

Mapa de Ruído do Município de Vila Nova de Famalicão

Situação Atual

Descrição do Modelo e Resultados

Versão Final

Referência do Relatório: 0223.1/23DBW_MRPC0670/23

Data do Relatório: Julho 2023

Nº. Total de Páginas (excluindo anexos): 37

Mod. 60-05.03

DBWAVE.I ACOUSTIC ENGINEERING, S.A.

LISBOA: Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, 33, Edifício D – Taguspark, 2740-120 Porto Salvo | Tel: +351 214228950
PORTO (sede): Rua do Mirante 258, 4415-491 Grijó | Tel: +351 227471950
C.R.C. V. N. de Gaia - Cap. Social 187.500 Eur - Cont. n.º 513205993

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVO	2
2. CONTEXTO LEGISLATIVO	3
2.1. DEFINIÇÕES	3
2.2. ENQUADRAMENTO LEGAL E NORMATIVO DOS MAPAS DE RUÍDO	5
3. METODOLOGIA	7
3.1. MAPAS DE RUÍDO – DESCRIÇÃO BREVE	7
3.2. MAPA DE RUÍDO DO MUNICÍPIO DE VILA NOVA DE FAMALICÃO	8
3.3. NORMAS E PARÂMETROS UTILIZADOS	8
3.3.1. <i>Tráfego rodoviário</i>	8
3.3.2. <i>Tráfego ferroviário</i>	11
3.3.3. <i>Indústrias</i>	13
4. DESCRIÇÃO DO PROJETO	15
4.1. CARACTERIZAÇÃO DO MODELO	15
4.1.1. <i>Identificação da área de estudo</i>	15
4.1.2. <i>Área do mapa e área de estudo</i>	16
4.1.3. <i>Caracterização climática</i>	16
4.1.4. <i>Altimetria</i>	17
4.1.5. <i>Planimetria</i>	18
4.2. FONTES DE RUÍDO	18
4.2.1. <i>Tráfego rodoviário</i>	18
4.2.2. <i>Indústrias</i>	28
4.2.3. <i>Tráfego ferroviário</i>	29
4.3. CONFIGURAÇÃO DE CÁLCULO	32
4.4. VALIDAÇÃO DO MODELO	33
4.4.1. <i>Validação junto às fontes sonoras</i>	33
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	36
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

- **ANEXO I** – Mapas de Ruído do Município de Vila Nova de Famalicão L_{den} e L_n (1:10 000) – formato A1

Mapa de Ruído do Município de Vila Nova de Famalicão

Situação Atual

Descrição do Modelo e Resultados

Ficha Técnica

Designação do projeto	Mapa de Ruído do Município de Vila Nova de Famalicão
Cliente	Município de Vila Nova de Famalicão.
Morada	Praça Álvaro Marques 4764-502 Vila Nova de Famalicão
Localização do projeto	Vila Nova de Famalicão
Fonte(s) do ruído particular	Tráfego rodoviário Indústrias Tráfego Ferroviário
Data(s) do trabalho de campo	15 a 19 de Maio de 2023 e 18 de Julho de 2023
Data de emissão	Julho 2023

Equipa Técnica

O presente trabalho foi elaborado pela seguinte equipa técnica:

- Luís Conde Santos, Eng. Electrotécnico (IST), MSc. Sound and Vibration Studies (Un. Southampton) – Diretor Técnico.
- Jorge Preto, Eng. do Território (IST), Pós-Graduação em SIG – Técnico Superior.
- Pedro Ribeiro, Curso Técnico-profissional nível III de técnico de laboratório (AESBUC) – Técnico de Laboratório.

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVO

O Regulamento Geral do Ruído (RGR), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de janeiro, e alterado pelo Decreto-Lei n.º 278/2007, estabelece a articulação com outros regimes jurídicos, designadamente o da urbanização e da edificação e o de autorização e licenciamento de atividades. O RGR visa a salvaguarda da saúde humana e o bem-estar das populações em matéria de ambiente sonoro e está harmonizado com a Diretiva Comunitária 2002/49/CE, relativa à Avaliação e Gestão do Ruído Ambiente e transposta para território nacional através do Decreto-Lei n.º 146/2006. Por sua vez, a Portaria n.º 113/2015, de 22 de abril, que identifica os elementos instrutórios previstos no Regime Jurídico da Urbanização e Edificação, revogando a Portaria n.º 232/2008, vem reforçar a necessidade das operações de loteamento e obras de urbanização e edificação se conformarem com o RGR.

No âmbito da revisão do Plano Diretor Municipal (PDM), é agora realizada a atualização do Mapa de Ruído (MR) anterior.

Para a elaboração do MR são definidos 3 períodos de referência – diurno, entardecer e noturno – e os seguintes indicadores relevantes: o nível diurno-entardecer-noturno, L_{den} , e o nível noturno, L_n . O período diurno tem início às 07h00 e fim às 20h00, o do entardecer vai das 20h00 às 23h00 e o noturno das 23h00 às 07h00.

A área de estudo diz respeito ao Município de Vila Nova de Famalicão.

Como objetivos de carácter genérico e aplicáveis a este tipo de estudo acústico, destacam-se os seguintes:

- Preservar zonas com níveis sonoros regulamentares;
- Corrigir zonas com níveis sonoros não regulamentares;

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

- Mapas de ruído para os indicadores L_{den} e L_n , considerando as principais fontes de ruído.

O modelo criado é elaborado de forma a dispor-se de uma ferramenta evoluída e evolutiva para a gestão e controlo da poluição sonora existente nessa área, apresentando um potencial que não se esgota nos resultados apresentados. A escala de representação das peças desenhadas é a escala 1:10 000).

2. CONTEXTO LEGISLATIVO

A legislação portuguesa em que se baseiam as disposições legais elaboradas e apresentadas neste trabalho é descrita no Regulamento Geral do Ruído (RGR) – Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de janeiro, e nas diversas Notas Técnicas elaboradas pela APA (Agência Portuguesa do Ambiente).

2.1. DEFINIÇÕES

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

- Intervalos de Tempo de Referência – segundo o Decreto-Lei n.º 9/2007 são tomados como períodos de referência os seguintes: diurno (7h às 20h), entardecer (20h às 23h) e noturno (23h às 7h);
- Ruído Ambiente – Ruído global observado numa dada circunstância num determinado instante, devido ao conjunto das fontes sonoras que fazem parte da vizinhança próxima ou longínqua do local considerado;
- Ruído Residual (ou Ruído de Fundo) – Ruído ambiente a que se suprimem um ou mais ruídos particulares, para uma determinada situação;
- Ruído Particular (ou Ruído Perturbador) – Componente do ruído ambiente que pode ser especificamente identificada por meios acústicos e atribuída a uma determinada fonte sonora;
- Área do Mapa – Área onde se pretende conhecer os níveis sonoros;
- Área de Estudo – A área de estudo, é uma área que geralmente é superior à área do mapa, onde poderão existir fontes de ruído que, apesar de se localizarem fora da área do mapa, poderão ter influência nos níveis sonoros aí existentes;
- Mapa de Ruído – Apresentação de dados sobre uma situação de ruído existente ou prevista em termos de um indicador de ruído, onde se representam as áreas e os contornos das zonas de ruído às quais corresponde uma determinada classe de valores expressos em dB(A), valores esses calculados numa malha quadrada de pontos e a uma dada altura relativamente ao solo (tipicamente 1,5 ou 4 metros);
- Mapas de Conflito – Mapas em que se representa as diferenças entre os níveis de ruído e os valores limite definidos para uma dada zona;
- Valor Limite – Valor que, conforme determinado pelo Estado-membro (em Portugal correspondente aos valores impostos para zonas sensíveis ou mistas), caso seja excedido, será ou poderá ser objeto de medidas de redução por parte das autoridades competentes;
- Zona Sensível a área definida em plano municipal de ordenamento do território como vocacionada para uso habitacional, ou para escolas, hospitais ou similares, ou espaços de lazer, existentes ou previstos, podendo conter pequenas unidades de comércio e de

serviços destinadas a servir a população local, tais como cafés e outros estabelecimentos de restauração, papelarias e outros estabelecimentos de comércio tradicional, sem funcionamento no período noturno;

- Zona Mista 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;
- Zona Urbana Consolidada a zona sensível ou mista com ocupação estável em termos de edificação;
- Planeamento Acústico – O futuro controlo de ruído através de medidas programadas; inclui o ordenamento de território, engenharia de sistemas para o tráfego, planeamento do tráfego, redução por medidas adequadas de isolamento sonoro e de controlo de ruído na fonte;
- Nível Sonoro Contínuo Equivalente, Ponderado A, L_{Aeq} , de um Ruído e num Intervalo de Tempo – Nível sonoro, em dB (A), de um ruído uniforme que contém a mesma energia acústica que o ruído referido naquele intervalo de tempo,

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

sendo:

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

T o período de tempo considerado.

- Nível de ruído diurno-entardecer-noturno:

$$L_{den} = 10 \log_{10} \frac{1}{24} \left(13 \times 10^{\frac{L_d}{10}} + 3 \times 10^{\frac{L_e+5}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right)$$

sendo:

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

2.2. ENQUADRAMENTO LEGAL E NORMATIVO DOS MAPAS DE RUÍDO

Relativamente aos limites máximos de exposição o DL n.º 9/2007 indica no Artigo 11º o seguinte:

- a) As zonas mistas não devem ficar expostas a ruído ambiente exterior superior a 65 dB(A), expresso pelo indicador L_{den} , e superior a 55 dB(A), expresso pelo indicador L_n ;
- b) As zonas sensíveis não devem ficar expostas a ruído ambiente exterior superior a 55 dB(A), expresso pelo indicador L_{den} , e superior a 45 dB(A), expresso pelo indicador L_n ;
- c) As zonas sensíveis em cuja proximidade exista em exploração, à data da entrada em vigor do presente 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 ;
- d) As zonas sensíveis em cuja proximidade esteja projetada, à data de elaboração ou revisão do plano municipal de ordenamento do território, uma grande infraestrutura de transporte aéreo não devem ficar expostas a ruído ambiente exterior superior a 65 dB(A), expresso pelo indicador L_{den} , e superior a 55 dB(A), expresso pelo indicador L_n ;
- e) As zonas sensíveis em cuja proximidade esteja projetada, à data de elaboração ou revisão do plano municipal de ordenamento do território, uma grande infraestrutura de transporte que não aéreo não devem ficar expostas a ruído ambiente exterior superior a 60 dB(A), expresso pelo indicador L_{den} , e superior a 50 dB(A), expresso pelo indicador L_n .

Refere, ainda, no ponto 3 do mesmo artigo, que: até à classificação das zonas sensíveis e mistas a que se referem os n.ºs 2 e 3 do artigo 6º, 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).

No que diz respeito ao licenciamento de operações urbanísticas, o nº 6 do artigo 12º refere que é interdito o licenciamento ou a autorização de novos edifícios habitacionais, bem como de novas escolas, hospitais ou similares e espaços de lazer enquanto se verifique violação dos valores limite fixados no artigo anterior.

O n.º 7 desse mesmo artigo estabelece, porém, que podem ser licenciados novos edifícios habitacionais em zonas urbanas consolidadas desde que essa zona seja abrangida por um plano municipal de redução de ruído ou não seja excedido em mais de 5 dB(A) os valores limite fixados no artigo 11º e haja um reforço suplementar de 3 dB(A) do isolamento de fachada (expresso através do índice $D_{2m,nT,w}$) em relação ao limite estipulado no Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (DL 96/2008).

Ainda de acordo com o RGR, cabe à Agência Portuguesa de Ambiente (APA) a definição de diretrizes para elaboração de mapas de ruído. Nesse intuito, foram inicialmente publicadas as referidas diretrizes em Março de 2007 e recentemente atualizadas em Agosto de 2022, das quais se destacam os seguintes aspetos técnicos a ter em consideração na elaboração de mapas de ruído:

- Todos os mapas de ruído devem reportar-se aos indicadores L_{den} e L_n , ambos calculados a uma altura acima do solo de 4 metros;

- Para elaboração dos mapas de ruído municipais recomendam-se os métodos de cálculo referidos no Anexo II da DRA que foi entretanto substituído pela Diretiva Europeia 2015/996 ;
- A cartografia base deve incluir a altimetria do terreno (curvas de nível cotadas), a localização e altura dos edifícios, das fontes de ruído (infraestruturas de transporte e fontes fixas) e dos obstáculos permanentes à propagação do ruído (por exemplo, muros e barreiras acústicas);
- No que se refere às escalas de trabalho, devem ser iguais ou superiores a:
 - 1:10 000 para mapas municipais de ruído para articulação com os PDM e para MER de aglomerações e de GIT;
 - 1:5 000 ou outras superiores que a regulamentação própria sobre cartografia venha a definir, para mapas de ruído para articulação com PU/PP.
- Os mapas para articulação com o PDM devem incluir, pelo menos as seguintes fontes de ruído:
 1. As rodovias cujo tráfego médio diário anual (TMDA) ultrapasse 8 000 veículos e todas as rodovias que confluem com estes eixos;
 2. As ferrovias, incluindo as linhas da rede principal e complementar, o metropolitano de superfície, com 30 000 ou mais passagens de comboios por ano.
 3. Todos os aeroportos e aeródromos
 4. As indústrias abrangidas pelos procedimentos de Avaliação de Impacte Ambiental e/ou de Prevenção e Controlo Integrados de Poluição
 5. Os mapas para articulação com PU e PP devem incluir todas as fontes sonoras com emissões para o exterior;
- Os valores apresentados no mapa devem ser comparados com valores de medições efetuadas em locais selecionados, através de uma ou mais medições de longa duração (duração mínima de 48 horas);
- Deve ser considerada, pelo menos, a primeira ordem de reflexões para os mapas de ruído à escala do PDM e mapas estratégicos de ruído e, pelo menos, a segunda ordem de reflexões para mapas às escalas de PU ou PP;
- Deve utilizar-se uma malha máxima de 10x10 metros para todos os MER, bem como para os mapas municipais de ruído para articulação com o PDM. No caso de mapas de ruído para articulação com PU/PP, dado o seu maior rigor, deve ser adotada uma malha de cálculo que no máximo deve ser de 5x5 metros, podendo ser adotadas malhas mais apertadas.

3. METODOLOGIA

3.1. MAPAS DE RUÍDO – DESCRIÇÃO BREVE

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

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

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



Figura 3.1 – Mapa de ruído em planta



Figura 3.2 – Mapa de ruído em 3D

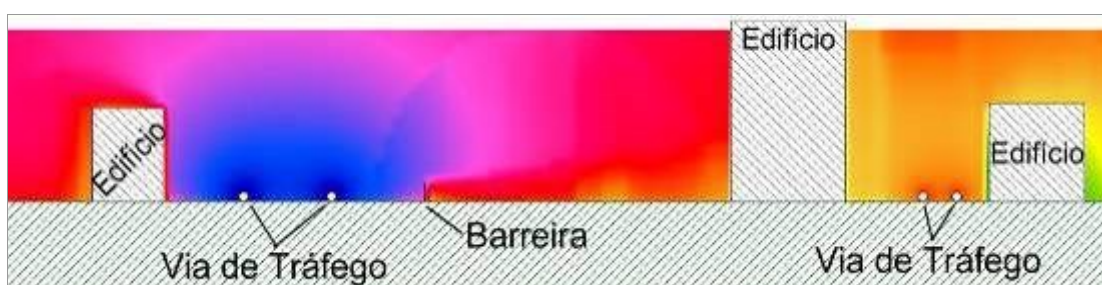


Figura 3.3 – Mapa de ruído em corte transversal às vias rodoviárias

Estes mapas de ruído não resultam diretamente de medições de ruído realizadas pois, para que tal fosse possível com um mínimo de representatividade, seriam necessárias centenas, ou mesmo milhares de medições, com duração de vários dias por cada ponto de medição. Estes resultam sim, de cálculos realizados de acordo com modelos matemáticos baseados em Normas, englobando uma série de fases que a seguir se descrevem.

3.2. MAPA DE RUÍDO DO MUNICÍPIO DE VILA NOVA DE FAMALICÃO

O trabalho apresentado neste relatório consistiu na caracterização acústica da situação existente do município de Vila Nova de Famalicão. Os mapas de ruído foram calculados de forma a expressarem os indicadores L_{den} e L_n , tendo em conta as recomendações das Diretrizes para a elaboração de Mapas de Ruído, publicadas pela APA.

3.3. NORMAS E PARÂMETROS UTILIZADOS

3.3.1. Tráfego rodoviário

A modelação do ruído de tráfego rodoviário para obtenção do seu nível sonoro associado, passa, primeiro de tudo, pela caracterização da emissão sonora dos veículos rodoviários e respetiva modelação em cada via de trânsito e pela caracterização da propagação sonora na atmosfera.

O método para o cálculo de níveis de ruído de tráfego rodoviário utilizado foi o método NMPB-1996 (Norma XPS 31-133) o qual reparte a via de tráfego em fontes pontuais, considerando a aproximação da Acústica Geométrica para a propagação sonora associada a cada fonte.

De acordo com esta Norma, para a modelação de vias de tráfego rodoviário, é necessária a seguinte informação:

- Perfis longitudinal e transversal;
- Inclinação;
- Fluxos de tráfego horários em cada período de referência (diurno/entardecer/noturno), com distinção de veículos ligeiros e pesados;
- Características do pavimento;
- Classificação da rodovia;
- Limites de velocidade ligeiros/pesados.

Devido às relativamente reduzidas dimensões dos veículos automóveis, o tráfego rodoviário numa via pode ser modelado como um número de fontes pontuais igual ao número de veículos que nela circulam, a moverem-se com velocidades iguais às dos respetivos veículos e com um Nível de Potência Sonora, Ponderado A, L_{AW} , função da velocidade, do tipo de veículo, do perfil longitudinal e do fluxo de tráfego.

Como nos interessa a integração dos níveis sonoros ao longo do tempo, ou seja, o Nível Sonoro Contínuo Equivalente, Ponderado A, num determinado recetor, uma via de tráfego pode ser modelada como uma fonte linear que, na prática, é dividida em vários segmentos elementares que se comportam como fontes pontuais estáticas, com uma determinada potência sonora L_{AW} , função de diversos parâmetros como a velocidade, tipo de veículo, perfil longitudinal, fluxo de tráfego e comprimento do segmento.

A localização das fontes de ruído lineares poderá ser efetuada de três formas, por ordem decrescente de preferência e em função das dimensões da secção da via, da distância relativa aos pontos recetores de interesse e da escala de trabalho:

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

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

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

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

em que,

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

Quadro 3.1 – Espectro de referência para tráfego rodoviário

j	Banda de oitava	R(j) em dB(A)
1	125 HZ	-14
2	250HZ	-10
3	500HZ	-7
4	1KHZ	-4
5	2KHZ	-7
6	4KHZ	-12

Na Figura 3.4 apresenta-se o fluxograma preconizado pelo método NMPB-1996, o qual pondera a probabilidade de ocorrência de condições atmosféricas favoráveis e desfavoráveis à propagação sonora.

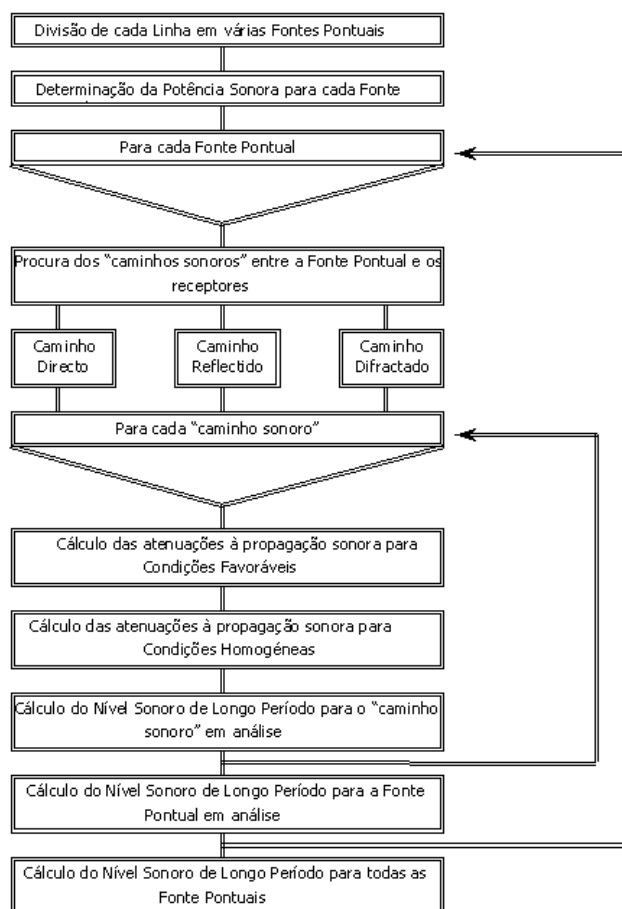


Figura 3.4 – Fluxograma do método NMPB-1996

3.3.2. Tráfego ferroviário

No que diz respeito à modelação de tráfego ferroviário foi adotado o método alemão “Schall 03” que verifica os seguintes critérios:

- Possibilidade de gerar previsões ao longo de um corredor associado à via ferroviária;
- Possibilidade de gerar mapas de ruído associados às previsões;
- Possibilidade de gerar previsões detalhadas à escala local de forma a apoiar a decisão sobre um plano de redução de ruído;
- Possibilidade de calcular os resultados em termos do indicador $L_{Aeq,LT}$;
- Cálculo dos resultados por bandas de oitava;
- Distinção entre diferentes tipos de composições;
- Consideração da influência do declive da via na potência da locomotiva e consequentemente nos níveis sonoros de emissão;
- Correção meteorológica no cálculo de $L_{Aeq,LT}$, para condições favoráveis e desfavoráveis à propagação do som, adaptada às condições nacionais;
- Consideração de vários tipos de solo na vizinhança acústica da via;
- Consideração de vários tipos de vegetação (por exemplo, vegetação rasteira, floresta, áreas cultivadas) na vizinhança acústica da via;
- Consideração de efeitos topográficos na propagação do ruído;
- Consideração de efeitos de atenuação devido a obstáculos;
- Consideração de efeitos de reflexão entre fachadas e outros obstáculos (pelo menos, reflexões de 1ª ordem).

A norma alemã “Schall 03” considera ainda os seguintes parâmetros:

- Traçado de cada via, devidamente cotado na cartografia;
- Tipo de comboio (passageiros, mercadorias);
- Número de circulações diárias em ambos os sentidos;
- Percentagem do comprimento de cada tipo de comboio servido por travões de disco;
- Comprimento médio das composições;
- Velocidade máxima a que cada tipo de comboio circula;

- Limite de velocidade da via;
- Localização de pontes e viadutos e de cruzamentos com rodovias;
- Raios de curvatura da linha ferroviária;
- Tipo de balastro.

Esta norma calcula o ruído recebido com base no ruído emitido por cada segmento, supondo que todas as fontes estão concentradas no ponto central do segmento. A atenuação com a distância é calculada para cada ponto de fonte, considerando que só emite ruído acima do nível do solo.

Adicionalmente, a norma caracteriza cada tipo de composição com um valor para o nível de ruído recebido a uma determinada distância, altura e velocidade. Caso se pretenda obter resultados para outras velocidades, é multiplicado o nível de ruído emitido por cada ponto de fonte de cada composição por um fator que relaciona a velocidade de referência com a pretendida. Os cálculos são feitos para cada segmento e “adicionados” no final.

O nível de emissão sonora $L_{r,k}$ recebido no recetor r devido ao nível emitido $L_{m,E,k}$ do k -ésimo segmento é calculado por:

$$L_{r,k} = L_{m,E,k} + 19.2 + 10\log l_k + D_c + A_{prop,k} + C_{inc}$$

em que,

- $L_{r,k}$ é o nível de emissão sonora recebido no recetor devido ao nível emitido pelo k -ésimo segmento;
- $L_{m,E,k}$ é o nível emitido pelo k -ésimo segmento;
- l_k comprimento do segmento;
- $A_{prop,k}$ é a atenuação devido ao percurso de propagação do k -ésimo segmento;
- D_c é a diretividade da fonte ferroviária;
- C_{inc} a correção devido ao menor incómodo sonoro causado pelos comboios em relação ao ruído rodoviário.

$A_{prop,k}$ é o termo de atenuação do nível de potência sonora que ocorre durante a propagação do som desde a fonte emissora até ao recetor, dB.

3.3.3. Indústrias

A avaliação do impacto sonoro das fontes industriais foi efetuada através de modelação de fontes em áreas otimizáveis. Esta consiste na modelação de cada unidade industrial como uma ou várias fontes em área horizontais, determinando-se genericamente a potência sonora, por metro quadrado, de cada uma das áreas.

A determinação da potência sonora pode basear-se na Norma ISO 8297:1994(E), com uma metodologia que, sucintamente, consiste na realização de medições do ruído ambiente na área envolvente à unidade industrial em avaliação, variando a distância à fonte, a altura das medições e a distância entre pontos de medição em função das características (altura média das fontes, comprimento máximo da unidade industrial) da área industrial em estudo. A potência sonora da unidade industrial é determinada em função dos valores medidos indicados no modelo como pontos recetores de otimização e definindo os parâmetros de cálculo necessários, parâmetros esses que obedecem à norma indicada anteriormente. Alternativamente, também pode ser calculada com recurso a métodos simplificados, tendo em conta o tipo de unidade ou parque industrial em questão, como indicado no “Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure”, publicado por um grupo de trabalho da Comissão Europeia em agosto de 2007

A atenuação do som na sua propagação ao ar livre foi calculada pelo *software* recorrendo à norma NP 4361-2 (2001) / ISO 9613. Esta norma especifica um método de engenharia para o cálculo da atenuação do som durante a sua propagação em campo livre, a fim de prever os níveis de ruído ambiente a uma dada distância proveniente de diversas fontes.

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

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

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

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

$$L_p = L_w + D_c - A$$

em que,

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

em que,

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

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

4. DESCRIÇÃO DO PROJETO

4.1. CARACTERIZAÇÃO DO MODELO

Nos pontos seguintes são indicados e descritos os elementos e dados essenciais para a construção do modelo acústico tridimensional, necessário para a posterior apresentação do mapa de ruído.

4.1.1. Identificação da área de estudo

O município de Vila Nova de Famalicão encontra-se inserido no distrito de Braga e conta com 14 freguesias, totalizando 202 km² e tendo cerca de 133534 habitantes (Censos 2011). Apresenta como principais fontes de ruído a A3, A7; EN14, EN204, EN309, EN310, ER206, diversas estradas municipais e arruamentos urbanos, várias linhas ferroviárias (Linha do Minho, Linha de Guimarães, Ramal de Braga) e várias indústrias / zonas industriais dispersas no concelho (ver figura abaixo).

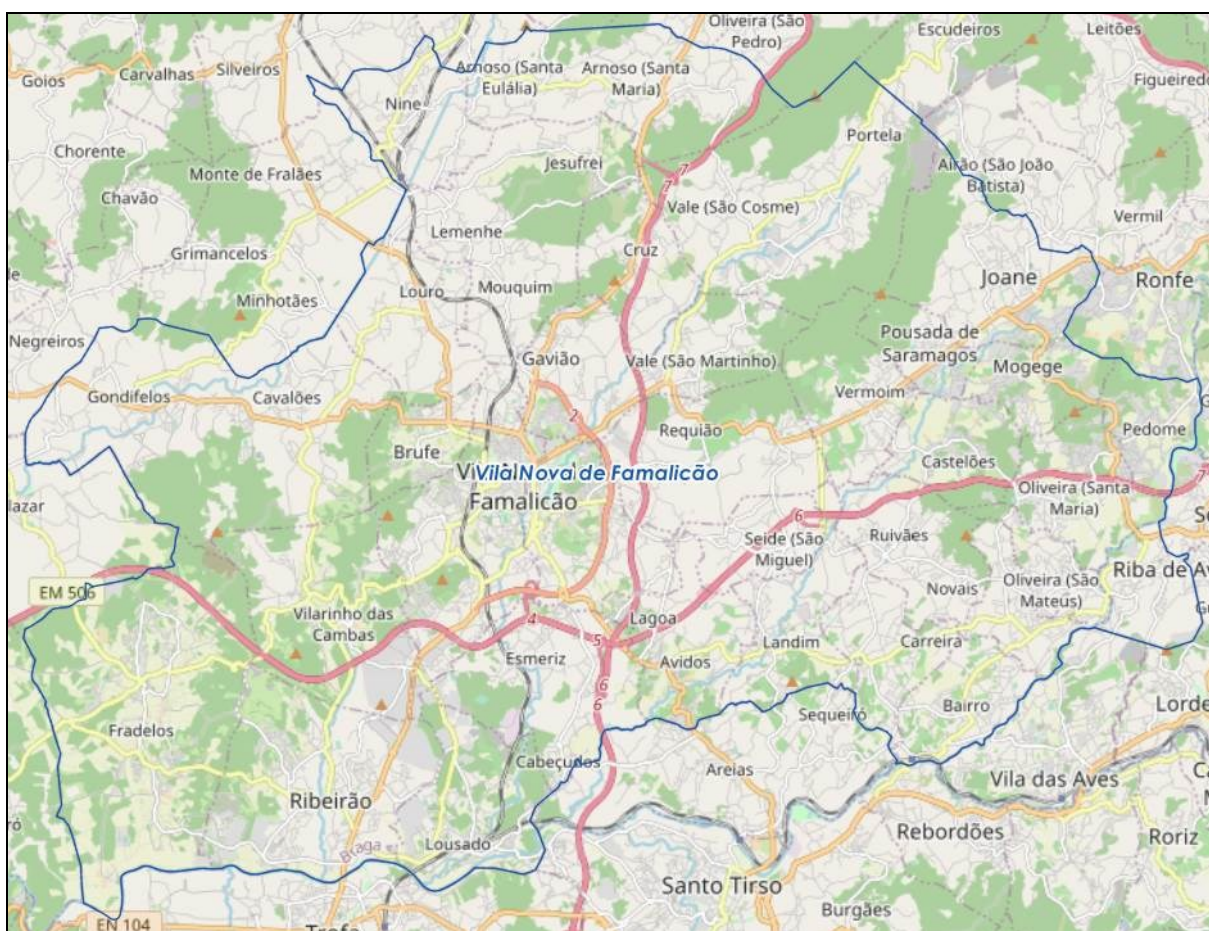


Figura 4.1 – Localização do município de Vila Nova de Famalicão

4.1.2. Área do mapa e área de estudo

A área do mapa corresponde à área contida no limite do município. Embora a propagação de ruído seja um problema eminentemente de âmbito local, muitas das infraestruturas que produzem ruído atravessam vários municípios. Como tal, e para que fosse tida em conta a emissão sonora dessas infraestruturas, as mesmas foram estendidas um pouco para além do limite do concelho. A distância considerada teve em conta o tipo e intensidade das fontes em causa, bem como das características de ocupação do solo no limite da área do mapa. A figura seguinte representa a área de estudo.

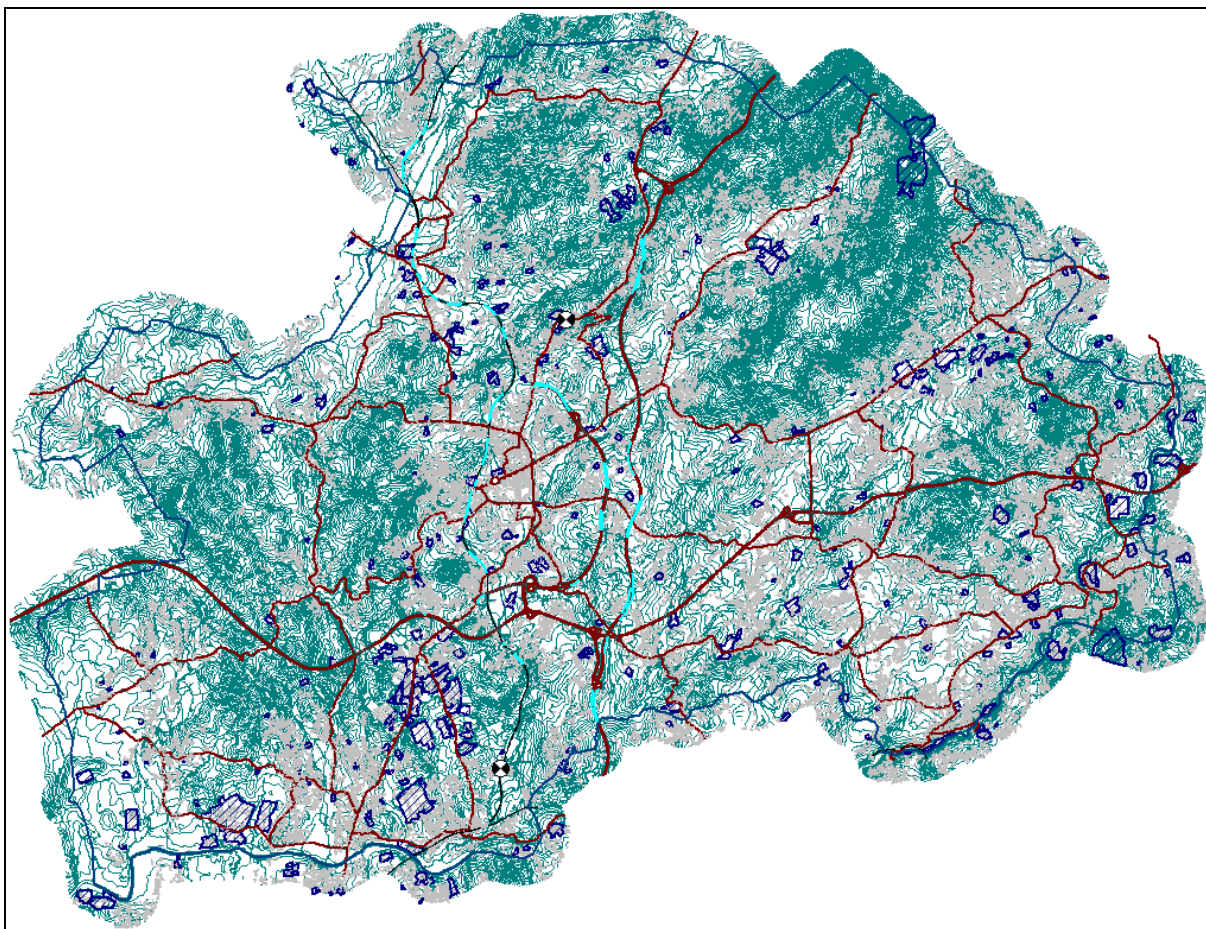


Figura 4.2 – Representação da área de estudo

4.1.3. Caracterização climática

A estação meteorológica escolhida e com dados de parâmetros relevantes para caracterizar climaticamente a zona do município de Vila Nova de Famalicão foi a Estação de Gondizalves ((04G/06C). Os principais parâmetros que caracterizam o clima de uma região e que se revelam essenciais para o cálculo da atenuação atmosférica na propagação do som ao ar livre são a temperatura, a humidade relativa e o regime de ventos.

Para o período compreendido entre Outubro de 1980 e Março de 2023 foi possível obter valores para todos os parâmetros acima referidos, sendo que a velocidade do vento média diária foi de 0,5 m/s, a temperatura diária média foi de 15°C e a humidade relativa diária média foi de 81%.

Relativamente às direções predominantes dos ventos, pelo facto de as velocidades não ultrapassarem o valor de 5,0 m/s, segundo as especificações na Norma NP 4361-2, não há necessidade de se introduzirem no modelo os dados relativos à direção dos ventos, já que obedecem aos requisitos das condições de propagação favoráveis (*"downwind conditions"*).

4.1.4. Altimetria

Para a elaboração do Mapa de Ruído é necessária informação relativa à altimetria do terreno, nomeadamente curvas de nível. A partir desta informação, o programa de simulação constrói o modelo digital do terreno (MDT) usado como base no cálculo dos valores de L_{Aeq} e restantes indicadores. O MDT da área do plano foi construído recorrendo à altimetria fornecida pelo cliente (ver figura seguinte).

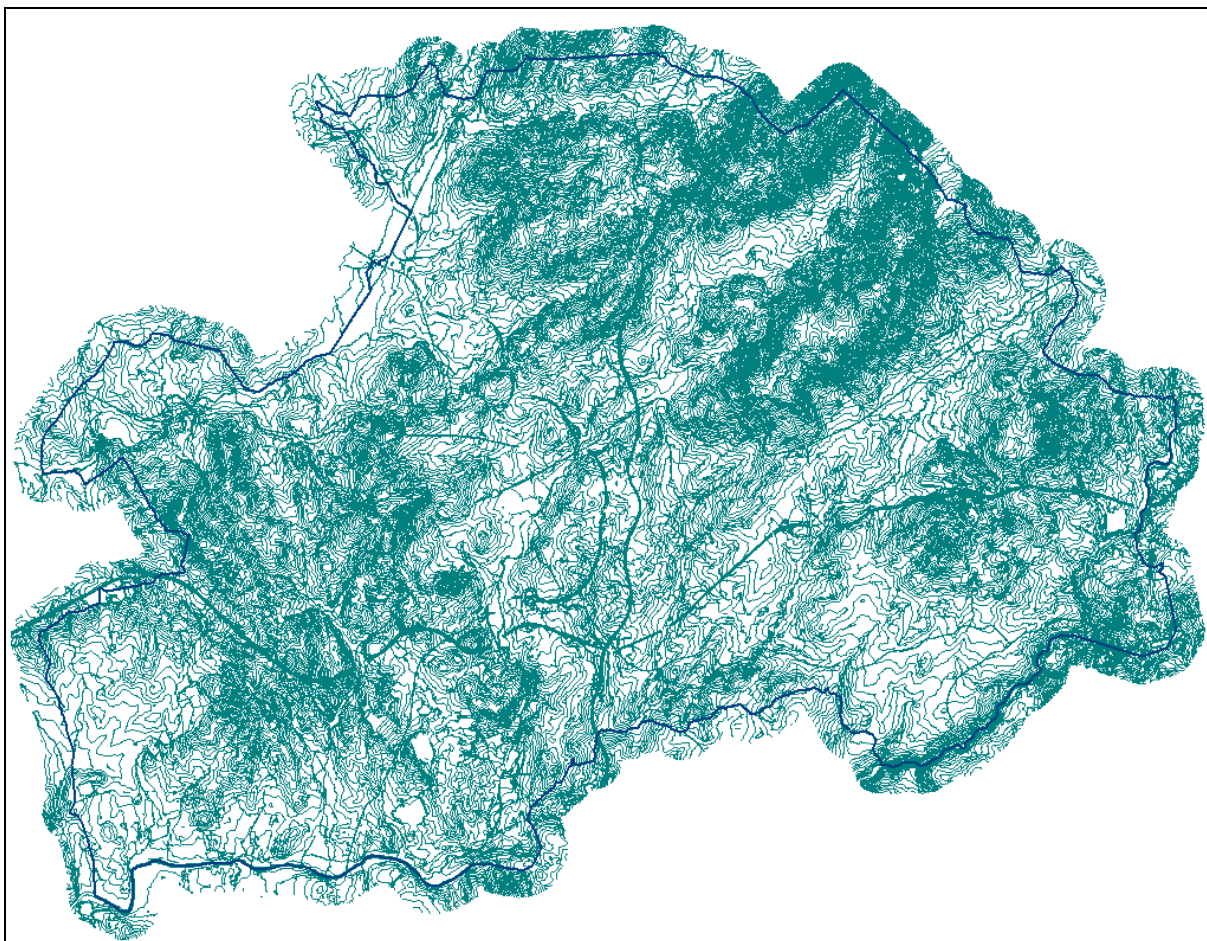


Figura 4.3 – Extrato do modelo altimétrico criado

4.1.5. Planimetria

Para se proceder à correta importação da informação para o CadnaA, foram tratadas e seleccionadas *shapefiles* e *layers* de ficheiros em DWG correspondentes aos seguintes temas:

- I. Edifícios;
- II. Rede viária;
- III. Zonas industriais;
- IV. Rede ferroviária.

Aos edifícios foi atribuído um valor médio de absorção sonora (0,21).

Na Figura 4.5 pode observar-se o aspeto do modelo tridimensional criado.

4.2. FONTES DE RUÍDO

Este estudo contempla como fontes de ruído os principais eixos de tráfego rodoviário e as indústrias/zonas industriais existentes na área em estudo e na sua envolvente próxima. As fontes de ruído foram modeladas de acordo com a sua geometria real, de forma a reproduzir no modelo a realidade acústica existente.

4.2.1. Tráfego rodoviário

A localização desta informação foi obtida através de elementos planimétricos fornecidos pelo cliente. As cotas das estradas foram obtidas através da modelação do terreno gerado pelas curvas de nível e, pelas linhas de relevo e pelos pontos cotados, tendo sido necessários alguns ajustes de modo a obter uma melhor correspondência com a realidade, como pode ser verificado na Figura 4.4.

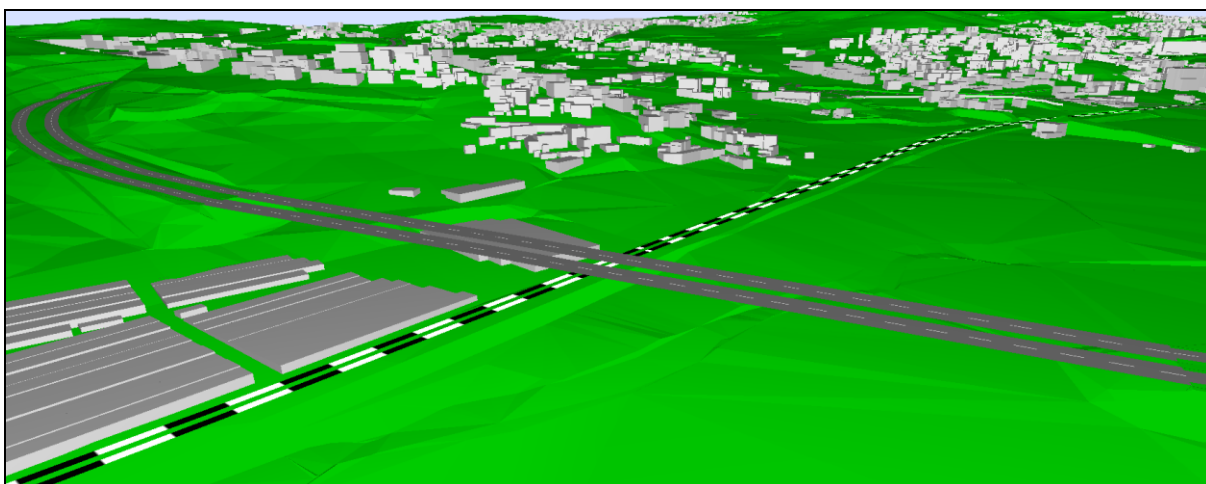


Figura 4.4 – Vista 3D de um viaduto da A7 sobre a Linha do Minho

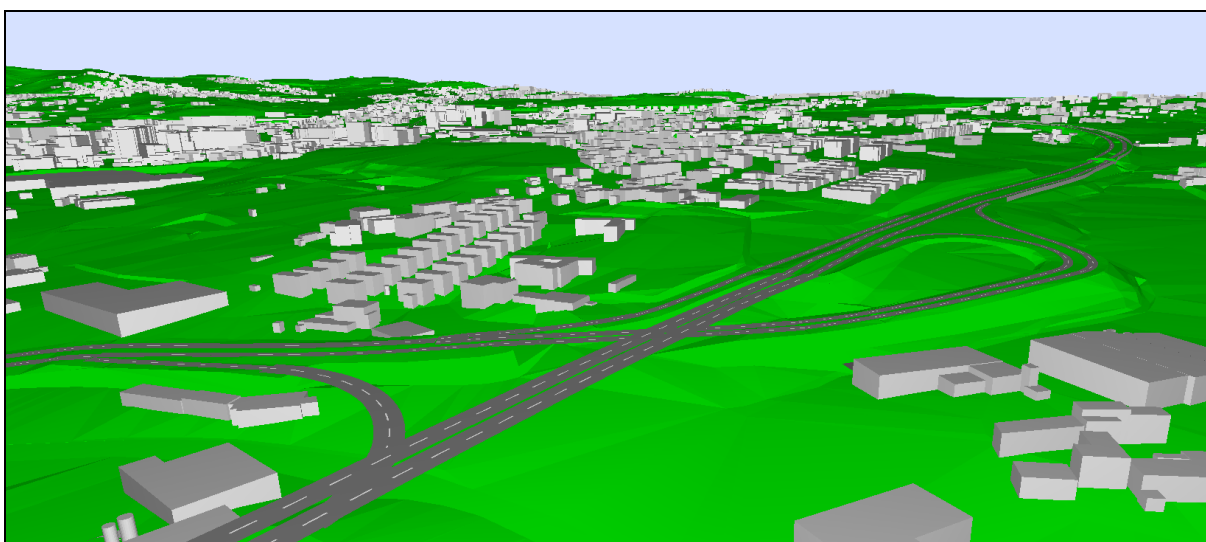


Figura 4.5 – Vista 3D a partir do Nó da Variante Nascente a Famalicão com a ER206

A determinação do tráfego médio horário a considerar em cada uma das vias, para os três períodos em análise (diurno, entardecer e noturno) teve como informação base:

- Dados de tráfego oficiais para a A3, A7, EN14, EN204, EN204-5, EN309, EN310 e ER206, que reportam a 2021 ou 2022 (no caso da A7) e foram fornecidos pela Infraestruturas de Portugal, Ascendi e Brisa Concessão;
- Dados de tráfego para alguns troços da ER206, CM1459, VIM, EM573 e EN309 obtidos a partir de contagens realizadas em Julho de 2023.
- Dados de tráfego para as restantes vias retirados do Mapa de Ruído elaborado em 2011 pela empresa dBLab, Lda.

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

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

Rodovia	ID	TMH (veículos/h)			Percentagem de Pesados			Velocidade máxima (km/h)		Camada de desgaste
		Diurno	Entardecer	Nocturno	Diurno	Entardecer	Nocturno	Ligeiros	Pesados	
A3 (Cruz - Braga Sul) - 1	F001.1	710	313	79	4,9	3,1	7,6	120	90	BBR
A3 (Cruz - Braga Sul) - 2	F001.2	710	313	79	4,9	3,1	7,6	120	90	BBR
A3 (Famalicão - Cruz) - 1	F002.1	759	343	92	5,2	3,6	9,8	120	90	BBR
A3 (Famalicão - Cruz) - 2	F002.2	759	343	92	5,2	3,6	9,8	120	90	BBR
A3 (St. Tirso - Famalicão) - 1	F003.1	1483	663	180	5,2	2,9	8,1	120	90	BBR
A3 (St. Tirso - Famalicão) - 2	F003.2	1483	663	180	5,2	2,9	8,1	120	90	BBR
Acesso A3 Sul - Ramo A	F005	388	228	59	3,8	2,0	4,4	70	70	BBR
Acesso A3 Sul - Ramo B	F006	365	216	56	3,8	2,0	4,4	70	70	BBR
Acesso A3 Sul_Ramo C	F007	258	63	16	3,8	2,0	4,4	70	70	BBR
Saída A3 Sul_Ramo A	F010	160	94	24	3,8	2,0	4,4	60	60	BBR
Saída A3 Sul_Ramo B	F011	388	228	59	3,8	2,0	4,4	70	70	BBR
Saída A3 Sul_Ramo B2	F011.1	388	228	59	3,8	2,0	4,4	70	70	BBR
Saída A3 Sul_Ramo C	F012	258	157	41	3,8	2,0	4,4	70	70	BBR
Nó de Cruz - Ramo A	F014	30	18	5	4,0	2,1	6,0	60	60	BBR
Nó de Cruz - Ramo B	F015	135	83	23	4,0	2,1	6,0	60	60	BBR
Nó de Cruz - Ramo D	F017	30	18	5	4,0	2,1	6,0	40	40	BBR
Nó de Cruz - Ramo E	F018	135	83	23	4,0	2,1	6,0	60	60	BBR
A7 (E.N. 206 - Fam.) - 1	F019.1	321	156	35	3,3	3,0	9,1	120	90	BBR
A7 (E.N. 206 - Fam.) - 2	F019.2	299	186	53	3,5	2,2	5,1	120	90	BBR
A7 (Fam. - A3) - 1	F020.1	691	330	88	4,4	2,4	5,9	120	90	BBR
A7 (Fam. - A3) - 2	F020.2	705	317	100	5,2	2,7	5,7	120	90	BBR
A7 (A3 - Ceide) - 1	F021.1	850	376	119	4,9	2,7	7,4	120	90	BBR
A7 (A3 - Ceide) - 2	F021.2	791	431	134	4,7	2,3	4,8	120	90	BBR
A7 (Ceide - Ave) - 1	F022.1	733	329	100	4,4	2,7	7,3	120	90	BBR
A7 (Ceide - Ave) - 2	F022.2	689	362	110	4,2	2,6	4,9	120	90	BBR
Acesso A7-Ceide	F023	29	21	7	6,0	6,0	1,0	70	70	BBR
Acesso A7_A3_Ramo A	F024	48	30	9	6,0	6,0	3,0	60	60	BBR
Acesso A7_A3_Ramo B	F025	154	121	54	6,0	6,0	3,0	60	60	BBR
Acesso A7-Ceide - Ramo A	F026	14	10	4	6,0	6,0	1,0	70	70	BBR
Acesso A7-Ceide - Ramo B	F027	14	10	4	6,0	6,0	1,0	70	70	BBR
Acesso_A7_Este/A3	F030	48	30	9	7,0	7,0	4,0	70	70	BBR
Acesso_A7_Oeste	F031	48	30	9	5,0	5,0	3,0	70	70	BBR

Rodovia	ID	TMH (veículos/h)			Percentagem de Pesados			Velocidade máxima (km/h)		Camada de desgaste
		Diurno	Entardecer	Nocturno	Diurno	Entardecer	Nocturno	Ligeiros	Pesados	
Saída A7- Ceide	F032	29	21	7	6,0	6,0	1,0	70	70	BBR
Saída A7_A3_Ramo A	F033	48	30	9	6,0	6,0	3,0	60	60	BBR
Saída A7_A3_Ramo B	F034	154	121	54	6,0	6,0	3,0	60	60	BBR
Saída A7-Ceide - Ramo A	F035	14	10	4	6,0	6,0	1,0	70	70	BBR
Saída A7-Ceide - Ramo B	F036	14	10	4	6,0	6,0	1,0	70	70	BBR
Saída_A7_Este/A3	F039	48	30	9	7,0	7,0	4,0	70	70	BBR
Saída_A7_Oeste	F040	48	30	9	5,0	5,0	3,0	70	70	BBR
Ligação A7 - Troço 1	F041	753	558	162	12,0	12,0	2,1	50	50	BBR
Ligação A7 -Troço 2 Ramo D	F044	147	109	34	4,0	4,0	1,0	40	40	BBR
Ramal_Acesso_A7_A3	F047	97	59	18	6,0	6,0	3,0	70	70	BBR
Ramal_Saída_A7_A3	F048	97	59	18	6,0	6,0	3,0	70	70	BBR
Ramal A_Acesso/Saída A3 - Nó de Cruz	F049	162	99	28	4,0	2,1	6,0	60	60	BBR
Ramal B_Acesso/Saída A3 - Nó de Cruz	F050	300	184	52	4,0	2,1	6,0	60	60	BBR
Ramal de Acesso A3 - Nó de Cruz	F051	30	18	5	4,0	2,1	6,0	60	60	BBR
Ramal de Saída A3 - Nó de Cruz	F052	120	74	21	4,0	2,0	6,0	60	60	BBR
Variante - Troço 1 A	F054	133	99	30	5,0	5,0	1,0	60	60	BBR
Variante - Troço 1 A+D	F054_57	266	198	60	5,0	5,0	1,0	60	60	BBR
Variante - Troço 1 B	F055	133	99	30	5,0	5,0	1,0	70	70	BBR
Variante - Troço 1 D	F057	133	99	30	5,0	5,0	1,0	60	60	BBR
Variante - Troço 1 E	F058	133	99	30	5,0	5,0	1,0	80	80	BBR
Variante - Troço 1 B+E	F058_55	266	198	60	5,0	5,0	1,0	70	70	BBR
Variante - Troço 2 - 1	F059.1	227	120	35	1,8	0,7	1,8	70	70	BBR
Variante - Troço 2 - 2	F059.2	227	120	35	1,8	0,7	1,8	70	70	BBR
Variante - Troço 3 - 1	F060.1	442	230	69	3,9	1,5	3,9	70	70	BBR
Variante - Troço 3 - 2	F060.2	442	230	69	3,9	1,5	3,9	70	70	BBR
Variante - Troço 3 A	F061	90	67	21	3,0	3,0	0,0	60	60	BBR
Variante - Troço 3 B1	F062	98	73	22	3,0	3,0	0,0	70	70	BBR
Variante - Troço 3 C2	F065	123	91	28	3,0	3,0	0,0	40	40	BBR
Variante - Troço 3 D	F066	89	66	20	2,0	2,0	0,0	60	60	BBR
Variante - Troço 3 E	F067	203	151	46	6,0	6,0	1,0	70	70	BBR
Variante - Troço 3 F	F068	168	125	38	5,0	5,0	1,0	60	60	BBR
Variante - Troço 3 G	F069	229	170	52	7,0	6,0	1,0	70	70	BBR
Variante - Troço 3 H	F070	316	235	72	6,0	6,0	1,0	60	60	BBR

Rodovia	ID	TMH (veículos/h)			Percentagem de Pesados			Velocidade máxima (km/h)		Camada de desgaste
		Diurno	Entardecer	Nocturno	Diurno	Entardecer	Nocturno	Ligeiros	Pesados	
Variante - Troço 5 - 1	F072.1	442	230	69	3,9	1,5	3,9	70	70	BBR
Variante - Troço 5 - 2	F072.2	442	230	69	3,9	1,5	3,9	70	70	BBR
V.I.M. - Troço 1_Ramo B	F073	437	325	100	3,0	3,0	0,0	40	40	BBR
V.I.M. - Troço 2	F074	530	394	121	4,0	4,0	1,0	70	60	BBR
V.I.M. - Troço 3	F075	530	394	121	4,0	4,0	1,0	90	80	BBR
V.I.M. - Troço 4	F076	530	394	121	4,0	4,0	1,0	70	60	BBR
V.I.M. - Troço 5	F077	530	394	121	4,0	4,0	1,0	50	50	BBR
V.I.M. - Troço 6	F078	822	611	181	8,8	8,8	2,3	90	80	BBR
V.I.M. - Troço 7	F081	768	534	67	2,0	2,0	0,0	70	60	BBR
Ligação à V.I.M. - Troço 1	F085	773	574	176	2,0	2,0	0,0	70	70	BBR
Ligação à V.I.M. - Troço 2	F092	773	574	176	2,0	2,0	0,0	50	50	BBR
E.N. 14 - Troço 1_Nó D	F093	1272	906	301	6,8	2,2	6,4	40	40	BBR
Rotunda E.N. 14 - Troço 1	F093.1	0	0	0	0,0	0,0	0,0	40	40	BBR
E.N. 14 - Troço 2	F094	1141	585	177	6,4	2,5	6,4	50	50	BBR
E.N. 14 - Troço 3 B	F095	841	617	168	3,0	3,0	0,0	50	50	BBR
E.N. 14 - Troço 3.1	F095.1	421	309	84	3,0	3,0	0,0	50	50	BBR
E.N. 14 - Troço 3.2	F095.2	421	309	84	3,0	3,0	0,0	50	50	BBR
E.N. 14 - Troço 4 D	F096	876	642	175	3,0	3,0	0,0	40	40	BBR
E.N. 14 - Troço 4 A	F097	876	642	175	3,0	3,0	0,0	40	40	BBR
E.N. 14 - Troço 4 B	F098	876	642	175	3,0	3,0	0,0	40	40	BBR
E.N. 14 - Troço 5 D	F099	846	628	193	4,0	4,0	1,0	50	50	BBR
E.N. 14 - Troço 6 B	F102	632	469	114	3,0	3,0	0,0	40	40	BBR
E.N. 14 - Troço 7 - 1	F103.1	490	304	94	2,9	1,4	4,4	50	50	BBR
E.N. 14 - Troço 7 A	F104	466	286	90	4,6	2,3	6,7	50	50	BBR
E.N. 14 - Troço 8	F106	931	572	180	4,6	2,3	6,7	50	50	BBR
E.N. 14 - Troço 8 B	F108	466	286	90	4,6	2,3	6,7	50	50	BBR
E.N. 204 - Troço 1	F109	1163	648	202	2,1	0,8	2,1	50	50	BBR
E.N. 204 - Troço 2	F110	1001	743	228	4,0	4,0	1,0	50	50	BBR
E.N. 204 - Troço 3	F111	1001	743	228	4,0	4,0	1,0	70	70	BBR
E.N. 204 - Troço 4	F112	1001	743	228	4,0	4,0	1,0	50	50	BBR
E.N. 204 - Troço 5	F113	1078	801	246	3,0	3,0	0,0	50	50	BBR
E.N. 204 - Troço 6 - 1	F114.1	516	283	89	4,8	1,8	4,7	50	50	BBR
E.N. 204 - Troço 6 - 2	F114.2	516	283	89	4,8	1,8	4,7	50	50	BBR

Rodovia	ID	TMH (veículos/h)			Porcentagem de Pesados			Velocidade máxima (km/h)		Camada de desgaste
		Diurno	Entardecer	Nocturno	Diurno	Entardecer	Nocturno	Ligeiros	Pesados	
E.N. 204 - Troço 7 B	F115	816	446	141	5,1	1,9	5,0	40	40	BBR
EN 204_5 - Troço 1	F116	227	127	39	1,7	0,5	1,6	40	40	BBR
EN 204_5 - Troço 3	F118	227	127	39	1,7	0,5	1,6	40	40	BBR
EN 204_5 - Troço 4	F119	227	127	39	1,7	0,5	1,6	50	50	BBR
EN 204_5 - Troço 5	F120	227	127	39	1,7	0,5	1,6	50	50	BBR
EN 204_5 - Troço 6	F121	280	208	64	3,0	3,0	0,0	50	50	BBR
E.N. 309 - Troço 1	F122	429	336	92	11,2	15,9	3,5	50	50	BBR
E.N. 309 - Troço 2 - 1	F123.1	455	338	104	4,0	4,0	1,0	50	50	BBR
E.N. 309 - Troço 2 - 2	F123.2	455	338	104	4,0	4,0	1,0	50	50	BBR
E.N. 309 - Troço 3	F124	304	226	69	2,0	2,0	0,0	40	40	BBR
E.N. 309 - Troço 4	F125	102	57	18	3,2	1,2	2,8	50	50	BBR
E.N. 309 - Troço 6	F127	102	57	18	3,2	1,2	2,8	40	40	BBR
E.N. 309 - Troço 7	F128	102	57	18	3,2	1,2	2,8	50	50	BBR
E.N. 309 - Troço 8	F129	102	57	18	3,2	1,2	2,8	50	50	BBR
E.N. 309 - Troço 9	F130	102	57	18	3,2	1,2	2,8	40	40	BBR
E.N. 309 - Troço 10	F131	102	57	18	3,2	1,2	2,8	50	50	BBR
E.N. 309 - Troço 11	F132	102	57	18	3,2	1,2	2,8	50	50	BBR
E.N. 309 - Troço 12	F133	102	57	18	3,2	1,2	2,8	50	50	BBR
EN 310 - Troço 1	F134	845	627	192	3,0	3,0	0,0	50	50	BBR
E.N. 310 - Troço 2	F135	406	227	70	1,6	0,6	1,6	50	50	BBR
EN 310 - Troço 3	F136	406	227	70	1,6	0,6	1,6	50	50	BBR
E.R. 206 - Troço 1 D - 1	F137.1	1623	1206	358	9,8	9,8	1,7	40	40	BBR
E.R. 206 - Troço 1 D - 2	F137.2	1356	1008	300	9,5	9,5	1,6	40	40	BBR
E.R. 206 - Troço 3 A	F139	942	351	159	3,6	0,7	0,6	40	40	BBR
E.R. 206 - Troço 2 C	F141	942	351	159	3,6	0,7	0,6	40	40	BBR
E.R. 206 - Troço 3 B	F142	682	408	118	3,3	0,9	2,5	40	40	BBR
E.R. 206 - Troço 4	F143	682	408	118	3,3	0,9	2,5	50	50	BBR
EM 506	F144	173	120	14	14,0	14,0	0,0	50	50	BBR
EM 508	F145	137	102	31	2,0	2,0	0,0	40	40	BBR
E.M. 508_1 - Troço 1	F146	584	434	133	5,0	5,0	1,0	50	50	BBR
E.M. 508_1 - Troço 2	F147	289	215	66	2,0	2,0	0,0	50	50	BBR
EM 510 - Troço 1	F148	150	111	34	9,0	8,0	1,0	40	40	BBR
EM 510 - Troço 2	F149	682	408	118	3,3	0,9	2,5	50	50	BBR

Rodovia	ID	TMH (veículos/h)			Porcentagem de Pesados			Velocidade máxima (km/h)		Camada de desgaste
		Diurno	Entardecer	Nocturno	Diurno	Entardecer	Nocturno	Ligeiros	Pesados	
EM 510 - Troço 3	F150	219	163	50	4,0	4,0	1,0	50	50	BBR
EM 511 -Troço 1	F151	198	137	16	2,0	2,0	1,0	50	50	BBR
EM 511-Troço 2	F152	198	137	16	2,0	2,0	1,0	50	50	BBR
EM 562 - Troço 1	F153	280	194	22	3,0	3,0	0,0	50	50	BBR
EM 570	F157	87	65	20	9,0	8,0	1,0	50	50	BBR
EM 571 - Troço 1	F158	137	102	31	6,0	6,0	1,0	40	40	BBR
EM 571 - Troço 2	F159	188	140	43	3,0	3,0	0,0	50	50	BBR
EM 571 - Troço 3	F160	143	99	11	3,0	3,0	0,0	50	50	BBR
EM 571- Troço 4	F161	169	125	38	3,0	3,0	0,0	50	50	BBR
EM 571- Troço 6	F163	169	125	38	3,0	3,0	0,0	50	50	BBR
EM 572 - Troço 1	F164	104	72	8	0,0	0,0	0,0	50	50	BBR
EM 572 - Troço 2	F165	78	58	18	2,0	2,0	0,0	40	40	BBR
EM 572 - Troço 3	F166	177	131	40	3,0	3,0	0,0	50	50	BBR
EM 572 - Troço 4	F167	110	82	25	2,0	2,0	0,0	40	40	BBR
EM 572 - Troço 5	F168	200	149	46	3,0	3,0	0,0	40	40	BBR
EM 572 - Troço 6	F169	735	546	167	3,0	3,0	0,0	50	50	BBR
EM 572_1-Troço 1	F176	85	63	19	1,0	1,0	0,0	40	40	BBR
EM 572_1 - Troço 2	F177	129	96	29	5,0	5,0	1,0	50	50	BBR
EM 573 - Troço 1	F178	193	143	44	3,0	3,0	0,0	40	40	BBR
EM 573 - Troço 2	F179	386	287	88	3,0	3,0	0,0	50	50	BBR
EM 573 - Troço 3	F180	386	287	88	3,0	3,0	0,0	50	50	BBR
EM 573 -Troço 4	F181	507	376	115	3,0	3,0	0,0	50	50	BBR
EM 573 -Troço 5	F182	348	258	79	3,0	3,0	0,0	50	50	BBR
EM 573 -Troço 6	F183	348	258	79	3,0	3,0	0,0	50	50	BBR
EM 573 -Troço 7	F184	348	258	79	3,0	3,0	0,0	60	60	BBR
EM 573 - Troço 8	F185	891	661	202	3,4	3,4	0,0	60	60	BBR
EM 573 - Troço 9	F186	348	258	79	3,0	3,0	0,0	60	60	BBR
EM 573 - Troço10	F187	134	93	11	0,0	0,0	0,0	60	60	BBR
EM 574 - Troço 2	F189	301	224	69	3,0	1,0	0,0	50	50	BBR
EM 574 - Troço 3	F190	150	111	34	3,0	3,0	0,0	40	40	BBR
EM 574 - Troço 4	F191	194	144	44	3,0	3,0	0,0	40	40	BBR
EM 574 - Troço 5	F192	389	289	88	3,0	3,0	0,0	50	50	BBR
CM 1460	F193	90	67	20	8,0	7,0	1,0	50	50	BBR

Rodovia	ID	TMH (veículos/h)			Percentagem de Pesados			Velocidade máxima (km/h)		Camada de desgaste
		Diurno	Entardecer	Nocturno	Diurno	Entardecer	Nocturno	Ligeiros	Pesados	
CM 1434 - Troço 1	F196	119	88	27	2,0	2,0	0,0	40	40	BBR
CM 1459 - Troço 1	F198	1221	907	103	8,8	8,8	4,0	50	50	BBR
CM 1459 - Troço 2	F199	440	327	100	6,0	6,0	1,0	50	50	BBR
CM 1483	F200	56	39	4	0,0	0,0	0,0	50	50	BBR
CM 1491 - Troço 1	F201	272	202	62	2,0	2,0	0,0	50	50	BBR
CM 1491 - Troço 2	F202	272	202	62	2,0	2,0	0,0	50	50	BBR
CM 1530 - Troço 1	F203	295	219	67	2,0	2,0	0,0	50	50	BBR
CM 1530 - Troço 4	F206	384	285	88	3,0	3,0	0,0	50	50	BBR
Av. de França - Troço 1	F207	473	352	109	3,0	3,0	0,0	40	40	BBR
Av. de França - Troço 2	F208	319	237	74	1,0	1,0	0,0	40	40	BBR
Avenida 25 de Abril_A	F209	164	122	38	1,0	1,0	0,0	50	50	BBR
Avenida José Manuel Marques - Troço 2	F211	296	220	68	5,0	5,0	1,0	50	50	BBR
Avenida Rebelo Mesquita	F212	594	441	135	19,0	17,0	3,0	50	50	BBR
Rua António Sérgio	F215	304	226	70	1,0	1,0	0,0	40	40	BBR
Rua Artur Cupertino de Miranda - Troço 2	F216	308	229	71	1,0	1,0	0,0	40	40	BBR
Rua Artur Cupertino de Miranda - Troço 2	F217	616	458	142	1,0	1,0	0,0	50	50	BBR
Rua D. Sancho I	F221	812	604	187	3,0	3,0	0,0	50	50	BBR
Rua Dr. Francisco Alves	F222	314	233	72	2,0	2,0	0,0	40	40	BBR
Rua Ernesto Carvalho	F223	628	467	144	2,0	2,0	0,0	50	50	BBR
Rua Senador Sousa Fernandes	F224	376	280	87	1,0	1,0	0,0	40	40	BBR
Rua Sr. da Agonia	F225	532	376	64	2,0	2,0	1,0	50	50	BBR
E.M. 508_1 - Rotunda	F226	145	108	33	2,0	2,0	0,0	30	30	BBR
Rotunda Variante Norte - EN 14	F227	769	571	175	8,0	7,0	1,0	30	30	BBR
Rotunda Variante 01	F228	1009	757	252	6,0	5,0	1,0	30	30	BBR
E.N. 14 - Troço 01 - rotunda	F229	615	457	140	6,0	6,0	1,0	30	30	BBR
EM 508 - Rotunda 1	F230	137	102	31	2,0	2,0	0,0	30	30	BBR
Rotunda 1_ E.N. 309	F232	464	345	107	1,0	1,0	0,0	30	30	BBR
Rotunda 2_ E.N. 309	F233	304	226	69	2,0	2,0	0,0	30	30	BBR
Rotunda 3_ E.N. 309	F234	233	173	53	2,0	2,0	0,0	30	30	BBR
Rotunda 4_ E.N. 309	F235	129	94	23	4,0	4,0	0,0	30	30	BBR
Rotunda Atlantic Park	F236	501	372	114	4,0	4,0	1,0	30	30	BBR
Rotunda Bernardino Machado	F237	1064	790	242	4,0	4,0	4,0	30	30	BBR
Rotunda Centro 1	F238	352	261	80	13,0	12,0	2,0	30	30	BBR

Rodovia	ID	TMH (veículos/h)			Percentagem de Pesados			Velocidade máxima (km/h)		Camada de desgaste
		Diurno	Entardecer	Nocturno	Diurno	Entardecer	Nocturno	Ligeiros	Pesados	
Rotunda Centro 2	F239	514	382	118	3,0	3,0	0,0	30	30	BBR
Rotunda Centro 3	F240	396	294	91	2,0	2,0	0,0	30	30	BBR
Rotunda Centro 4	F241	310	230	71	1,0	1,0	0,0	30	30	BBR
Rotunda Centro 5	F242	311	231	72	1,0	1,0	0,0	30	30	BBR
Rotunda da Paz	F243	1006	747	229	7,0	6,0	1,0	30	30	BBR
Rotunda de Stº. António	F244	1246	926	285	3,0	3,0	0,0	30	30	BBR
Rotunda EM 572_ EM 572_1	F245	198	147	45	2,0	2,0	0,0	30	30	BBR
Rotunda EM 572_1 - Troço 2	F246	99	74	23	5,0	5,0	1,0	30	30	BBR
Rotunda EM 573_Variante	F247	324	235	56	3,0	3,0	0,0	30	30	BBR
Rotunda Variante 02	F248	749	556	171	5,0	5,0	1,0	30	30	BBR
Rotunda EN 204_ER 206	F249	738	548	168	6,0	6,0	1,0	30	30	BBR
Rotunda EN 206_VIM	F250	885	657	201	5,0	5,0	1,0	30	30	BBR
Rotunda ER 206 _ Variante	F251	666	495	152	5,0	5,0	1,0	30	30	BBR
Rotunda_Ligação à Vim	F252	387	287	88	2,0	2,0	0,0	30	30	BBR
Rotunda EN 14	F253	636	453	151	6,8	2,2	6,4	40	40	BBR
Rotunda EM573/EN204	F254	403	294	78	2,7	2,7	0,2	40	40	BBR
Rotunda ER206	F255	1884	703	318	3,6	0,7	0,6	40	40	BBR
Rotunda E.N. 309 - Troço 2	F256	910	676	207	4,0	4,0	1,0	40	40	BBR
Rotunda CM1483	F257	28	20	2	0,0	0,0	0,0	40	40	BBR
Rotunda CM434/EM571	F258	124	92	28	2,8	2,8	0,0	40	40	BBR
Rotunda EM 571 - Troço 3	F259	72	50	6	3,0	3,0	0,0	40	40	BBR
Rotunda EM573 Troço 2	F260	145	108	33	3,0	3,0	0,0	40	40	BBR
Rotunda EN 14 - Porto-Braga (Porto (IC 23)-Trofa-Famalicão-Braga)	F261	1217	893	247	3,1	3,1	0,1	40	40	BBR
Rotunda Ligação A7 - troço 1/ER206	F262	933	693	205	10,1	10,1	1,8	40	40	BBR
Rotunda E.N. 14 - Troço 2	F263	570	292	89	6,4	2,5	6,4	40	40	BBR
Rotunda EM 571 - Troço 2	F264	94	70	22	3,0	3,0	0,0	40	40	BBR
Rotunda CM 1530 - Troço 1	F265	170	126	39	2,6	2,6	0,0	40	40	BBR
Rotunda EM510	F266	225	143	42	3,5	1,8	2,1	40	40	BBR
Rotunda EM 510 - Troço 3	F267	110	82	25	4,0	4,0	1,0	40	40	BBR
Rotunda EN 204_5 - Troço 4	F268	113	63	20	1,7	0,5	1,6	40	40	BBR
Rotunda V.I.M. - Troço 2	F269	242	180	55	3,5	3,5	0,5	40	40	BBR
Rotunda EM 573/EM 510	F270	555	412	126	3,5	3,5	0,2	40	40	BBR

Rodovia	ID	TMH (veículos/h)			Percentagem de Pesados			Velocidade máxima (km/h)		Camada de desgaste
		Diurno	Entardecer	Nocturno	Diurno	Entardecer	Nocturno	Ligeiros	Pesados	
Rotunda EN 204-5/EM 510	F271	168	104	32	2,4	1,9	1,4	40	40	BBR
Rotunda E.N. 310 - Troço 2	F272	203	114	35	1,6	0,6	1,6	40	40	BBR

BBR – Betão Betuminoso Rugoso

4.2.2. Indústrias

Existem várias unidades do tipo industrial no Município de Vila Nova de Famalicão. Os perímetros industriais inseridos no modelo foram fornecidos pelo cliente, bem como os respectivos horários de funcionamento, e correspondem a vários tipos de indústria/comércio.

Estas áreas foram caracterizadas acusticamente tendo em conta os métodos referidos no “*Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure*”, publicado por um grupo de trabalho da Comissão Europeia em agosto de 2007. No Anexo I é possível visualizar com mais detalhe as unidades industriais consideradas na versão final do mapa de ruído.

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

Quadro 4.2 – Tipologia de fontes industriais consideradas como fontes em área e respetiva potência sonora e período de funcionamento aplicados

Indústria	ID	Potência sonora	Período de laboração (h)		
		dB(A)/m^2	Diurno	Entardecer	Noturno
Fonte Industrial 001	FI001	55	13	3	8
Fonte Industrial 002	FI002	50	13	3	8
Fonte Industrial 003 a 036	FI003 a 036	55	13	3	8
Fonte Industrial 037	FI037	60	13	3	8
Fonte Industrial 038 a 039	FI038 a 039	55	13	3	8
Fonte Industrial 040 a 041	FI040 a 041	60	13	3	8
Fonte Industrial 042 a 053	FI042 a 053	55	13	3	8
Fonte Industrial 054 a 055	FI054 a F055	60	9	0	0
Fonte Industrial 056 a 183	FI056 a 183	55	9	0	0
Fonte Industrial 184	FI184	50	9	0	0
Fonte Industrial 185 a 274	FI185 a 274	55	9	0	0
Fonte Industrial 275 a 276	FI275 a 276	50	9	0	0
Fonte Industrial 277 a 325	FI277 a 325	55	9	0	0
Fonte Industrial 326	FI326	50	9	0	0
Fonte Industrial 327 a 331	FI327 a F331	55	9	0	0
Fonte Industrial 332	FI332	50	10	3	0
Fonte Industrial 333 a 334	FI333 a 334	55	13	3	8

4.2.3. Tráfego ferroviário

A implantação e traçado das linhas ferroviárias que atravessam o Município de Vila Nova de Famalicão foram fornecidos pelo cliente bem como os volumes e tipologia de tráfego, estes dois últimos por solicitação à IP– Infraestruturas de Portugal, S.A. Nas tabelas seguintes são apresentados os volumes de tráfego por período de referência e as características do material circulante, para cada linha / ramal considerado.

Quadro 4.3 – Características das vias ferroviárias para os períodos diurno, entardecer e noturno

LINHA DO MINHO Troço: Trofa - Lousado (Ascendente)						
Categoria	Nº de passagens			V.med.	Comp.	Travões utilizados (%)
	Diurno	Entardecer	Nocturno	(km/h)	(m)	
Suburbanos	32	5	5	93	67	100
Interregionais	5	0	1	107	97	100
Alfa Pendular	3	1	0	140	159	100
Intercidades	2	1	1	120	179	100
Regionais	0	1	0	97	71	100
Mercadorias	4	1	2	98	280	0
Internacionais Passageiros	2	0	0	120	70	100

LINHA DO MINHO Troço: Trofa - Lousado (Descendente)						
Categoria	Nº de passagens			V.med.	Comp.	Travões utilizados (%)
	Diurno	Entardecer	Nocturno	(km/h)	(m)	
Suburbanos	31	5	6	91	67	100
Interregionais	5	1	0	107	97	100
Alfa Pendular	3	0	1	140	159	100
Intercidades	4	0	0	70	182	100
Regionais	1	0	0	105	71	100
Mercadorias	2	2	1	97	256	0
Internacionais Passageiros	1	1	0	120	70	100

LINHA DO MINHO Troço: Lousado - Famalicão (Ascendente)						
Categoria	Nº de passagens			V.med.	Comp.	Travões utilizados (%)
	Diurno	Entardecer	Nocturno	(km/h)	(m)	
Suburbanos	20	3	3	84	67	100
Interregionais	5	0	1	109	97	100
Alfa Pendular	3	0	0	126	159	100
Intercidades	1	1	1	109	167	100
Regionais	0	1	0	103	71	100
Mercadorias	4	2	1	100	277	0
Internacionais Passageiros	2	0	0	107	70	100

LINHA DO MINHO Troço: Lousado - Famalicão (Descendente)						
Categoria	Nº de passagens			V.med.	Comp.	Travões utilizados (%)
	Diurno	Entardecer	Nocturno	(km/h)	(m)	
Suburbanos	20	2	4	89	67	100
Interregionais	5	1	0	109	97	100
Alfa Pendular	3	0	1	126	159	100
Intercidades	3	0	0	109	170	100
Regionais	1	0	0	108	71	100
Mercadorias	1	3	1	98	299	0
Internacionais Passageiros	1	1	0	107	70	100

LINHA DO MINHO Troço: Famalicão - Nine (Ascendente)						
Categoria	Nº de passagens			V.med.	Comp.	Travões utilizados (%)
	Diurno	Entardecer	Nocturno	(km/h)	(m)	
Suburbanos	22	4	4	104	67	100
Interregionais	5	0	1	103	97	100
Alfa Pendular	3	1	0	116	159	100
Intercidades	1	1	1	106	167	100
Regionais	0	1	0	99	71	100
Mercadorias	4	1	0	92	315	0
Internacionais Passageiros	2	0	0	100	70	100

LINHA DO MINHO Troço: Famalicão - Nine (Descendente)						
Categoria	Nº de passagens			V.med.	Comp.	Travões utilizados (%)
	Diurno	Entardecer	Nocturno	(km/h)	(m)	
Suburbanos	21	3	5	85	67	100
Interregionais	5	1	0	95	97	100
Alfa Pendular	2	1	1	114	159	100
Intercidades	3	0	0	94	170	100
Regionais	1	0	0	88	71	100
Mercadorias	1	2	2	75	268	0
Internacionais Passageiros	1	1	0	85	70	100

LINHA DO MINHO Troço: Nine - Carreira (Ascendente)						
Categoria	Nº de passagens			V.med.	Comp.	Travões utilizados (%)
	Diurno	Entardecer	Nocturno	(km/h)	(m)	
Interregionais	5	0	1	93	97	100
Intercidades	0	1	0	93	179	100
Regionais	5	2	1	86	71	100
Mercadorias	3	1	0	88	281	0
Internacionais Passageiros	2	0	0	75	70	100

LINHA DO MINHO Troço: Nine - Carreira (Descendente)						
Categoria	Nº de passagens			V.med.	Comp.	Travões utilizados (%)
	Diurno	Entardecer	Nocturno	(km/h)	(m)	
Interregionais	5	1	0	87	97	100
Intercidades	1	0	0	93	179	100
Regionais	6	0	2	76	71	100
Mercadorias	0	2	2	63	274	0
Internacionais Passageiros	1	1	0	75	70	100

LINHA DE GUIMARÃES Troço: Lousado - Vila das Aves (Ascendente)						
Categoria	Nº de passagens			V.med.	Comp.	Travões utilizados (%)
	Diurno	Entardecer	Nocturno	(km/h)	(m)	
Suburbanos	11	2	3	76	67	100
Intercidades	1	0	0	76	217	100

LINHA DE GUIMARÃES Troço: Lousado - Vila das Aves (Descendente)						
Categoria	Nº de passagens			V.med.	Comp.	Travões utilizados (%)
	Diurno	Entardecer	Nocturno	(km/h)	(m)	
Suburbanos	12	2	2	71	67	100
Intercidades	1	0	0	75	217	100

RAMAL DE BRAGA Troço: Nine - Couto de Cambeses (Ascendente)						
Categoria	Nº de passagens			V.med.	Comp.	Travões utilizados (%)
	Diurno	Entardecer	Nocturno	(km/h)	(m)	
Suburbanos	20	5	4	103	67	100
Alfa Pendular	3	1	0	110	159	100
Intercidades	1	0	1	102	167	100
Mercadorias	1	0	0	94	395	0

RAMAL DE BRAGA Troço: Nine - Couto de Cambeses (Descendente)						
Categoria	Nº de passagens			V.med.	Comp.	Travões utilizados (%)
	Diurno	Entardecer	Nocturno	(km/h)	(m)	
Suburbanos	21	2	5	95	67	100
Alfa Pendular	2	1	1	115	159	100
Intercidades	2	0	0	103	167	100
Mercadorias	1	0	0	100	260	0

4.3. CONFIGURAÇÃO DE CÁLCULO

O cálculo dos mapas de ruído foi realizado a partir da criação de uma malha equidistante de pontos de cálculo. Para cada um dos pontos da malha, o modelo calcula os níveis de ruído adicionando as contribuições de todas as fontes de ruído consideradas, tendo também em consideração os trajetos de propagação e as atenuações, de acordo com o estipulado no método de cálculo francês NMPB-Routes-96 (tráfego rodoviário) e na norma ISO 9613 (indústrias).

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

Relativamente aos dados meteorológicos, para o ruído de tráfego rodoviário consideram-se condições médias no período diurno, o que significa 50% de ocorrência de situações favoráveis à propagação para todos os quadrantes de ventos no primeiro período, 75% no período do entardecer e 100% de ocorrência para as mesmas no período noturno. Pensa-se que o período noturno seja o mais crítico em termos de incomodidade, conforme recomendado pela APA nas suas diretrizes recentemente atualizadas em Agosto de 2022.

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

4.4. VALIDAÇÃO DO MODELO

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

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

4.4.1. Validação junto às fontes sonoras

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

Assim, foram instalados dois equipamentos de medida dos níveis sonoros. Um deles junto à EN14 (localização geográfica: 41.433187° e -8.509526°) com início no dia 15 de maio de 2023 e recolha após cerca de 48h, no dia 17 de maio de 2023. O outro equipamento foi instalado junto à Linha do Minho (localização geográfica: 41.360249° e -8.523247°) com início no dia 17 de maio de 2023 e recolha após cerca de 48h, no dia 19 de maio de 2023

No Quadro 4.4 encontram-se identificados os pontos de validação medido cujos resultados são apresentados no Quadro 4.5.

Quadro 4.4 – Localização em coordenadas cartesianas dos pontos de validação

Ponto de validação	Coordenadas cartesianas no modelo		
	x (m)	y (m)	z (m)
PV1 Rodovia	-31461,86	196055,34	197,11
PV2 Ferrovia	-32645,06	187959,81	53,91

No modelo acústico, os pontos foram cotados a cerca de 4 metros acima do solo de forma idêntica à posição do microfone durante as respetivas medições. O sistema de coordenadas cartesianas utilizado na elaboração do mapa de ruído é o EPSG:3763 (ETRS89, Portugal TM06)

Nas figuras seguintes pode visualizar-se a localização dos pontos de validação PV1 e PV2 introduzidos no modelo. A diferença linear entre os valores calculados pelo modelo e os valores medidos para os indicadores L_{den} e L_n encontram-se representados no Quadro 4.5.



Figura 4.6 – Localização do PV1



Figura 4.7 – Localização do PV2

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

Ponto recetor	Indicador calculado		Indicador medido		Indicador calculado - Indicador medido		Requisito
	L _{Aeq calc} [dB(A)]		L _{Aeq med} [dB(A)]		L _{Aeq calc} – L _{Aeq med} [dB(A)]		
	L _{den}	L _n	L _{den}	L _n	L _{den}	L _n	
PV1	72,1	63,2	73,6	65,3	-1,5	-2,1	≤ 2 dB(A)
PV2	72,4	64,1	73,5	65,3	-1,1	-1,2	≤ 2 dB(A)

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

$L_{Aeq\ calc}$ nível sonoro contínuo equivalente calculado pelo modelo para o período de referência em questão;

$L_{Aeq\ med}$ nível sonoro contínuo equivalente medido pela dBwave para o período de referência em questão, ou média logarítmica de várias amostragens no mesmo ponto quando aplicável;

$L_{Aeq\ calc} - L_{Aeq\ med}$ diferença linear entre o $L_{Aeq\ calc}$ e o $L_{Aeq\ med}$

Tendo em conta os resultados do processo de validação verifica-se o cumprimento da condição estipulada nas diretrizes emitidas pela APA para a elaboração deste tipo de mapas:

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

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Foi desenvolvido um modelo computacional, utilizando o programa CadnaA, para calcular os mapas de ruído para o concelho de Vila Nova de Famalicão. O modelo inclui o modelo digital do terreno, a implantação geográfica de edifícios e fontes sonoras, as características de emissão acústica destas fontes, bem como os algoritmos de cálculo de propagação sonora em conformidade com método de cálculo NMPB 96 baseado na norma francesa XP S 31-133 e a norma ISO 9613.

Os cálculos realizados com o modelo permitiram obter a distribuição espacial dos níveis sonoros para os indicadores L_{den} e L_n e que espelham a situação acústica média prevista para o local em estudo. Os Mapas de Ruído do Município de Vila Nova de Famalicão para a situação atual podem ser visualizados, para a totalidade da área do município, nos Anexos I.1 (indicador L_{den}) e I.2 (indicador L_n).

A análise dos Mapas de Ruído produzidos mostra que o Município de Vila Nova de Famalicão apresenta níveis sonoros significativos em boa parte do seu território, essencialmente na envolvente das principais vias de tráfego rodoviário (auto-estradas e estradas nacionais) e ferroviário (Linha do Minho). No caso do L_{den} , para as principais fontes sonoras, a faixa exposta a mais de 65 dB(A) atinge frequentemente uma distância superior a 30 metros em torno da respetiva fonte, superando os 50 metros no caso da A3 e A7. No caso do L_n , a faixa exposta a mais de 55 dB(A) é geralmente superior a 40 metros, superando os 100 metros no caso da A3 e A7. Convém também notar que na envolvente das principais vias já foram instaladas várias barreiras acústicas para minimização do ruído.

Existe um grande número de recetores sensíveis em situação de sobre-exposição ($L_{den} > 65$ dB(A) e $L_n > 55$ dB(A) tendo em conta que muitos se situam na proximidade de fontes de ruído com níveis sonoros elevados (ex: habitações junto a estradas com elevado volume de tráfego). A elevada densidade de edifícios um pouco por todo o município também ajuda a explicar essa situação.

As unidades industriais não constituem geralmente situações problemáticas do ponto de vista do ruído até porque a maior parte delas não tem funcionamento no período noturno. Excetuam-se as unidades de maior dimensão, geradoras de níveis sonoros mais elevados e com funcionamento durante 24 horas.

Posteriormente a este estudo, o município deverá desenvolver e aprovar uma proposta de classificação acústica para o concelho. Dessa classificação resultarão mapas de conflito acústico que por sua vez servirão de base ao estudo de medidas de redução sonora no âmbito do Plano Municipal de Redução de Ruído.

Elaborado por:

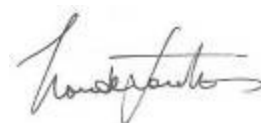
Jorge Preto



Técnico Superior

Verificado e aprovado por:

Luís Conde Santos



Diretor Técnico

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. A Comparison of Different Techniques for the Calculation of Noise Maps of Cities, International Congress and Exhibition in Noise Control Engineering, Wolfgang Probst, Bernd Huber, 2001.
2. Directiva Comunitária 2002/49/CE do Parlamento Europeu e do Conselho relativa à Avaliação e Gestão do Ruído Ambiente, de 25 de Junho de 2002.
3. Guide du Bruit des Transports Terrestres - Prévision des niveaux sonores", CETUR, 1980.
4. Implementation of the EU-directive on Environmental Noise Requirements for Calculation Software and Handling with CadnaA, Wolfgang Probst, 2003.
5. Integration of Area Noise Control into Programs into a Citywide Noise Control Strategy, Institute of Acoustics – Proceedings, Vol. 23, Pt 5, Wolfgang Probst, Bernd Huber, 2001.
6. NP ISO 1996-1 (2021) – Acústica, Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente, Parte 1: Grandezas fundamentais e métodos de avaliação.
7. NP ISO 1996-2 (2021) – Acústica, Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente, Parte 2: Determinação dos níveis de pressão sonora.
8. Norme XP S31-133(2001) – Bruit des infrastructures de transports terrestre. Calcul de l'atténuation du son lors de sa propagation en milieu extérieur incluant les effets météorologiques.
9. NMPB-Routes-96 (SETRA-CERTU-LCPC-CSTB), publicado no "Arrêté du 5 Mai. 1995 relatif au bruit des infrastructures routières, Journal Officiel du 10 MAI 1995, article 6".
10. Diretrizes para a Elaboração de Mapas de Ruído, APA, Agosto 2022.
11. Projeto-piloto de Demonstração de Mapas de Ruído – Escalas Municipal e Urbana, Instituto do Ambiente, Ramos Pinto, F., Guedes, M. & Leite, M. J., 2004.
12. Regulamento Geral do Ruído – Decreto-Lei n.º 9/2007 de 17 de Janeiro.
13. Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios – Decreto-Lei nº 96/2008 de 9 de Junho.

ANEXOS

ANEXO I – Mapas de Ruído do Município de Vila Nova de Famalicão L_{den} e L_n (1:10000)