



dB Lab

Laboratório de Acústica e Vibrações, Lda.

Actualização do Mapa de Ruído do Plano de Urbanização da Devesa

de acordo com o Dec.-Lei n.º 9/2007

Relatório Final

Descrição do Modelo e Resultados

Referência do Relatório: 09_132_MRPM01

Data do Relatório: Setembro 2010

Nº. Total de Páginas (excluindo anexos): 25

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO E OBJECTIVO	2
2. CONTEXTO LEGISLATIVO	3
2.1. DEFINIÇÕES.....	3
2.2. ENQUADRAMENTO LEGAL DOS MAPAS DE RUÍDO.....	4
3. METODOLOGIA.....	7
3.1. MAPAS DE RUÍDO – DESCRIÇÃO BREVE	7
3.2. ACTUALIZAÇÃO DO MAPA DE RUÍDO DO PLANO DE URBANIZAÇÃO DA DEVESA	7
3.3. SOFTWARE UTILIZADO	8
3.4. NORMAS E PARÂMETROS UTILIZADOS.....	8
3.4.1. Tráfego rodoviário	8
3.4.2. Parques de estacionamento	10
4. DESCRIÇÃO DO PROJECTO	12
4.1. CARACTERIZAÇÃO DO MODELO	12
4.1.1. Identificação da área de estudo.....	12
4.1.2. Área de estudo e área do mapa	13
4.1.3. Dados Cartográficos e Modelo Tridimensional.....	14
4.1.3.1. Altimetria	14
4.1.3.2. Edifícios e Barreiras.....	15
4.1.4. Fontes de ruído	15
4.1.4.1. Tráfego Rodoviário	16
4.1.4.2. Parques de Estacionamento.....	18
4.2. VALIDAÇÃO DO MODELO.....	19
4.3. CONFIGURAÇÃO DE CÁLCULO.....	19
4.4. CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA.....	19
5. ANÁLISE DOS MAPAS DE RUÍDO	20
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	22
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

ANEXO I – Identificação das Fontes Sonoras Modeladas

ANEXO II – Actualização do Mapa de Ruído do Plano de Urbanização da Devesa da Situação Actual

ANEXO III – Actualização do Mapa de Ruído do Plano de Urbanização da Devesa da Situação Futura

Actualização do Mapa de Ruído do Plano de Urbanização da Devesa de acordo com o Dec.-Lei n.º 9/2007

DESCRIÇÃO DO MODELO E RESULTADOS

Ficha Técnica

Designação do Projecto	Actualização do Mapa de Ruído do Plano de Urbanização da Devesa
Nome e endereço do cliente	Praça Álvaro Marques 4760-502 Vila Nova de Famalicão
Localização do projecto	Área abrangida pelo Mapa de Ruído do Plano de Urbanização da Devesa
Fonte(s) do Ruído Particular	Tráfego rodoviário
Data de Emissão	Setembro 2010

Equipa Técnica

O presente trabalho foi elaborado pela seguinte equipa técnica:

- Luís Conde Santos, Engenheiro Electrotécnico (IST), MSc. Sound and Vibration Studies (Un. Southampton) – Director Técnico;
- Frederico Vieira, Engenheiro do Ambiente (Univ. Algarve), MSc em Ordenamento do Território e Planeamento Ambiental – Gestor de Projectos;
- Pedro Neto, Engenheiro do Ambiente (Univ. Algarve) – Técnico Superior.

1. INTRODUÇÃO E OBJECTIVO

O Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de Janeiro pretende articular o Regulamento Geral do Ruído (RGR) com outros regimes jurídicos, designadamente o da urbanização e da edificação e o de autorização e licenciamento de actividades. Este decreto-lei refere ainda que o ruído é um indicador importante para a saúde humana e o bem-estar das populações.

De acordo com a legislação citada, a elaboração, alteração ou revisão de Planos Municipais de Ordenamento do território (PMOT) devem recorrer a informação acústica adequada, devendo as Câmaras Municipais promover, para esse efeito, a elaboração de mapas de ruído, salvo nas excepções indicadas a seguir. Assim, não é obrigatório elaborar mapas de ruído no caso de planos de pormenor e de planos de urbanização de zonas exclusivamente industriais e no caso dos planos de pormenor de zonas que não sejam exclusivamente industriais pode ser realizada uma recolha de dados acústicos em alternativa ao mapa de ruído.

O Decreto-Lei n.º 146/2006, de 31 de Julho transpõe ainda para o direito português a Directiva Comunitária Relativa à Avaliação e Gestão do Ruído Ambiente (Directiva 2002/49/CE). Com esta transposição e as disposições constantes no RGR passam a existir três períodos de referência: diurno (07h00 – 20h00), entardecer (20h00 – 23h00) e nocturno (23h00 – 07h00), sendo que os indicadores relevantes para elaboração de mapas de ruído passam a ser o nível diurno-entardecer-nocturno, L_{den} , e o nível nocturno, L_n .

A actualização do Mapa de Ruído do Plano de Urbanização da Devesa, tem como objectivo constituir uma ferramenta de apoio às tomadas de decisão sobre a proposta síntese do Plano fornecendo informação acústica para atingir os seguintes objectivos:

- Preservar zonas com níveis sonoros regulamentares;
- Corrigir zonas com níveis sonoros não regulamentares;
- Criar novas zonas sensíveis ou mistas com níveis sonoros compatíveis.

Nesse intuito, actualizou-se o modelo acústico tridimensional anterior de toda a área em estudo, de acordo com o novo RGR (Decreto-Lei n.º 9/2007), analisando-se os resultados, nas seguintes perspectivas, para os indicadores L_{den} e L_n a uma altura de 4 metros, considerando as principais fontes de ruído (eixos rodoviários e parques de estacionamento).

O modelo criado foi elaborado de forma a dispor 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 utilizada é a mesma a que está a ser elaborada no Mapa de Ruído do Plano de Urbanização da Devesa – 1:5000, adaptando-se melhor à tomada de decisões sobre estratégias de zonamento e de identificação de áreas prioritárias para redução de ruído, constituindo, uma ferramenta que deve ser utilizada em conjunto com o planeamento urbano de forma a permitir analisar qualquer cenário de alteração da situação actual, assim como evidenciar perante terceiros os impactes sonoros gerados e a redução ou aumento dos níveis sonoros (p.e. alteração do fluxo de tráfego, mudança de piso, etc.).

A precisão dos cálculos realizados para os mapas de ruído, dependente de vários parâmetros, foi ajustada para a sua apresentação a esta escala, ou inferior para articulação com PU (por exemplo, 1:5000, mínimo estabelecido pela Agência Portuguesa do Ambiente - APA). A visualização ou impressão a escalas superiores a 1:5000 não deverá ser utilizada.

No presente relatório é descrito o modelo computacional desenvolvido, sendo apresentados os seus resultados, quer em forma de quadros, quer em forma de mapas de ruído. A informação apresentada permite ter uma visão clara do ruído gerado pelas diferentes fontes sonoras.

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, nas Directrizes para a Elaboração de Mapas de Ruído publicadas pela APA em Junho de 2008 e “Recomendações para Selecção de Métodos de Cálculo a Utilizar na Previsão de Níveis Sonoros”.

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 nocturno (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 objecto 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 nocturno;
- **Zona Mista** – a área definida em plano municipal de ordenamento do território, cuja ocupação seja afectada a outros usos, existentes ou previstos, para além dos referidos na definição de zona sensível;
- **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-nocturno:**

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

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 nocturno (L_{Aeq} de longa duração do ruído ambiente nocturno).

2.2. ENQUADRAMENTO LEGAL DOS MAPAS DE RUÍDO

O Regulamento Geral do Ruído refere, nos artigos 7.º e 8.º, que todos os aglomerados populacionais com uma população residente superior a 100 000 habitantes e uma densidade populacional superior a 2500 habitantes/ km² devem elaborar mapas estratégicos de ruído e os respectivos planos de acção, nos termos do disposto no Decreto-Lei n.º 146/2006, de 31 de Julho tal como já vinha preconizado pela Directiva 2002/49/CE.

Ainda no que respeita ao enquadramento legal dos mapas de ruído, é de destacar o documento, emitido em Março de 2007, pelo Instituto do Ambiente, designado como **Directrizes para a Elaboração de Mapas de Ruído**, devendo os Planos Municipais de Ordenamento do Território (PMOT) ser acompanhados:

- pelo mapa de ruído (o qual pode, no Plano de Pormenor, ser substituído por relatório de recolha de dados acústicos), que fornece a localização das fontes de ruído e de áreas às quais correspondem classes de valores expressos em dB(A);
- pela carta de classificação de zonas sensíveis e mistas.

De acordo com essas mesmas directrizes um mapa de ruído constitui, essencialmente, uma ferramenta de apoio à decisão sobre planeamento e ordenamento do território que permite visualizar condicionantes dos espaços por requisitos de qualidade do ambiente acústico devendo, portanto, ser adoptado na preparação dos instrumentos de ordenamento do território e na sua aplicação.

Nestas directrizes referem-se ainda aspectos técnicos relativos à elaboração de Mapas de Ruído, dos quais alguns se descrevem:

- O indicador de ruído ambiente a utilizar é o nível sonoro médio de longa duração, L_{Aeq} , LT, expresso em dB(A), definido na NP-1730;
- É desejável que o Mapa de Ruído seja realizado por modelação na perspectiva de harmonização a médio/longo prazo com as regras adoptadas na Directiva;
- Os Mapas de Ruído devem ser realizados aos indicadores L_{den} e L_n , ambos calculados a uma altura acima do solo de 4 metros.
- Devem ser consideradas pelo menos as seguintes fontes sonoras: grandes eixos de circulação rodoviária cujo tráfego médio diário anual (TMDA) ultrapasse os 8000 veículos, grandes eixos de circulação ferroviária com 30000 ou mais passagens de comboio ano, aeroportos e aeródromos, as actividades ruidosas abrangidas pela Avaliação de Impacte Ambiental e de Prevenção e Controlo Integrados de Poluição.

Existem ainda requisitos mínimos a respeitar na Elaboração de Mapas de Ruído, tais como:

- A representação gráfica e medições de ruído ambiente deverão ser realizadas de acordo com a NP 1730;
- A escala não deve ser inferior a:
 - 1:25 000, para articulação com PDM, salvo nos municípios definidos como aglomerações;
 - 1:10 000, para mapas estratégicos de aglomerações e de GIT;
 - 1:5 000, ou outras que a regulamentação própria sobre cartografia venha a definir, para articulação com PU/PP.
- Em consequência da escala de trabalho adoptada, a equidistância de curvas de nível será:
 - 10 metros, para cartografia a 1:25 000;
 - 5 metros, para cartografia a 1:10 000;
 - 1 ou 2 metros, para cartografia a 1:5 000 ou superior.

Da informação mínima a incluir deve constar a denominação da área abrangida e toponímia de lugares principais, a identificação dos tipos de fontes sonoras consideradas, métodos de cálculo adoptados, a escala, o ano a que se reportam os resultados, o indicador de ruído, L_{den} ou L_n e a legenda para a relação cores/padrões – classes de níveis sonoros.

As versões digitais dos mapas devem seguir as orientações constantes do documento “Recomendações para a Organização dos Mapas Digitais de Ruído”, actualizado em Junho 2008.

Limites Regulamentares

Relativamente aos limites máximos de exposição o DL n.º 9/2007 indica no Artigo 11.º 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 infra-estrutura 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 projectada, à data de elaboração ou revisão do plano municipal de ordenamento do território, uma grande infra-estrutura 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 projectada, à data de elaboração ou revisão do plano municipal de ordenamento do território, uma grande infra-estrutura 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 6.º, para efeitos de verificação do valor limite de exposição, aplicam-se aos receptores sensíveis os valores limite de L_{den} igual ou inferior a 63 dB(A) e L_n igual ou inferior a 53 dB(A).”

Planos de Redução de Ruído

Ainda no Regulamento Geral do Ruído foram institucionalizados os Planos Municipais de Redução de Ruído, os quais deverão ser concebidos e aplicados quando os limites sonoros impostos para zonas sensíveis e para zonas mistas forem ultrapassados.

Apresenta-se, de seguida, transcrição do Artigo 8.º do DL 9/2007 – Planos municipais de redução de ruído:

Actualização do Mapa de Ruído do Plano de Urbanização da Devesa

“1 – As zonas sensíveis ou mistas com ocupação expostas a ruído ambiente exterior que exceda os valores limite fixados no artigo 11.º devem ser objecto de planos municipais de redução de ruído, cuja elaboração é da responsabilidade das câmaras municipais.

2 – Os planos municipais de redução de ruído devem ser executados num prazo máximo de dois anos contados a partir da data de entrada em vigor do presente Regulamento, podendo contemplar o faseamento de medidas, considerando prioritárias as referentes a zonas sensíveis ou mistas expostas a ruído ambiente exterior que exceda em mais de 5 dB(A) os valores limite fixados no artigo 11.º

3 – Os planos municipais de redução do ruído vinculam as entidades públicas e os particulares, sendo aprovados pela assembleia municipal, sob proposta da câmara municipal”.

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.

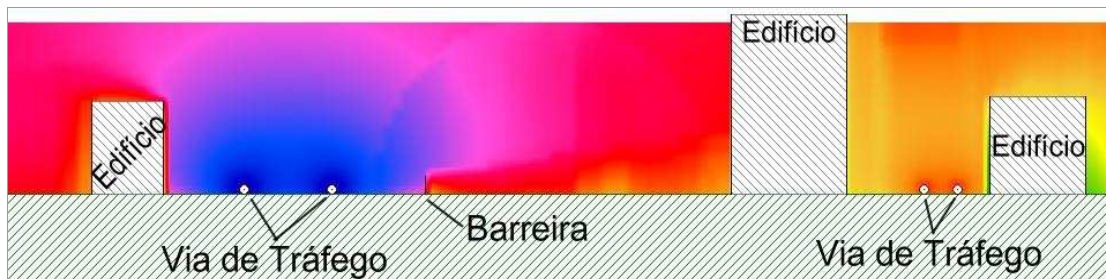


Figura 3.3 – Mapa de Ruído em corte transversal às vias rodoviárias.

Estes mapas de ruído não resultam directamente 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. ACTUALIZAÇÃO DO MAPA DE RUÍDO DO PLANO DE URBANIZAÇÃO DA DEVESA

A metodologia utilizada neste trabalho baseou-se na adaptação dos mapas de ruído elaborados, de acordo com o antigo Decreto-Lei 292/2000. Os mapas de ruído foram recalculados, de forma a expressarem os indicadores L_{den} e L_n , com base na adaptação das fontes sonoras aos três períodos de referência, tendo em conta as recomendações das Directrizes para a Elaboração de Mapas de Ruído publicadas pela APA.

Este trabalho englobou as seguintes fases:

- Definição da “área do mapa” e da “área de estudo”;
- Recolha de dados climáticos e geográficos;

- Recolha de cartografia digital base, com a altimetria do terreno (curvas de nível), fontes de ruído (infra-estruturas de transporte), edifícios e muros relevantes;
- Identificação e levantamento das principais fontes de ruído existentes na área em análise – tráfego rodoviário e parques de estacionamento;
- Importação da altimetria para o Software CadnaA e criação do modelo digital do terreno (tridimensional);
- Importação para o Software CadnaA das linhas que definem os eixos de via das rodovias;
- Caracterização das fontes de ruído com base nas Normas francesas NMPB96 e XPS 31-133 (tráfego rodoviário), Norma alemã RLS-90 (parques de estacionamento), e no procedimento interno do dBLab (PT60 – Elaboração de Mapas de Ruído);
- Adaptação das fontes de ruído (rodovias e parques de estacionamento), adaptando as suas características aos três períodos de referência (diurno, entardecer e nocturno) descritos na nova legislação;
- Análise e tratamento de dados relativamente às fontes sonoras, obstáculos, efeito do solo e padrões de ocupação do solo;
- Simulação dos níveis de ruído para o Mapa de Ruído do Plano de Urbanização da Devesa em computador através do software CadnaA e com base nas Normas referidas anteriormente, para realizar o referido mapa de ruído;
- Validação do modelo: selecção de um ponto de medição acústica em local determinado para validação do modelo na sua globalidade, durante mais de dois dias consecutivos e tendo em conta a influência predominante de um só tipo de fonte, valores previstos que ultrapassem os regulamentares (zonas críticas) ou próximos dos regulamentares, no perímetro da zona urbanizada mais próximo da fonte, e resultados aparentemente duvidosos.
- Impressão dos Mapas de Ruído e análise final por inspecção visual, para eventuais detecções de erros de processamento.

3.3. SOFTWARE UTILIZADO

O programa utilizado para a elaboração dos Mapas de Ruído é o CadnaA que cumpre integralmente com os requisitos apresentados na Directiva Comunitária (2002/49/CE), no que toca aos métodos de cálculo a utilizar para elaboração do Mapa de Ruído e permite elaborar Mapas de ruído que incluem a contribuição de todos os tipos de fontes relevantes, sendo cada uma modelada de acordo com o método respectivo.

De origem alemã, está no mercado desde a década de 80, tendo sido utilizado desde então quer pela equipa que o desenvolve (www.datakustik.de), quer generalizadamente por todo o mundo incluindo Portugal, onde foi inicialmente utilizado na elaboração do Mapa de Ruído da cidade de Lisboa e que se generalizou entretanto na elaboração de Mapas de Ruído de outros municípios (no final de 2005 era já o software responsável pelo mapeamento de mais de 40 % da área de Portugal Continental) e para grandes indústrias cimenteiras, fundições e centrais termoeléctricas.

3.4. NORMAS E PARÂMETROS UTILIZADOS

3.4.1. 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 respectiva modelação em cada via de trânsito e pela caracterização da propagação sonora na atmosfera.

Na ausência de um método nacional para o cálculo de níveis de ruído de tráfego rodoviário, recorreu-se, neste estudo, ao método de cálculo recomendado pela Directiva do Parlamento Europeu e do Conselho relativa à Avaliação e Gestão do Ruído Ambiente (2002/49/CE) de 25 de Junho.

No seu anexo II, a Directiva recomenda que se utilize a base de dados constante no documento “Ministère de l’Environnement et du Cadre de Vie; Ministère des Transports; CETUR – *Guide du Bruit des Transports*

Terrestres: Prèvision des Niveaux Sonores". [s.l.]: ed. A., 1980. pág. 98 e 99 e 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/nocturno), 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 de tráfego, pode ser modelado como por um número de Fontes Pontuais igual ao número de veículos que nela circulam, a moverem-se com velocidades iguais às dos respectivos 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 Receptor, 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 efectuada de três formas, por ordem decrescente de preferência e em função das dimensões da secção da via, da distância relativa aos pontos receptores de interesse e da escala de trabalho:

- uma fonte linear por faixa de tráfego
- uma fonte linear por cada direcção
- 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*" – "*Prèvision des niveaux sonores*", CETUR, 1980, ábacos 4.1 e 4.2, através da seguinte fórmula:

$$L_{Wf}=[(E_{VL}+10\log Q_{VL}) \oplus (E_{PL}+10\log Q_{PL})]+20+10\log(L_f)+R(f)$$

em que,

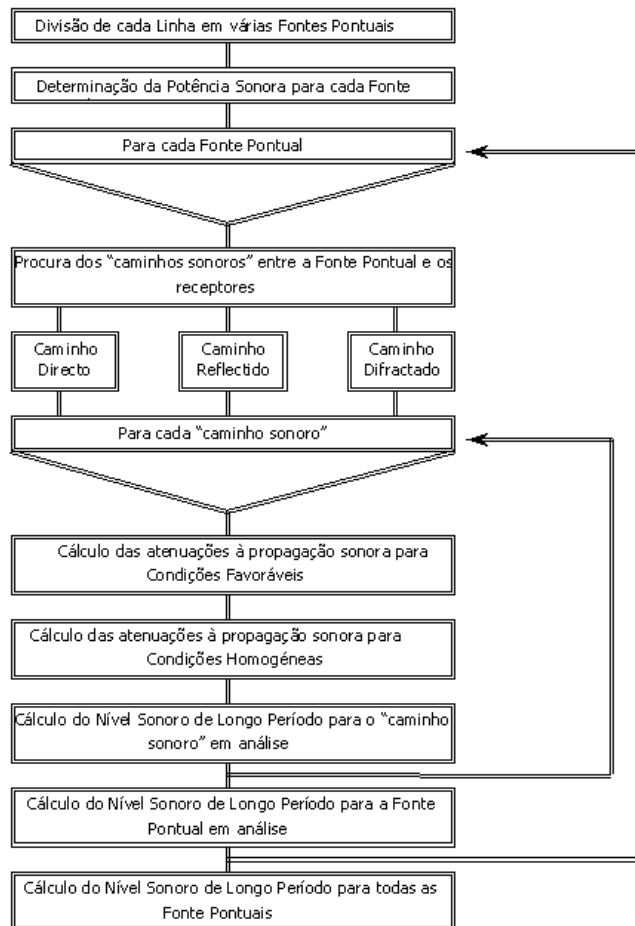
- \oplus é a soma logarítmica das duas parcelas adjacentes;
- E_{VL} e E_{PL} são os níveis sonoros retirados dos ábacos acima referidos para veículos ligeiros e pesados respectivamente;
- Q_{VL} e Q_{PL} são os fluxos horários de veículos ligeiros e pesados respectivamente, representativos do período considerado para análise;
- L_f 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

Apresenta-se, na figura seguinte, 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'96.

3.4.2. PARQUES DE ESTACIONAMENTO

Relativamente à modelação de parques de estacionamento, baseada em "Guidelines for Noise Control at Roads (RLS-90)", publicadas pelo German Federal Ministry of Transport, Dept. for Road Construction, Ed. 1990, Traffic Gazette 44 (1990), tem-se que a emissão sonora devida ao tráfego de um parque de estacionamento, é caracterizado pelo nível de emissão ponderado em A - L_m^* , E em dB(A), onde:

L_m^* , E - é o nível de emissão sonora médio, num período de tempo, em campo aberto a uma distância de 25 metros a partir do centro do parque de estacionamento, assumindo que a emissão total tem origem nesse ponto.

Actualização do Mapa de Ruído do Plano de Urbanização da Devesa

Para a modelação dos parques de estacionamento, baseada na referida norma alemã, são necessários os seguintes parâmetros:

- Número de lugares de estacionamento;
- Número de movimentos de veículos numa hora por lugar de estacionamento, para o período diurno e nocturno;
- A distinção entre estacionamento de ligeiros, pesados ou motociclos.

4. DESCRIÇÃO DO PROJECTO

4.1. CARACTERIZAÇÃO DO MODELO

Para que o modelo físico de propagação sonora possa ser possível, é necessário modelar as variáveis intervenientes. Nos pontos seguintes é descrita com maior detalhe a informação introduzida no modelo, dividida em três classes fundamentais: caracterização da área de estudo, fontes de ruído e ponto de validação de ruído.

4.1.1. IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área em análise situa-se na freguesia de Antas. Esta é uma das quarenta e nove freguesias do concelho de Vila Nova de Famalicão, pertencente ao distrito de Braga.

Este Concelho Minhoto apresenta uma área aproximada de 202 Km² e uma população residente de 128 967 indivíduos (I.N.E – Censos 2001).

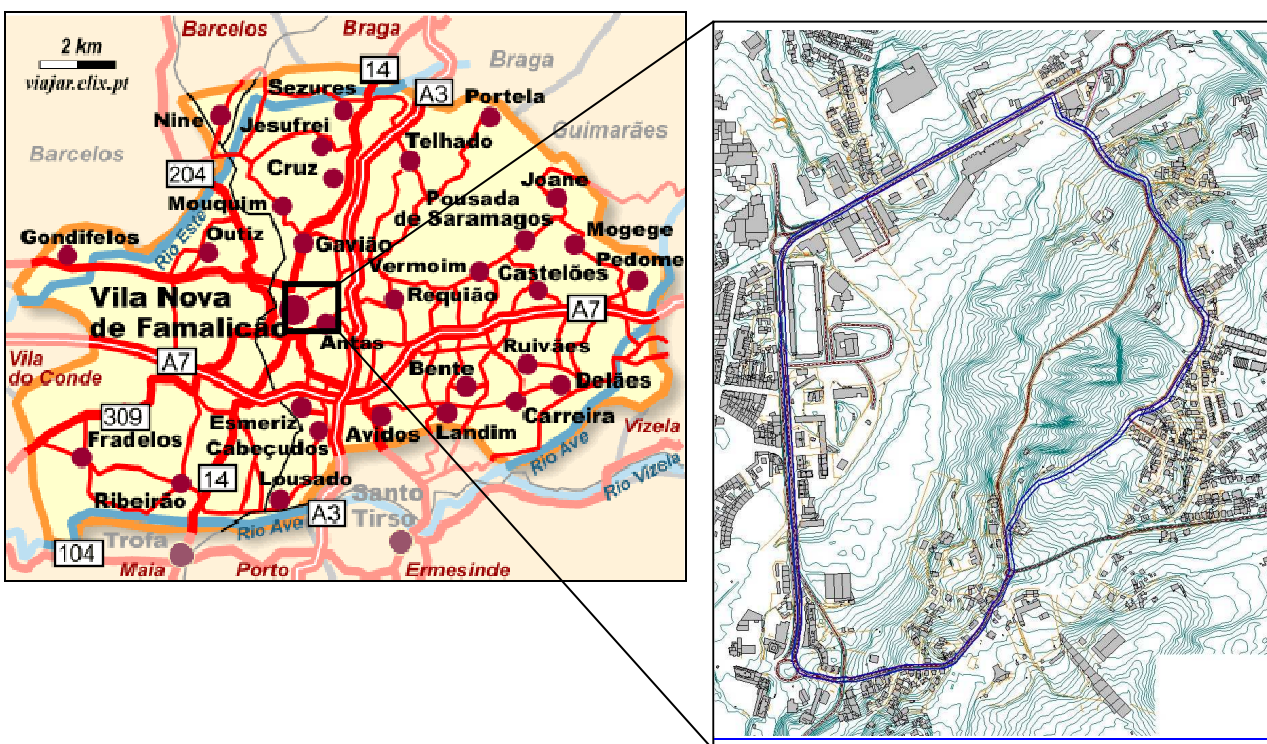


Figura 4.1 – Localização da área de cálculo (delimitada a azul).

4.1.2. ÁREA DE ESTUDO E ÁREA DO MAPA

Os limites físicos de um plano não constituem um obstáculo à propagação das ondas sonoras geradas pelas fontes localizadas fora dessa área. Por isso considera-se uma área de estudo superior à área do mapa, tendo em consideração as contribuições das fontes sonoras localizadas fora da área do mapa, mas com influência representativa nos níveis sonoros existentes dentro dessa área.

A definição da área fora dos limites do plano (área de estudo), tem em conta o tipo e importância das fontes em causa, bem como as características de ocupação do solo no limite da área do mapa. Na figura seguinte, apresenta-se a área de estudo considerada para o plano em estudo, bem como a área do mapa (a azul).

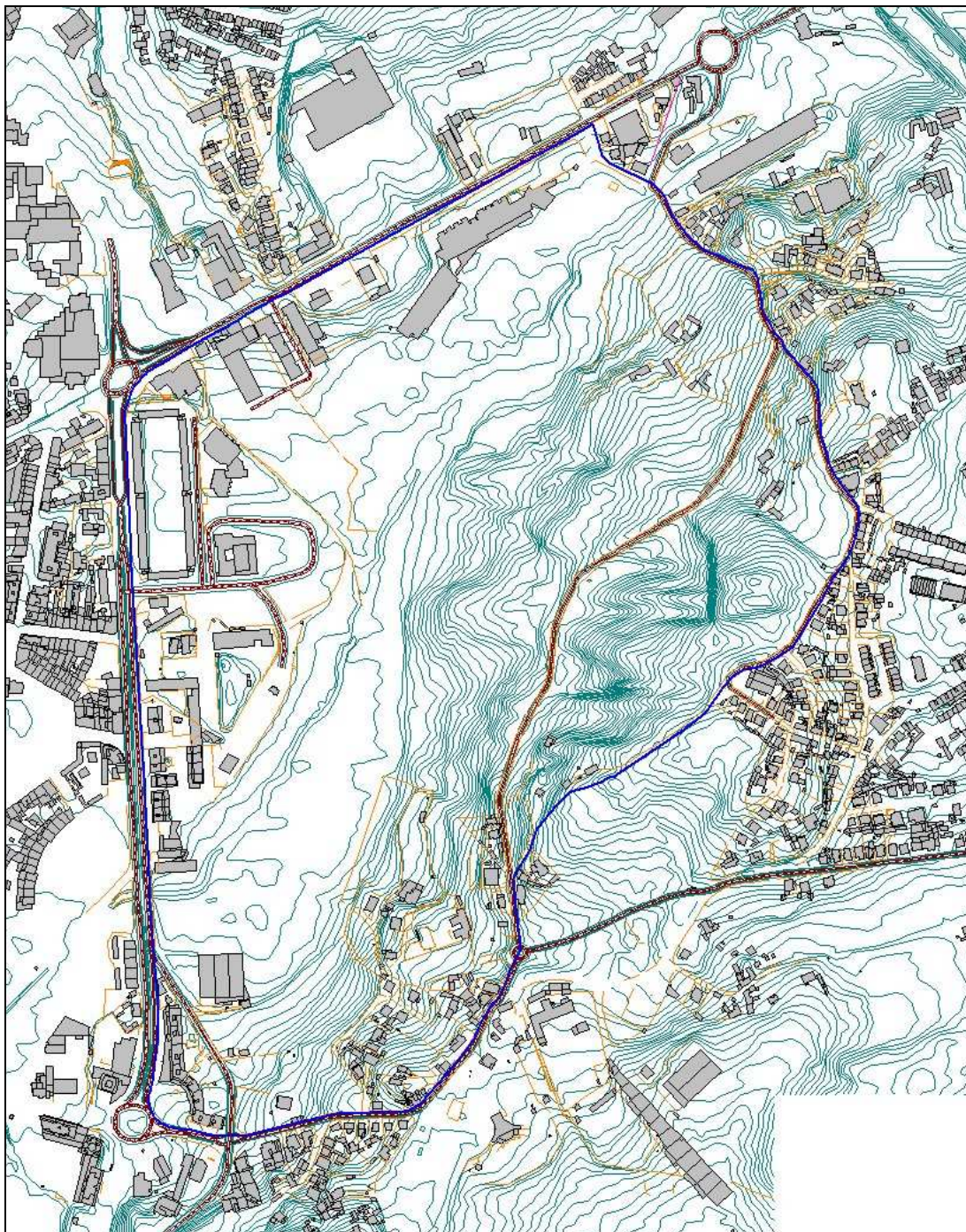


Figura 4.2 – Representação da área de estudo e área do mapa.

4.1.3. DADOS CARTOGRÁFICOS E MODELO TRIDIMENSIONAL

4.1.3.1. Altimetria

Para a elaboração do Mapa de Ruído é necessária informação relativa à altimetria do terreno, nomeadamente curvas de nível e/ou pontos cotados. 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} .

Para representar o terreno na área do mapa e na sua envolvente, foram utilizadas neste modelo curvas de nível cotadas de 1 em 1 metros, à escala 1:1000. A informação utilizada no cálculo é apresentada na Figura 4.3.

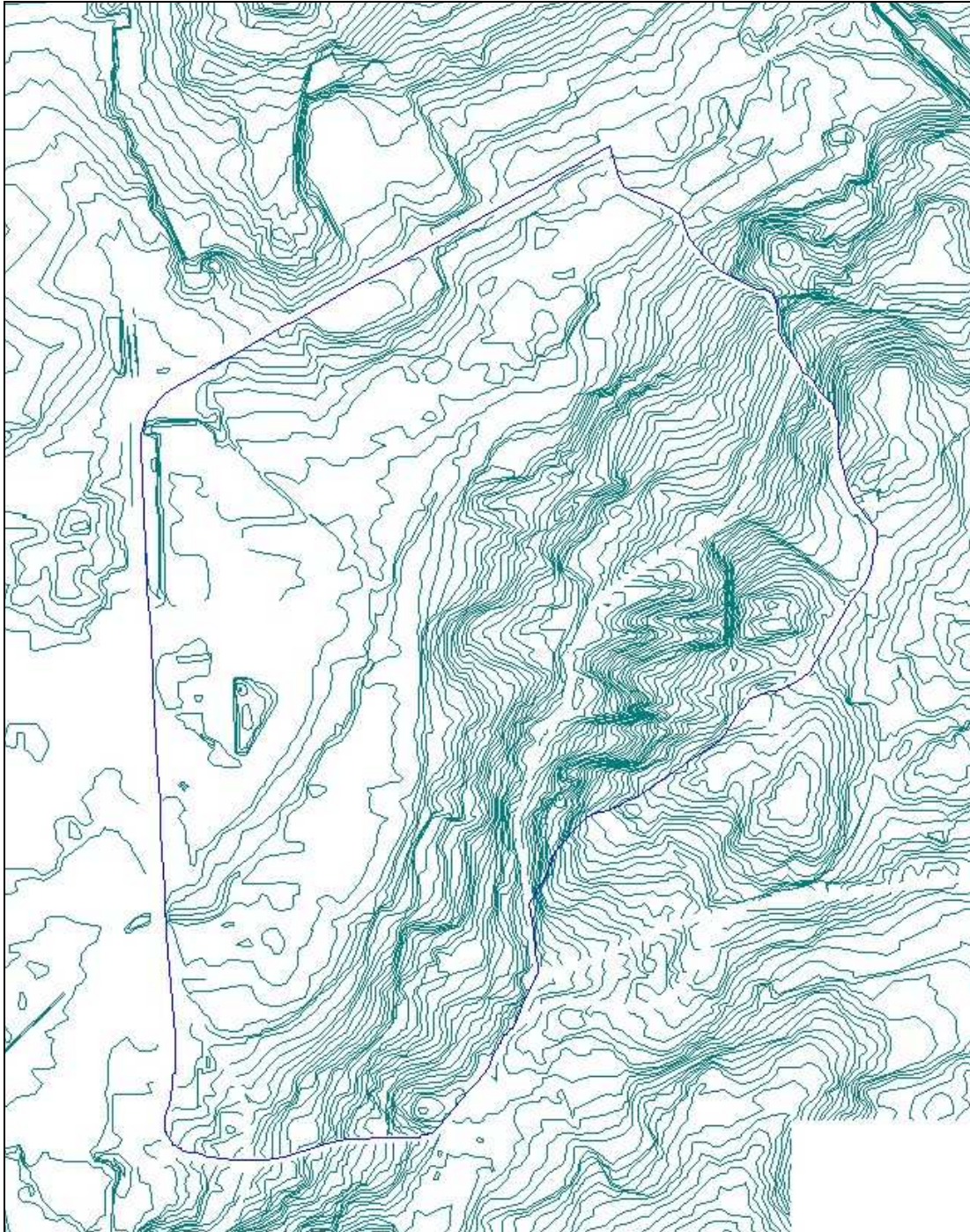


Figura 4.3 – Curvas de nível em planta.

4.1.3.2. Edifícios e Barreiras

Todo o edificado da área do Plano de Urbanização da Devesa foi introduzido no modelo assim como todas as barreiras relevantes para o estudo, quer para a situação actual quer para a futura. Esta informação referente a edifícios e outros elementos de construção – planimetria, foi fornecida pela Câmara Municipal de Vila Nova de Famalicão.

De forma a poder “construir” o modelo da área de intervenção em 3D para a situação actual, o cliente forneceu a altura absoluta da maioria do edificado. Contudo, para os edifícios para os quais esta característica não era conhecida, atribuiu-se uma cota. Para as pequenas edificações, tanto as dispersas, como as anexas a edifícios classificados, foi considerado uma altura média de três metros. Esta é uma altura típica também para garagens e anexos. Para os restantes edifícios atribuiu-se uma cota relativa de 6 metros, correspondente a uma altura média de uma habitação de 2 pisos.

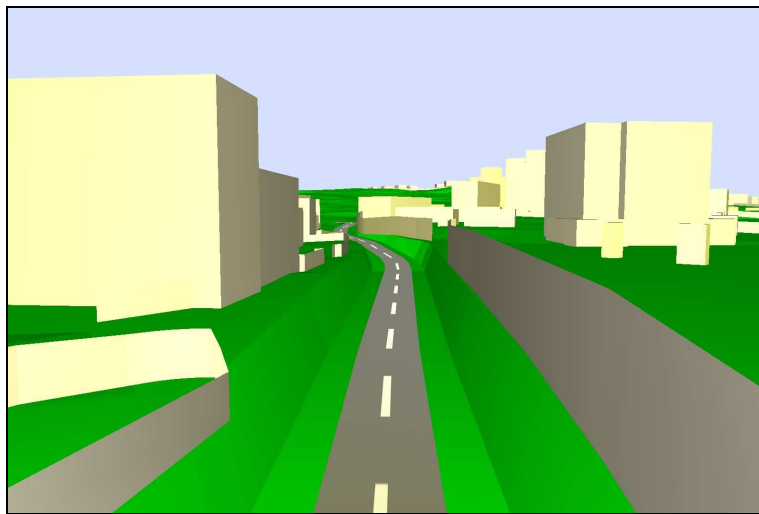


Figura 4.4 – Vista tridimensional de edifícios e muros.

Para o cálculo do Mapa de Ruído, foi ainda considerado um valor médio de absorção sonora para as fachadas dos edifícios. Para além dos edifícios foram também considerados outros obstáculos à propagação do som ao ar livre, nomeadamente os taludes naturais.

4.1.4. FONTES DE RUÍDO

Este estudo tem definido como fontes de ruído, os principais eixos de tráfego rodoviário. As fontes de ruído foram modeladas de acordo com a sua geometria real de forma a reproduzir no modelo a realidade acústica actual (Figura 4.5 e Carta 1 do Anexo I).

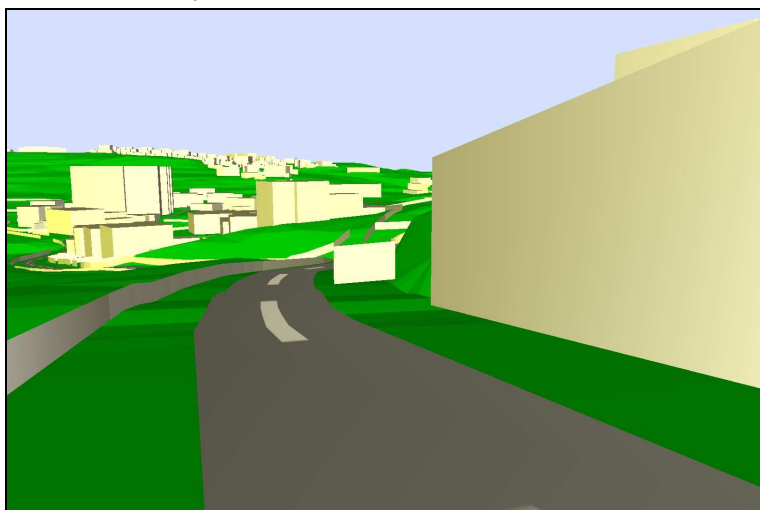


Figura 4.5 – Vista panorâmica tridimensional da Rua Fernando Mesquita.

4.1.4.1. Tráfego Rodoviário

A localização desta informação foi obtida através de dados de planimetria fornecidos pelo cliente (Carta 1 do Anexo I).

Relativamente às cotas das estradas, estas foram colocadas sob o terreno gerado pelas curvas de nível, tendo sido feitos alguns ajustes de modo a obter uma melhor correspondência com a realidade (Figura 4.6).

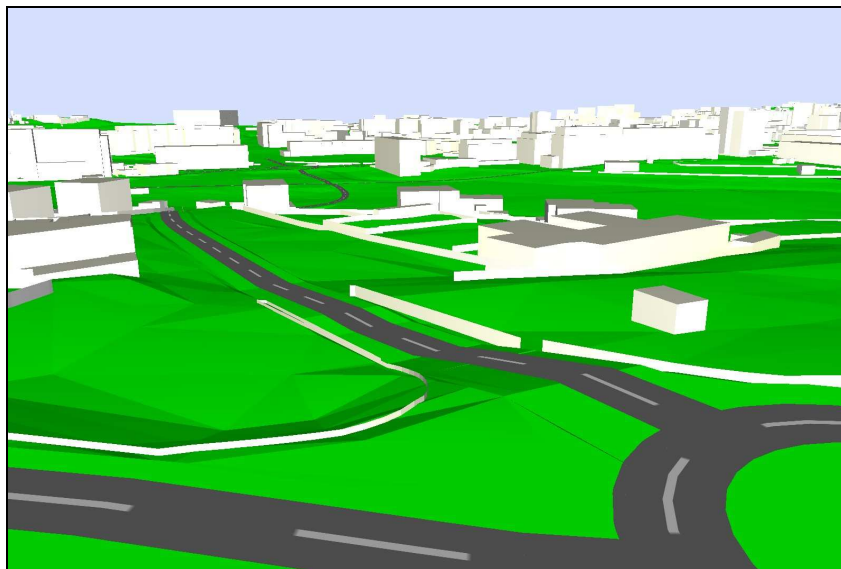


Figura 4.6 – Visualização tridimensional da EN 267 na Situação Futura.

As fontes de ruído consideradas e respectivos volumes de tráfego (TMH – tráfego médio horário em veículos / hora) apresentam-se nos seguintes quadros. Estes dados foram fornecidos pelo cliente e tendo em consideração os dados de tráfego presentes do Mapa de Ruído do Concelho de Vila Nova de Famalicão.

Tabela 4.1 – Tráfego médio horário por período de referência para a situação actual.

ID	Toponímia	Período Diurno		Período Entardecer		Período Nocturno		V. Máx. Lig. (Km/h)	V. Máx. Pes. (Km/h)
		TMH (V/H)	% Pesados	TMH (V/H)	% Pesados	TMH (V/H)	% Pesados		
1	Avenida do Brasil - A	1332	6	989	6	303	1	50	50
2	Avenida do Brasil - B	1066	5	792	5	243	1	50	50
3	Avenida do Brasil - C	355	6	310	6	221	5	40	40
4	Avenida do Brasil - D	355	5	264	5	81	1	40	40
5	Avenida do Brasil - E	355	5	264	5	81	1	40	40
6	Avenida Marechal Humberto Delgado - A	1752	3	1285	3	349	0	40	40
7	Avenida Marechal Humberto Delgado - B	876	3	642	3	175	0	40	40
8	Avenida Marechal Humberto Delgado - C	876	3	642	3	175	0	40	40
9	Avenida Marechal Humberto Delgado - D	876	3	642	3	175	0	40	40
10	Avenida Marechal Humberto Delgado - E	876	3	642	3	175	0	40	40
11	Avenida Marechal Humberto Delgado - F	876	3	642	3	175	0	40	40
12	Avenida Marechal Humberto Delgado - G	876	3	642	3	175	0	40	40
13	EM 573 - A	386	3	287	3	88	0	50	50
14	EM 573 - B	193	3	143	3	44	0	40	40
15	EM 573 - C	193	3	143	3	44	0	40	40
16	EM 573 - D	386	3	287	3	88	0	50	50
17	Rotunda Avenida do Brasil	666	5	495	5	152	1	30	30
18	Rotunda Bernardino Machado	1064	4	790	4	242	4	30	30
19	Rotunda da Paz	1006	7	747	6	229	1	30	30
20	Rotunda Nova	203	2	151	2	45	1	30	20
21	Rua Central Camionagem	29	100	21	100	4	100	30	30
22	Rua Conde de Arroso	82	2	57	2	7	0	50	50
23	Rua das Lameiras - A	64	1	45	1	6	0	50	50
24	Rua das Lameiras - B	63	5	44	5	6	5	50	50



Atualização do Mapa de Ruído do Plano de Urbanização da Devesa

ID	Toponímia	Período Diurno		Período Entardecer		Período Nocturno		V. Máx. Lig. (Km/h)	V. Máx. Pes. (Km/h)
		TMH (V/H)	% Pesados	TMH (V/H)	% Pesados	TMH (V/H)	% Pesados		
25	Rua das Lameiras - C	89	5	62	5	7	5	50	50
26	Rua Dr. Carlos Bacelar - A	1692	4	1256	4	385	1	50	50
27	Rua Dr. Carlos Bacelar - B	668	4	496	4	152	0	40	40
28	Rua Dr. Carlos Bacelar - C	668	4	496	4	152	1	40	40
29	Rua Fernando Mesquita - A	174	2	122	2	17	1	50	50
30	Rua Fernando Mesquita - B	174	2	122	2	17	1	50	50
31	Rua Fernando Mesquita - C	40	2	28	2	3	1	50	50
32	Rua Henriques Nogueira - A	111	35	78	35	13	38	40	40
33	Rua Henriques Nogueira - B	12	0	10	0	6	0	50	50
34	Rua José Augusto Vieira - A	500	3	414	3	240	1	50	50
35	Rua José Augusto Vieira - B	250	3	207	3	120	1	40	40
36	Rua José Augusto Vieira - C	250	3	207	3	120	1	40	40
37	Rua José Augusto Vieira - D	250	3	207	1	120	1	40	40
38	Rua José Augusto Vieira - E	250	3	207	1	120	1	40	40
39	Rua José Freitas Dias	1078	3	801	3	246	0	50	50
40	Rua Raúl Brandão	16	1	11	1	1	0	50	50
41	Rua Sr. da Agonia	532	2	376	2	64	1	50	50
42	Rua Tapada da Fonte	16	1	11	1	1	0	50	50

Tabela 4.2 – Tráfego médio horário por período de referência para a situação futura

ID	Toponímia	Período Diurno		Período Entardecer		Período Nocturno		V. Máx. Lig. (Km/h)	V. Máx. Pes. (Km/h)
		TMH (V/H)	% Pesados	TMH (V/H)	% Pesados	TMH (V/H)	% Pesados		
1	Avenida do Brasil - A	1195	3	890	3	278	0	50	50
2	Avenida do Brasil - B	1010	3	747	2	222	0	50	50
3	Avenida do Brasil - C	337	1	183	1	52	0	40	40
4	Avenida do Brasil - D	337	1	183	1	52	0	40	40
5	Avenida do Brasil - E	337	1	183	1	52	0	40	40
6	Avenida Marechal Humberto Delgado - A	1490	2	1097	2	309	0	40	40
7	Avenida Marechal Humberto Delgado - B	613	1	450	1	122	0	40	40
8	Avenida Marechal Humberto Delgado - C	613	1	450	1	122	0	40	40
9	Avenida Marechal Humberto Delgado - D	613	1	450	1	122	0	40	40
10	Avenida Marechal Humberto Delgado - E	613	1	450	1	122	0	40	40
11	Avenida Marechal Humberto Delgado - F	613	1	450	1	122	0	40	40
12	Avenida Marechal Humberto Delgado - G	613	1	450	1	122	0	40	40
13	EM 573 - A	290	2	215	2	66	0	50	50
14	EM 573 - B	193	2	144	2	44	0	40	40
15	EM 573 - C	193	2	144	2	44	0	40	40
16	EM 573 - D	386	3	287	3	88	0	50	50
17	Rotunda Avenida do Brasil	551	2	409	2	125	0	30	30
18	Rotunda Bernardino Machado	745	1	525	1	91	0	30	30
19	Rotunda da Paz	704	3	501	2	99	0	30	30
20	Rotunda Nova	287	2	194	2	38	1	30	20
21	Rua Central Camionagem	29	100	21	100	4	100	30	30
22	Rua Conde de Arroso	82	2	57	2	7	0	50	50
23	Rua das Lameiras - A	125	5	88	5	13	0	50	50
24	Rua das Lameiras - B	125	5	88	5	13	5	50	50
25	Rua das Lameiras - C	178	5	123	5	13	5	50	50
26	Rua Dr. Carlos Bacelar - A	1185	2	879	2	270	0	50	50
27	Rua Dr. Carlos Bacelar - B	468	2	362	1	147	0	40	40
28	Rua Dr. Carlos Bacelar - C	468	2	346	2	106	0	40	40
29	Rua Fernando Mesquita - A	279	2	201	2	43	1	50	50
30	Rua Fernando Mesquita - B	279	2	201	2	43	1	50	50
31	Rua Fernando Mesquita - C	145	2	107	2	29	1	50	50
32	Rua Henriques Nogueira - A	133	26	95	26	19	26	40	40
33	Rua Henriques Nogueira - B	104	0	75	0	18	0	50	50
34	Rua José Augusto Vieira - A	350	1	290	1	168	0	50	50
35	Rua José Augusto Vieira - B	175	1	145	1	84	0	40	40
36	Rua José Augusto Vieira - C	175	1	145	1	84	0	40	40
37	Rua José Augusto Vieira - D	175	1	145	1	84	0	40	40
38	Rua José Augusto Vieira - E	175	1	145	1	84	0	40	40
39	Rua José Freitas Dias	754	1	561	1	172	0	50	50
40	Rua Raúl Brandão	82	2	57	2	7	0	50	50
42	Rua Tapada da Fonte	82	2	57	2	7	0	50	50
43	Rua das Lameiras - Ligação Estacionamento	63	3	44	3	7	3	50	50
44	Rua das Lameiras - Viaduto	125	5	88	5	13	5	50	50

ID	Toponímia	Período Diurno		Período Entardecer		Período Nocturno		V. Máx. Lig. (Km/h)	V. Máx. Pes. (Km/h)
		TMH (V/H)	% Pesados	TMH (V/H)	% Pesados	TMH (V/H)	% Pesados		
45	Rotunda da Avenida Marechal	745	1	547	1	148	0	50	50
46	Rua - A	296	5	220	5	68	1	50	50
47	Rua - B	329	3	238	3	57	1	50	50
48	Rua Silvério Ferreira de Macedo - Troço 2	100	2	71	2	34	0	50	50
49	Rotunda - A	184	2	131	2	26	1	50	50
50	Rua Fernando Mesquita - C	174	2	122	2	17	1	50	50
51	Rua Silvério Ferreira de Macedo - Troço 1	100	2	71	2	12	0	50	50

4.1.4.2. Parques de Estacionamento

No Plano de Urbanização da Devesa prevê-se a existência de três parques de estacionamento (Figura 4.7) com a capacidade total para 439 veículos.

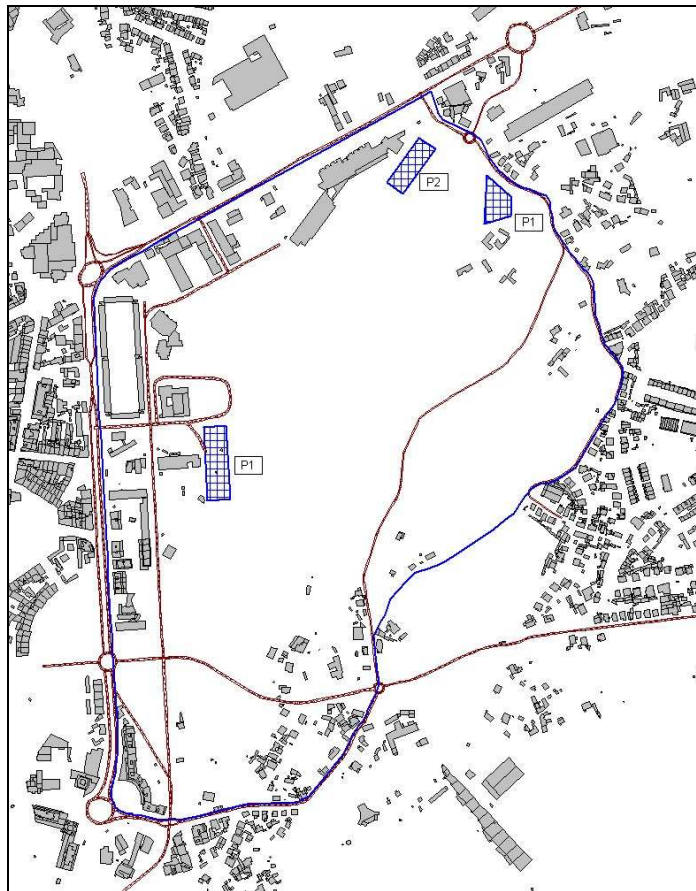


Figura 4.7 – Localização em planta dos Parques de Estacionamento.

A modelação dos parques de estacionamento teve por base a norma alemã RLS - 90 cujos parâmetros tidos em conta foram: o número de lugares de estacionamento por parque e a o número de movimentos de veículos numa hora por lugar de estacionamento, prevista para cada parque, nos três períodos de referência (diurno, entardecer e nocturno), ver Tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Características dos parques de estacionamento modelados.

Parques	Lugares Estacionamento	P. Diurno (Mov/h)/Lug	P. Entardecer (Mov/h)/Lug	P. Nocturno (Mov/h)/Lug
P1	117	0.70	0.49	0.08
P2	144	0.70	0.49	0.08
P3	178	0.70	0.49	0.08

4.2. VALIDAÇÃO DO MODELO

Dado que o presente trabalho consistiu numa adaptação do mapa de ruído anteriormente elaborado, utilizando como base o mesmo modelo já anteriormente validado, não foi necessário proceder a nova validação. Este procedimento está de acordo com as recomendações da APA.

Recorda-se que no trabalho anterior a validação do modelo acústico foi efectuada por comparação dos níveis de pressão sonora medidos no terreno com os valores simulados pelo modelo, com este parametrizado de modo a reproduzir as condições observadas no local durante as medições realizadas.

As campanhas de medições realizadas dividiram-se em medições de curta duração para aferir a validação junto às principais fontes de ruído e uma medição de longa duração para aferir o modelo no seu todo. Em média foram obtidos desvios inferiores a 2 dB(A).

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 trajectos de propagação e as atenuações, de acordo com o estipulado na Norma XPS 31-133 e no Método de Cálculo Francês “NMPB Routes 1996” (tráfego rodoviário) e na Norma alemã RLS-90 (parques de estacionamento),.

Para o cálculo dos mapas de ruído foi definida uma malha de cálculo regular de pontos receptores, com 2 m por 2 m e a 4 m de altura do solo. Foram ainda consideradas duas reflexões para cada raio sonoro para as rodovias.

4.4. CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

A caracterização climática da região em estudo foi efectuada com base nos dados referentes à Estação Meteorológica de Braga. Os valores destas variáveis são resultado de tratamento estatístico de dados referentes a trinta anos (de 1958 a 1988).

Os principais parâmetros que caracterizam o clima desta 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.

A temperatura média anual, obtida através das médias das temperaturas médias mensais foi de 14.1°C. A média anual de humidade relativa do ar foi 80% e a velocidade média do vento de 2,1 m/s.

Relativamente às direcções 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 haverá necessidade de se introduzirem os dados relativos a direcção dos ventos, já que obedecem os requisitos das condições de propagação favoráveis (“downwind conditions”).

5. ANÁLISE DOS MAPAS DE RUÍDO

Os Mapas de Ruído do Plano de Urbanização da Devesa para os indicadores L_{den} e L_n , podem ser visualizados nas Cartas 1 e 2 no Anexo II (Situação Actual) e no Anexo III (Situação Futura), respectivamente.

Reforça-se o facto dos resultados acústicos obtidos na simulação efectuada corresponderem a situações médias ocorridas num ano, pelo que a variação dos parâmetros que influenciam a propagação dos níveis de ruído (variações na intensidade e composição do tráfego, de tipos de pavimento e condições meteorológicas etc.) poderá fazer variar os níveis de ruído observados num dado intervalo de tempo particular em relação aos valores obtidos na simulação.

No entanto, tendo em conta que os níveis sonoros médios têm uma relação logarítmica com os volumes de tráfego (mantendo-se constantes todas as outras variáveis), seria necessário ocorrerem transformações muito significativas nestes volumes para que os níveis sonoros correspondentes sofressem variações significativas ao ouvido humano. (por exemplo, a duplicação nos volumes de tráfego significa um acréscimo de 3dB(A) nos níveis de ruído).

A análise dos mapas de ruído produzidos a partir do modelo mostra que o local apresenta algumas áreas com níveis sonoros elevados, particularmente nas zonas próximas das principais vias de tráfego, nomeadamente a Avenida do Brasil, Avenida Marechal Humberto Delgado, Rua Dr. Carlos Bacelar e Rua José Freitas Dias. Considerando a classificação de toda a área do PU como Zona Mista, verifica-se que existem algumas áreas onde os limites regulamentares são excedidos. Por este motivo, de acordo com o artigo 8.º do Decreto-Lei n.º 9/2007, estas áreas terão de ser objecto do Plano Municipal de Redução de Ruído.

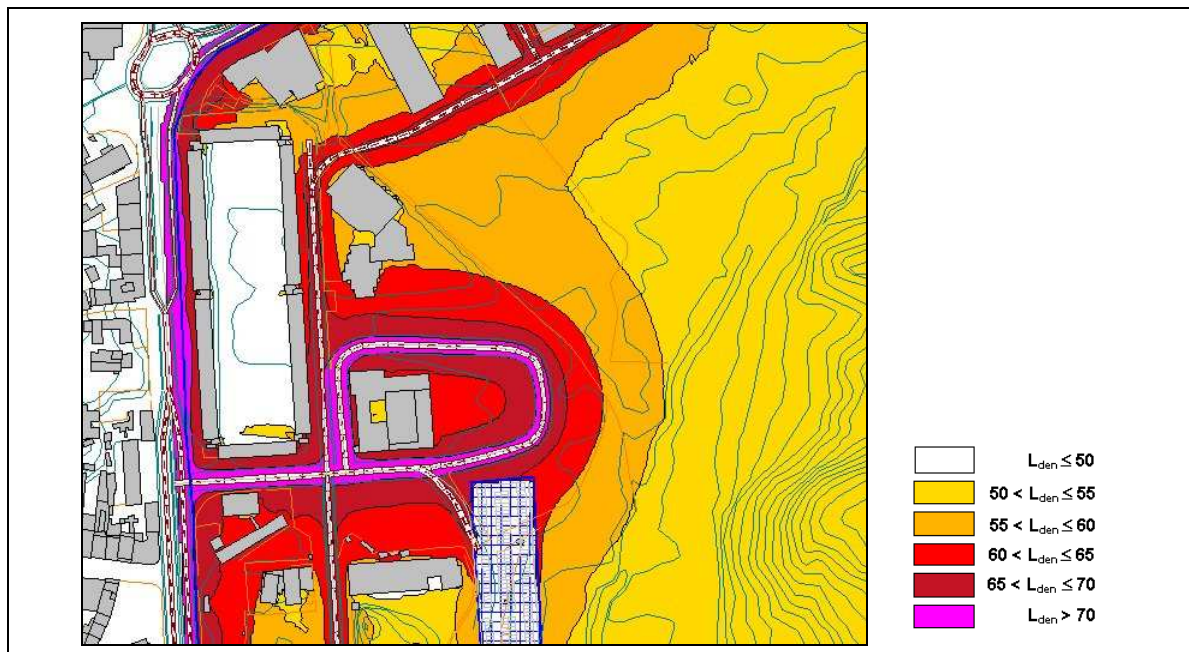


Figura 5.1 – Extracto do Mapa de Ruído na Situação Futura para o indicador de ruído L_{den} .

Quanto à situação futura, até à elaboração do Plano Municipal de redução de Ruído, prevê-se que os níveis de ruído se mantenham constantes em toda esta área de análise, excepto na envolvente das futuras vias localizadas mais a Sul, como na Rua Silvério Ferreira de Macedo, assim como na nova via que liga a Avenida Marechal Humberto Delgado à EM 573, onde é previsível um aumento significativo dos níveis sonoros nesta área.

Não sendo possível realizar um controlo e uma gestão integrada do tráfego rodoviário só na zona do Plano de Urbanização da Devesa, estabelecem-se de seguida, por ordem decrescente de prioridade, as estratégias para a redução de ruído a concretizar através do Plano Municipal de Redução de Ruído:

- a) Progressiva concretização de um sistema de mobilidade que permita, entre outros; a correcta integração de todos os modos de transporte, a melhor distribuição dos volumes de tráfego pelo sistema viário, o desincentivo dos movimentos de atravessamento e da circulação de veículos pesados de mercadorias;

Actualização do Mapa de Ruído do Plano de Urbanização da Devesa

- b) Redução do volume de tráfego de veículos pesados;
- c) Controlo da velocidade de circulação;
- d) Coordenação do trânsito de forma a torná-lo o mais fluído possível (semáforos bem sequenciados), evitando ao máximo situações de aceleração e desaceleração;
- e) Melhoria das qualidades de absorção sonora dos pavimentos rodoviários, promovendo a utilização de betuminosos asfálticos com absorção acústica melhorada, tanto nos novos arruamentos como nas intervenções na rede viária existente;
- f) Imposição de eventuais regras para a implantação de novas edificações;
- g) Reforço do isolamento acústico dos edifícios;
- h) Previsão de colocação barreiras acústicas, como medida última a aplicar em eventuais locais em que as medidas anteriores não garantam a obtenção dos valores de exposição ao ruído ambiente exterior legalmente exigíveis.

Recomenda-se ainda, que o isolamento sonoro de fachada dos novos projectos de edifícios verifique o requisito estabelecido no decreto-lei n.º 96/2008, 9 de Junho, para Zonas Mistas ($D_{2m, nT, w} \geq 33$ dB).

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Foi desenvolvido um modelo computacional, utilizando o programa CadnaA, para calcular a emissão e propagação sonora das principais vias rodoviárias do Plano de Urbanização da Devesa.

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 as Normas Francesas NMPB 96, XP S 31-133 (tráfego rodoviário) e Norma alemã RLS-90 (parques de estacionamento). Aquando da realização do Mapa de Ruído anterior, o modelo foi validado através de um vasto número de medições de ruído realizadas "in situ" com várias amostragens de duração adequada à variabilidade dos níveis de ruído existente ao longo de intervalos curtos, bem como medições acústicas de longa duração.

A actualização do Mapa de Ruído do Plano de Urbanização da Devesa, baseou-se no primeiro modelo terminado em Janeiro 2005, tendo os novos cálculos sido realizados a partir desse modelo e das actualizações induzidas por modificações na estrutura do Plano de Urbanização da Devesa, bem como na alteração de legislação que se fez sentir no ano de 2007, passando a vigorar o Regulamento Geral de Ruído – D.L. 9/2007.

Assim, nesta adaptação de Mapa de Ruído, a distribuição espacial dos níveis sonoros do Plano de Urbanização da Devesa é expressa através dos indicadores L_{den} e L_n , para os pontos receptores discretos que espelham a situação acústica média do local em estudo.

Os Mapas de ruído permitem visualizar as áreas em que os níveis de ruído são mais significativos. Estas zonas localizam-se ao longo da Avenida do Brasil, Avenida Marechal Humberto Delgado, Rua Dr. Carlos Bacelar e Rua José Freitas Dias.

Esta informação deve ser tida em consideração em termos da ocupação do solo prevista para uma dada zona, evitando-se a implantação de utilizações de tipo sensível, isto é habitações, escolas e hospitais e espaços de lazer nas áreas mais ruidosas. Deste modo poder-se-á compatibilizar o uso do solo com os níveis de ruído existentes ou previstos.

Tendo em consideração a classificação de toda a área do Plano de Urbanização da Devesa como Zona Mista existem algumas zonas onde são excedidos os limites estabelecidos no artigo 11.º do Decreto-Lei n.º 9/2007, quer na situação actual, como na situação futura. Estas zonas integrarão obrigatoriamente o Plano Municipal de Redução de Ruído.

Em relação ao Mapa de Ruído elaborado tecem-se ainda as seguintes recomendações gerais:

- Deve ser usado não apenas para avaliar/analisar, mas também para influenciar programas de desenvolvimento e planos municipais;
- Deve ser considerado uma ferramenta de gestão do território e permite a preparação de um plano de redução de ruído e não é apenas como um fim em si mesmo;
- São necessárias actualizações do Mapa de Ruído de modo a visualizar-se a evolução do "panorama acústico", provocada pela alteração das variáveis utilizadas como base do modelo;
- Embora o Mapa de Ruído possa ser útil como uma "fotografia" da situação actual, o maior benefício obtém-se se for actualizado periodicamente ou continuamente e encarado como apenas um passo, sem dúvida importante, no processo de melhoria das condições acústicas proporcionadas à população.

Elaborado por:

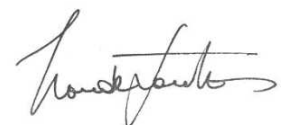


Frederico Vieira
Gestor de Projectos



Pedro Neto
Técnico Superior

Verificado e aprovado por:

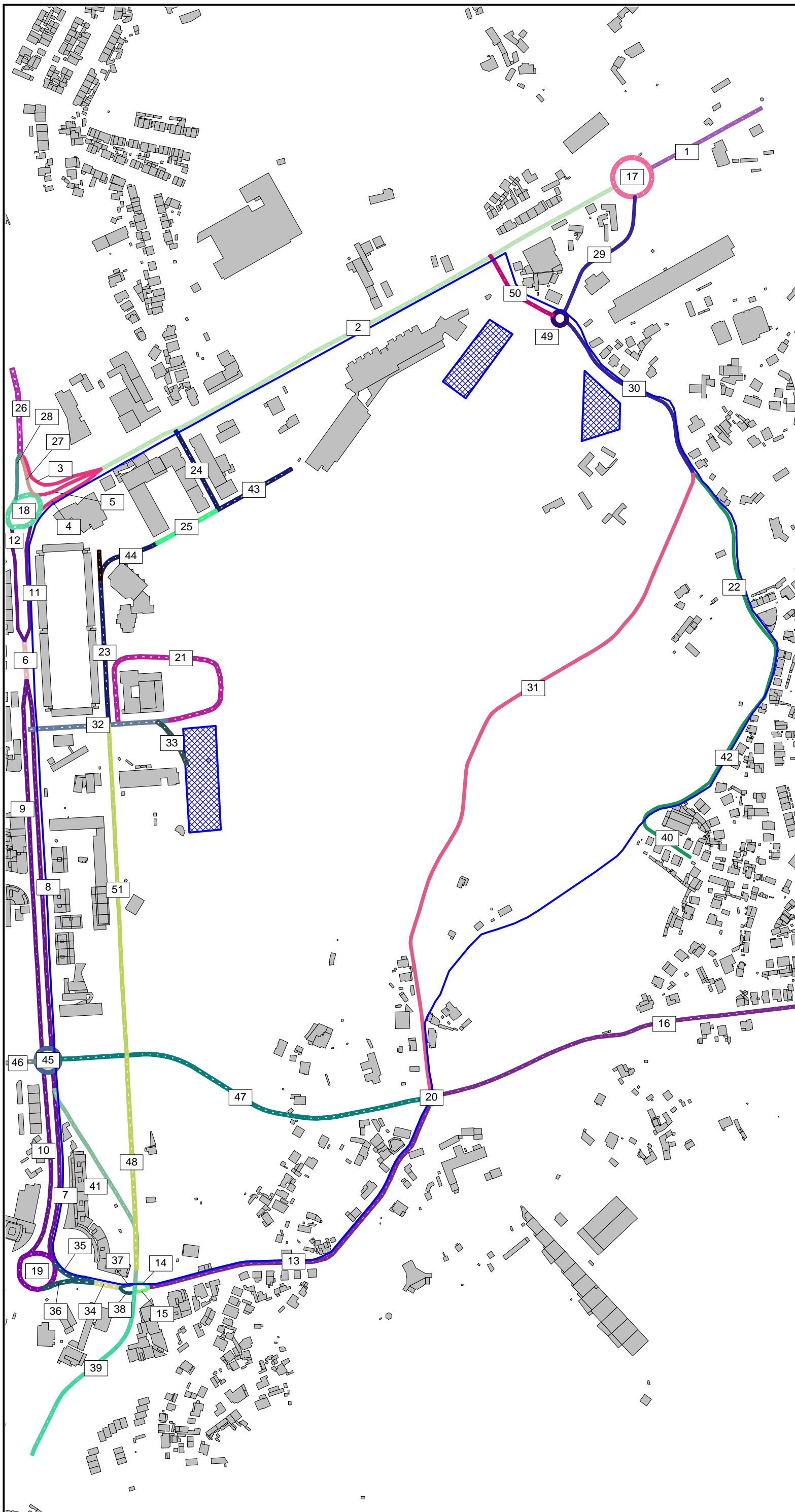


Luís Conde Santos
Director Técnico

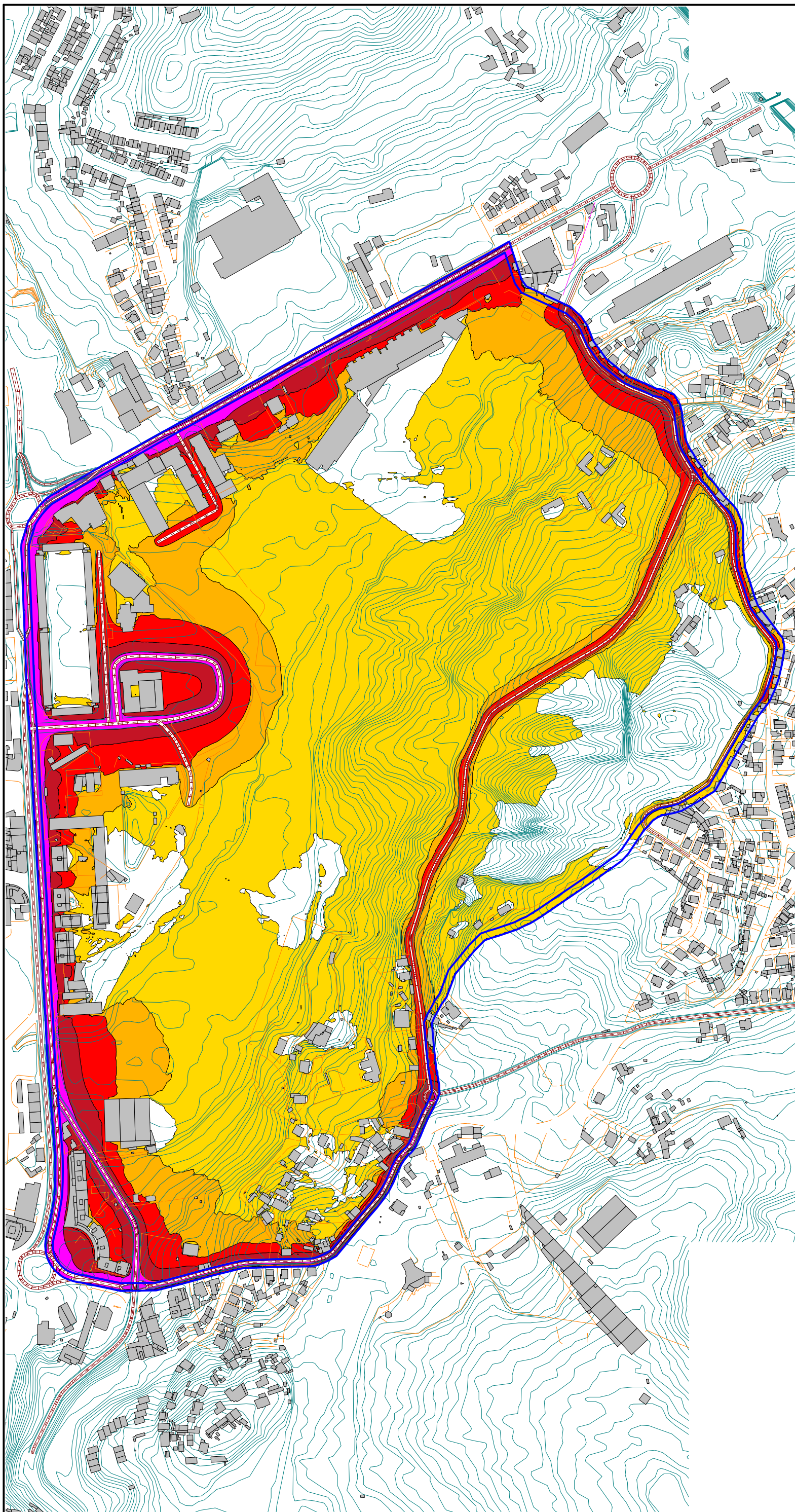
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Regulamento Geral do Ruído – Decreto-Lei n.º 9/2007 de 17 de Janeiro.
2. Directrizes para a Elaboração de Planos de Monitorização de Ruído de Infra-Estruturas Rodoviárias e Ferroviárias, DGA / DGOTDU, 2001.
3. Norma Portuguesa – 1730 (1996) – “Acústica, Descrição e Medição de Ruído Ambiente – Parte 1: Grandezas fundamentais e procedimentos”.
4. Norma Portuguesa – 1730 (1996) – “Acústica, Descrição e Medição de Ruído Ambiente – Parte 2: Recolha de dados relevantes para o uso do solo”.
5. Norma Portuguesa – 1730 (1996) – “Acústica, Descrição e Medição de Ruído Ambiente – Parte 3: “Aplicação aos limites do Ruído”.
6. Norma Portuguesa – 4361 (2001) – “Acústica, Atenuação do Som na sua Propagação ao Ar Livre – Parte 2: “Método Geral de Cálculo”.
7. 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.
8. Directrizes para a Elaboração de Mapas de Ruído, APA, Março 2007.
9. Recomendações para Selecção de Métodos de Cálculo a Utilizar na Previsão de Níveis Sonoros, DGA / DGOTDU, 2001.
10. Procedimentos específicos de medição de ruído ambiente, Instituto do Ambiente, Abril 2003.
11. 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".
12. 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.
13. Guide du Bruit des Transports Terrestres - Prévision des niveaux sonores”, CETUR, 1980.
14. Recomendação da Comissão Europeia 2003/613/EC, relativa às orientações sobre os métodos de cálculo provisórios revistos para o ruído industrial, o ruído das aeronaves e o ruído do tráfego rodoviário e ferroviário, bem como dados de emissões relacionados, de 6 de Agosto de 2003.
15. Ramos Pinto, F., Guedes, M. & Leite, M. J., Projecto-Piloto de Demonstração de Mapas de Ruído – Escalas Municipal e Urbana, Instituto do Ambiente, 2004
16. Wolfgang Probst, Implementation of the EU-directive on Environmental Noise Requirements for Calculation Software and Handling with CadnaA, 2003.
17. Wolfgang Probst, Bernd Huber, A Comparison of Different Techniques for the Calculation of Noise Maps of Cities, International Congress and Exhibition in Noise Control Engineering, 2001.
18. Wolfgang Probst, Bernd Huber, Integration of Area Noise Control into Programs into a Citywide Noise Control Strategy, Institute of Acoustics – Proceedings, Vol. 23, Pt 5, 2001.
19. Relatório de Contas da BRISA, BRISA, 2006.
20. “Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure”, European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN), 2006.

ANEXOS



 	
LEGENDA	
	Edifícios
	Rodovias
	Pq. Estacionamento
	Limite do Plano
ELABORADO POR	
 dB Lab <small>Laboratório de Acústica e Vibrações, Lda.</small>	
CLIENTE	
Câmara Municipal de Vila Nova de Famalicão	
TÍTULO	
Identificação das Fontes Sonoras do Mapa de Ruído do PU da Defesa	
CARTA	
Anexo I	
ESCALA	
1:5 000	
DATA	REFERÊNCIA
Setembro 2010	09_132_MRPM01



ESCALA DE CORES

	$L_{den} \leq 50$
	$50 < L_{den} \leq 55$
	$55 < L_{den} \leq 60$
	$60 < L_{den} \leq 65$
	$65 < L_{den} \leq 70$
	$L_{den} > 70$

MÉTODOS DE CÁLCULO

NMPB96 e XP S 31-133

LEGENDA

	Edifícios
	Rodovias
	Pq. Estacionamento
	Curvas de Nível
	Muros
	Limite do Plano

ELABORADO POR



dBLab

Laboratório de Acústica e Vibrações, Lda.

CLIENTE

Câmara Municipal de Vila Nova de Famalicão

TÍTULO

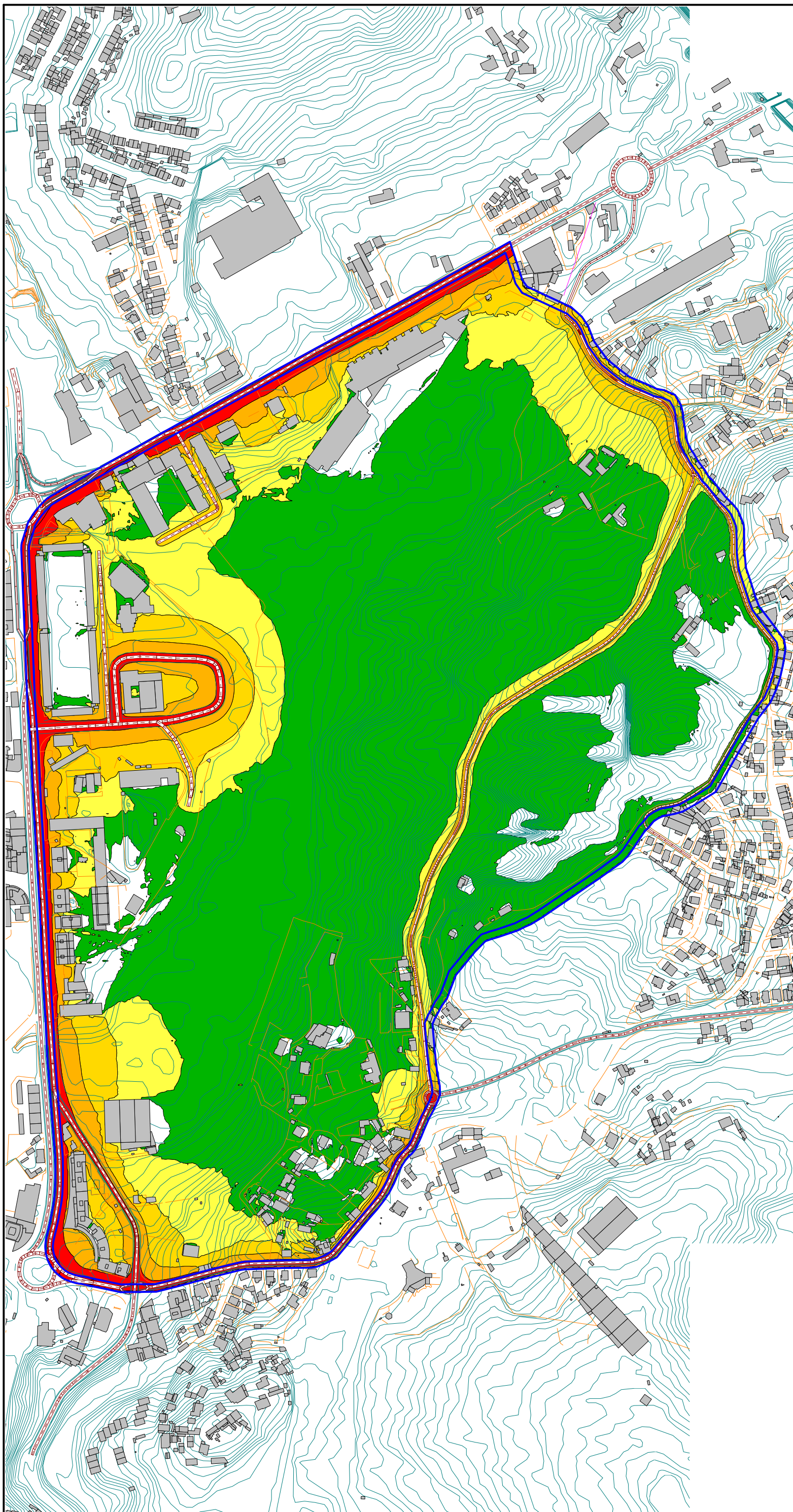
Mapa de Ruído do Plano de Urbanização da Devesa
Situação Actual

Indicador de Ruído Lden

CARTA

Anexo II - Carta 1

ESCALA	ALTURA DE CÁLCULO
1:5 000	4 m
DATA	REFERÊNCIA
Setembro 2010	09_132_MRPM01



ESCALA DE CORES

	$L_n \leq 40$
	$40 < L_n \leq 45$
	$45 < L_n \leq 50$
	$50 < L_n \leq 55$
	$55 < L_n \leq 60$
	$L_n > 60$

MÉTODOS DE CÁLCULO

NMPB96 e XP S 31-133

LEGENDA

	Edifícios
	Rodovias
	Pq. Estacionamento
	Curvas de Nível
	Muros
	Limite do Plano

ELABORADO POR



CLIENTE

Câmara Municipal de Vila Nova de Famalicão

TÍTULO

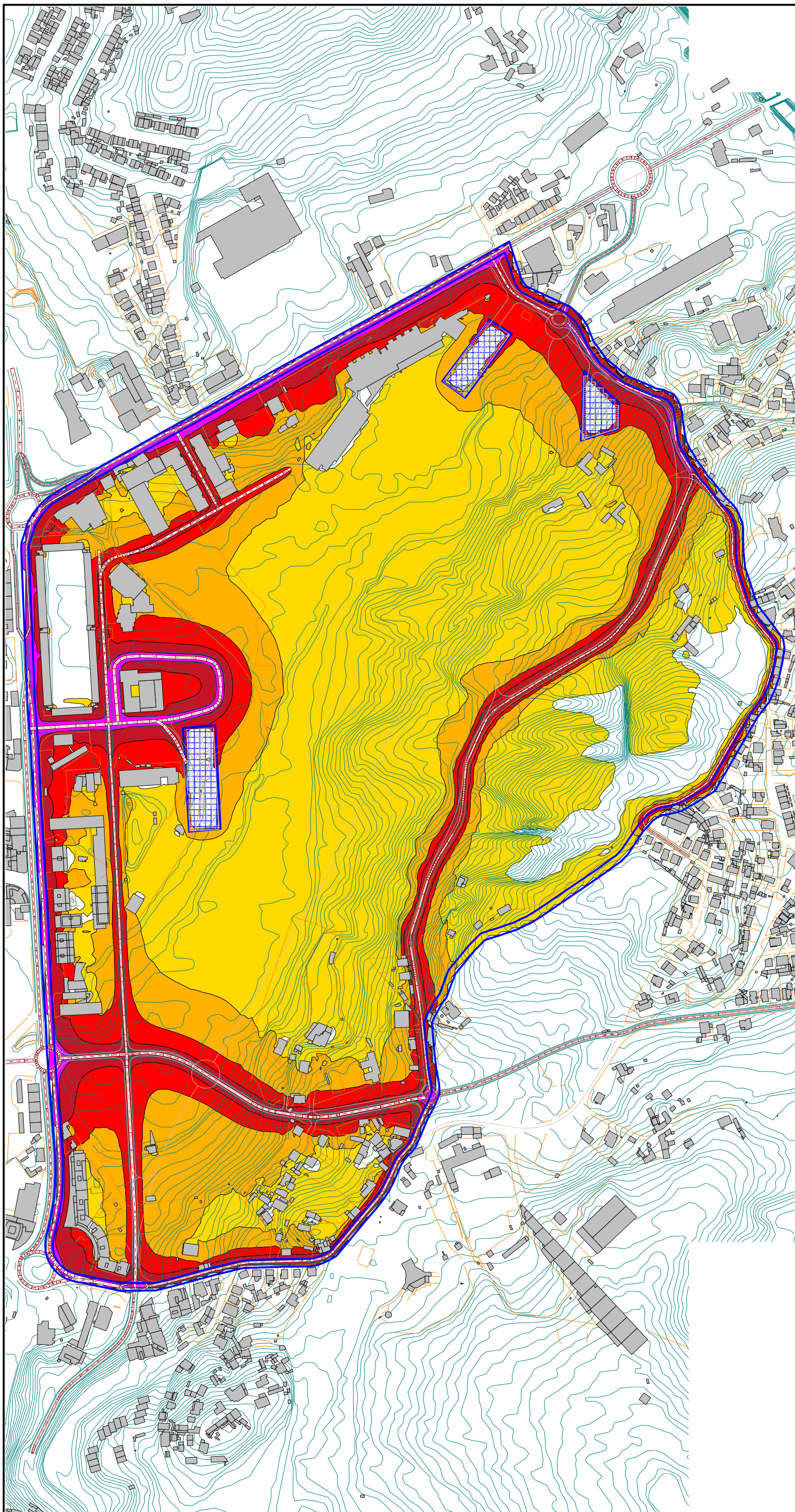
Mapa de Ruído do Plano de Urbanização da Devesa Situação Actual

Indicador de Ruído L_n

CARTA

Anexo II - Carta 2

ESCALA	ALTURA DE CÁLCULO
1:5 000	4 m
DATA	REFERÊNCIA
Setembro 2010	09_132_MRP01



ESCALA DE CORES

	$L_{den} \leq 50$
	$50 < L_{den} \leq 55$
	$55 < L_{den} \leq 60$
	$60 < L_{den} \leq 65$
	$65 < L_{den} \leq 70$
	$L_{den} > 70$

MÉTODOS DE CÁLCULO

NMPB96 e XP S 31-133

LEGENDA

	Edifícios
	Rodovias
	Pq. Estacionamento
	Curvas de Nível
	Muros
	Limite do Plano

ELABORADO POR



CLIENTE

Câmara Municipal de Vila Nova de Famalicão

TÍTULO

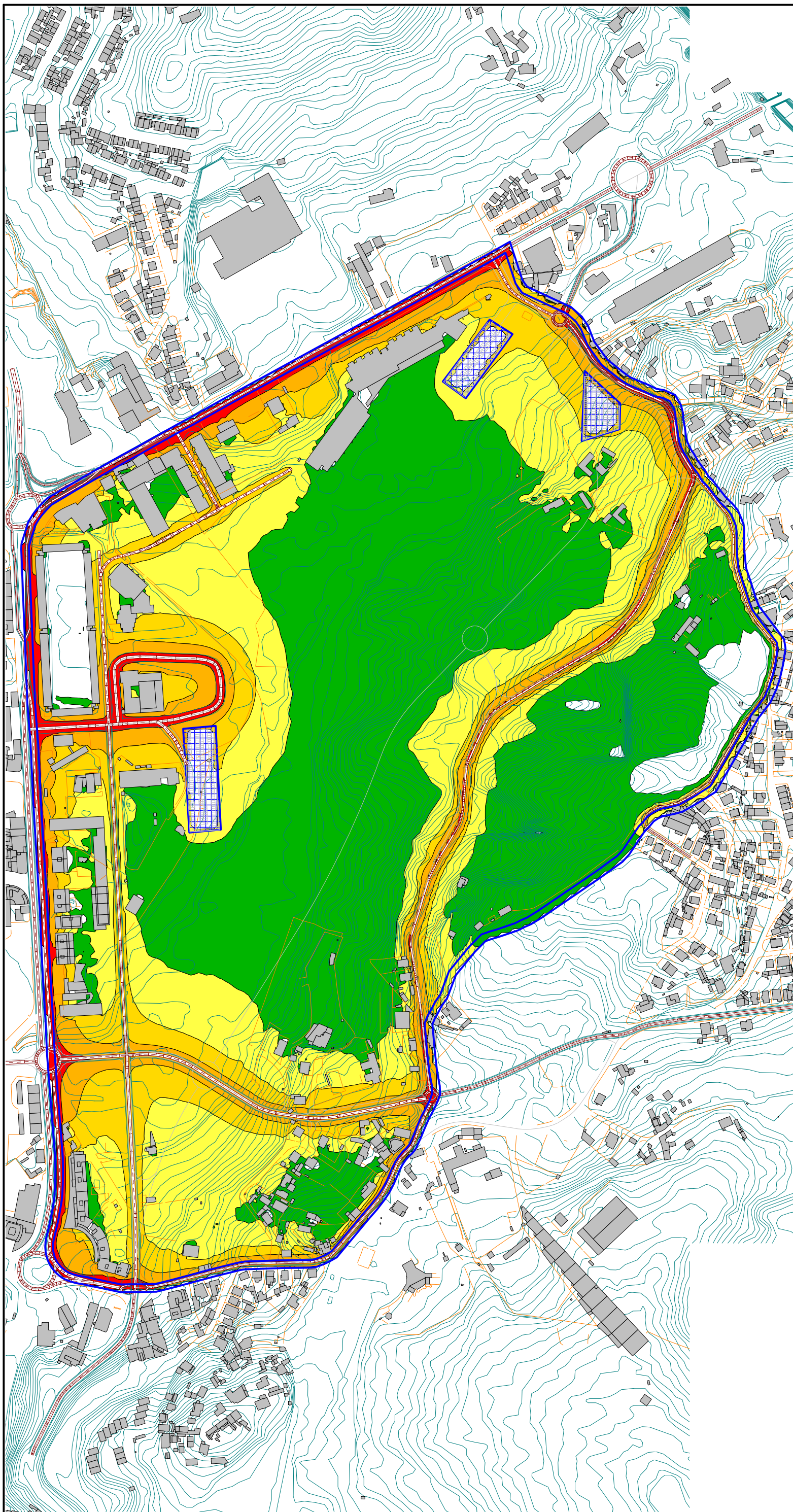
Mapa de Ruído do Plano de Urbanização da Devesa Situação Futura

Indicador de Ruído Lden

CARTA

Anexo III - Carta 1

ESCALA	ALTURA DE CÁLCULO
1:5 000	4 m
DATA	REFERÊNCIA
Setembro 2010	09_132_MRPM01



ESCALA DE CORES

	$L_n \leq 40$
	$40 < L_n \leq 45$
	$45 < L_n \leq 50$
	$50 < L_n \leq 55$
	$L_n > 55$

MÉTODOS DE CÁLCULO

NMPB96 e XP S 31-133

LEGENDA

	Edifícios
	Rodovias
	Pq. Estacionamento
	Curvas de Nível
	Muros
	Limite do Plano

ELABORADO POR



CLIENTE

Câmara Municipal de Vila Nova de Famalicão

TÍTULO

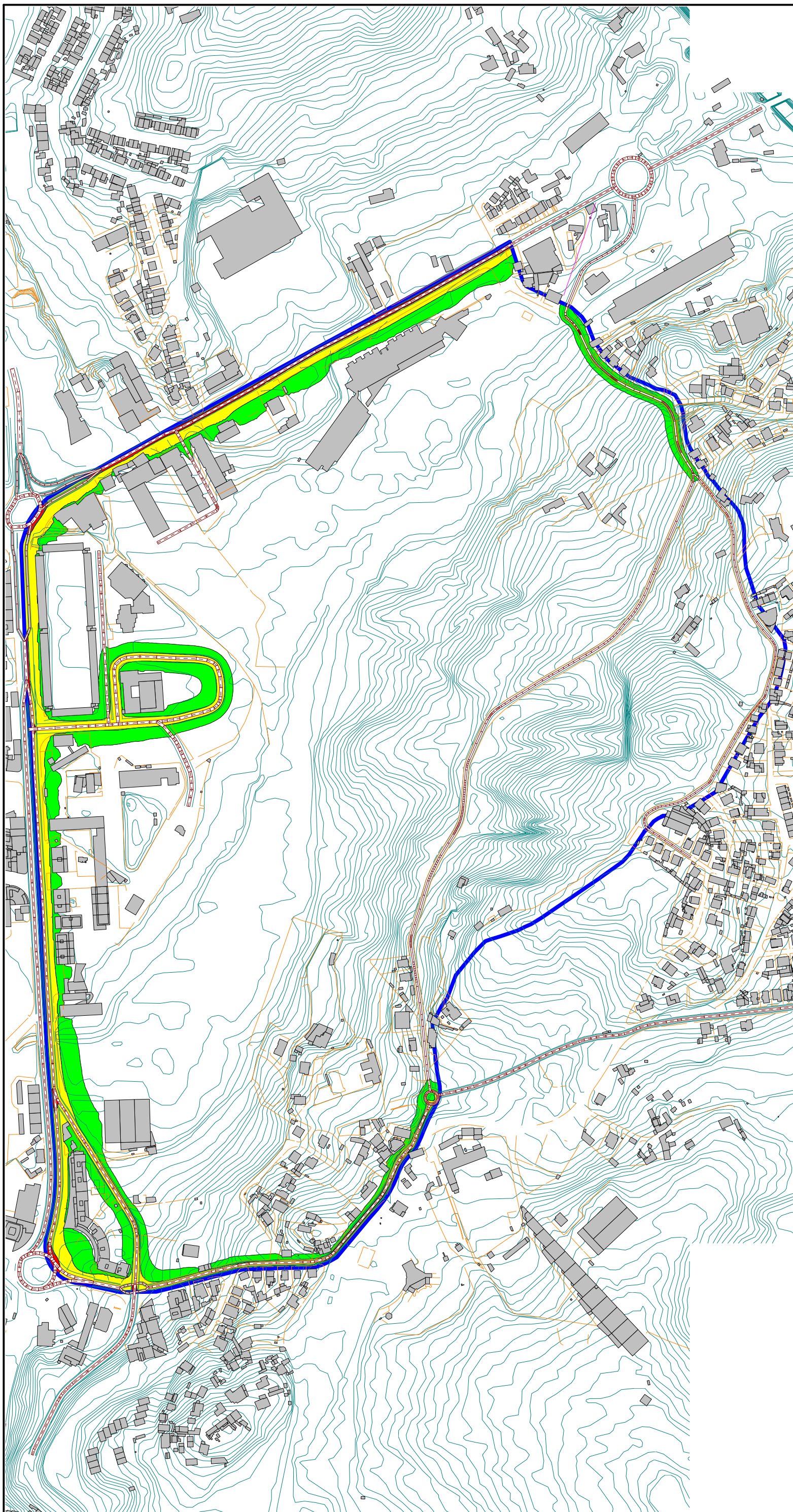
Mapa de Ruído do Plano de Urbanização da Devesa Situação Futura

Indicador de Ruído L_n

CARTA

Anexo III - Carta 2

ESCALA	ALTURA DE CÁLCULO
1:5 000	4 m
DATA	REFERÊNCIA
Setembro 2010	09_132_MRP01



ESCALA DE CORES

- > 0.0 dB (A)
- > 5.0 dB (A)
- > 10.0 dB(A)

MÉTODOS DE CÁLCULO

NMPB96 e XP S 31-133

LEGENDA

- Edifícios
- Rodovias
- Pq. Estacionamento
- Curvas de Nível
- Muros
- Limite do Plano

ELABORADO POR



CLIENTE

Câmara Municipal de Vila Nova de Famalicão

TÍTULO

Mapa de Conflitos do Plano de Urbanização da Devesa considerando o território como Zona Mista

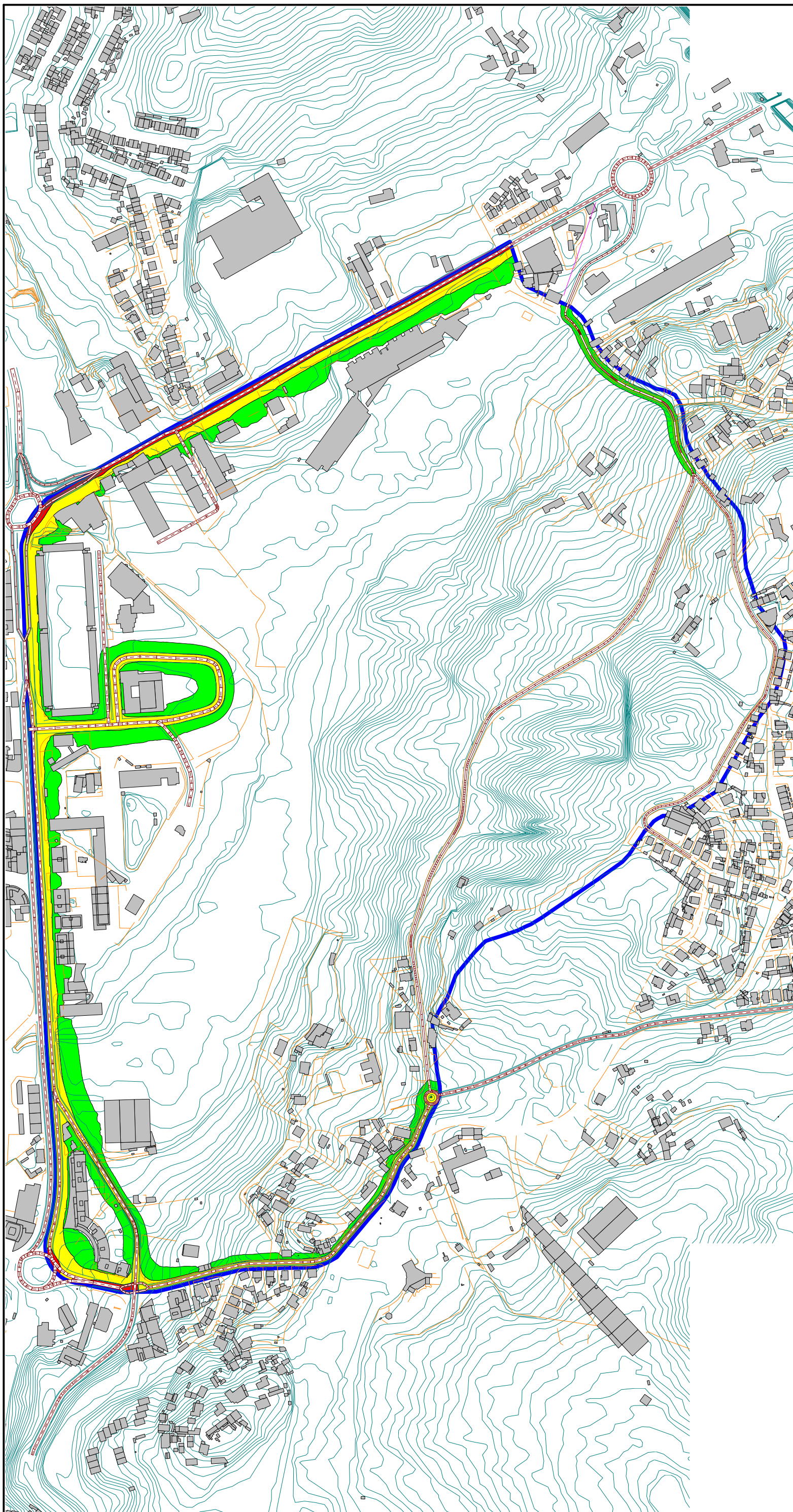
Situação Actual

Indicador de Ruído Lden

CARTA

Anexo IV - Carta 1.1

ESCALA	ALTURA DE CÁLCULO
1:5 000	4 m
DATA	REFERÊNCIA
Setembro 2010	09_132_MRPM01



ESCALA DE CORES

- > 0.0 dB (A)
- > 5.0 dB (A)
- > 10.0 dB(A)

MÉTODOS DE CÁLCULO

NMPB96 e XP S 31-133

LEGENDA

- Edifícios
- Rodovias
- Pq. Estacionamento
- Curvas de Nível
- Muros
- Limite do Plano

ELABORADO POR



CLIENTE

Câmara Municipal de Vila Nova de Famalicão

TÍTULO

Mapa de Conflitos do Plano de Urbanização da Devesa considerando o território como Zona Mista

Situação Actual

Indicador de Ruído Ln

CARTA

Anexo IV - Carta 1.2

ESCALA

1:5 000

ALTURA DE CÁLCULO

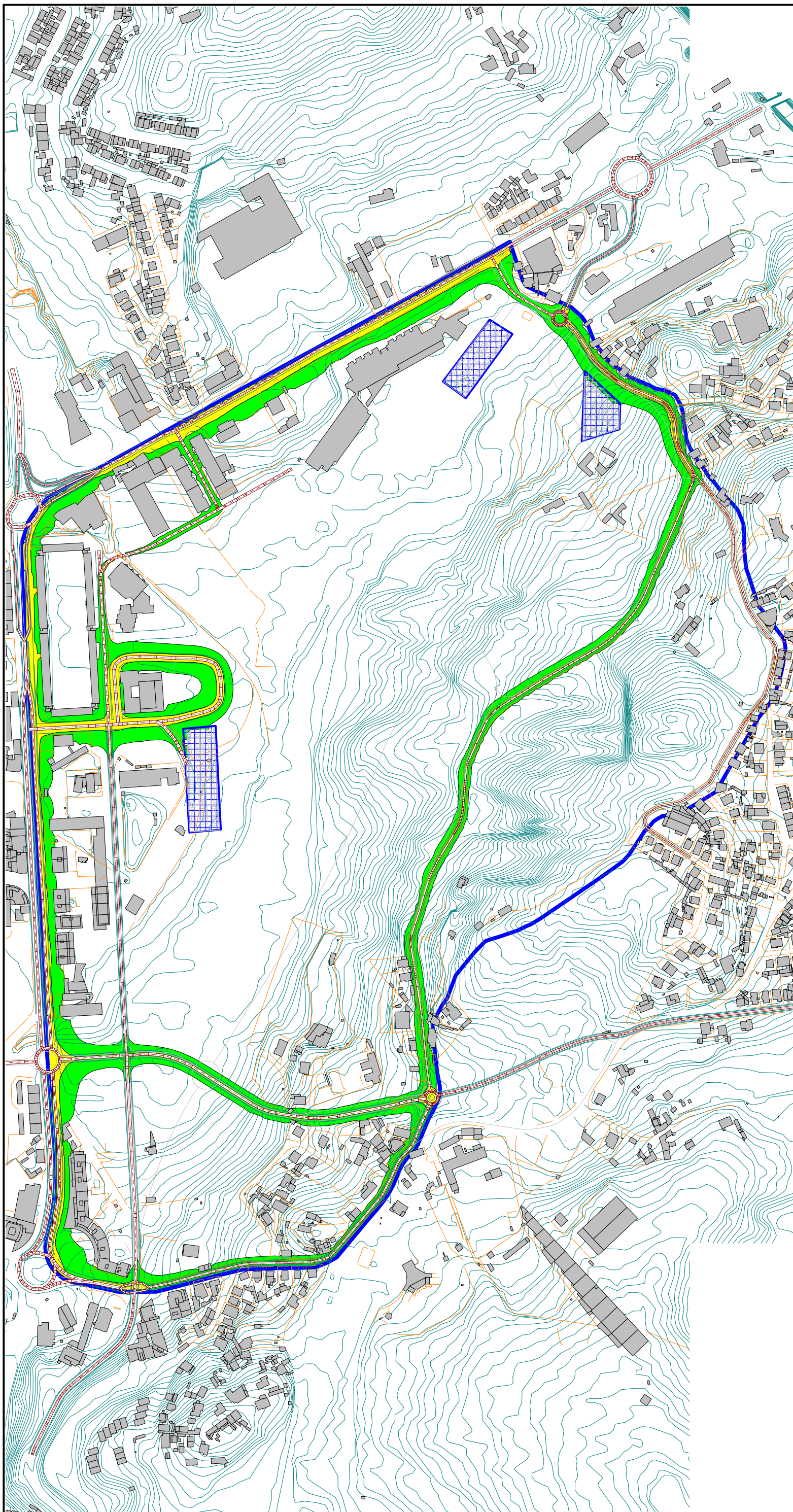
4 m

DATA

Setembro 2010

REFERÊNCIA

09_132_MRPM01



ESCALA DE CORES

- > 0.0 dB (A)
- > 5.0 dB (A)
- > 10.0 dB(A)

MÉTODOS DE CÁLCULO

NMPB96 e XP S 31-133

LEGENDA

- Edifícios
- Rodovias
- Pq. Estacionamento
- Curvas de Nível
- Muros
- Limite do Plano

ELABORADO POR



CLIENTE

Câmara Municipal de Vila Nova de Famalicão

TÍTULO

Mapa de Conflitos do Plano de Urbanização da Devesa considerando o território como Zona Mista

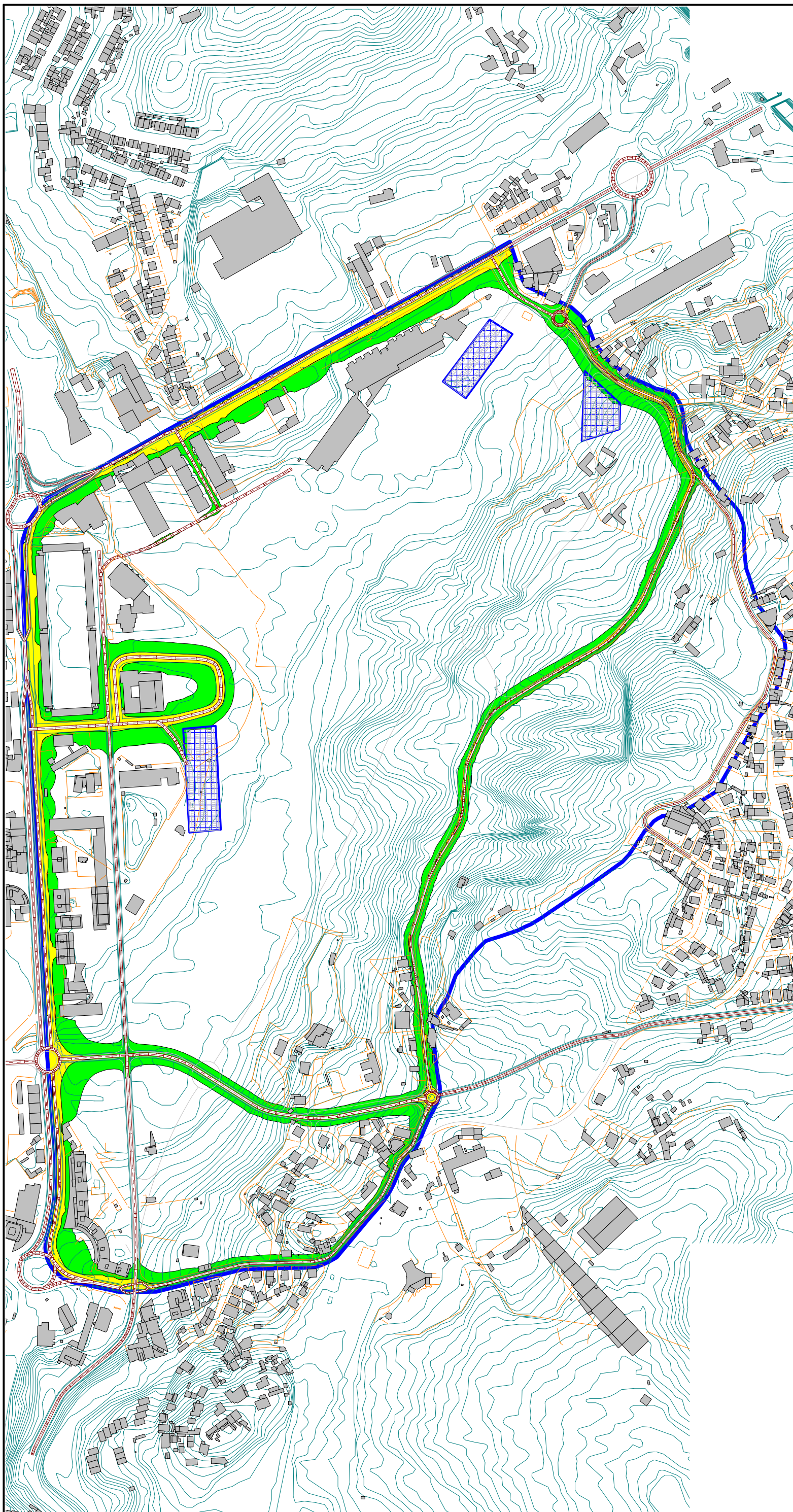
Situação Futura

Indicador de Ruído Lden

CARTA

Anexo IV - Carta 2.1

ESCALA	ALTURA DE CÁLCULO
1:5 000	4 m
DATA	REFERÊNCIA
Setembro 2010	09_132_MRPM01



ESCALA DE CORES

- > 0.0 dB (A)
- > 5.0 dB (A)
- > 10.0 dB(A)

MÉTODOS DE CÁLCULO

NMPB96 e XP S 31-133

LEGENDA

- Edifícios
- Rodovias
- Pq. Estacionamento
- Curvas de Nível
- Muros
- Limite do Plano

ELABORADO POR



CLIENTE

Câmara Municipal de Vila Nova de Famalicão

TÍTULO

Mapa de Conflitos do Plano de Urbanização da Devesa considerando o território como Zona Mista

Situação Futura

Indicador de Ruído Ln

CARTA

Anexo IV - Carta 2.2

ESCALA

1:5 000

ALTURA DE CÁLCULO

4 m

DATA

Setembro 2010

REFERÊNCIA

09_132_MRPM01