforço de isolamento sonoro de fachada.

Para a Linha de Sintra, foi preconizado um conjunto de intervenções diversas, sob a designação de situação futura, em que a alteração do material circulante e ações diretas na via e/ou no percurso da transmissão sonora, constituem as medidas de controlo e redução de ruído: (i) modernização/renovação, a cargo do operador CP, do material circulante da Linha de Sintra (composições UQE 2300/2400), (ii) adoção de atenuadores sintonizados de carril, (iii) implantação de barreiras acústicas, em função das necessidades locais de atenuação dos níveis sonoros nos recetores sensíveis. É ainda recomendado um programa regular de esmerilagem da via de modo a minimizar o desgaste ondulatorio do carril.

As medidas de minoração sonora são as que se afiguram como exequíveis do ponto de vista prático, bem como económica e socialmente viáveis, encontrando-se também contempladas nas orientações estratégicas da IP em matéria de políticas de ambiente.

Para a situação futura, são consideradas medidas que, embora não diretamente relacionadas com as ações de engenharia acústica, são importantes, a médio e longo prazo, para a eficácia real e percebida das mesmas, tal como a elaboração de um plano de manutenção/monitorização de medidas de minoração implementadas e ações a desenvolver junto ao público, de modo a promover a *goodwill*. Estas podem incluir a comunicação de intervenções na via relevantes para a minoração do ruído, a manutenção da circulação de informação entre os vários *stakeholders* (operadores, câmaras, público) e a elaboração de inquéritos às populações afetadas sobre o grau de incomodidade sentida.

O resultado da análise de eficácia, em termos de redução do número das populações expostas das medidas preconizadas mostra que o número de pessoas residentes quer na classe de maior conflito (> 5 dB), quer na classe intermédia de conflito (entre 3 e 5 dB) é reduzido em 100%, ou seja, deixa de haver residentes expostos aos níveis sonoros mais elevados.

Os benefícios em termos da redução dos números da população residente exposta a níveis excessivos de ruído demonstram que as ações de intervenção preconizadas para a Linha de Sintra se revelam 100% eficazes. Considera-se uma excelente eficácia para um plano de curto prazo (cinco anos).

A otimização do conjunto das propostas e seus resultados passa por uma hierarquização das intervenções, cuja adoção tem de ser balizada não só pelos benefícios esperados e pelos aspetos práticos e económicos da sua execução mas igualmente por eventuais aspetos funcionais que envolvam sequencias de operação bem como pelos resultados de novas avaliações, tendo em conta o curto prazo (cinco anos) de um plano que envolve ações cuja execução pode revelar-se complexa para tal período.

O período de cinco anos do plano será dividido em duas fases. A primeira correspondente aos primeiros três anos compreenderá (i) preparação/execução do plano de renovação/modernização, a cargo do operador CP, das composições UQE 2300/2400 (ii) instalação das medidas adicionais preconizadas, nomeadamente atenuadores sintonizados de carril e barreiras acústicas, (iii) ações de verificação, monitorização e manutenção das medidas de controlo de ruído já implementadas e (iv) ações de sensibilização e informação sobre o ruído para a comunidade em geral.

Numa segunda fase, nos dois anos seguintes, prossegue a execução do plano de modernização/renovação das composições UQE 2300/2400. Também será dado início ao programa de esmerilagem periódica de carris e ao programa de manutenção dos atenuadores sintonizados de carril. Será, ainda, dada continuidade às ações de sensibilização e informação.

A execução do presente PA resultará numa substancial diminuição da extensão das linhas isofónicas correspondentes ao ruído de circulação ferroviária, e, como tal, da população exposta ao ruído ferroviário.

As zonas de vizinhança da Linha de Sintra exibem numa considerável parte da sua extensão uma concorrência com outras fontes, especificamente devido à circulação rodoviária. O objetivo do PA constitui-se na diminuição da contribuição ferroviária para o ruído global.

A estimação do número de pessoas expostas a tal contribuição a efetuar no âmbito dos MER do próximo ciclo permitirá avaliar os benefícios recolhidos com a execução do PA.

O Quadro seguinte resume todas as ações integrantes do presente Plano tendentes a reduzir o ruído ferroviário resultante da exploração da Linha do Sintra.

Nº	Ação	Calendarização
1	Modernização/renovação do material circulante (UQE 2300/2400)	Planeado
2	Esmerilagem de troços da via	Implementado
3	Revestimento absorvente sonoro de faces de muros/paredes	Implementado
4	Implantação de barreiras acústicas	Implementado
5	Implantação de barreiras acústicas novas	Planeado
6	Introdução de atenuadores sintonizados de carril ( <i>Tuned Rail Dampers</i> )	Planeado
7	Programa de esmerilagem periódica dos carris	Planeado
8	Programa de verificação e monitorização das medidas de controlo de ruído implementadas	Planeado
9	Programa de manutenção dos atenuadores sintonizados de carril	Planeado
10	Circulação de Informação entre os vários stakeholders (Gestor de infraestrutura, Operadores, Câmaras, Tutela)	Implementado / Planeado
11	Estabelecimento de procedimento otimizado de gestão de queixas e reclamações de ruído	Implementado / Planeado
12	Desenvolvimento de plataformas de informação ao público e à comunidade técnica sobre ruído ferroviário e das ações para o seu combate e gestão	Planeado
13	Informação às populações e ao público em geral dos resultados da implementação das medidas previstas no PA	Planeado
14	Elaboração regular de mapas de ruído para diagnóstico do ambiente sonoro na envolvente da Linha de Sintra (Mapas Estratégicos de Ruído, no âmbito do Decreto-Lei n.º 146/2006, de 31 de Julho)	Implementado

## Bibliografia

- Alarcão, D. e Bento Coelho, J. L. (2008), *Modelação de ruído de tráfego ferroviário*, Proc. Congresso Acústica 2008, V Congresso Ibérico de Acústica, XXXIX Congresso Espanhol de Acústica TECNIACÚSTICA 2008.
- Alarcão, D. e Bento Coelho, J. L. (2009), *The adaptation of the interim calculation method for railway noise to the portuguese rolling stock*, Proc. EURONOISE 2009.
- Alarcão, D. e Bento Coelho, J. L. (2013), *An experimental assessment on the performance of fixed rail curve squealing noise mitigation*, Noise Control Engineering Journal, J. 61 (6).
- Altenbaher, B., Goltnik, D., Rosi, B. (2015), *Railway Noise Reduction by the Application of CHFC material on the rail*, Transport Problems/Problemy Transportu V. 10, Issue 2, 5-14.
- Agência Portuguesa do Ambiente (2011), *Diretrizes para Elaboração de Mapas de Ruído*, versão 3, Dezembro 2011.
- Carvalho, J. et al. (2018), *Eco sustainable Rail – Valorisation of Mixed Plastics in the Development of Eco-Sustainable Railways*, European Journal of Sustainable Development, 7,6, 489-495, 2018.
- Common Noise Assessment Methods in Europe (CNOSSUS-EU) (2012)*, Report EUR 25379 EN. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2012, 180 pp.
- Cost Study on Noise Mapping and Action Planning*, European Commission (1999) – DGXI D.3 Urban Environment, COWI.
- Declaração de Rectificação nº18/2007 de 16 de Março, que retifica o Decreto-Lei n.º 9/2007, do Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.
- Decreto-Lei n.º 146/2006 de 31 de julho, que transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva 2002/49/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 25 de junho de 2002 relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente, retificado pela Declaração de Retificação n.º 57/2006 de 31 de agosto.



Decreto-Lei n.º 9/2007 de 17 de Janeiro, que 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.

Decreto-Lei n.º 278/2007 de 1 de Agosto, que altera o Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de Janeiro, que aprova o Regulamento Geral do Ruído.

Decreto-Lei n.º 316-A/2019 de 6 de setembro, que transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva (UE) 2015/996 da Comissão, de 19 de maio de 2015, relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente, alterando o Anexo II do Decreto-Lei n.º 146/2006, de 31 de julho.

Dings, P. C., Dittrich, M. G. (1996), *Roughness on Dutch Railway Wheels and Rails*, Journal of Sound and Vibration, 193(1), 103-112.

Diretiva 2002/49/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 25 de junho de 2002 relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente.

Dumitriu, M., Cruceanu, I. (2017), *On the Rolling Noise Reduction by Using the Rail Damper*, Journal of Engineering Science and Technology Review 10(6), 87-95.

European Parliament Policy Department (2012) *Reducing Railway Noise Pollution*. Produced for the European Parliament's Committee on Transport and Tourism Environment by the Directorate-General For Internal Policies, Brussels.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2017) – *Noise in Europe 2017: updated assessment*, ETC/ACM Technical Paper 2016/13.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY/EPA Network (2018) – *Decision and cost/benefit methods for noise abatement measures in Europe*: M+P BAFU 15.02.1, February 2018.

ECOSSISTEMA FERROVIÁRIO PORTUGUÊS (2019), documento publicado pela AMT - Autoridade da Mobilidade e dos Transportes, dezembro 2017.

Ferreira, A., Bento Coelho, J. L. (2009), *Critérios para a análise de relações exposição-impacte do ruído de infraestruturas de transporte*, CAPS/IST, Parecer para a Agência Portuguesa do Ambiente (APA).

Grassie, S. L. (2012) *Rail irregularities, corrugation and acoustic roughness: characteristics, significance and effects of reprofiling*, Proc IMechE, Part F: J Rail Rapid Transit 2012; 226(5): 542–557.

International Union of Railways, UIC (2010) *The Railway Noise Bonus: discussion paper on the noise annoyance correction factor*. Produzido pela DHV B.V. para a International Union of Railways, Paris.

International Union of Railways, UIC (2011) *Exploring bearable noise limits and ceilings for the railways: part I*. UIC001-01-15, dBvision, 2/108.

International Union of Railways, UIC (2013) *Railway Noise Technical Measures Catalogue*, UIC003-01-04fe, dBvision, May 2013.

Livro Branco da Comissão Europeia (2011), *Roteiro do espaço único europeu dos transportes*, Comissão das Comunidades Europeias, COM (2011).

Livro Verde da Comissão Europeia (1996), *Futura Política de Ruído*, Comissão das Comunidades Europeias, COM (96).

Linee guida per l'elaborazione di piani comunali di risanamento acustico (1998), Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente.

Lewis, R. & Olofsson, U. (2009), *Wheel–Rail Interface Handbook*, Woodhead Publishing Limited: UK.

Lercher, P. et al. (2013), *Psychoacoustic assessment of railway noise in sensitive areas and times: is a railway bonus still appropriate?* Proc. INTER-NOISE Vol. 247, N°2, 5900-5907.

*Le Bruit Ferroviaire en Questions & Réponses* (2018), documento editado por France Nature Environment e SNCF Réseau, dezembro 2018.

Miedema, H.; Oudshoorn, C. (2001). *Annoyance from Transportation Noise: Relationships with Exposure Metrics DNL and DENL and their Confidence Intervals*, Environmental Health Perspectives, vol. 109, n°4, pp 409-416.

Miedema, H. (2002). "Relationship between exposure to single or multiple transportation noise sources and noise annoyance", Technical Meeting on exposure-response relationships of noise on Health, WHO-Europe, Bonn, Alemanha.

Noise in Europe 2014 – European Environmental Agency – EEA, Report No. 10/2014

Nieuwenhuizen, E., Yntema, N. (2018), *The effect of close proximity, low height barriers on railway noise*, Proc. Euronoise 2018 Crete, 1375-1379.

Popp C. (2000), *Communicating noise to the public without talking in technical jargon*, Proc. INTERNOISE 2000, 4-2241.

Pieren, R. et al. (2017), *Auralization of railway noise: Emission synthesis of rolling and impact noise*. Applied Acoustics 127 (2017): 34–45.

Regulamento Geral do Ruído, Decreto-Lei n.º 9/2007, 17 de janeiro de 2007, retificado pela Declaração de Retificação n.º 18/2007 de 16 de março.

Regulamento (UE) No 1304/2014 DA COMISSÃO de 26 de Novembro de 2014 relativo à especificação técnica de interoperabilidade para o subsistema «material circulante – ruído» e que revoga a Decisão 2011/229/UE, Jornal Oficial da União Europeia, L 356/421.

Scossa-Romano, E., Oertli, J. (2012) *Rail Dampers, Acoustic Rail Grinding, Low Height Noise Barriers: A report on the state of the art*. Produced for the Schweizerische Bundesbahnen SBB/UIC, Bern.

Science for Environment Policy (2017) *Noise abatement approaches*. Future Brief 17. Produced for the European Commission DG Environment by the Science Communication Unit, UWE, Bristol. Disponível em: <http://ec.europa.eu/science-environment-policy>

The SILENCE European Project (2008) *Practitioner Handbook for Local Noise Action Plans*, 6th Framework Programme. Disponível em <http://www.noiseineu.eu/en/3527-a/homeindex/file?objectid=3161&objectypeid=0>

Thompson, D. J. (2008), *A continuous damped vibration absorber to reduce broad-band wave propagation in beams*, Journal of Sound and Vibration 311 824–842.

Thompson, D. J. (2009), *Railway Noise and Vibration: Mechanisms, Modelling and Means of Control*, Elsevier: Oxford.

Thompson, D. J. (2014), *Railway Noise and Vibration: The Use of Appropriate Models to Solve Practical Problems*, Proc. ICSV21 2014.

Tumavice, A. et al. (2017), *Effectiveness analysis of railway noise mitigation measures*, GRADEVINAR, 69 (2017) 1, 41-51. Disponível em: <http://doi.org/10.14256/jJCE.177.2016>

de Vos, P. (2016) *Railway Noise in Europe, State of the Art Report. Prepared for the International Union of Railways*, (UIC), Paris.

de Vos, P., van Leeuwen, H. J.A. (2018), *Remaining Research Topics for Railway Noise Control*, Proc. Euronoise 2018 Crete, 1001-1005.

WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region (2018), World Health Organization.