



# **PLANOS DE AÇÃO**

## **DA**

# **REDE FERROVIÁRIA NACIONAL**

**PLANO DE AÇÃO DA LINHA DO SUL I**

**Maio 2020**

# PLANOS DE AÇÃO DA REDE FERROVIÁRIA NACIONAL

## PLANO DE AÇÃO DA LINHA DO SUL I

### Equipa de trabalho principal:

**Alexandre M. Silva Pereira**, *Eng., DFA Eng. Acústica*

**António José Ferreira**, *DFA Eng. Acústica*

**Aline Ventura Nardi**, *Arq, MArq.*

**J. L. Bento Coelho** *Eng., MSc., PhD., IIAV Fellow (Coordenador)*

## CONTEÚDO

<b>RESUMO</b> .....	<b>4</b>
<b>1. ÂMBITO E OBJETIVOS</b> .....	<b>8</b>
<b>2. ENQUADRAMENTO LEGAL</b> .....	<b>10</b>
<b>3. O RUÍDO FERROVIÁRIO DA LINHA DO SUL I</b> .....	<b>15</b>
<b>4. METODOLOGIA DO PLANO DE AÇÃO</b> .....	<b>21</b>
4.1. PRINCÍPIOS.....	21
4.2. METODOLOGIA GERAL.....	21
<b>5. ENVOLVENTE ACÚSTICA DA LINHA DO SUL I</b> .....	<b>24</b>
5.1. ANÁLISE ACÚSTICA.....	24
5.2. MEDIDAS JÁ IMPLEMENTADAS E EM CURSO.....	27
5.3. MAPAS DE CONFLITO.....	29
<b>6. AÇÕES PARA GESTÃO E REDUÇÃO DO RUÍDO FERROVIÁRIO</b> .....	<b>41</b>
<b>7. TIPOLOGIA DAS SOLUÇÕES PROPOSTAS</b> .....	<b>45</b>
<b>8. INTERVENÇÕES</b> .....	<b>50</b>
8.1 SOLUÇÕES.....	50
8.2 INFORMAÇÕES FINANCEIRAS.....	52
<b>9. PLANEAMENTO DAS AÇÕES</b> .....	<b>53</b>
9.1 HIERARQUIZAÇÃO TEMPORAL.....	53
9.2 AÇÃO ESTRATÉGICA A MÉDIO/LONGO PRAZO.....	54
9.3 MONITORIZAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DO PA.....	55
<b>10. QUADRO RESUMO</b> .....	<b>56</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>57</b>

## Resumo

O Plano de Ação de Redução do Ruído Ferroviário (doravante denominado Plano de Ação - PA) referente à Linha do Sul I é elaborado pela entidade responsável, nomeadamente a 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 elaboração do correspondente PA para a área afetada pela Linha do Sul I. Este troço da Linha do Sul, que estabelece a ligação entre Campolide A e Setúbal, é uma via larga dupla com cerca de 49 km de extensão, apresentando oito estações intermédias (a partir da estação do Pragal). O traçado da Linha do Sul I divide-se em duas seções: entre Ponte Santana (pk 0+000) e Pinhal Novo (pk 36+000) e (ii) entre Pinhal Novo (pk 16+000) e a Estação de Setúbal (pk 28+000). O troço da Linha do Sul entre Ponte Santana e o pk 4+500 não é contemplado no âmbito do presente PA.

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”.

Os objetivos do presente Plano são alcançados através de estratégias otimizadas para gestão, controlo e redução da exposição ao ruído das populações eventualmente afetadas pela exploração da Linha do Sul I. O presente PA destina-se assim a gerir os problemas e efeitos do ruído, gerados pela referida GIF, incluindo a redução do ruído, onde necessário.

O PA da Linha do Sul I foi desenvolvido na sequência da elaboração dos Mapas Estratégicos de Ruído (MER) daquela Linha.

A abordagem metodológica utilizada baseia-se na análise dos mapas de conflitos para os indicadores de ruído ambiente regulamentares  $L_{den}$  e  $L_n$  bem como para os 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 são normalmente 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.

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

Podem ser definidas distintas tipologias de intervenções direcionadas para gestão, controlo, minimização e redução do ruído de origem ferroviária. As ações consideradas para a boa gestão do ambiente acústico 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 de ruído ferroviário.

As estratégias para a redução do ruído passam por criar perdas de transmissão no meio, quer por introdução de uma qualquer 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.

A situação atualmente existente na Linha do Sul I revela um conjunto de intervenções com implicações positivas nas emissões sonoras geradas pelo tráfego ferroviário total. Estas intervenções incluem barreiras acústicas, cuja implantação resulta de anterior estudo sobre a redução do ruído ferroviário na Linha do Sul I, e a substituição, pelo operador CP, do material circulante no troço entre Pinhal Novo e Setúbal, nomeadamente a substituição do material circulante da série UQE 2300/2400 pelas composições da série UTE 2240. Estas geram valores significativamente inferiores de níveis sonoros, quando comparadas com o material circulante anterior.

A combinação destas intervenções oferece já um eficaz grau de proteção sonora às populações expostas ao ruído com origem ferroviária, eliminando situações de conflitos com graus de desvio iguais ou superiores a 3 dB em relação aos valores limite. Este facto corrobora os benefícios das ações de minimização do ruído implementadas no âmbito do anterior trabalho e posteriores, validando a sua eficácia.

A análise da globalidade da envolvente da linha permitiu estimar o número de pessoas e o número de edifícios expostos às diferentes classes regulamentares de níveis sonoros, não tendo sido identificada população residente nem edificado com uso sensível exposto a níveis sonoros excessivos, ou seja, nos dois intervalos de maior conflito ( $> 3\text{dB}$ ). Para a classe de menor conflito ( $\leq 3\text{dB}$ ), dita de vigilância, foi estimada a existência de cerca de 78 residentes, distribuídos por 41 edifícios. Esta população encontra-se exposta a níveis sonoros que, em média, superam o valor limite regulamentar em 0,8 dB, com um desvio padrão de 0,5 dB e um valor máximo de cerca de 1,6 dB. Estes valores constituem desvios marginais que não justificam intervenção, mas que, no entanto, devem ser vigiados para não aumentarem.

Como tal, a estratégia do presente PA orienta-se no sentido de manter a vigilância e monitorização sobre o ruído resultante da circulação ferroviária nesta linha, não descurando ações diretas na fonte/via férrea que contribuam para o controlo dos níveis sonoros gerados por tal circulação.

Assim, propõe-se a execução de um programa regular de esmerilagem da via, de modo a minimizar o desgaste ondulatório do carril. Esta medida tem como objetivo a redução preventiva dos níveis sonoros gerados pela circulação ferroviária, nomeadamente o ruído de rolamento. Para além daquela intervenção, o plano contempla, ainda ações de verificação, monitorização e manutenção das medidas de controlo e redução de ruído existentes.

São, também, propostas 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, tais como ações a desenvolver junto do público, de modo a promover a *goodwill*. Estas podem incluir a comunicação de intervenções na via relevantes para a minoração do ruído e a manutenção da circulação de informação entre os vários *stakeholders* (operadores, câmaras, público).

As ações comunicacionais, de sensibilização e de participação pública destinam-se não só a gerir as emissões de ruído, mas igualmente a perceção do ruído pelas populações equacionada com as

vantagens da vizinhança de uma infraestrutura de mobilidade de elevado valor para a vivência quotidiana.

O período de cinco anos de implementação do plano poderá ser dividido em duas fases. A primeira, correspondente aos primeiros três anos, compreenderá (i) ações de verificação e monitorização das medidas de controlo de ruído já implementadas, (ii) ações de sensibilização e informação sobre o ruído para a comunidade em geral. Numa segunda fase, nos dois anos seguintes, será dado início ao programa de esmerilagem periódica de carris. Será, ainda, dada continuidade às ações de sensibilização e informação.

Estas ações implicam uma real e eficaz circulação de Informação entre os vários stakeholders (Gestor de infraestrutura, Operadores, Câmaras, Tutela), bem como o desenvolvimento de plataformas de informação ao público e à comunidade técnica sobre ruído ferroviário e das ações para o seu combate e gestão.

A envolvente próxima da Linha do Sul I exhibe, numa parte importante da sua extensão, uma marcada concorrência com outras fontes sonoras, mais especificamente a circulação rodoviária. O objetivo do presente PA constitui-se num diagnóstico da contribuição ferroviária para o ruído global e num desenho de procedimentos e soluções de gestão e controlo de ruído, embora, no presente caso, não se tenham identificado situações significativas de exposição de populações ao ruído, consequência da eficácia das medidas de controlo de ruído já existentes e implementadas na Linha do Sul I.

Importará no final do prazo do presente PA avaliar as resultantes alterações no ambiente sonoro e na exposição das populações. Tal poderá ser conseguido através da implementação da próxima fase de mapeamento de ruído (MER) que ocorrerá durante o período final de vigência do plano. Deste modo, o PA do próximo ciclo será balizado pelos resultados comparativos dos MER, tendo em conta eventuais alterações às condições operacionais de exploração da linha, se for o caso. Os MER do próximo ciclo constituirão um diagnóstico da situação do ambiente sonoro atualizada.

## 1. Âmbito e Objetivos

O Plano de Ação de Redução do Ruído Ferroviário (doravante denominado Plano de Ação - PA) referente à Linha do Sul I 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 do Sul I.

O PA da Linha do Sul I é desenvolvido na sequência da elaboração dos Mapas Estratégicos de Ruído (MER) daquela Linha.

A elaboração de um Plano de Ação (PA) de uma Grande Infraestrutura de Transporte Ferroviário (GIF) é um trabalho complexo, envolvendo diversas tarefas especializadas da área de engenharia acústica, tais como estudo, especificação e otimização de medidas de controlo e de redução do ruído, modelação e simulação de cenários alternativos e/ou complementares, bem como análise de benefícios.

Os objetivos do presente Plano são atingidos, então, através de estratégias otimizadas para gestão, minimização e/ou compensação da exposição ao ruído das populações eventualmente afetadas pela exploração da Linha do Sul I.

O Anexo V do Decreto-Lei n.º 146/2006 especifica os requisitos mínimos que deverão enformar estes planos, nomeadamente:

- “Uma (...) identificação de problemas e situações que necessitem de ser corrigidas;
- Eventuais medidas de redução do ruído já em vigor e projetos em curso;
- Estratégia a longo prazo;
- Informações financeiras (se disponíveis): orçamentos, avaliação custo-eficácia, avaliação custo-benefício;
- Medidas previstas para avaliar a implementação e os resultados do plano de ação”.

Neste contexto, o presente PA contempla diversas fases de trabalho objetivadas para:

1. Estudo analítico do MER da Linha do Sul I;
2. Integração de medidas de minoração de ruído entretanto implementadas na infraestrutura;
3. Avaliação das zonas de conflito, face às disposições legais vigentes e tendo em conta a classificação acústica do território, fornecida pelas Câmaras Municipais afetadas pela GIF;
4. Definição das zonas de incidência do PA;
5. Estabelecimento de benefícios objetivos de intervenção;
6. Definição de soluções, procedimentos e estratégias típicas e aplicáveis;
7. Estimativa orçamental das medidas propostas;
8. Estudo de benefícios e otimização de intervenções por métodos iterativos;
9. Plano de intervenção com hierarquização e faseamento das ações, contemplando a visão a longo prazo;
10. Monitorização da implementação do PA.

O presente PA vigora para o período 2020-2025.

## 2. Enquadramento Legal

Os trabalhos para a elaboração do PA da Linha do Sul I seguiram os critérios constantes da legislação sobre ruído ambiente aplicável, em particular o Regulamento Geral do Ruído (RGR), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 9/2007 de 17 de Janeiro, retificado pela Declaração de Retificação n.º 18/2007, de 16 de Março e alterado pelo Decreto-Lei n.º 278/2007, de 1 de Agosto, o qual remete para o Decreto-Lei n.º 146/2006 de 31 de Julho (DL146/2006), que transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 2002/49/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de Junho, relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente. O Decreto-Lei n.º 146/2006 foi alterado no seu Anexo II pelo Decreto-Lei n.º 136-A/2019, de 6 de setembro, o qual transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva (UE) 2015/996, da Comissão, de 19 de maio de 2015.

O RGR tem por objeto a prevenção do ruído e o controlo da poluição sonora, tendo em vista a salvaguarda da saúde e do bem-estar das populações. Os seus princípios destinam-se a incidir, essencialmente, sobre as fases de planeamento e de ordenamento do território, mas, também, como critérios de correção e redução de ruído.

Em termos de ruído ambiente, o RGR define no seu Artigo 3.º 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. Como 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, os indicadores de ruído ambiente para aqueles períodos são designados, respetivamente, por  $L_d$ ,  $L_e$  e  $L_n$ . Em consonância com as disposições europeias, a alínea j) do artigo 3º do RGR define ainda o indicador  $L_{den}$  como uma média ponderada de  $L_d$ ,  $L_e$  e  $L_n$  com penalizações para os períodos de entardecer e noturno:

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

As infraestruturas de transporte são genericamente contempladas no seu Artigo 19.º, “Infra-estruturas de transporte”, o qual estabelece, no seu ponto 1, que “As infra-estruturas de transporte, novas ou em exploração à data da entrada em vigor do presente Regulamento, estão sujeitas aos valores limite fixados

no artigo 11.º. Este artigo, “Valores limite de exposição”, define no seu n.º 1 o seguinte o critério para os valores limites de exposição:

- a) *As zonas mistas não devem ficar expostas a ruído ambiente exterior superior a 65 dB(A), expresso pelo indicador  $L_{den}$ , e superior a 55 dB(A), expresso pelo indicador  $L_n$ ;*
- b) *As zonas sensíveis não devem ficar expostas a ruído ambiente exterior superior a 55 dB(A), expresso pelo indicador  $L_{den}$ , e superior a 45 dB(A), expresso pelo indicador  $L_n$ ;*
- c) *As zonas sensíveis em cuja proximidade exista em exploração, à data da entrada em vigor do presente Regulamento, uma grande infraestrutura de transporte não devem ficar expostas a ruído ambiente exterior superior a 65 dB(A), expresso pelo indicador  $L_{den}$ , e superior a 55 dB(A), expresso pelo indicador  $L_n$ .*

O ponto 3 deste artigo, estabelece que “até à classificação das zonas sensíveis e mistas ..., para efeitos de verificação do valor limite de exposição, aplicam-se aos recetores sensíveis os valores limite de  $L_{den}$  igual ou inferior a 63 dB(A) e  $L_n$  igual ou inferior a 53 dB(A)”.

A delimitação das áreas do território com a atribuição da classificação de zonas sensíveis e mistas é endossada à competência das respetivas câmaras municipais, cujo território é percorrido pela GIF, devendo tais zonas ser inscritas, delimitadas e disciplinadas no respetivo Plano Municipal de Ordenamento do Território (PMOT).

No Artigo 3.º, é definido:

**“zona sensível”** como “área definida em plano municipal de ordenamento do território como vocacionada para uso habitacional, ou para escolas, hospitais ou similares, ou espaços de lazer, existentes ou previstos, podendo conter pequenas unidades de comércio e de serviços destinadas a servir a população local, tais como cafés e outros estabelecimentos de restauração, papelarias e outros

*estabelecimentos de comércio tradicional, sem funcionamento no período noturno”;*

*“**zona mista**” como “a área definida em plano municipal de ordenamento do território, cuja ocupação seja afeta a outros usos, existentes ou previstos, para além dos referidos na definição de zona sensível”.*

O ponto 9 do Artigo 19.º estabelece que “As grandes infra-estruturas de transporte ... ferroviário ... elaboram Mapas Estratégicos de Ruído (MER) e Planos de Acção (PA), nos termos do disposto no Decreto-Lei n.º 146/2006, de 31 de julho”. No Artigo 3.º, é definida “Grande infra-estrutura de transporte ferroviário” o troço ou conjunto de troços de uma via-férrea regional, nacional ou internacional identificada como tal pelo Instituto da Mobilidade e dos Transportes, onde se verifique mais de 30 000 passagens de comboios por ano. Ora, tal é o caso da Linha do Sul I o que remete para as disposições do Decreto-Lei n.º 146/2006.

O Decreto-Lei n.º 146/2006, publicado em 31 de Julho de 2006, transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 2002/49/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de Junho, relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente, alterado no seu Anexo II pelo Decreto-Lei nº 136-A/2019, de 6 de Setembro, que transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva (UE) n.º 2015/996, da Comissão de 19 de Maio de 2015:

O Decreto-Lei n.º 146/2006 determina no seu artigo 1.º:

- a) *“a elaboração de mapas estratégicos de ruído que permitam quantificar a exposição ao ruído ambiente exterior, com base em métodos de avaliação harmonizados ao nível da União Europeia”.*
- b) *“a prestação de informação ao público sobre o ruído exterior e seus efeitos”.*
- c) *“a aprovação de planos de ação baseados nos mapas estratégicos de ruído a fim de prevenir e reduzir o ruído”.*

*ambiente sempre que necessário e em especial quando os níveis de exposição sejam suscetíveis de provocar efeitos prejudiciais para a saúde humana e de preservar a qualidade do ambiente acústico”.*

O âmbito de aplicação do DL146/2006 é definido no seu artigo 2.º como sendo “*aplicável ao ruído ambiente a que os seres humanos se encontram expostos em zonas que incluam usos habitacionais, escolares, hospitalares ou similares, espaços de lazer, em zonas tranquilas de uma aglomeração, em zonas tranquilas em campo aberto e noutras zonas cujo uso seja sensível ao ruído e que seja produzido nas aglomerações ou por grandes infraestruturas de transporte rodoviário, ferroviário ou aéreo”.*

Este Decreto-Lei determina então que, na sequência da elaboração dos MER, têm as entidades gestoras ou concessionárias das infraestruturas de transporte visadas de desenvolver Planos de Ação destinados a gerir os problemas e efeitos do ruído e a reduzir os níveis de ruído nas áreas respetivas onde tal seja necessário.

O DL 146/2006 mais estabelece no seu artigo 11.º que “os planos de acção são reavaliados e alterados de cinco em cinco anos a contar da data da sua elaboração” (ponto 1), ou “sempre que se verifique uma alteração significativa relativamente a fontes sonoras ... com efeitos no ruído ambiente” (ponto 2).

Este quadro legal, tanto na sua componente nacional como na europeia, estabelece estratégias claras e definidas no sentido da proteção e da melhoria da qualidade do ambiente sonoro exterior.

Estas estratégias passam pelo mapeamento de ruído e pela elaboração dos planos de ação e de redução de ruído como instrumentos importantes para, tendencialmente, reduzir o ruído nos aglomerados populacionais e junto às grandes infraestruturas de transportes e desta forma, reduzir a incomodidade das populações e melhorar a qualidade de vida dos cidadãos.

O atual enquadramento legal em vigor, nacional e europeu, considera a cartografia de ruído como forma privilegiada de diagnóstico para a avaliação da incomodidade das populações ao ruído e como um instrumento fundamental para a definição e elaboração dos planos de ação e de redução de ruído.

É neste enquadramento que foi elaborado o presente Plano de Ação da Linha do Sul I.

### 3. O ruído ferroviário da Linha do Sul I

O ruído produzido pela circulação das composições ferroviárias constitui um dos desafios ambientais que a IP enfrenta. Esta empresa, resultante da fusão da REFER com as Estradas de Portugal, gere toda a infraestrutura de transporte terrestre (estradas e caminhos de ferro) em Portugal.

No âmbito europeu, o *Livro Branco da Comissão Europeia - Roteiro do espaço único europeu dos transportes* (2011), estipulou objetivos de sustentabilidade que implicam a minoração do impacto ambiental das operações ferroviárias. Esta inclui não só a emissão de gases de estufa e o consumo de energia, mas também o ruído emitido. A minoração destes impactos é crucial para manter a favorável posição ambiental do modo de transporte ferroviário – e como tal promover a sua maior utilização a nível europeu.

A gestão do ruído das GIF sob gestão da IP, quer através da elaboração dos MER, quer através de ações mitigadoras preconizadas nos subseqüentes PA constitui, assim, um desafio incontornável para esta empresa.

Esta GIF serve zonas urbanas e suburbanas da Área Metropolitana de Lisboa, nomeadamente a sul do rio Tejo (Monte de Caparica, Corroios, Fogueteiro, Coina, Pinhal Novo, Palmela e Setúbal). A elevada concentração de atividades sociais, económicas e de meios de transporte torna estes territórios como espaços de vivência onde a preservação do ambiente se revela particularmente delicada. Esta situação tem-se agravado nos últimos dois séculos, sobretudo na era pós-revolução industrial.

O ruído de origem mecânica torna-se omnipresente, como resultado quer dos meios de transporte quer de equipamentos coletivos ou pessoais que fazem parte das atividades profissionais, de lazer ou, mesmo, da vivência normal. O cidadão tem-se tornado, crescentemente, mais consciente do ruído que o rodeia nas suas atividades e vivências quotidianas. Aqui, o ruído dos transportes, nomeadamente ferroviário, revela-se determinante. As exigências de qualidade de vida requerem das autoridades locais uma vigilância apertada do ruído nos espaços habitados.

No entanto, a ferrovia foi, historicamente, a primeira infraestrutura de transporte mais ou menos massificado a ser implantada no território nacional. De facto, as grandes construções de vias férreas iniciaram-se mundialmente nos meados do Séc. XIX e apesar dos avultados investimentos requeridos, Portugal não foi alheio a esta revolução no transporte terrestre. A partir do final do Séc. XIX, com a

entrada ao serviço das várias vias férreas em território nacional (o troço da Linha do Sul I, entre Pinhal Novo e Setúbal, entra em exploração em 1861), rapidamente estes eixos se tornaram estruturantes do território. Novas áreas se expandiram a partir das zonas das estações (devido à maior mobilidade e acesso), consolidando-se um contínuo urbanístico em redor dos eixos ferroviários.

Isto implica que a via-férrea, como componente modificadora da paisagem sonora, faça parte de uma longa memória das populações. Se bem que se tenha registado alguma hostilidade no início (especialmente por questões de intrusão visual e paisagística), a assinatura sonora da via-férrea está definitivamente ancorada na memória das populações quer as que habitam na proximidade quer do público em geral.

Tal facto é corroborado pelos vários estudos sobre a relação dose-resposta entre o ruído gerado por meios de transporte e a incomodidade das populações nos quais é realçado o facto do ruído de tráfego ferroviário ser considerado como menos incómodo em relação ao ruído gerado por outros meios de transporte, como se pode observar na figura 1 (Ferreira, A., Bento Coelho, J. L. 2009, a partir de Miedema 2001).

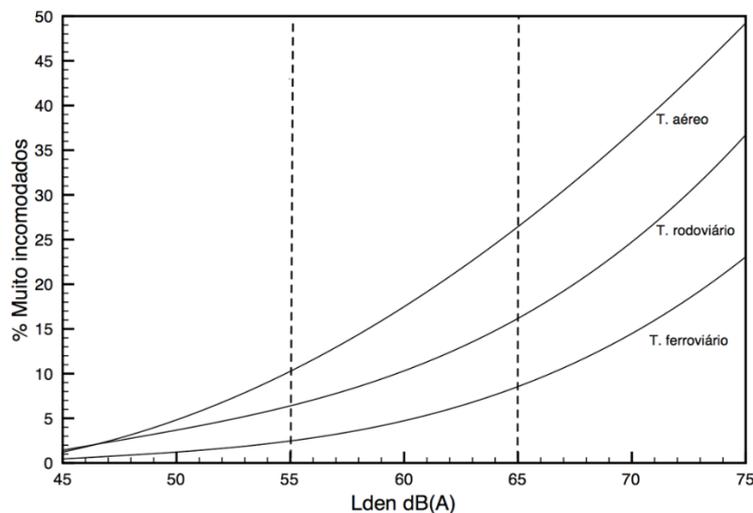


Figura 1. Percentagem de indivíduos “muito incomodados” para ruído de tráfego aéreo, rodoviário e ferroviário.

Embora estudos recentes apontem para a supressão deste “bonus” (em termos de ruído ferroviário) em determinadas condições específicas (alta intensidade de tráfego/percentagem de comboios de mercadorias), um estudo recente com base em inquéritos realizado pela SNCF (2018), atribui ao tráfego ferroviário 8% da incomodidade total devida ao ruído de transportes – em contraste com 67% para as rodovias e 14% para o tráfego aéreo.

A ferrovia é, apesar de tudo, considerada como um modo de transporte seguro, confortável e ecologicamente mais sustentável (menor consumo de energia e menor emissão de gases de estufa). No entanto, os problemas de ruído persistem e têm sido alvo de ações mitigadoras e de controlo e redução de ruído. A adoção destas não deverá colocar em causa a competitividade do transporte ferroviário, correndo-se o risco de anular os benefícios desta modalidade de transporte.

É todo este contexto que enforma o presente PA de Redução de Ruído para a GIF Linha do Sul I.

Este troço da Linha do Sul, que estabelece a ligação entre Campolide A e Setúbal, é uma via larga dupla com cerca de 49 km de extensão, apresentando oito estações intermédias (a partir da estação do Pragal). O traçado da Linha do Sul I divide-se em duas secções, com distintas quilometragens de referência: (i) entre Ponte Santana (pk 0+000) e a Estação de Pinhal Novo (pk 36+000), (ii) entre Pinhal Novo (pk 16+000) e a Estação de Setúbal (pk 28+000). O troço da Linha do Sul entre Ponte Santana e o pk 4+500 não é contemplado no âmbito do presente PA.

Refira-se que o troço entre Ponte Santana e Fogueteiro/Pinhal Novo, que atravessa o rio Tejo por meio da ligação ferroviária da Ponte 25 de Abril/Túnel do Pragal, é uma infraestrutura recente, tendo entrado ao serviço entre 1999 e 2003.

Na figura 2, pode-se observar duas das tipologias de comboios de passageiros que circulam nesta linha.



*Figura 2. Comboio UQE 3500 do operador Fertagus (esq.); comboio UTE 2240 do operador CP (dir.) (fonte: google).*

A Linha do Sul I é uma importante linha da Área Metropolitana de Lisboa, servindo zonas urbanas e suburbanas da Margem Sul do rio Tejo (Monte da Caparica, Corroios, Fogueteiro, Coina, Pinhal Novo e Setúbal) e estabelecendo ligação com outras linhas da rede ferroviária, no caso, a Linha de Sintra e a Linha de Cintura (em Campolide), a Linha do Alentejo (em Pinhal Novo) e diversos Ramais industriais como, por exemplo, o Ramal da Siderurgia Nacional e o Ramal da Autoeuropa.

O número médio de passagens por ano é de cerca de 55 270. Este valor traduz-se em aproximadamente 150 comboios por dia nos dois sentidos de circulação.

O valor do tráfego médio anual coloca a Linha do Sul I na categoria de Grande Infraestrutura de Transporte Ferroviário, segundo a definição do artigo 3.º “Definições” do Decreto-Lei n.º 146/2006.

Na Linha do Sul I circulam diversos tipos de comboios de passageiros. O material circulante dedicado ao serviço de passageiros consiste (i) nas UQE 3500 do operador FERTAGUS, que efetuam o serviço suburbano entre Roma-Areeiro e Setúbal, (ii) nas UTE 2240 do operador CP, que efetuam o serviço suburbano entre Barreiro e Praias do Sado (via Pinhal Novo) e que substituíram as composições UQE 2300/2400, (iii) nas composições com locomotiva elétrica da série 5600 e carruagens CORAIL/Sorefame do operador CP, que efetuam o serviço Intercidades entre Lisboa/Évora, Lisboa/Beja e Lisboa/Faro, e (iv) nos CPA 4000 do operador CP, que efetuam o serviço Alfa Pendular entre o Porto e Faro.

A tabela 1 resume algumas das características do material circulante de passageiros nesta via.

*Tabela 1. Características do material circulante de passageiros na Linha do Sul I.*

<b>Material circulante</b>	<b>Veículo</b>	<b>V max (km/h)</b>	<b>Nº bogies</b>	<b>Nº rodados</b>	<b>Tipo de freio</b>
Série 4000 (Alfa)	Automotora elétrica	220	12	24	100% Discos
Série 3500 (urbano)	Automotora elétrica (UQE)	140	8	16	Rodados motores: discos e cepos; Rodados livres: discos
Série 2240 (regional)	Automotora elétrica (UTE)	120	6	12	100% Discos
Série 5600 (intercidades)	Locomotiva elétrica	220	2	4	100% cepos
Carruagens CORAIL/Sorefame (intercidades)	Veículo rebocado	200	2 (livres)	4 (livres)	Discos e cepos nas rodas

Além das referidas composições, circulam neste troço da Linha do Sul, comboios de mercadorias, que efetuam transporte de mercadorias diversas (produtos químicos, produtos siderúrgicos, automóveis, cimento, areias). Estes são operados pelo operador MEDWAY (antiga CP Carga), o qual utiliza as

locomotivas elétricas da série 4700, bem como pelo operador Takargo Rail, o qual utiliza locomotivas *diesel*/elétricas da série 6000-Stadler.

De referir que, até à estação de Coina, o tráfego ferroviário é dominado pelo serviço suburbano entre Roma-Areeiro e Fogueteiro/Coina/Setúbal, efetuado pelo operador FERTAGUS, sendo que o serviço Alfa e Intercidades do operador CP segue, a partir do Pinhal Novo, para a Linha do Sul/Variante de Alcácer (Faro) e para a Linha do Alentejo (Évora, Beja). Entre o Pinhal Novo e Setúbal, o tráfego ferroviário predominante resulta do serviço suburbano entre Lisboa Sta. Apolónia (via travessia fluvial)/Barreiro e Praias do Sado, efetuado pelo operador CP, bem como do serviço suburbano entre Roma-Areeiro e Setúbal, efetuado pelo operador FERTAGUS.

Assim, na parte da Linha do Sul I entre Ponte Santana e Pinhal Novo, as composições do tipo UQE 3500 representam cerca de 87% do tráfego anual total da Linha do Sul I, com as composições CPA 4000 e 5600/CORAIL a representarem, respetivamente, cerca de 3% e 9% do tráfego total anual. As operações de carga são residuais nesta parte da linha, representando cerca de 1% do tráfego anual total.

Na parte da Linha do Sul I entre Pinhal Novo e Setúbal, as composições do tipo UQE 3500 representam cerca de 45% do tráfego anual total da Linha do Sul I, enquanto que as composições do tipo UTE 2240 representam cerca de 49% do tráfego total anual. As operações de carga, nesta parte da linha, representam cerca de 6% do tráfego anual total.

Em conclusão, no tráfego ferroviário total que circula na Linha do Sul I, predominam as composições dos serviços suburbanos, nomeadamente a série UQE 3500 (do operador FERTAGUS) e a série UTE 2240 (do operador CP).

No caso do ruído ferroviário, a fonte de ruído cuja contribuição normalmente se prefigura mais relevante é constituída pelo sistema de rolamento. O ruído de rolamento tem origem na interação do sistema roda-carril, devido às rugosidades (corrugação) criadas nas superfícies de contacto entre o rasto da(s) roda(s) e a cabeça do carril, sendo que a energia das vibrações geradas é, em boa parte, transmitida ao meio ambiente circundante sob a forma de re-radiação das ondas sonoras (ruído aéreo).

As características de vibração/oscilação do próprio carril também são determinantes para o nível de ruído total. A importância da contribuição do carril para o ruído total depende ainda da rigidez/resiliência dos sistemas de fixação do carril/travessa e das características do solo.

Em curvas do traçado com curvatura mais apertada (raio < 200 m), a interação do sistema roda-carril pode gerar ruído com acentuadas características tonais (entre 250 Hz e 5 kHz) designado como “*curve noise squeal*”.

A intensidade do ruído de rolamento depende da velocidade da composição ferroviária, sendo que um aumento para o dobro da velocidade corresponde a um acréscimo de cerca de 8-10 dB(A) do ruído de rolamento. Esta é a fonte de ruído dominante para velocidades entre 40 km/h e cerca de 250 km/h. A baixas velocidades (< 40 km/h) predominam outras fontes (tais como o ruído do sistema de tração térmica ou de sistemas de arrefecimento nas motorizações elétricas) e a velocidades superiores a 250 km/h predomina o ruído de origem aerodinâmica.

Note-se que nas linhas férreas geridas pela IP, a velocidade máxima permitida é de 220 km/h pelo que o ruído de origem aerodinâmica não se considera preponderante ou mesmo relevante. Dependendo de constrangimentos do traçado da Linha do Sul I, os patamares de velocidade permitidos variam entre 60 km/h e 200 km/h.

Os vários componentes do sistema roda-carril apresentam contribuições relativamente distintas para o ruído de rolamento total:

- Até cerca de 120 km/h, o carril é ligeiramente mais preponderante (+ 2 dB) em relação à roda, diminuindo de importância até esta velocidade; aqui a contribuição das emissões sonoras da roda e carril é mais ou menos equivalente;
- para velocidades superiores a 120 km/h a emissão sonora da roda torna-se ligeiramente mais preponderante (+2 dB).
- A energia de vibração das rodas concentra-se nas frequências superiores a 1500 Hz; a energia da emissão sonora do carril distribui-se por uma banda larga de frequências entre 250-1250 Hz enquanto as travessas contribuem com emissões sonoras em frequências inferiores a 400 Hz. A intensidade de vibração das travessas depende principalmente do grau de isolamento oferecido pelas palmilhas, o qual é fator direto da rigidez vertical das mesmas.

A totalidade das emissões sonoras resultantes das várias fontes acima mencionadas constituem o ruído devido à circulação ferroviária na Linha do Sul I. A consideração destes mecanismos é importante no sentido da otimização das intervenções para redução do ruído.

## 4. Metodologia do Plano de Ação

### 4.1. Princípios

Os Planos de Ação destinam-se, segundo a legislação aplicável, a definir ações e medidas de minimização de ruído no sentido de melhorar a qualidade do ambiente sonoro e de repor, tanto quanto possível e/ou razoável, os níveis vigentes de ruído ambiente dentro de limites estipulados. Estes limites referem-se, na legislação nacional, a zonas sensíveis e mistas, e consideram os distintos períodos de referência: diurno (entre as 7h00 e as 20h00), entardecer (entre as 20h00 e as 23h00) e noturno (entre as 23h00 e as 7h00).

O PA da Linha do Sul I tem por objetivo estabelecer um programa de atuação com vista à redução, controlo e gestão do ruído de origem ferroviária eliminando, tanto quando possível, conflitos com valores limite e ser conducente a uma melhoria geral do ambiente sonoro na área envolvente da GIF. Assim, o presente PA estabelece uma metodologia de intervenção faseada, com base nas tipologias de medidas de controlo de ruído e na análise de benefícios e de viabilidade técnica, operacional e económica. O faseamento é ditado tanto pelos benefícios a colher, como pela viabilidade prática da implementação.

Tal envolve (i) a análise de zonas, onde se verificam níveis sonoros excessivos em conflito com os valores limite estipulados na legislação aplicada sobre ruído ambiente, bem como a apreciação e a hierarquização de intervenções, (ii) a consideração de distintas tipologias de medidas de minimização de ruído, o estudo da sua viabilidade e correspondente eficácia e (iii) o faseamento das diversas ações preconizadas.

### 4.2. Metodologia geral

O presente PA resulta da avaliação da situação acústica na envolvente da Linha do Sul I (faixa lateral de 300 m de ambos os lados em relação ao eixo da via) patente nos mapas de ruído elaborados e da confrontação com os valores limite dos níveis sonoros expressos para aquele território (classificação acústica dos municípios em zonas sensíveis e mistas) bem como dos critérios de qualidade atualmente aceites a nível internacional e das boas práticas seguidas.

O MER da Linha do Sul I para os indicadores de ruído ambiente  $L_{den}$  e  $L_n$ , mostra as áreas geográficas expostas ao ruído ambiente, caracterizado em intervalos de níveis sonoros (normalizados de 5 em 5 dB(A)), delimitadas pelas diferentes curvas isofónicas.

Foram elaborados os mapas de conflitos para toda a envolvente da Linha, considerando as emissões sonoras incidentes e os valores limite correspondentes a cada zona patente na carta de classificação acústica do território e/ou disposições legais aplicáveis.

O grau de conflito é 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 os maiores graus de conflito.

As zonas que apresentam valores de conflito até 3 dB são normalmente 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 desta ordem de grandeza. Tais valores poderão, contudo, indiciar desvios marginais que devem ser vigiados.

Para valores de desvio (conflito com valor limite legal) superiores, são estudadas e desenvolvidas estratégias e medidas de controlo e redução de ruído.

São contabilizadas, para as zonas de intervenção, o número de residentes e de edificado com uso sensível ao ruído, expostos a níveis de ruído com valores de desvio superiores ao valor limite legal. Para o cálculo das populações expostas é efetuado o cruzamento dos dados de população por subsecção estatística do Censos 2011 considerando a população distribuída proporcionalmente pelo volume do edifício, para a fachada mais exposta ao ruído, de acordo com o exposto no ponto 4 “Cálculo da população exposta a partir dos mapas estratégicos de ruído” do documento “Diretrizes para Elaboração de Mapas de Ruído, Versão 3” de Dezembro 2011 da Agência Portuguesa do Ambiente. De notar, que ao atribuir toda a população residente num determinado edifício à fachada mais exposta, esta metodologia pode sobrestimar a quantidade de população de facto exposta ao ruído.

As medidas de redução de ruído são selecionadas utilizando os critérios de eficácia técnica e de razoável custo associado, seguindo as boas práticas de Engenharia Acústica, no sentido de reduzir a extensão das curvas isofónicas e, como tal, a exposição das populações ao ruído. As medidas são desenhadas no sentido de não interferir com a funcionalidade do funcionamento da infraestrutura ferroviária e tem em

conta a diversidade de *stakeholders* envolvidos (Gestor da Infraestrutura, Operadores/Concessionários, Municípios, Tutela).

## 5. Envolvente acústica da Linha do Sul I

### 5.1. Análise acústica

As áreas envolventes da Linha do Sul I apresentam, em termos gerais, características urbanas e suburbanas, existindo áreas com características rurais intercaladas com zonas industriais.

É de referir a existência, nesta linha férrea, de extensos conjuntos de barreiras acústicas, já contemplados nos MER e cuja implementação resulta de anterior estudo de controlo e redução do ruído. Estas apresentam diversas tipologias, sendo maioritariamente constituídas por painéis metálicos com revestimento absorvente acústico, existindo também barreiras em betão e com painéis em acrílico.

As áreas de cariz tipicamente urbano situam-se nas zonas da estação do Pragal, Corroios, Fogueteiro e Foros de Amora, bem como nas zonas de Pinhal Novo, Palmela e Setúbal. Trata-se de áreas habitacionais consolidadas, com uma densidade de ocupação média/elevada. Grande parte das construções correspondem a habitações unifamiliares ou prédios de habitação de altura variável, situando-se na envolvente próxima da linha-férrea, como se observa na figura 3.



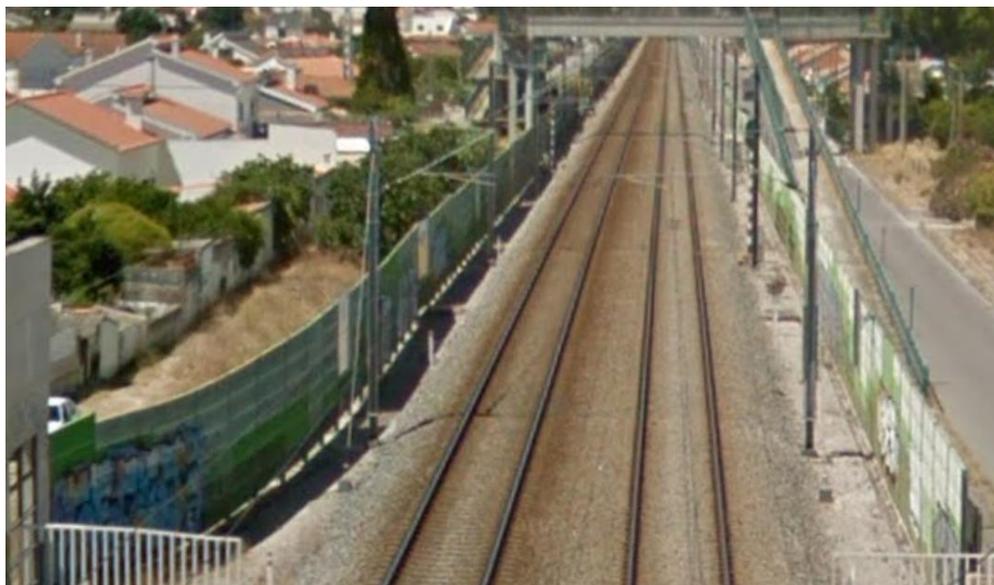
Figura 3. Envolvente da Linha do Sul I na zona de Corroios; podem-se observar as barreiras acústicas já existentes (fonte: google maps).

O troço entre Coina e Pinhal Novo apresenta, na envolvente da linha, uma mescla de áreas com cariz suburbano/rural e contendo atividades industriais, nomeadamente o complexo industrial da AutoEuropa. Grande parte do edificado sensível corresponde a habitações unifamiliares, relativamente dispersas, como se observa na figura 4.



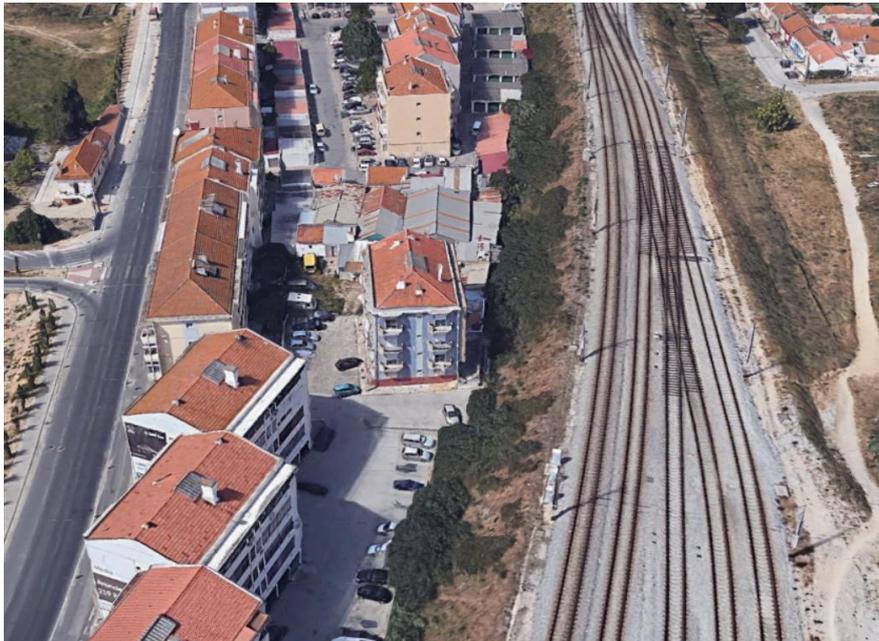
*Figura 4. Envolvente da Linha do Sul I, na zona de Penalva, entre Coima e Pinhal Novo (fonte: google maps).*

O troço entre Pinhal Novo e Setúbal percorre uma área onde se observam vários núcleos habitacionais (Venda do Alcaide, Palmela), intercaladas com áreas com características rurais. Os recetores sensíveis ao ruído, localizados na envolvente da linha, encontram-se genericamente protegidos por barreiras acústicas, tal como se pode observar na figura 5. O edificado é constituído, na sua maioria, por habitações unifamiliares.



*Figura 5. Envolvente da Linha do Sul I, com barreiras acústicas, em ambos os sentidos da linha, na zona de Venda do Alcaide (fonte: google maps).*

A linha tem o seu término na zona suburbana/urbana de Setúbal, em que grande parte das construções correspondem a habitações unifamiliares ou, em zonas mais urbanizadas, a prédios de habitação de altura variável, como se pode observar na figura 6.



*Figura 6. Envolvente da Linha do Sul I, em Pinheirinhos, na zona urbana de Setúbal (fonte: google earth).*

Em termos dos indicadores regulamentares, a análise do MER para a Linha do Sul I revela uma situação relativamente homogénea. Podem-se observar, em zonas sem existência de barreiras acústicas, valores do indicador  $L_{den}$  superiores a 65 dB(A) num corredor envolvente da linha-férrea que varia entre os 45 e 55 m de largura. Relativamente ao indicador  $L_n$ , podem-se observar níveis superiores a 55 dB(A) num corredor com uma largura variável entre os 55 m e os 75 m.

As linhas isofónicas encontram-se muito confinadas, com distâncias à via inferiores a 10 m, nas zonas com existência de barreiras acústicas, o que evidencia a eficácia das mesmas, em termos de proteção sonora providenciada às populações. Estas zonas incluem recetores sensíveis distribuídos pela envolvente da linha em Vale de Flor/Corroios, Fogueteiro, Foros de Amora, Penalva, Pinhal Novo, Venda do Alcaide, Palmela e Charafe/Setúbal.

Saliente-se que a envolvente da Linha do Sul I se encontra exposta ao ruído de tráfego rodoviário, proveniente de vias rodoviárias com traçados, por vezes, próximos à linha, as quais apresentam

importantes fluxos de tráfego rodoviário, como sejam a autoestrada A2, A38, A33, IC21 e a Estrada Nacional N10, bem como tráfego urbano mais localizado, como se pode observar na figura 7.



*Figura 7. Viaduto da Linha do Sul I e tráfego rodoviário local na zona do Fogueteiro. Note-se a existência de barreira acústica aplicada ao viaduto ferroviário (fonte: google maps).*

Todo este tráfego rodoviário, presente na envolvente da Linha, gera níveis sonoros bastante elevados nas suas proximidades. Deste modo, verifica-se uma importante concorrência, em termos de contribuições para o ruído ambiente global registado na área envolvente da Linha do Sul I.

## 5.2. Medidas já implementadas e em curso

O material circulante da série UQE 2300/2400, que efetuava o serviço urbano do operador CP entre Barreiro e Praias do Sado, foi, posteriormente à elaboração dos MER, substituído pelas composições UTE 2240. Estas, por sua vez, resultam de uma renovação profunda das composições das séries 2100 e 2200 do operador CP.

De facto, e tal como é apresentado no gráfico da figura 8, o qual ilustra a diversidade do material circulante atual, em termos de emissões de ruído aéreo, é possível observar dois grupos com magnitudes distintas em relação à composição UME 3400, considerada como “referência”, em termos de emissões de ruído aéreo, na medida em que exhibe valores de níveis sonoros bastante reduzidos, quando comparados com os níveis gerados pelo restante material circulante da ferrovia nacional. Os acréscimos

nos níveis sonoros, emitidos pelas diversas composições que circulam na ferrovia nacional, correlacionam-se com características específicas do material circulante, nomeadamente o sistema de frenagem (discos vs. cepos).

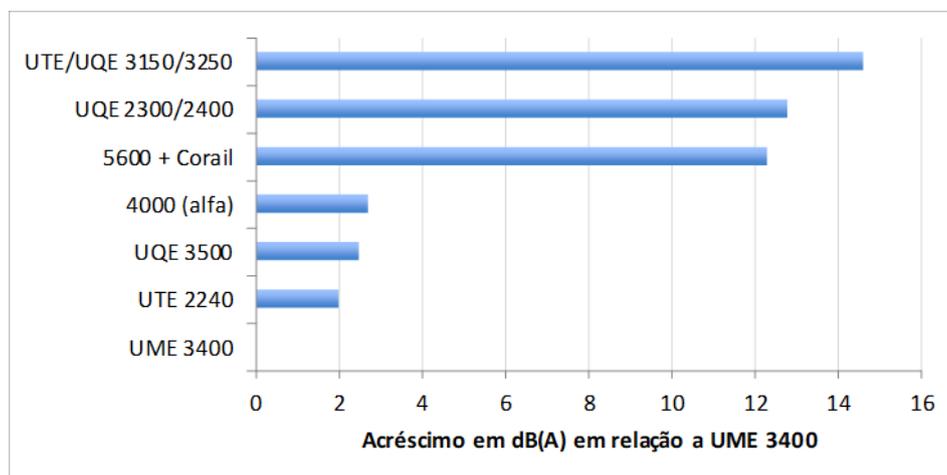


Figura 8. Gráfico ilustrativo dos acréscimos relativos, em termos de emissão de ruído aéreo, do material circulante de passageiros.

As composições modernizadas da série UTE 2240 sofreram profundas modificações, nomeadamente no sistema de frenagem, o qual passou a ser efetuado exclusivamente por discos. Este sistema, ao não atuar na mesa de rolamento da roda, previne efeitos de corrugação/degaste ondulatorio nesta, com benefícios notórios no que respeita ao nível de ruído de rolamento. Em contraste, a série 2300/2400 apresenta uma mistura de 50% discos e cepos, que atuam diretamente na roda, com conseqüente desgaste e corrugação da roda e, como tal, apresenta valores significativamente superiores de emissão de níveis sonoros, quando comparada com a série UTE 2240 que as veio substituir.

Esta substituição afigura-se, assim, como uma intervenção no material circulante com implicações nas emissões sonoras geradas pelo tráfego ferroviário total. Note-se que os benefícios desta substituição, em termos de emissões sonoras devido ao tráfego ferroviário, só são efetivos na parte da Linha do Sul I em que circulam as referidas composições, ou seja, entre Pinhal Novo e Setúbal.

A tabela 2 identifica a medida.

*Tabela 2. Medidas já implementadas na Linha do Sul I*

Designação	Início [pk]	Fim [pk]	Extensão [m]	Sentido	Descrição
<b>Intervenção no material circulante (comboios de passageiros)</b>	16+000 (Pinhal Novo)	28+000 (Setúbal)	12 000	Ambos os sentidos	Substituição das UQE 2300/2400 por UTE 2240

### 5.3. Mapas de conflito

Foi solicitada às Câmaras Municipais cujas áreas territoriais são percorridas pela GIF informação relativa ao zonamento acústico do Município sob a sua responsabilidade, o que corresponde à classificação do território pela(s) autarquia(s) em função da sua sensibilidade ao ruído – zonas sensíveis ou zonas mistas ou, objetivamente, sem classificação acústica, na determinação regulamentar.

A tabela 3 resume a informação utilizada, de acordo com os dados disponibilizados pelas respetivas Câmaras.

*Tabela 3. Classificação acústica da zona envolvente.*

Câmara Municipal	Classificação acústica envolvente da Linha	$L_{den}$ dB(A) valor limite	$L_n$ dB(A) valor limite
ALMADA	Zona Mista I / Zona Mista II	65 / 60	55 / 50
SEIXAL	Zona Mista / Zona Sensível	65 / 55	55 / 45
BARREIRO	Zona não Classificada	63	53
SESIMBRA	Zona não Classificada	63	53
PALMELA	Zona não Classificada	63	53
SETÚBAL	Zona não Classificada	63	53

Esta informação foi cruzada com a área geográfica da envolvente da Linha do Sul I, de modo a obter-se a informação relevante para o cálculo do respetivo mapa de conflitos. Foi, ainda, tido em conta que, tratando-se de uma grande infraestrutura de transportes, qualquer que seja a classificação atribuída pelo município, os limites estabelecidos no RGR apontam para valores limite de 65 dB(A) para o indicador de ruído ambiente  $L_{den}$  e 55 dB(A) para o indicador  $L_n$  como valores limite para as áreas vizinhas (entendida como uma vizinhança de 100 m) desta linha ferroviária.

A partir do MER da Linha do Sul I, procedeu-se à elaboração dos mapas de conflitos associados à classificação acústica territorial com base nas zonas sensíveis e mistas. Os mapas de conflitos permitem uma análise e quantificação cuidada dos desvios em relação aos limites legais e a elaboração de estratégias e intervenções com vista à sua minimização.

Os mapas de conflitos, para ambos os indicadores  $L_{den}$  e  $L_n$ , são apresentados nas figuras 9 a 18. Note-se que estes mapas transcrevem, sob forma gráfica, o diferencial entre as emissões sonoras incidentes e os valores limite correspondentes a cada zona. Assim, podem existir variações em função da classificação acústica do território, caso esta classificação (ou a sua ausência) varie em zonas fora dos limites da faixa de proximidade da via (100 m).

O código de cores utilizado em todas as figuras reflete a divisão entre os vários graus de conflito: 0 a 3 dB, 3 a 5 dB e superiores a 5 dB, providenciando uma visão global da hierarquização das intervenções.

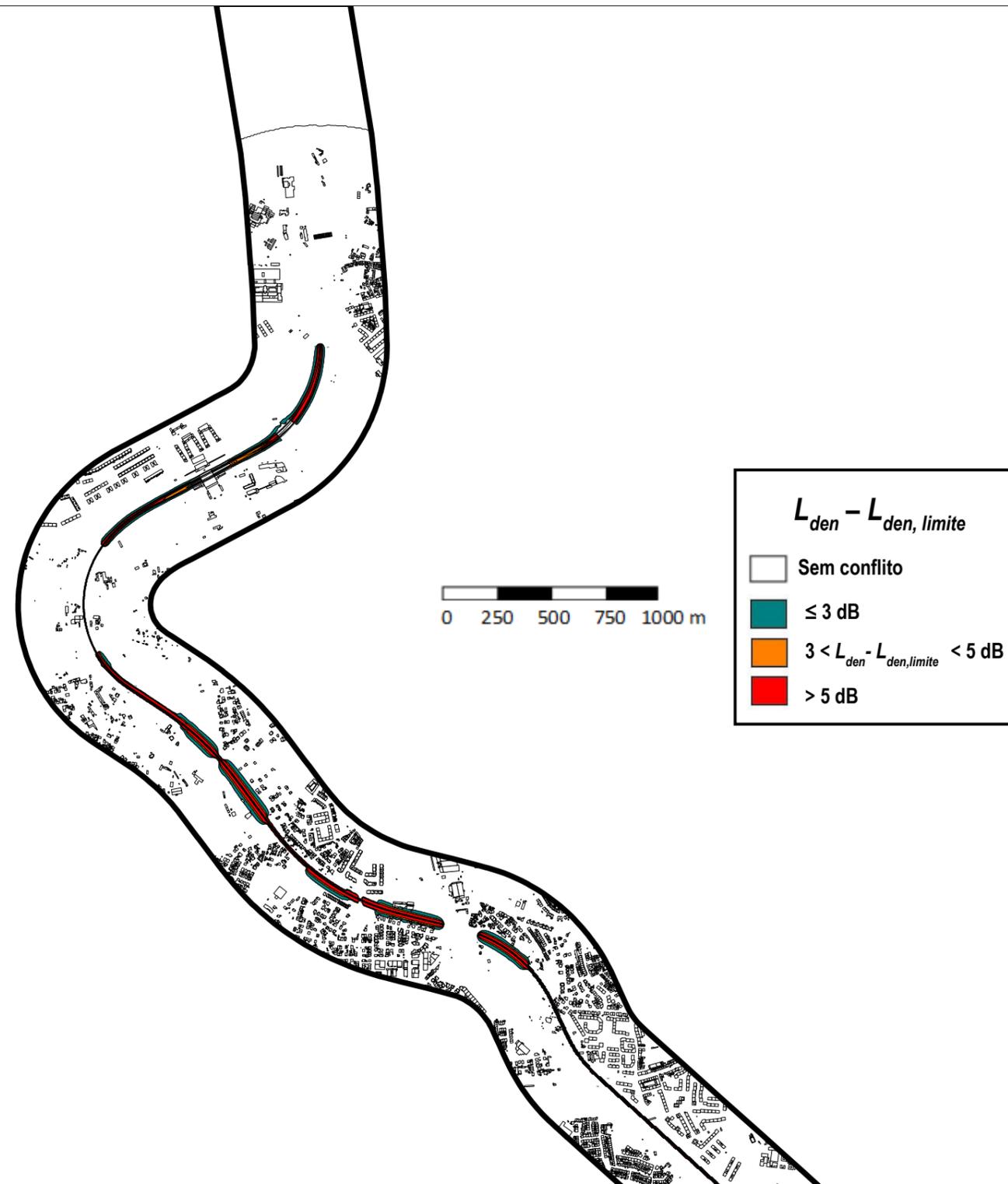


Figura 9. Mapa de Conflitos baseado nos MER da Linha do Sul I (Pragal - Corroios) e na classificação acústica territorial - Indicador  $L_{den}$

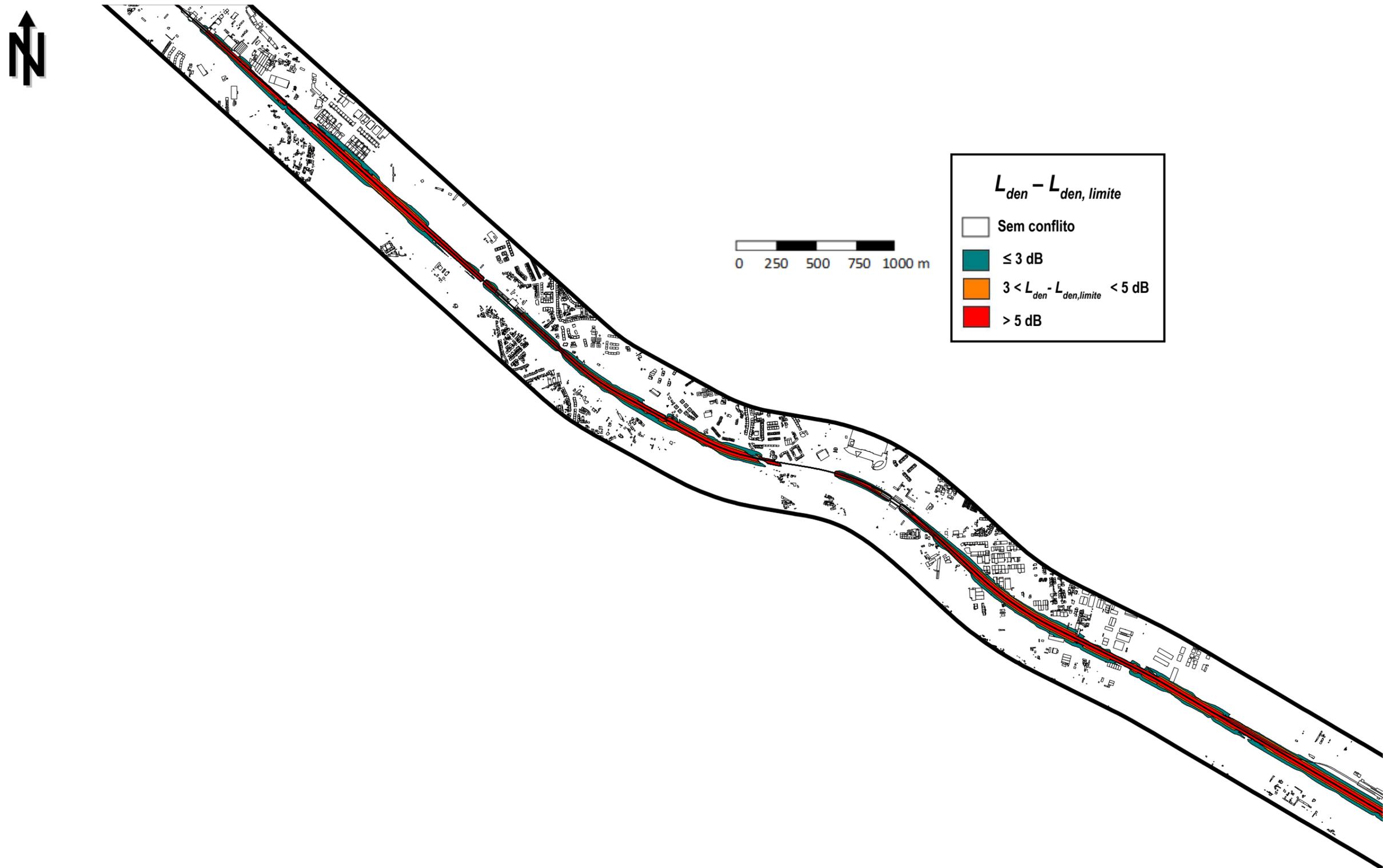


Figura 10. Mapa de Conflitos baseado nos MER da Linha do Sul I (Corroios – Coima/Fertagus) e na classificação acústica territorial - Indicador  $L_{den}$



Figura 11. Mapa de Conflitos baseado nos MER da Linha do Sul I (Coima/Fertagus - Penalva) e na classificação acústica territorial - Indicador  $L_{den}$

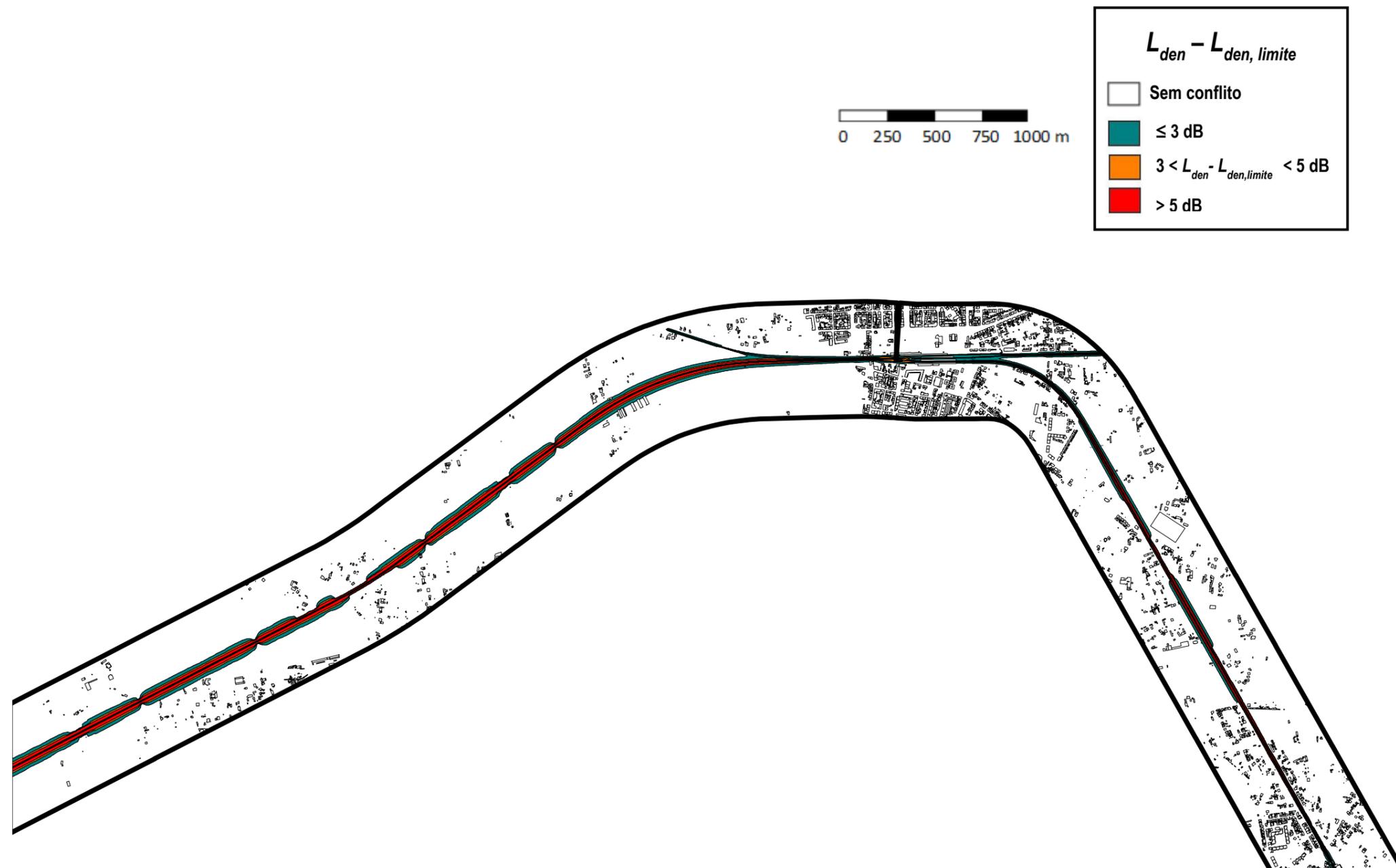


Figura 12. Mapa de Conflitos baseado nos MER da Linha do Sul I (Penalva – Venda do Alcaide) e na classificação acústica territorial - Indicador  $L_{den}$

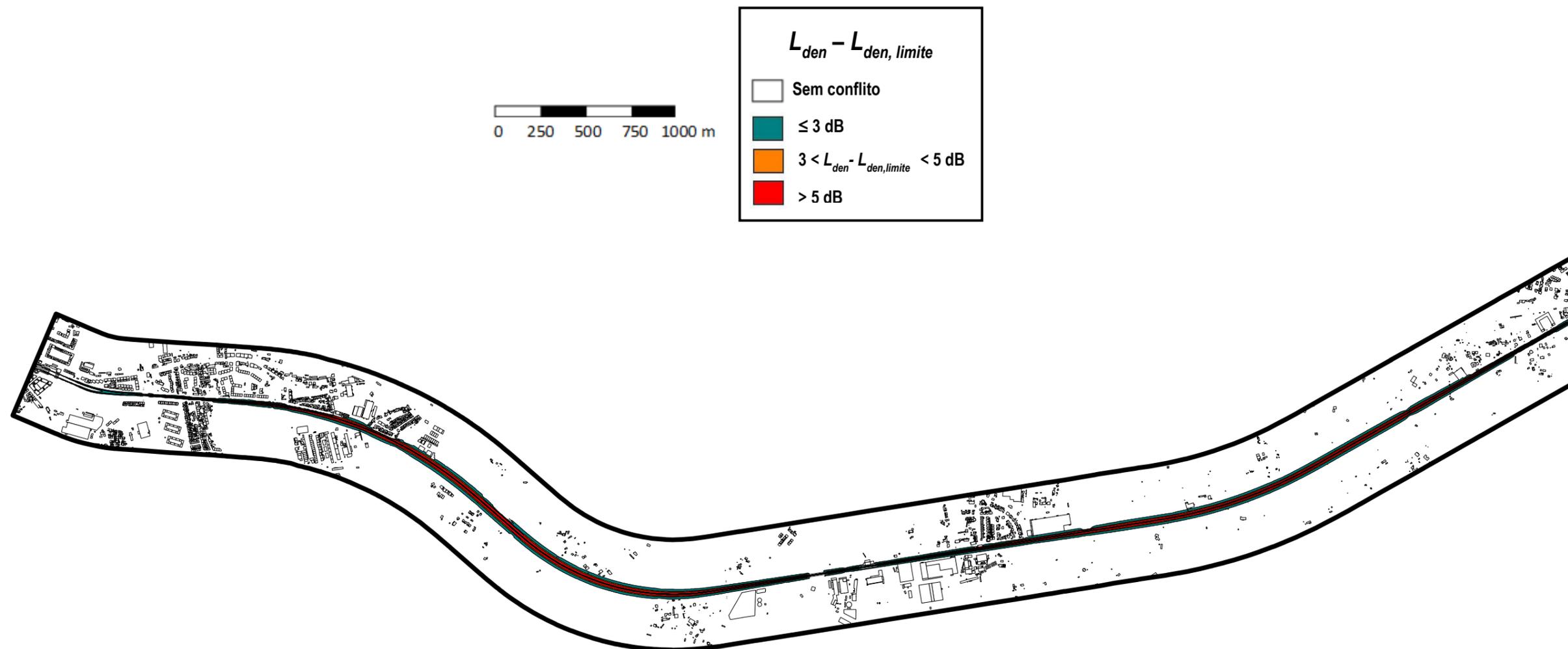


Figura 13. Mapa de Conflitos baseado nos MER da Linha do Sul I (Venda do Alcaide - Setúbal) e na classificação acústica territorial - Indicador  $L_{den}$

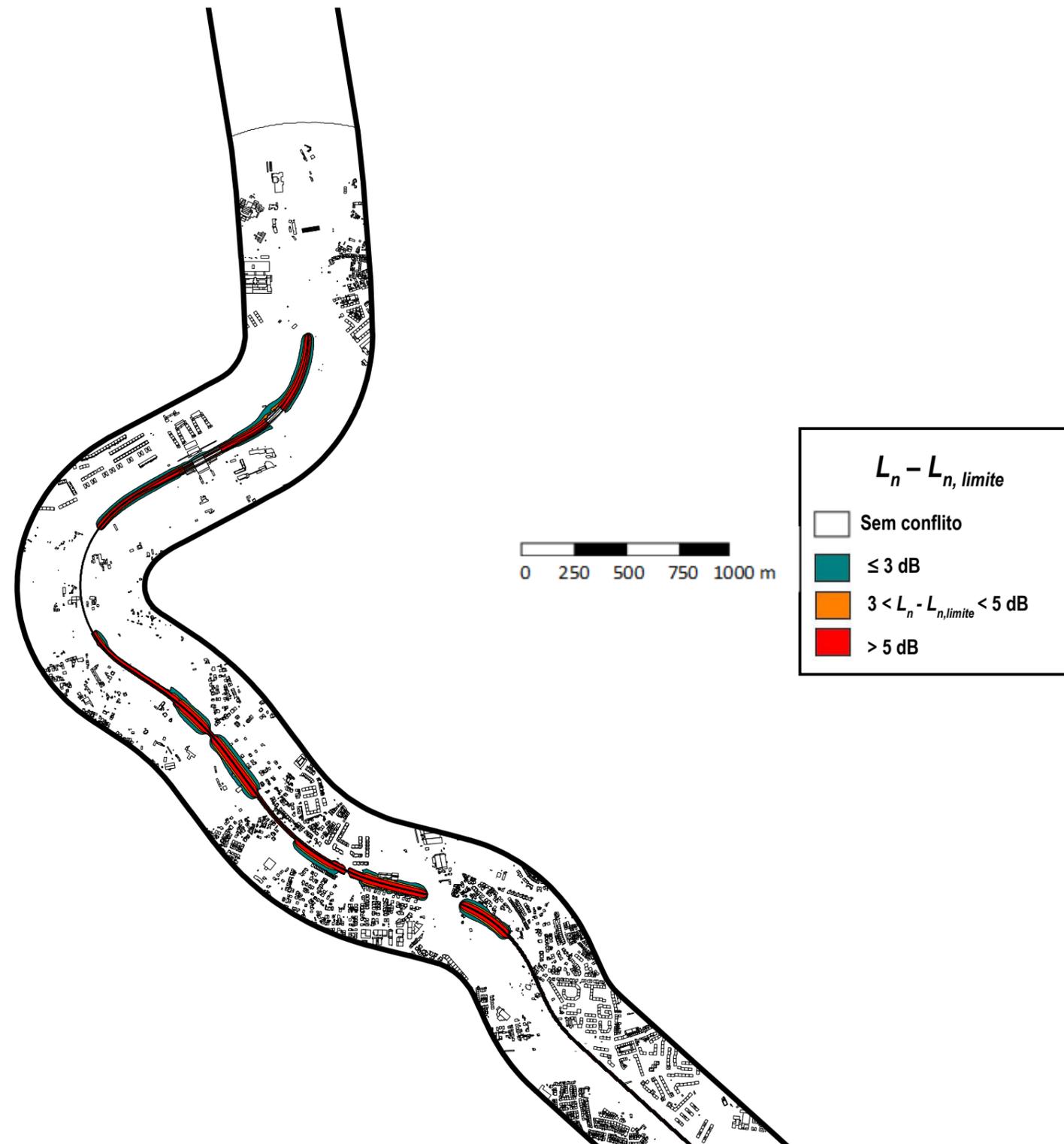


Figura 14. Mapa de Conflitos baseado nos MER da Linha do Sul I (Pragal - Corroios) e na classificação acústica territorial - Indicador  $L_n$

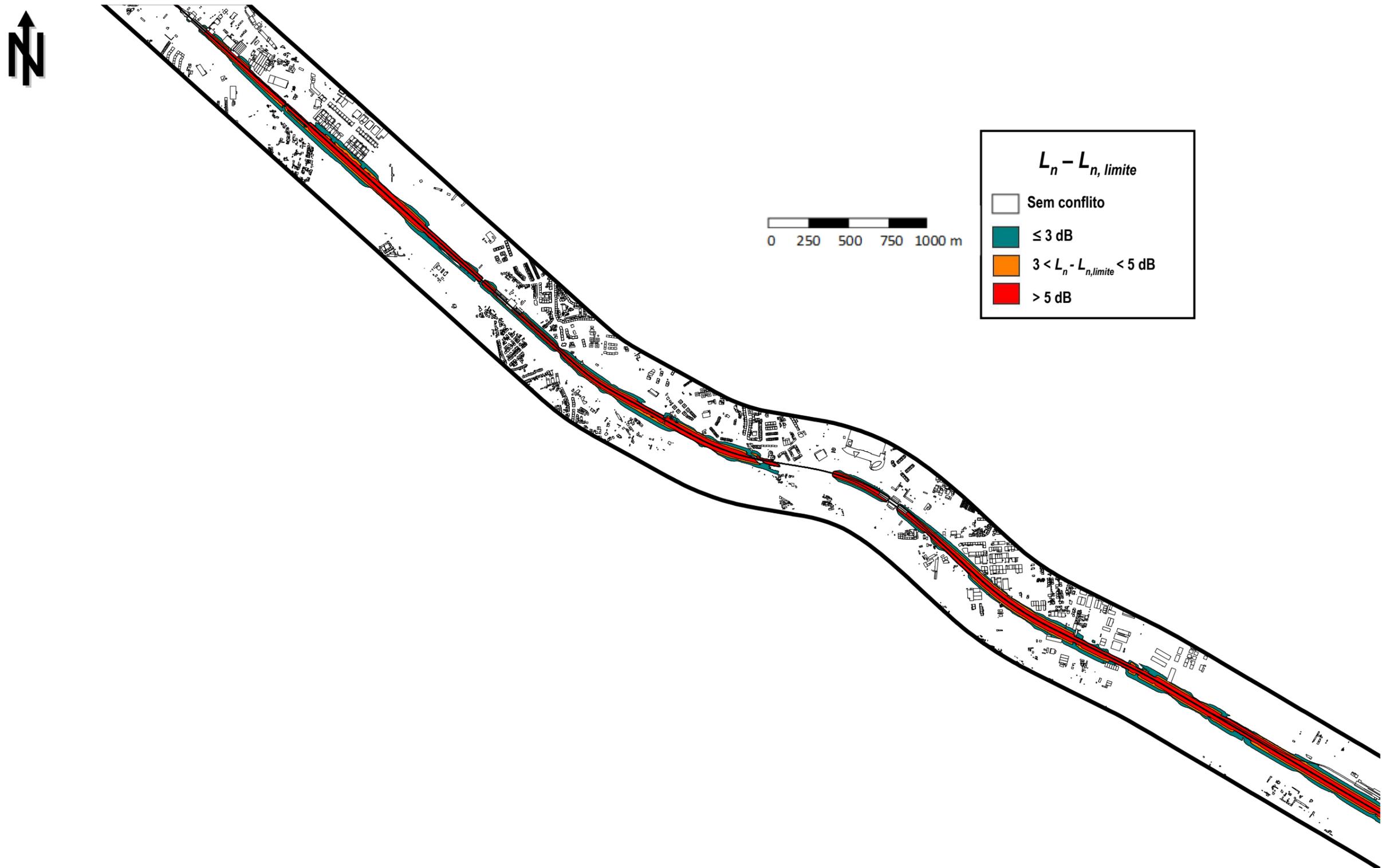


Figura 15. Mapa de Conflitos baseado nos MER da Linha do Sul I (Corroios – Coima/Fertagus) e na classificação acústica territorial - Indicador  $L_n$

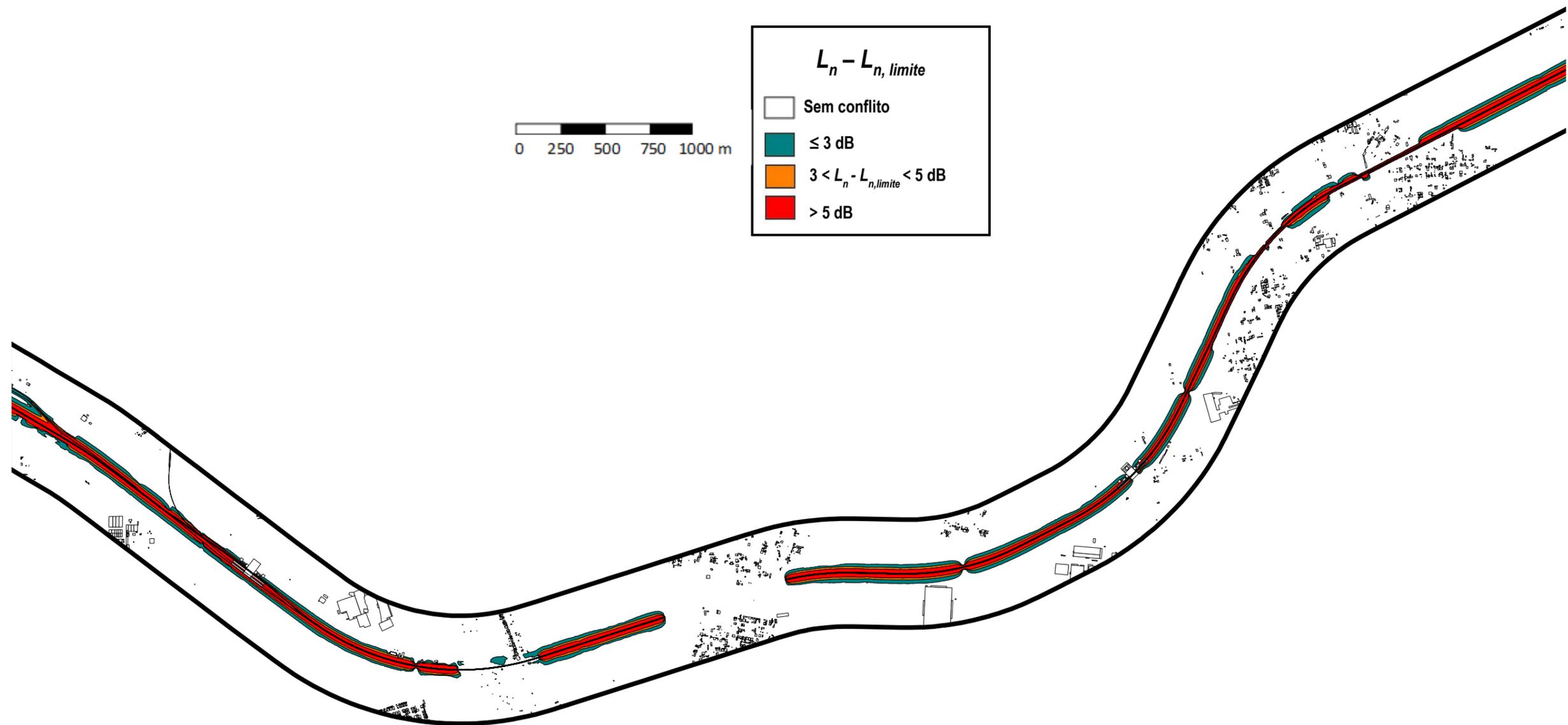


Figura 16. Mapa de Conflitos baseado nos MER da Linha do Sul I (Coima/Fertagus - Penalva) e na classificação acústica territorial - Indicador  $L_n$

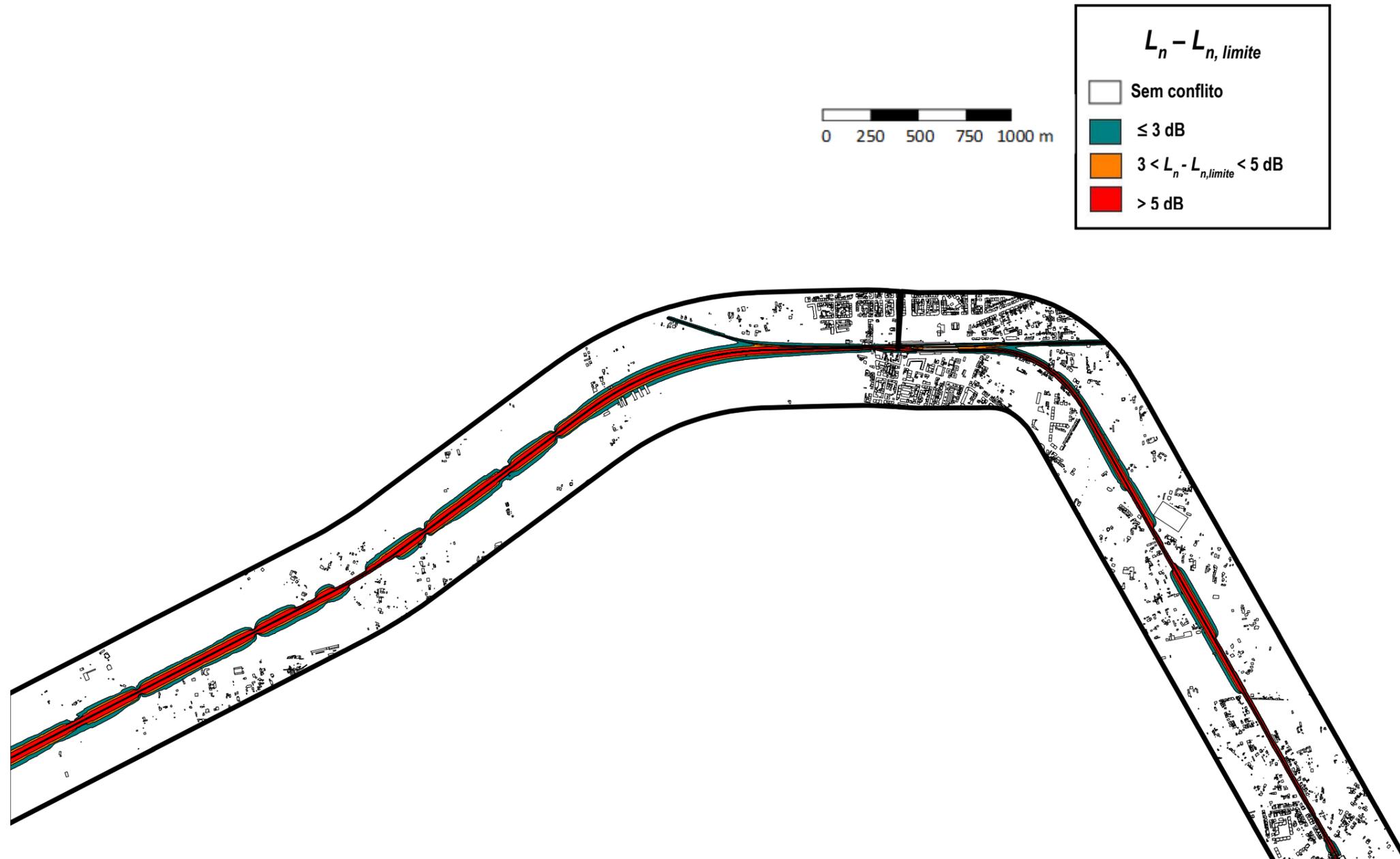


Figura 17. Mapa de Conflitos baseado nos MER da Linha do Sul I (Penalva – Venda do Alcaide) e na classificação acústica territorial - Indicador  $L_n$

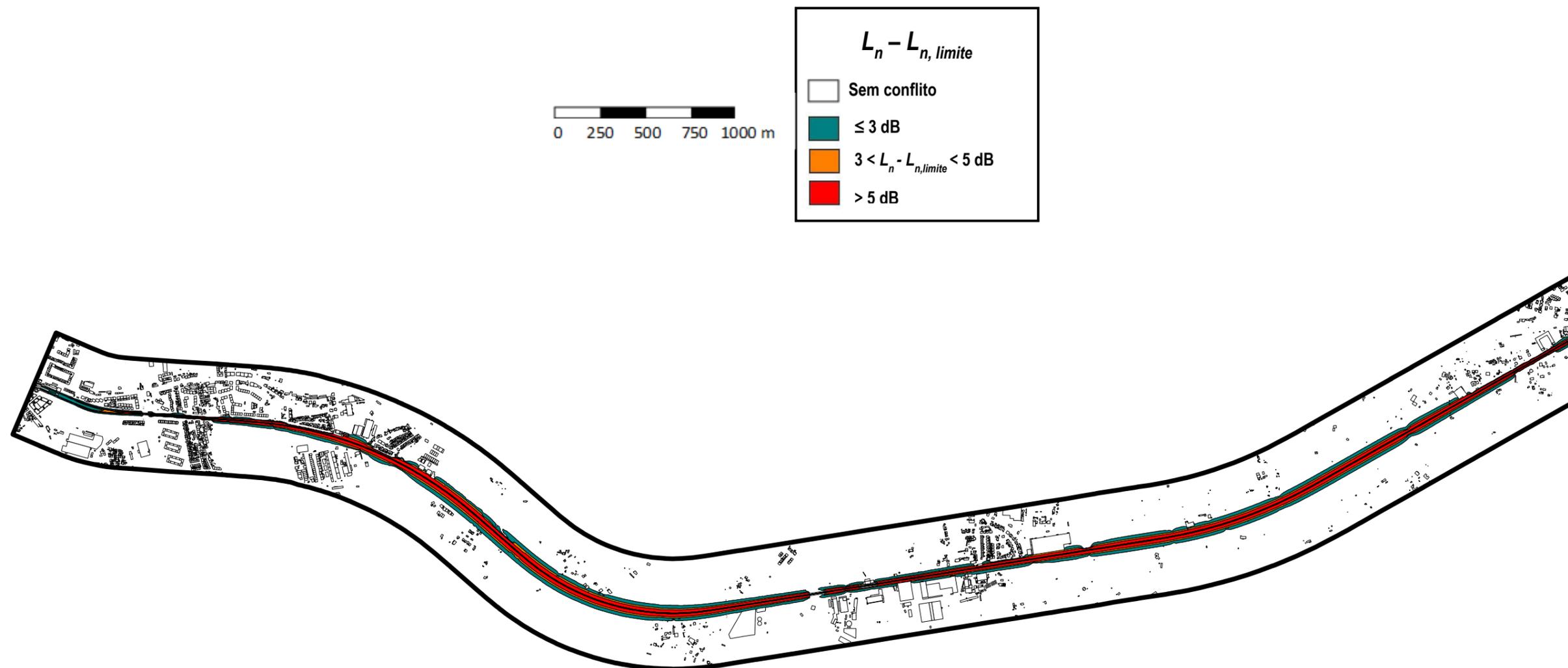


Figura 18. Mapa de Conflitos baseado nos MER da Linha do Sul I (Venda do Alcaide - Setúbal) e na classificação acústica territorial - Indicador  $L_n$

## 6. Ações para gestão e redução do ruído ferroviário

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 deve considerar uma combinação racional e integrada das diferentes tipologias de ações, numa perspetiva de abordagem equilibrada, conforme as boas práticas de engenharia acústica. 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 incomportáveis, 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 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.

Por outro lado, a redução de ruído na fonte é uma ação complexa que implica um bom conhecimento dos mecanismos de geração sonora. Numa primeira aproximação é necessário identificar a fonte ou mecanismo dominante de geração de ruído, tendo em conta que o ruído total de uma composição ferroviária em movimento será, naturalmente, o somatório das contribuições das diversas fontes de ruído em presença.

De modo a minimizar o ruído nas áreas envolventes de circulação ferroviária, podem considerar-se diversas estratégias de intervenção de controlo de ruído, com destaque para intervenções em várias componentes do ruído total, conforme esquematizado na figura 19.

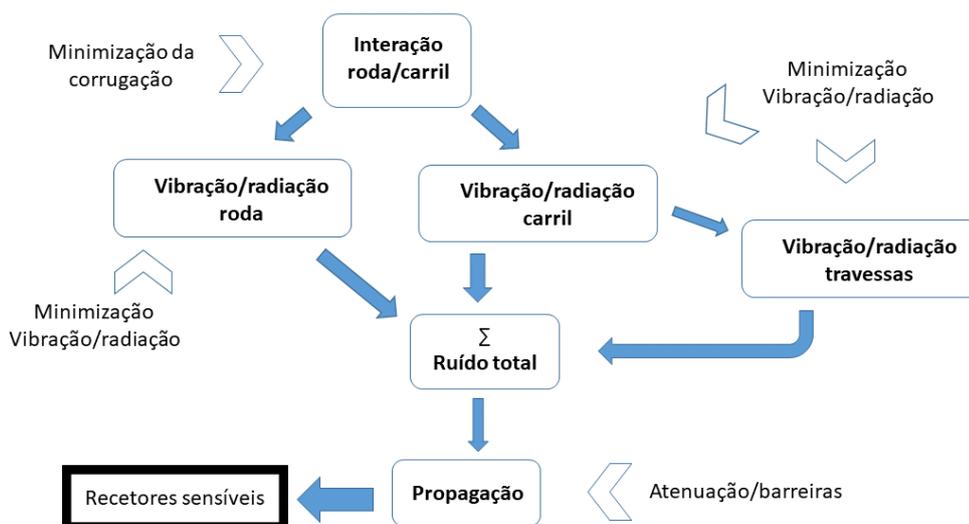


Figura 19. Componentes do ruído ferroviário e respetivas áreas de ação.

As soluções a adotar em cada caso são, naturalmente, função das situações e problemas concretos em presença, bem como dos objetivos a atingir. O sistema de propagação dos estímulos vibráteis do comboio é uma linha de transmissão complexa em que, quer a fonte (composição ferroviária), quer o transmissor (infraestrutura ferroviária, incluindo as travessas da linha), quer a carga (terreno em que se encontra instalada a linha ferroviária) desempenham um papel integrado.

As estratégias para a redução do ruído passam por criar perdas de transmissão no meio, tanto por introdução de uma qualquer solução atenuadora no sistema roda-carril (em qualquer das suas componentes), como por introdução de barreiras acústicas, dispositivos de atenuação de ruído interpostos no percurso de transmissão entre o emissor (linha ferroviária) e o recetor.

Finalmente, podem ser equacionadas intervenções no próprio recetor o que, em geral, implica o reforço do isolamento da fachada do edifício em causa. No entanto, esta medida é de delicada implementação tanto mais que embora reduza os níveis sonoros no interior de um edifício específico, em nada contribui, em contraste com as outras estratégias mencionadas, para uma redução global e generalizada do ruído ferroviário. Esta solução é apenas considerada no leque de soluções últimas ou de recurso.

As principais metodologias e soluções de controlo de ruído com interesse e de potencial aplicação no âmbito do PA de uma GIF podem então incluir:

### **Intervenções na linha**

- Renovação/beneficiação integral da ferrovia (RIV) com substituição da superestrutura;
- Soluções para minimização da vibração/radiação do carril
  - palmilhas/mantas resilientes;
  - minimização da corrugação do carril por meio de esmerilagem acústica;
  - atenuadores sintonizados/*tuned rail dampers* (atenuação da amplitude da vibração ao longo do carril, e logo da radiação sonora, idealmente nas bandas de frequências dominantes).
- Lubrificação de via/modificadores de fricção (*curve squeal noise*);

### **Intervenções no material circulante**

- O material circulante existente pode ser renovado ou substituído por composições renovadas/novas. Estas, em geral, apresentam substanciais reduções de emissão de ruído, devido a melhoramentos a nível das *bogies*, suspensões, freios e rodados.
- Minimização da corrugação das rodas por meio de esmerilagem acústica;
- Modificações no sistema de frenagem (cepos sintéticos K, L, e LL ou sistema de discos);
- rodas perfuradas com anéis de absorção;
- sistemas de absorção sintonizados;
- escudos de blindagem acústica nas rodas;
- modificadores de fricção/lubrificação embarcados (*curve squeal noise*).

### **Intervenções no percurso de transmissão sonora**

- Introdução de barreiras acústicas - dispositivos de atenuação sonora interpostos no percurso de transmissão. As barreiras acústicas são apenas eficazes para atenuação do mecanismo de transmissão por via aérea. O valor da atenuação sonora induzida pela interposição de uma determinada barreira acústica é função não só das suas características físicas como também da posição geométrica relativa entre os elementos intervenientes fonte - barreira acústica - recetor.

### **Manutenção/monitorização de medidas de minoração**

- As medidas de minoração do ruído, tantas as já existentes como aquelas a implementar decorrentes das propostas do presente PA, necessitam de um programa de verificação, monitorização e manutenção regular para garantir a conservação das suas características de perda de inserção ao longo da sua vida útil. As eventuais atividades corretivas de manutenção deverão ser calendarizadas e efetuadas, de modo a garantir a eficácia das medidas ao longo de todo o seu ciclo de vida.

### **Ações junto ao público**

- As medidas consideradas deverão ser contextualizadas numa visão global da gestão da incomodidade e eventuais perturbações sentidas pelas populações devido ao ruído ferroviário. Tal implica um planeamento de um conjunto de ações comunicacionais, de sensibilização e participação pública, que se destinam não só a gerir as emissões de ruído, mas igualmente a perceção do ruído pelas populações equacionada com as vantagens da vizinhança de uma infraestrutura de mobilidade de elevado valor para a vivência quotidiana.

A solução final otimizada revela-se, frequentemente, como resultante da combinação de diferentes alternativas combinadas. Através da acumulação de benefícios parcelares poderão conseguir-se benefícios significativos, a custos porventura razoáveis.

Algumas medidas terão um benefício a curto prazo, na medida em que os seus resultados se farão sentir quase imediatamente após a sua implementação, enquanto que a outras estarão associados benefícios que apenas serão quantificáveis a médio ou, mesmo, a longo prazo.

Como tal, é pertinente considerar um conjunto de ações de comunicação, sensibilização e até participação pública. Estas ações destinam-se não só a comunicar as medidas de minoração/gestão das emissões de ruído, a implementar pela gestora da linha férrea, mas igualmente a contextualizar a perceção do ruído pelas populações. Deste modo, a sensibilização das populações e a comunicação com elas assume um papel fundamental na perceção do ambiente sonoro. Não só as expectativas das populações têm de ser geridas pelos vários *stakeholders* envolvidos (Gestor da Infraestrutura, Operadores/Concessionários, Municípios, Tutela) como os cidadãos têm de entender que o ruído é parte integrante de um ambiente próximo de uma GIF, podendo ser entendido como um indicador da sua atividade e dinâmica económica, se adequadamente gerido.

## 7. Tipologia das soluções propostas

A situação atualmente existente na Linha do Sul I revela um conjunto de intervenções com implicações positivas nas emissões sonoras geradas pelo tráfego ferroviário total.

Estas intervenções compreendem: (i) barreiras acústicas, cuja implantação resulta de anterior estudo de controlo e redução do ruído ferroviário na Linha do Sul, e (ii) a substituição, pelo operador CP, do material circulante no troço entre Pinhal Novo e Setúbal, nomeadamente a substituição das composições da série UQE 2300/2400 pelas composições da série UTE 2240. Estas geram valores significativamente inferiores de níveis sonoros, quando comparadas com o anterior material circulante.

A combinação destas intervenções oferece já um eficaz grau de proteção às populações expostas ao ruído com origem ferroviária, eliminando situações de conflitos com graus de desvio superiores a 3 dB em relação aos valores limite. Este facto corrobora os benefícios das ações de minimização do ruído implementadas no âmbito do anterior trabalho e posteriores, validando a sua eficácia, nas atuais condições operacionais da Linha do Sul I (volume de tráfego, tipologia de comboios, perfis de velocidades).

Como tal, a estratégia do presente PA orienta-se no sentido de manter a vigilância e monitorização sobre o ruído resultante da circulação ferroviária nesta linha, não descurando ações diretas na fonte/via férrea que contribuam para o controle dos níveis sonoros gerados por tal circulação. Neste sentido, propõe-se a execução de um programa regular de esmerilagem da via, de modo a minimizar o desgaste ondulatório do carril. Esta medida tem, como objetivo, a redução preventiva dos níveis sonoros gerados pela circulação ferroviária, nomeadamente o ruído de rolamento.

Para além desta medida, o plano contempla, ainda, ações de

- (i) verificação e monitorização das medidas existentes,
- (ii) manutenção de soluções de redução de ruído, conforme apropriado, e
- (iii) comunicação com o público em geral e com os *stakeholders*.

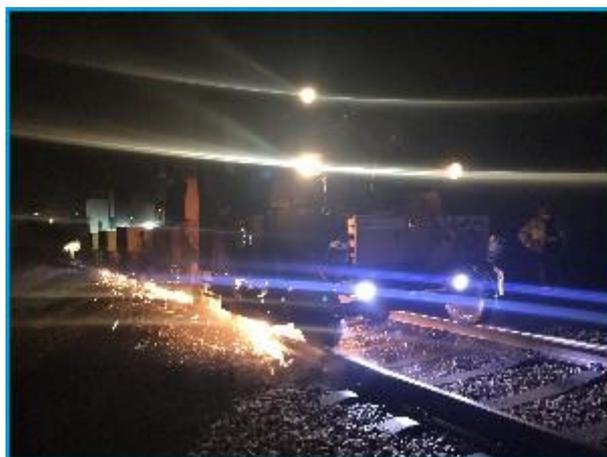
As medidas propostas encontram-se detalhadas de seguida.

### ***Intervenção na linha: esmerilagem do carril***

Sob a ação das cargas dinâmicas das várias composições ferroviárias, a cabeça do carril desenvolve vários tipos de desgaste, um dos quais, o desgaste ondulatorio ou corrugação, é maioritariamente responsável (juntamente com a corrugação da roda) pelo ruído de rolamento emitido.

A metalurgia do carril, dinâmica da via, *mix* de velocidades, cargas dinâmicas e forças de tração, todas parecem ter um efeito no aparecimento do fenómeno de corrugação. Não é realista monitorizar todas estas influências pelo que, a monitorização é efetuada por métodos indiretos (acústicos) e diretos (ao longo da cabeça do carril com equipamento especializado).

A esmerilagem preventiva/corretiva da via férrea (ver figura 20), a ser efetuada de um modo regular, é considerada como uma boa prática de manutenção, permitindo um bom contacto entre a roda/carril e impedindo o agravamento dos defeitos do carril que inevitavelmente decorrem da utilização normal e regular de uma via-ferrea.



*Figura 20. Esmerilagem de carris (fonte: [www.fergrupo.pt](http://www.fergrupo.pt)).*

A esmerilagem acústica, com menores tolerâncias do que uma esmerilagem corretiva “normal”, é efetuada com um sistema embarcado de discos rotativos e acabamento com esmeril de banda contínua, a baixa velocidade (< 15 km/h).

A corrugação cresce no tempo e torna-se necessário uma planificação de ação regular de esmerilagem, como é sugerido na figura 21.

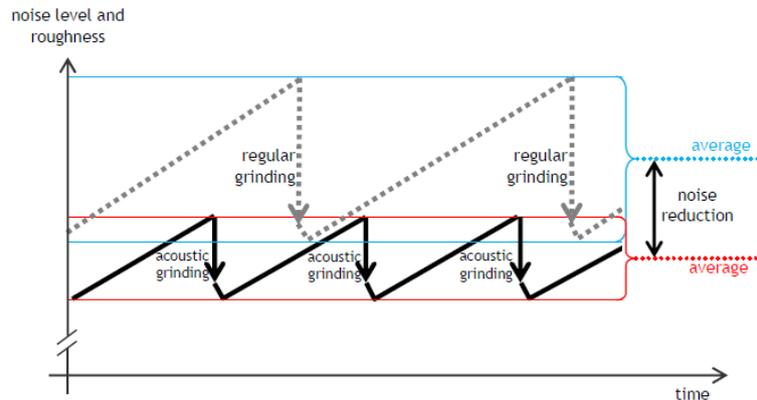


Figura 21. Efeito da esmerilagem de manutenção e da esmerilagem acústica em função do tempo (fonte UIC).

A experiência dos Gestores de Infraestrutura SBB (Suíça) (Scossa-Romano, E., Oertli, J., 2012) e NS (Países Baixos) (Dings, P. C., Dittrich, M. G., 1996), sugere que:

- O efeito máximo de redução do ruído emitido pelo sistema roda/carril proporcionado pela esmerilagem acústica mantém-se durante cerca de quatro semanas. A corrugação aumenta ao longo do tempo com a normal utilização da via.
- Para manter os carris com o mínimo de corrugação/desgaste ondulatório são recomendados intervalos entre 2 a 4 anos para ações de esmerilagem, dependendo do *mix* de material circulante e velocidades praticadas.

Assim, em caso de esmerilagem de carril que apresente um elevado grau de desgaste ondulatório/corrugação, são admitidas reduções da ordem dos 15 a 10 dB(A) com a utilização de composições com frenagem exclusivamente de discos. Para composições com frenagem com cepos sintéticos L ou LL, os ganhos são da ordem dos 10 a 5 dB(A). Finalmente, para composições com frenagem efetuada por cepos normais, a ação de esmerilagem não é tão eficaz, podendo-se assumir ganhos da ordem dos 3 dB(A) ou inferiores.

Note-se que as dimensões do desgaste ondulatório/corrugação relevantes para o ruído de rolamento são da ordem dos 5 aos 500 mm. Corrugação de nível inferior, apelidada de micro-corrugação, é importante para a própria aderência do sistema roda-carril (Thompson, 2009). A existência de corrugação de magnitude apreciável na cabeça do carril, negará o efeito, em termos de emissões sonoras, de um sistema de frenagem por discos, o qual ao não atuar na superfície de contacto da roda, mantém-na em bom estado. De facto, a combinação de uma roda apresentando baixa corrugação, na sua superfície de contacto, com um carril com elevada magnitude de corrugação pode majorar em cerca de 7 dB as

emissões sonoras do sistema roda/carril. Isto em comparação com a situação em que ambos (superfície de contato da roda e cabeça do carril) apresentem valores de corrugação reduzidos (Thompson, 2009).

Tal pode ser observado, a título ilustrativo, na figura 22, a qual apresenta resultados previsionais dos diferentes níveis de ruído de rolamento emitidos por composições ferroviárias com frenagem de discos, mas em função do grau de desgaste ondulatorio da cabeça do carril, a partir do método previsionial de ruído ferroviário CNOSSOS (2012). Para esta simulação, consideraram-se dois carris representativos de duas situações: carril com manutenção regular e magnitude de corrugação pouco elevada e carril apresentando uma magnitude de corrugação elevada e com pouca manutenção. Ambos são combinados com rodas pertencentes a composições com frenagem por discos. A distância à via considerada foi de 7,5 m e a velocidade das composições normalizada a 120 km/h.

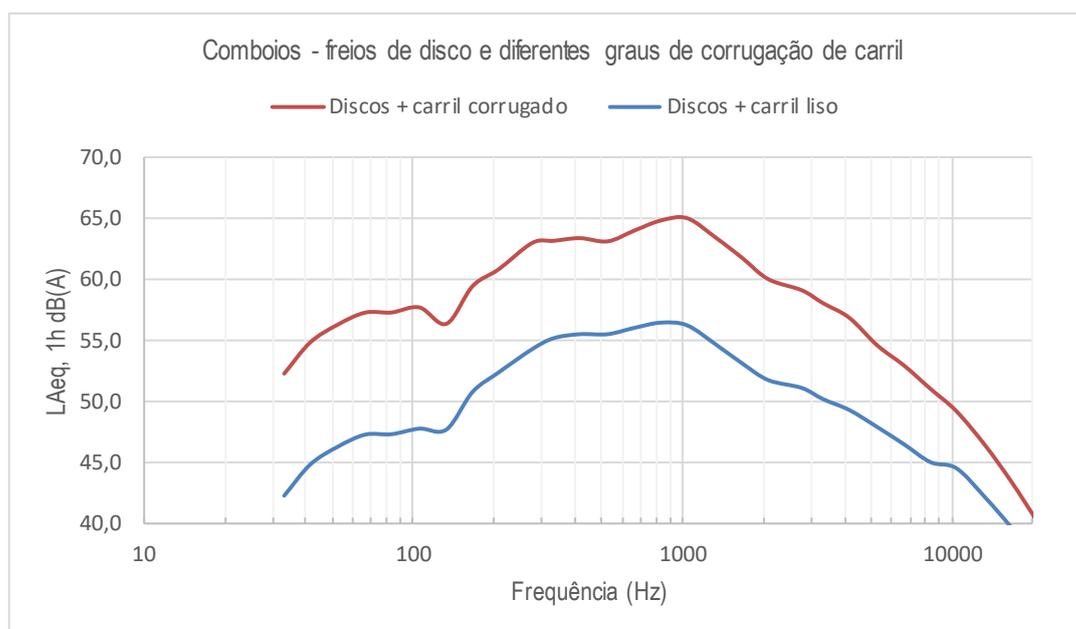


Figura 22. Diferentes níveis sonoros de emissão em função da frequência e para diversos graus de corrugação do carril (CNOSSOS, 2012).

Os valores totais obtidos para o ruído de rolamento das composições (a 7,5 m) são de 74 dB(A), para o sistema de frenagem por discos, com carril apresentando elevada magnitude de corrugação e 66 dB(A) para o sistema de frenagem por discos, mas com carril apresentando baixa magnitude de corrugação. As diferenças estimadas pelo modelo são da ordem dos 7 a 8 dB.

Os benefícios (ou seja, reduções), nas emissões de ruído aéreo, encontram-se bem estabelecidos e confirmados (Thompson, 2008, 2009, 2014; Grassie 2012; Scossa-Romano 2012; Tumavice 2017).

A magnitude da corrugação aumenta no tempo devido à utilização normal da via. Visto existir uma correlação direta entre a magnitude do desgaste ondulatório e os níveis sonoros emitidos pelo conjunto roda/carril, as ações de esmerilagem corretiva do desgaste ondulatório de carris deveriam ser efetuadas com alguma regularidade e inseridas em programas de manutenção das medidas de minoração.

Tal garantiria os benefícios oferecidos por este tipo de intervenção, em termos de redução do ruído de rolamento. Esta ação de manutenção periódica é sugerida para a totalidade da extensão da Linha do Sul I.

### **Outras ações e intervenções**

Deverão ser consideradas medidas que se revelam importantes, a médio e a longo prazo, para a eficácia real e percebida das mesmas, tal como a elaboração e execução de programas regulares de manutenção/monitorização das medidas de minoração implementadas e de ações a desenvolver junto ao público, de modo a promover a *goodwill*.

Os programas de verificação, monitorização e manutenção das medidas de controlo de ruído permitirão mantê-las em bom estado de funcionamento e garantir a manutenção dos graus de perda de inserção projetados. As ações de verificação justificam-se pela exposição das medidas às grandes variações de cargas dinâmicas e às condições meteorológicas exteriores em cada local.

O programa aplicado às barreiras acústicas deverá verificar a consistência da sua instalação, nomeadamente os seus pontos fracos em termos de isolamento sonoro como sejam as junções dos painéis com perfis ou entre painéis (se se tratar de barreira modular de painéis). Estas juntas são normalmente equipadas com materiais do tipo *neoprene* que se degradam com o tempo e com a exposição aos elementos atmosféricos. Tal degradação pode criar pontes fónicas que irão comprometer seriamente os valores de atenuação sonora que foram projetados. Esta ação de monitorização revestirá a forma de visita técnica e observação e análise pericial no sentido de identificar as juntas e eventuais painéis que necessitem de ser substituídos. A ação não necessita de incluir quaisquer ensaios de acústica. Dado o alargado tempo de vida previsto para este tipo de solução (nunca inferior a 15-20 anos) julga-se suficiente a implementação do programa em cada ciclo de cinco anos.

As ações comunicacionais podem incluir (i) a comunicação direta com o público em geral, não só para informar sobre intervenções na via relevantes para a minoração do ruído, e (ii) a manutenção da circulação de informação entre os vários *stakeholders* (operadores, câmaras, público).

## 8. Intervenções

### 8.1 Soluções

Procedeu-se a uma análise exaustiva da globalidade da envolvente da linha no sentido de estimar o número de pessoas e o número de edifícios expostos às diferentes classes regulamentares de níveis sonoros.

Não foi identificada qualquer população residente nem edificado com uso sensível exposto a níveis sonoros excessivos, nomeadamente na classe de maior conflito (> 5 dB) ou na classe de conflito intermédio (entre 3 e 5 dB).

Na classe de menor conflito ( $\leq 3$  dB), foi estimada a existência de cerca de 78 residentes, distribuídos por 41 edifícios.

Estes resultados são apresentados nas tabelas 4 e 5.

*Tabela 4. – População residente (em unidades) exposta às três classes de conflito, para a situação existente na Linha do Sul I.*

ID Zona	Município	Início / fim (pk)	Situação Existente		
			Popul. exist $\leq 3$ dB	Popul. exist $> 3 - \leq 5$ dB	Popul. exist. $> 5$ dB
-	Almada	4+500 / 36+000 (Ponte Santana / Pinhal Novo)	78	0	0
	Seixal				
	Barreiro				
	Sesimbra	16+000 / 28+000 (Pinhal Novo / Setúbal)			
	Palmela				
	Setúbal				
Totais parciais			78	0	0
Totais globais			78		

Tabela 5. Número de edifícios, com usos sensíveis ao ruído, expostos às três classes de conflito para a situação existente na Linha do Sul I

ID Zona	Município	Início / fim (pk)	Situação Existente		
			Edif. exist ≤ 3 dB	Edif. exist > 3 - ≤ 5 dB	Edif.exist. > 5 dB
-	Almada	4+500 / 36+000 (Ponte Santana / Pinhal Novo)	41	0	0
	Seixal				
	Barreiro				
	Sesimbra	16+000 / 28+000 (Pinhal Novo / Setúbal)			
	Palmela				
	Setúbal				
Totais parciais			41	0	0
Totais globais			41		

Estes números bastante baixos são consequência das intervenções para o controlo/redução de ruído já efetuadas na Linha do Sul I, nomeadamente a extensa implementação de barreiras acústicas e a intervenção no material circulante (substituição da série UQE 2300/2400 pela série UTE2240, por parte do operador CP), as quais, em conjunto, oferecem um eficaz grau de proteção sonora às populações expostas ao ruído com origem ferroviária.

A população residente, estimada para a classe de vigilância ( $\leq 3$  dB), de 78 pessoas, representa uma percentagem extremamente reduzida (0,2%) da população total (cerca de 38 000 pessoas), que se calcula que resida na envolvente estudada da Linha do Sul I.

Por outro lado, esta população identificada encontra-se exposta a níveis sonoros que, em média, superam os valores limite regulamentares em 0,8 dB, com um desvio padrão de 0,5 dB e um valor máximo de cerca de 1,6 dB. Estes valores representam desvios marginais sem significado, situados na banda inferior da margem de erro, mas que, no entanto, devem ser vigiados.

Assim, o presente PA constitui-se como um instrumento de vigilância, fiscalização e manutenção da situação existente na envolvente da Linha do Sul I, apresentando-se, na tabela 6, o resumo das intervenções/medidas propostas.

*Tabela 6. Tipologia e eficácia das medidas propostas.*

Soluções	Grupo	Intervenção	Medida de redução de ruído	Eficácia esperada
<b>Métodos diretos</b>	Na fonte	Linha	Esmerilagem acústica: (carril com manutenção regular)	Até 5 dB(A)
<b>Métodos indiretos</b>	-	Verificação/ Monitorização de medidas	-	-
	Gestão de incomodidade	Comunicação com o público Informação de ações desenvolvidas	-	-

## 8.2 Informações financeiras

Não é apresentada estimativa de valores financeiros, correspondente às medidas consideradas, nomeadamente a esmerilagem da via, por não se dispor de informação.

Para o programa de verificação e monitorização das barreiras acústicas estima-se um valor, para os cinco anos do plano, de cerca de 4 500€.

O valor apresentado será acrescido de Imposto de Valor Acrescentado (IVA) à taxa legal vigente na altura.

## 9. Planeamento das ações

### 9.1 Hierarquização temporal

As obrigações decorrentes do atual enquadramento legal levaram a IP a elaborar os MER da GIF Linha do Sul I com o objetivo de dispor de um diagnóstico da situação acústica existente. O PA define um conjunto de ações concertadas para uma melhoria continuada e sustentada do ambiente sonoro na envolvente desta GIF. 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 sequências de operação bem como pelos resultados de novas avaliações, tendo em conta o curto prazo (cinco anos) do plano.

Não tendo sido identificada, no âmbito do presente PA, população residente exposta a níveis sonoros superiores em 3 dB ou mais aos limites estipulados para os indicadores de ruído ambiente regulamentares  $L_{den}$  e  $L_n$ , o PA constitui-se principalmente como instrumento de vigilância e controlo da situação existente.

O período de cinco anos do plano poderá ser dividido em duas fases: a primeira correspondente aos primeiros três anos e a segunda aos dois anos subsequentes. Nesta segunda fase, será realizado o próximo diagnóstico, através da execução do MER atualizado.

Na primeira fase, nos primeiros três anos após a aprovação do PA, serão executadas ações de verificação e monitorização das medidas de controlo de ruído já implementadas, bem como ações de sensibilização e informação sobre o ruído para a comunidade em geral.

A segunda fase, correspondente aos dois anos seguintes, compreenderá as seguintes ações:

- a) Implementação de programa de esmerilagem periódica dos carris.
- b) Continuidade das ações de sensibilização e informação.

## 9.2 Ação estratégica a médio/longo prazo

As ações propostas neste PA, aqui identificadas, detalhadas e planificadas resultam de uma análise exaustiva e detalhada de potenciais tipologias de medidas e estratégias direcionadas para gestão, controlo e redução do ruído gerado por uma GIF, em termos de benefícios, de exequibilidade prática e funcional e de custos. Foram estudadas, no âmbito da elaboração do presente PA as práticas correntes e bem-sucedidas em matéria de controlo, redução e gestão do ruído a nível europeu, integrando o conhecimento e experiência de situações semelhantes, seus benefícios e custos.

A estratégia de médio/longo termo da IP passa pela manutenção das condições de bom ambiente sonoro na sua envolvente, através dos seus programas de verificação e monitorização regular das soluções de controlo/redução de ruído e de comunicação com as populações. O programa de monitorização das medidas será implementado em cada ciclo de cinco anos para garantia de boa conservação e manutenção das perdas de inserção preconizadas em cada local.

Também num prazo temporal mais dilatado, a corrente operação e manutenção de uma GIF implica diversas interações com *stakeholders* externos, como seja a resposta a solicitações sobre matérias ambientais, com realce para a gestão do ruído.

Mesmo antes de respeitar escrupulosamente a legislação vigente e os diferentes regulamentos que daí advém, a IP está consciente dos problemas de compreensão pela população não só dos vários aspetos legais, mas também dos benefícios a médio/longo prazo das ações de redução de ruído. A IP encontra-se empenhada em ações de pedagogia no que respeita às populações afetadas pelo ruído ferroviário, a incluir nos seus projetos de desenvolvimento e de modernização.

As ações comunicacionais, de sensibilização e de participação pública destinam-se não só a gerir as emissões de ruído, mas igualmente a perceção do ruído pelas populações equacionada com as vantagens da vizinhança de uma infraestrutura de mobilidade de elevado valor para a vivência quotidiana.

A elaboração de folhetos informativos (em suporte papel ou digital) poderá acompanhar estas ações a fim de serem mais eficazes. A isto se pode acrescentar a implementação de sítio na Internet que facilite e agilize a interação do público com a IP.

As ações informativas serão estendidas às populações com campanhas de informação sobre o plano de ação de ruído da IP, a partir dos resultados dos mapas de ruído e das ações de monitorização e sobre

as características sonoras dos ambientes urbanos/suburbanos/periurbanos da envolvente da GIF, no sentido das populações melhor entenderem o conceito da perceção sonora ambiental.

Ao estabelecer esta rede de informação, a IP tem a intenção de criar um ambiente de transparência perante as populações afetadas pelo ruído resultante da utilização da GIF que permitirá uma maior compreensão dos esforços, por parte da IP, em minorar os incómodos e perturbações sofridos pelas populações expostas. Como objetivo último, estas poderão revelar-se potencialmente mais tolerantes com futuros aumentos da intensidade de exploração da infraestrutura ferroviária.

A IP continuará a acompanhar, em articulação com Operadores e Câmaras Municipais afetadas, a robustez e acessibilidade do atual processo de comunicação de solicitações/reclamações no âmbito do ruído gerado pelas várias operações ferroviárias.

### **9.3 Monitorização da implementação do PA**

A envolvente próxima da Linha do Sul I exibe, numa parte importante da sua extensão, uma marcada concorrência com outras fontes sonoras, mais especificamente a circulação rodoviária. Esta é devida quer aos importantes fluxos rodoviários existentes nas várias autoestradas e vias rápidas localizadas na envolvente da linha, quer a fluxos de tráfego rodoviário em vias mais localizadas.

O objetivo do presente PA constitui-se num diagnóstico da contribuição ferroviária para o ruído global e num desenho de procedimentos e soluções de gestão e controlo de ruído, embora não se tenham identificado situações gravosas de exposição de populações ao ruído, consequência da eficácia das medidas de controle de ruído já existentes e implementadas na Linha do Sul I.

Importará no final do prazo do presente PA avaliar as resultantes alterações no ambiente sonoro e na exposição das populações. Tal poderá ser conseguido através da implementação da próxima fase de mapeamento de ruído (MER) que ocorrerá durante o período final de vigência do plano. Deste modo, o PA do próximo ciclo será balizado pelos resultados comparativos dos MER, tendo em conta eventuais alterações de tráfego, se for o caso.

Os MER do próximo ciclo constituirão um diagnóstico da situação do ambiente sonoro atualizada.

## 10. Quadro resumo

O Quadro seguinte resume as ações já implementadas e a desenvolver no âmbito do PA da Linha do Sul I.

Nº	Ação	Calendarização
1	Intervenção no material circulante entre Pinhal Novo e Setúbal: substituição das UQE 2300/2400 por composições UTE 2240	Implementado
2	Esmerilagem periódica dos carris	Planeado
3	Programa de verificação e monitorização das medidas de controlo de ruído implementadas	Planeado
4	Circulação de Informação entre os vários <i>stakeholders</i> (Gestor de infraestrutura, Operadores, Câmaras, Tutela)	Planeado
5	Desenvolvimento de plataformas de informação ao público e à comunidade técnica sobre ruído ferroviário e das ações para o seu combate e gestão	Planeado
6	Elaboração regular de mapas de ruído para diagnóstico do ambiente sonoro na envolvente da Linha do Sul I (Mapas Estratégicos de Ruído, no âmbito do Decreto-Lei n.º 146/2006, de 31 de Julho)	Implementado / Planeado

## 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. e 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.

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

Agência Portuguesa do Ambiente (2011), *Diretrizes para Elaboração de Mapas de Ruído*, versão 3, Dezembro 2011.

Autoridade da Mobilidade e dos Transportes (2019), *Ecossistema Ferroviário Português 2017*, Fevereiro 2019.

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.

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

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

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.

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

Dings, P. C. e 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. e 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 Commission (1999), *Cost Study on Noise Mapping and Action Planning*, DGXI D.3 Urban Environment, COWI.

European Commission (2012), *Common Noise Assessment Methods in Europe (CNOSSUS-EU)*, Report EUR 25379 EN. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 180 pp.

European Environment Agency (2014), *Noise in Europe 2014*, EEA Report No. 10/2014.

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.

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.

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

Lewis, R. e 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.

Miedema, H. e 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.

Nieuwenhuizen, E. 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 Rectificação 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. 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. e van Leeuwen, H. J. A. (2018), *Remaining Research Topics for Railway Noise Control*, Proc. Euronoise 2018 Crete, 1001-1005.

World Health Organization (2018), *Environmental Noise Guidelines for the European Region (2018)*, WHO - Regional Office for Europe.