



(Manuel Machado)

II. ANEXO 1


(Manuel Machado)



Mapa de Ruído do Município de Coimbra

Relatório final elaborado no âmbito do Acordo-Programa celebrado entre a Câmara Municipal de Coimbra e a Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra – Departamento de Engenharia Mecânica.

Por

Manuel Carlos Gameiro da Silva

Mário Luís Oliveira de Sousa Mateus

Bruno Gonçalo Duarte Glória Pais Martins

Coimbra
Abril 2006

ÍNDICE

1. MEMÓRIA DESCRITIVA.....	3
2. RESUMO NÃO TÉCNICO	4
3. INTRODUÇÃO	7
4. METODOLOGIA	9
4.1 Estratégia para a monitorização dos Níveis de Ruído	9
4.2 Estratégia adoptada para a obtenção dos dados de Ruído Rodoviário	12
4.3 Estratégia adoptada para a caracterização das fontes de Ruído Ferroviária	15
4.4 Estratégia adoptada para a caracterização das fontes de Ruído Industrial.....	15
4.5 Modelação Matemática dos Mapas de Ruído.....	15
5. APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS	18
5.1 Campanha de monitorização dos Níveis de Ruído	18
5.2 Caracterização das fontes de Ruído Rodoviário	21
5.3 Caracterização das fontes de Ruído Ferroviário.....	31
5.4 Caracterização das fontes de Ruído Industrial	32
5.5 Resultados obtidos pelo modelo de cálculo – Mapa de Ruído do Município.....	35
6. CONCLUSÃO	38
7. REFERÊNCIA	39
Anexo 1	40

1. MEMÓRIA DESCRITIVA

O presente relatório reporta-se à Carta de Ruído do Município de Coimbra para o ano de 2005, sendo a mesma uma actualização e correcção da versão anterior da carta de ruído, a qual se reportava ao ano de 2003.

As alterações cingiram-se à actualização da rede viária do município, mais precisamente a introdução no modelo computacional da nova circular externa, das alterações ao tráfego na zona da Solum no centro de Coimbra e da ligação à estrada EN17 (estrada da beira), e da nova travessia sobre o Rio Mondego, a Ponte Rainha Santa Isabel e subsequentes alterações ao traçado das vias rodoviárias afectadas pela nova ponte. Foi igualmente tomada a decisão de não incluir na presente versão da carta de ruído todas as vias rodoviárias que não possuam uma taxa média diária anual de 8000 viaturas por dia. Daí que na presente carta tenham sido suprimidas algumas vias rodoviárias.

Na sequência do trabalho de rastreio realizado em parceria com os Serviços Técnicos da Câmara Municipal de Coimbra, foram detectadas novas fontes industriais no município, as quais são agora incluídas no modelo computacional do município.

Outra das alterações foi a utilização, durante o cálculo de propagação do ruído para todos os tipos de fontes consideradas, de um raio de busca de 800 metros tal como é aconselhado no documento “Méthode de calcul incluant les effets météorologiques – NMPB Routes 96” com o propósito de garantir a precisão de resultados.

É de notar que foi tomada a decisão de novamente não incluir na carta de ruído a influência do Aeródromo Municipal Bissaya Barreto, dado que as movimentações anuais que o mesmo processa não justificam a sua inclusão neste estudo.

2. RESUMO NÃO TÉCNICO

Apresenta-se neste relatório o mapa de ruído correspondente ao ano de 2005 do Município de Coimbra. O Regulamento Geral do Ruído (RGR), aprovado pelo Decreto Lei n.º 292/2000, de 14 de Novembro, que entrou em vigor em Maio de 2001, define no seu anexo intitulado Regulamento Legal sobre Poluição Sonora (RLPS), o mapa de ruído como um *“descriptor do nível de exposição a ruído ambiente exterior, traçado em documento onde se representam as áreas e os contornos das zonas de ruído às quais corresponde uma determinada classe de valores expressos em dB(A)”*. A unidade utilizada nestas situações para a quantificação do ruído resulta de um conjunto de processamentos matemáticos que têm por objectivo a sua melhor adaptação à sensibilidade auditiva humana. O último desses procedimentos corresponde à aplicação de correcções, que variam conforme as gamas de frequências presente no ruído e que são retiradas da chamada curva de ponderação A; daí, a designação de dB(A). O parâmetro utilizado como descriptor do ruído nos mapas é o nível equivalente ponderado de acordo com a curva A, L_{Aeq} , que é definido como o nível de pressão sonora (NPS) de um ruído contínuo uniforme que, por conter a mesma quantidade de energia, teria o mesmo efeito no homem que o ruído real.

O mapa consiste numa representação gráfica da geografia da zona em estudo, sobre a qual são representadas, em diferentes cores, as zonas nas quais o nível de ruído se encontra dentro do mesmo intervalo de variação. É adoptada uma escala de cores estipulada pela norma NP1730.

Os mapas podem ser traçados a partir de duas metodologias: a partir de medições efectuadas no terreno numa grelha de pontos pré-estabelecida, ou a partir de um processo de cálculo computacional validado por medições experimentais. No presente caso, adoptou-se a segunda metodologia. Assim, construiu-se um modelo digital da situação em estudo, o qual tem por base a orografia do terreno, a qual é introduzida através da informação relativa ao traçado das linhas de nível. Sobre o terreno são seguidamente lançados outros tipos de obstáculos que podem alterar as condições de propagação do ruído, como sejam, por exemplo, todos os tipos de edificações. Estas são definidas em termos da sua volumetria e das características acústicas do seu revestimento. Finalmente são introduzidas no modelo computacional

da área em estudo, as fontes de ruído (estradas, linhas de caminho de ferro, aeroportos, zonas industriais e outros tipos de fontes), que, para além da sua localização geográfica, são definidos por um conjunto de parâmetros a partir dos quais os algoritmos de cálculo incluídos na aplicação computacional de simulação conseguem determinar as suas características de emissão sonora. No processo de cálculo o descritor utilizado para a caracterização local da situação sonora, o chamado nível equivalente de ruído, é calculado nos nodos de uma malha quadrada na qual a dimensão do lado é adaptada aos objectivos da simulação e à dimensão da zona em estudo. O cálculo num determinado nodo da malha consiste na consideração do efeito cumulativo de todas as fontes de ruído presentes na área geográfica do mapa em questão com possibilidade de contribuir para o ruído naquele ponto, quer através da propagação directa, quer através de reflexões. Uma vez obtida a matriz com os valores do nível equivalente de ruído em todos os nodos da malha de cálculo, através de processos de interpolação, são calculadas as chamadas áreas isofónicas, zonas geográficas nas quais o nível equivalente de ruído se situa dentro do mesmo intervalo de variação.

Antes da fase final do cálculo, decorre um período de afinação do mesmo, no qual os parâmetros relativos às diferentes fontes são ajustados de forma a conseguir o menor erro possível entre os valores medidos a partir de ensaios experimentais em localizações previamente definidas e os valores calculados pela aplicação computacional para as mesma localizações.

De acordo com o Regulamento Geral de Ruído (Decreto-Lei 292/2000 de 14 de Novembro), para a análise do ruído num dado local, são considerados dois períodos distintos: o período diurno (das 07:00 h às 22:00 h) e o período nocturno (das 22:00 h às 07:00 h). Os limites máximos legais apontados para o nível equivalente de ruído são, para o período diurno, de 55 dB(A) ou 65 dB(A), e para o período nocturno de 45 dB(A) ou 55 dB(A), conforme se trate de uma zona sensível ou de uma zona mista, respectivamente. Entenda-se por zona sensível uma área dedicada só a habitação ou a actividades que requeiram algum silêncio (escolas, hospitais, etc.) e, por zona mista, uma área onde podem coexistir espaços habitacionais com actividades de tipo comercial ou outras.

Assim, os mapas de ruído são apresentadas para cada zona em estudo, quer para a situação diurna, quer para a situação nocturna. Convém referir que o mapa de



(Manuel Machado)

ruído representa a situação sonora existente num dado período para uma determinada área geográfica, não sendo todavia um instrumento legal de delimitação das áreas sensíveis e das áreas mistas, já que a mesma é uma decisão política de ordenamento do território. O mapa de ruído representa sim um excelente instrumento de apoio à decisão, permitindo o conhecimento fundamentado da situação e a simulação rápida de cenários de evolução, nomeadamente através da aplicação de medidas correctivas. Deve ser também entendido como um meio de informação da população, permitindo que cada munícipe saiba qual a situação da sua área de residência.

3. INTRODUÇÃO

O presente documento constitui o relatório final relativo ao Acordo-Programa celebrado entre a Câmara Municipal de Coimbra (CMC) e a Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra (FCTUC), no âmbito do protocolo de colaboração existente entre as duas entidades, que tem por objectivo a elaboração do Mapa de Ruído de Coimbra.

A necessidade da implementação de políticas que privilegiem a melhoria de qualidade vida das populações urbanas, nos múltiplos aspectos de que este conceito se reveste, tem sido afirmada em vários documentos orientadores da Organização Mundial de Saúde, tendo a União Europeia aprovado um conjunto de Directivas nesse sentido, que têm sido transpostas para as legislações nacionais dos seus Estados-Membros.

No que diz respeito ao ruído, um instrumento imprescindível para apoiar a tomada consciente de decisões é a representação da distribuição geográfica dos parâmetros utilizados para a sua descrição. O Regulamento Geral do Ruído (RGR), aprovado pelo Decreto Lei n.º 292/2000, de 14 de Novembro, que entrou em vigor em Maio de 2001, define no seu anexo intitulado Regulamento Geral sobre Poluição Sonora (RLPS), o mapa de ruído como um *“descriptor do nível de exposição a ruído ambiente exterior, traçado em documento onde se representam as áreas e os contornos das zonas de ruído às quais corresponde uma determinada classe de valores expressos em dB(A)”*. Este regulamento aplica-se, de acordo com o seu Artigo 2º, *“ao ruído ambiente a que os seres humanos se encontram expostos, em especial em áreas construídas, parques públicos ou noutras zonas tranquilas em campo aberto nas imediações de escolas, hospitais e outros edifícios e zonas sensíveis ao ruído”*. O RLPS determina que na execução da política de Ordenamento do Território e Urbanismo deve ser assegurada a qualidade do ambiente sonoro na habitação, trabalho e lazer. Por isso, estabelece que as áreas vocacionadas para usos habitacionais existentes ou previstos, bem como para escolas, hospitais, espaços de recreio e lazer e outros equipamentos colectivos prioritariamente utilizados pelas populações como locais de recolhimento, existentes ou a instalar, sejam classificados de zonas sensíveis e as áreas cuja vocação seja afecta

em simultâneo às utilizações referidas bem como a outras utilizações, nomeadamente comércio e serviços, sejam classificadas de zonas mistas.

Para efeitos da análise do ruído e do traçado dos mapas de ruído, o dia é considerado dividido em dois períodos distintos:

- O período diurno, das 07:00 h às 22:00 h;
- O período nocturno, das 22:00 h às 07:00 h.

É estabelecido que as zonas sensíveis não podem ficar expostas a um nível sonoro contínuo equivalente de longa duração, ponderado A, $L_{Aeq, LT}$, do ruído ambiente exterior, superior a 55 dB(A) no período diurno e 45 dB(A) no período nocturno; e as zonas mistas não podem ficar expostas a um nível sonoro contínuo equivalente de longa duração, ponderado A, $L_{Aeq, LT}$, do ruído ambiente exterior, superior a 65 dB(A), no período diurno, e 55 dB(A) no período nocturno. A delimitação e disciplina das zonas sensíveis e mistas é da competência das Câmaras Municipais e terá de ser prevista na elaboração dos planos municipais de ordenamento do território (PMOT), que estabeleçam a concepção da organização urbana. Os estudos de ordenamento apoiam-se na informação disponível nos mapas de ruído.

Sendo o mapa de ruído um elemento fundamental para a informação acústica das áreas objecto de estudo de âmbito municipal, depreende-se que é essencial que os PMOTs serem acompanhados pelo mapa de ruído, elemento que fornecerá a localização das fontes de ruído e de áreas às quais correspondem classes de valores expressos em dB (A), referentes aos níveis de exposição ao ruído no exterior. A elaboração dos mapas de ruído propicia o enquadramento das medidas de controlo de ruído nos PMOTs e facilita a divulgação e o acesso do público à informação relevante.

Neste relatório técnico são descritas as metodologias utilizadas, quer nas campanhas de monitorização de ruído, quer na modelação matemática dos mapas de ruído. São ainda apresentados e analisados os resultados obtidos neste trabalho.

4. METODOLOGIA

4.1 Estratégia para a monitorização dos Níveis de Ruído

O parâmetro utilizado como descritor do ruído nos mapas é o nível sonoro contínuo equivalente ponderado de acordo com a curva A, $L_{Aeq,T}$, que é definido como o nível de pressão sonora (NPS) de um ruído contínuo uniforme que, por conter a mesma quantidade de energia, teria o mesmo efeito que o ruído real.

O conceito de $L_{Aeq,T}$ é ilustrado graficamente na figura 1, em que se representa em a) a evolução temporal da pressão para um dado som, em b) a correspondente evolução do nível de pressão sonora, em c) o sinal constante com o mesmo conteúdo energético do sinal a) e em d) o seu valor constante do nível de pressão sonora, que corresponde ao nível equivalente de ruído para o sinal a).

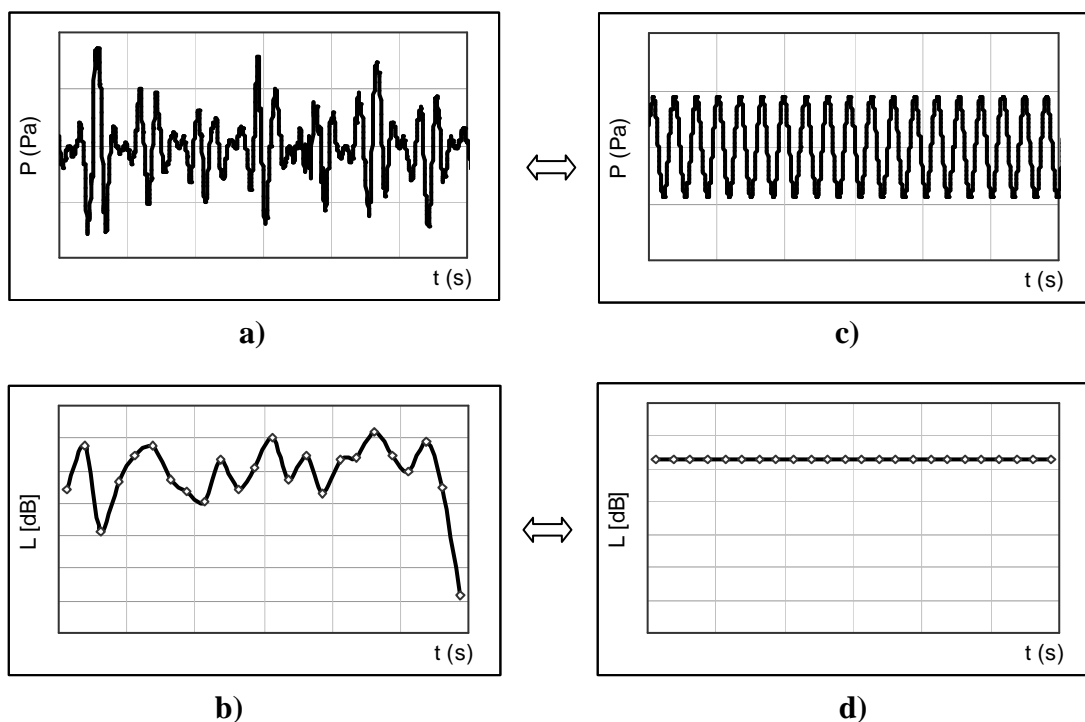


Figura 1 – Conceito de nível equivalente de ruído

Dada a necessidade de caracterizar o valor de $L_{Aeq,T}$, adquiriram-se, em vários pontos da área em estudo, ficheiros que contêm as evoluções temporais do nível de pressão sonora. Posteriormente utilizando esses ficheiros, procedeu-se ao cálculo dos valores diários do nível equivalente de ruído $L_{Aeq,T}$, para os períodos diurnos (07:00 h às 22:00 h) e nocturnos (22:00 h às 07:00 h), a partir da expressão de cálculo deste último índice:

$$L_{Aeq,T} = 10 \cdot \log \frac{1}{T} \int_0^T 10^{\frac{NPS_t}{10}} dt \quad [dB(A)] \quad (1)$$

que, no caso de o sinal do nível de pressão sonora (NPS) ser discreto, por ter resultado de um processo de amostragem temporal sequenciada, virá:

$$L_{Aeq,T} = 10 \cdot \log \frac{1}{n} \sum_0^n 10^{\frac{NPS_n}{10}} \quad [dB(A)] \quad (2)$$

Cada ponto de medida foi monitorizado em contínuo durante seis dias, sendo possível o cálculo do nível equivalente de ruído, para o período diurno e para o período nocturno. O valor correspondente a cada um dos períodos foi obtido a partir de uma média energética ponderada dos valores diários, dada pela expressão

$$L_{Aeq,T(2dias)} = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{2} \cdot \left(10^{0,1L_{Aeq,T(1^{\circ}dia)}} + 10^{0,1L_{Aeq,T(2^{\circ}dia)}} \right) \right], \quad (3)$$

A campanha de monitorização decorreu em 18 localizações diferentes situadas junto às principais fontes de ruído, respectivamente, para o período diurno e para o período nocturno. A localização dos pontos de medição foi escolhida de forma a possibilitar a caracterização das principais vias que servem de ligação entre os concelhos vizinhos.

As evoluções temporais dos valores do nível de pressão sonora foram obtidas utilizando dois sistemas montados especialmente para a recolha de dados em ambiente exterior, cada um com um sonómetro, um aparelho de aquisição de dados (datalogger) e uma bateria, destinada a aumentar a autonomia do sonómetro.

As medições foram efectuadas a uma altura de 3 m, acima do solo, por razões que se prendem com a segurança dos equipamentos utilizados para a aquisição de longa duração dos sinais de nível de pressão sonora, dado que, se os mesmos fossem colocados a uma cota inferior, era maior o risco de roubo ou vandalismo, uma vez que não era exequível a utilização de um esquema de vigilância contínua durante períodos com uma duração de 2 a 6 dias. Ainda que o cálculo do mapa de ruído seja efectuado para uma cota inferior (1,5 m), os autores consideram que é preferível uma estratégia de aquisição dos sinais baseada em medições contínuas durante alguns dias a uma cota de 3 m, relativamente a amostragens de curta duração efectuadas a 1,5 m, nas quais o grau de incerteza no cálculo do nível equivalente de ruído será claramente mais elevado. Um estudo prévio efectuado pelos autores, no qual foi desenvolvida uma aplicação computacional para, através de um processo de reamostragem dos sinais de nível de pressão sonora, analisar o efeito dos tempos de amostragem na incerteza do cálculo do nível equivalente de ruído permitiu concluir que, se a aquisição não contemplar uma percentagem significativa do tempo total do período de referência, podem ser cometidos erros elevados. Para um caso de reamostragem do sinal de ruído obtido durante um período nocturno completo numa zona residencial da cidade de Coimbra, verificou-se que uma amostragem baseada em 3 períodos de 30 minutos poderia conduzir a erros na determinação do nível equivalente de ruído superiores a 3 dB(A).

A opção dos autores foi privilegiar a amostragem durante seis dias completos, de forma a poder obter a informação que permite a caracterização do nível sonoro contínuo equivalente no ponto de medição.

No processo de ajuste das fontes de ruído que antecedeu a fase de cálculo do mapa propriamente dita, os chamados pontos receptores do modelo computacional com as mesmas localizações geográficas daqueles onde foram efectuadas as campanhas de medição, foram colocados a uma cota de 3m. Uma vez efectuada a fase de afinação das fontes no modelo computacional, o cálculo foi realizado para uma altura de 1,5 m.

4.2 Estratégia adoptada para a obtenção dos dados de Ruído Rodoviário

A estratégia de recolha de informação sobre o ruído rodoviário baseou-se em vários tipos de fontes e métodos de abordagem que se passam a explicar:

- Para algumas estradas, e sempre que foi disponibilizada, foi utilizada a informação existente sobre fluxos e velocidades de circulação nos censos de tráfego do Instituto de Estradas de Portugal.
- Na área central da zona urbana foram utilizados os dados de um estudo de tráfego efectuado anteriormente e gentilmente cedidos pela empresa TRANSITEC, Metro Mondego, de Coimbra. (ver anexo 1)
- Foram efectuadas contagens visuais de tráfego por equipas técnicas da ADAI, com identificação das percentagens de veículos ligeiras e de veículos pesados, em vias para as quais não se dispunha de informação, com duração e em períodos adequados.
- Foram efectuados registos sonoros de média duração (4 a 8 horas) em gravadores digitais de som colocados à beira da estrada, que foram posteriormente analisados no laboratório. Para o efeito, utilizaram-se oito leitores/gravadores digitais Denver com capacidade de 128 Megabytes e de 256 Megabytes, regulados para uma frequência máxima de aquisição de 8 Khz, considerada suficiente para a identificação clara do tipo de sinais e permitindo tempos totais de registo mais alargados. A análise desses ficheiros digitais contendo as evoluções temporais dos sinais de pressão sonora, permitiu a contagem do número de veículos e, inclusivamente, através da escuta do sinal, a identificação do seu tipo (ligeiro, pesado ou motociclo). Uma vez transferidos os ficheiros para um computador, o processo de contagem dos veículos começou por ser realizado por um operador através da visualização dos ficheiros de som no programa de processamento de sinais sonoros “Goldwave”. Numa segunda fase, este processo foi automatizado tendo sido elaborada uma aplicação informática em linguagem Visual Basic que efectua a contagem do número de ocorrências de passagem de veículos, mediante o processamento matemático dos registos sonoros.

- Com a introdução dos valores do nível equivalente de ruído para o período diurno e para o período nocturno nas localizações em análise, conjuntamente com os valores das contagens referidas anteriormente, no modelo de cálculo de ruído rodoviário da aplicação informática Lima B, foi obtida, através de um processo iterativo, a velocidade média de circulação nas vias analisadas.
- Nalguns casos, dada a analogia entre os tipos de vias, quer no que diz respeito aos aspectos construtivos, quer no que diz respeito ao tipo de utilização, foram efectuadas extrapolações dos valores das percentagens de veículos ligeiros e de veículos pesados e das velocidades típicas de circulação, sendo esta metodologia designada por “contagem por comparação”.

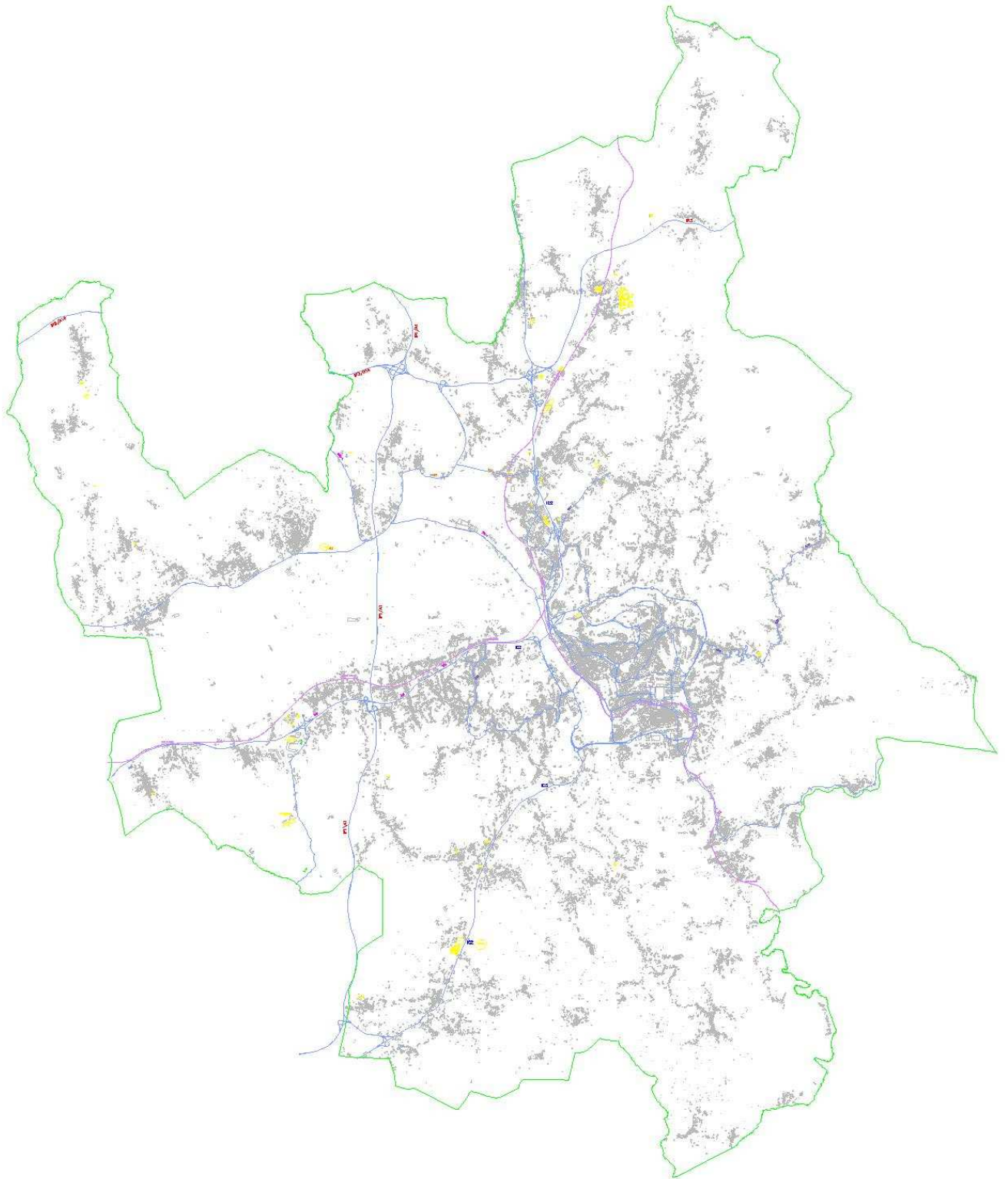


Figura 2 – Modelo rodoviário, ferroviário utilizado para o cálculo da Carta de Ruído do Município de Coimbra.

4.3 Estratégia adoptada para a caracterização das fontes de Ruído Ferroviária

Os dados necessários à caracterização da via ferroviária, correspondente ao troço da Linha do Norte e Linha da Lousã que atravessam o município, foram obtidos junto da entidade operadora responsável pela exploração dessa infra-estrutura, no caso, CP – Comboios de Portugal, EP, Direcção de Coordenação Técnica. Foram disponibilizados os dados relativos à: tipologia do comboio; velocidade de circulação e comprimento da composição.

4.4 Estratégia adoptada para a caracterização das fontes de Ruído Industrial

Em face da inexistência de informação relativa aos níveis de potência sonora associados às instalações industriais existentes no município, adoptou-se o seguinte procedimento:

- Identificaram-se as indústrias que efectivamente produzem níveis de ruído susceptíveis de alterar a componente acústica da zona de implantação;
- Efectuaram-se medições acústicas na proximidade das fachadas das instalações, de acordo com a norma ISO 8297 (1994);

Não foram consideradas instalações de pequena dimensão, dado que o efeito das mesmas é muito reduzido ao nível de um mapa de ruído estratégico. Apenas se caracterizaram unidades de produção e de transformação de matéria-prima com áreas superiores a 300 m², implantadas, ou não, em zonas industriais.

4.5 Modelação Matemática dos Mapas de Ruído

O cálculo foi efectuado com o programa de modelação LIMA B. Para a área modelada, foi construído um modelo digital a três dimensões da zona, incluindo a orografia, definida a partir das linhas de nível, a planimetria e altimetria relativa aos

edifícios e outros obstáculos relevantes, e a localização e caracterização das fontes de ruído principais (eixos rodoviários, ferroviários e zonas ou fontes industriais). Os ficheiros com a informação relativa à orografia e à planimetria dos edifícios e dos principais eixos de comunicação foram fornecidos pela Câmara Municipal de Coimbra, no formato adequado, constando da altimetria curvas de nível de 5 em 5 metros. Quanto à altura dos edifícios, os ficheiros tiveram que ser construídos durante o presente trabalho, estando a mesma compreendida entre 3 e 25 metros, consoante a tipologia habitacional das áreas em estudo, tipicamente: 3 metros em zonas rurais e fora dos grandes aglomerados; 9 metros nas restantes áreas, sendo que na área urbana de Coimbra a cêrcea máxima atingiu os referidos 25 metros em alguns edifícios.

Com base na informação disponibilizada e complementada com a informação recolhida durante as campanhas de medição, obtiveram-se as distribuições dos níveis sonoros existentes. Os cálculos foram efectuados, para o período diurno e nocturno, sobre um modelo obtido a partir de uma carta à escala 1/25.000, com uma malha de 20 m x 20 m. Os resultados da modelação referem-se aos níveis sonoros equivalentes a uma altura de 1,5 m acima do solo.

No modelo de cálculo as fontes de ruído rodoviário e ferroviário foram estendidas, para além da linha limite do município, para que a distância entre a fonte e a perpendicular á linha de fronteira de delimitação fosse de 800 m, sendo esta distância fixada para o raio de busca durante o cálculo. Em toda a área definida, incluindo a exterior ao município, foi incluída toda a orografia e altimetria disponibilizada e o modelo, na fase de cálculo, considerou as reflexões de segunda ordem.

Nas modelações efectuadas foram utilizados os métodos recomendados na Directiva 2002/49 do Parlamento Europeu e do Conselho de 25 de Junho de 2002, relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente. Assim foram utilizados:

- para o RUÍDO DO TRÁFEGO RODOVIÁRIO: O método de cálculo francês «*NMPB-Routes-96 (SETRA-CERTU--LCPC-CSTB)*», publicado no «*Arrete du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routièrès, Journal Officiel du 10 mai 1995, article 6*» e na norma francesa «*XPS 31-133*». No que se refere aos dados de entrada relativos à

emissão, estes documentos remetem para o «*Guide du bruit dès transports terrestres, fascicule prévision dès niveaux sonores, CETUR 1980*»;

- para o RUÍDO DO TRÁFEGO FERROVIÁRIO: O método de cálculo dos Países Baixos publicado no «*Reken en Meetvoorsschrift Raiverkeerslawaaai '96, Ministerie Volkshuisvestting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 20 November 1996*»;

-para o RUÍDO INDUSTRIAL: a norma ISO 9613-2: «Acoustics — Attenuation of sound propagation outdoors, Part 2: General method of calculation». Os dados de emissão de ruído (dados de entrada) apropriados para este método foram obtidos a partir de medições, efectuadas de acordo com a norma ISO 8297: 1994 «*Acoustics — Determination of sound power levels of multisource industrial plants for evaluation of sound pressure levels in the environment – Engineering method*».

5. APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

Nas páginas seguintes apresenta-se uma compilação dos dados obtidos durante as campanhas de recolha dos níveis de ruído, à caracterização das fontes de ruído rodoviárias, das fontes de ruído ferroviárias, das fontes de ruído industrial e, finalmente, aos resultados obtidos pelo modelo de cálculo.

Apresentam-se também figuras com a indicação da localização dos pontos referidos nas tabelas.

5.1 Campanha de monitorização dos Níveis de Ruído

Tabela 1 – Valores semanais, período diurno, dB(A)

	Local	L _{Aeq} medido	L _{Aeq} simulado	Diferença
1	<i>Avenida João das Regras</i>	73,6	74,8	1,2
2	<i>Largo da portagem</i>	69,1	71,0	1,9
3	<i>Avenida Emídio Navarro</i>	74,2	75,6	1,4
4	<i>Avenida Urbano Duarte</i>	75,4	74,6	-0,8
5	<i>Avenida Mendes Silva</i>	66,7	67,1	0,4
6	<i>Nacional 1 (Banhos Secos)</i>	70,9	69,1	-1,8
7	<i>Rotunda das Lages</i>	65,6	66,9	1,3
8	<i>Avenida Inês de Castro</i>	78,0	76,6	-1,4
9	<i>Rotunda Portugal dos Pequenitos</i>	72,5	73,6	1,1
10	<i>Avenida Mendes Silva</i>	69,2	69,8	0,6
11	<i>Avenida Mendes Silva</i>	71,4	72,0	0,6
12	<i>Quinta da Cheira</i>	67,1	66,9	-0,2
13	<i>Rotunda da estrada da Beira</i>	72,3	73,0	0,7
14	<i>Avenida Mendes Silva</i>	69,9	70,8	0,9
15	<i>Estrada da Beira (N17)</i>	71,3	72,1	0,8
16	<i>Circular externa</i>	64,3	62,7	-1,6
17	<i>Estrada do Vale Figueiras</i>	68,0	67,5	-0,5
18	<i>Avenida da Lousã</i>	76,3	75,1	-1,2

Tabela 2 – Valores semanais, período nocturno, dB(A)

	Local	L_{Aeq} medido	L_{Aeq} simulado	Diferença
1	<i>Avenida João das Regras</i>	69,4	68,5	-0,9
2	<i>Largo da portagem</i>	64,3	64,8	0,5
3	<i>Avenida Emídio Navarro</i>	69,9	68,1	-1,8
4	<i>Avenida Urbano Duarte</i>	71,8	69,9	-1,9
5	<i>Avenida Mendes Silva</i>	59,8	60,7	0,9
6	<i>Nacional 1 (Banhos Secos)</i>	62,9	61,4	-1,5
7	<i>Rotunda das Lages</i>	61,1	59,4	0,7
8	<i>Avenida Inês de Castro</i>	70,5	68,7	-1,8
9	<i>Rotunda Portugal dos Pequenitos</i>	68,9	67,2	-1,7
10	<i>Avenida Mendes Silva</i>	65,2	64,8	-0,4
11	<i>Avenida Mendes Silva</i>	61,5	63,0	1,5
12	<i>Quinta da Cheira</i>	61,4	62,8	1,4
13	<i>Rotunda da estrada da Beira</i>	64,9	63,5	-1,4
14	<i>Avenida Mendes Silva</i>	64,1	63,7	-0,4
15	<i>Estrada da Beira (N17)</i>	66,2	67,0	0,8
16	<i>Circular externa</i>	57,9	56,8	-1,1
17	<i>Estrada do Vale Figueiras</i>	64,1	63,4	-0,7
18	<i>Avenida da Lousã</i>	71,9	70,0	-1,9

Machado
Machado
(Machado)

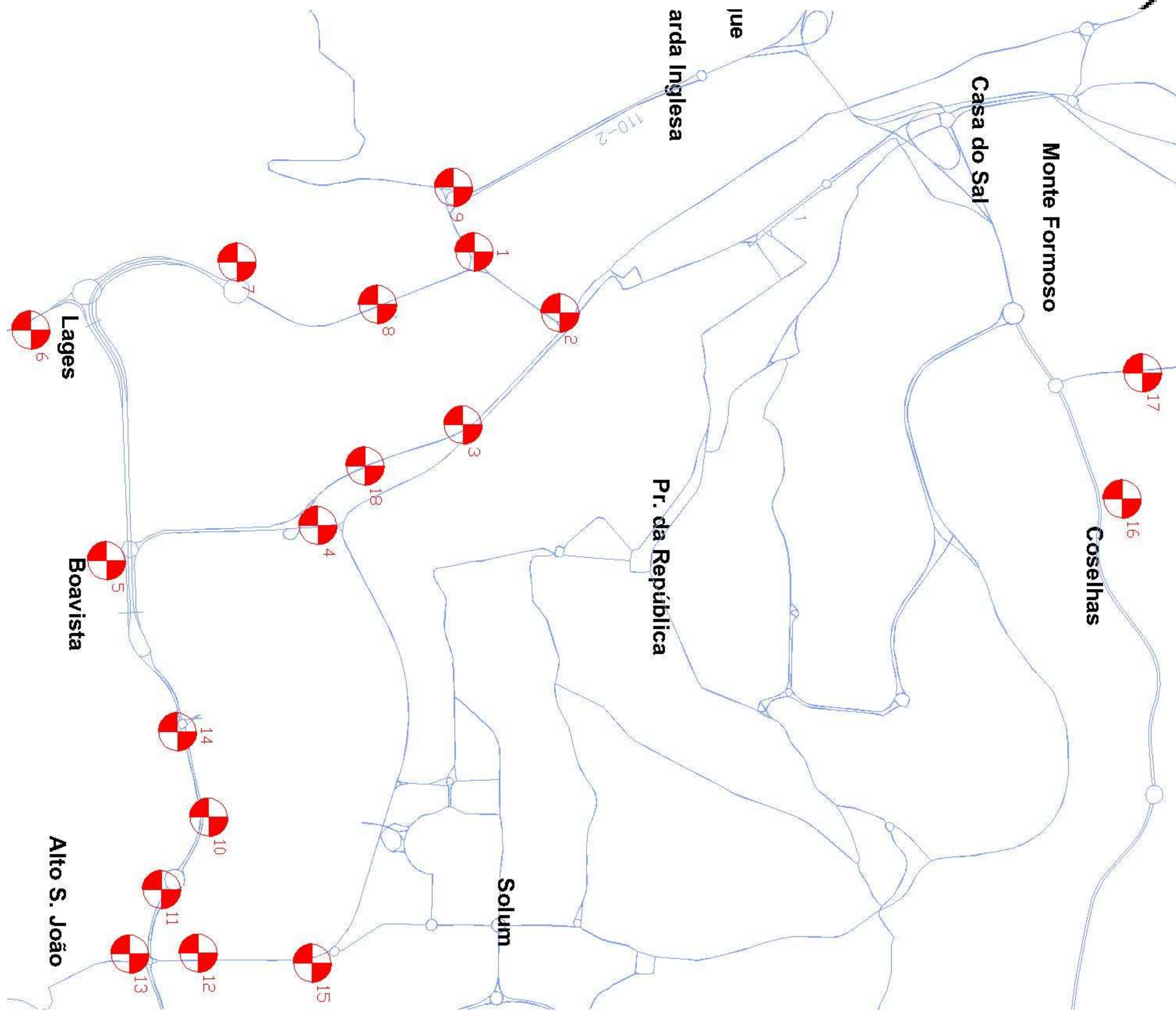


Figura 3 – Localização dos pontos de aquisição constantes das tabelas 1 e 2.

5.2 Caracterização das fontes de Ruído Rodoviário

Para referenciar as vias de tráfego modeladas, utilizou-se, sempre que possível, a toponímia original dos ficheiros fornecidos pela Câmara Municipal de Coimbra.

Tabela 3 – Caracterização das fontes rodoviárias

	Fonte modelada	TMD ligeiros	Vel. média (km/h) - ligeiros	TMD - pesados	Vel. média (km/h) - pesados
1	IP3 ^{a)}	22660	80	1200	60
2	IC2 ^{a)}	30500	80	1900	60
3	A1 ^{d)}	36000	120	4000	100
4	A14 ^{d)}	27500	120	1500	100
5	IP3 ^{a)}	23000	80	1300	60
6	IC2 ^{c)}	61750	100	3250	70
7	N111 ^{a)}	9500	60	550	60
8	A1 ^{d)}	36000	120	4000	100
9	N111 (Adémia) ^{a)}	12350	60	650	60
10	N111 ^{b)}	9500	60	500	60
11	N234-1 ^{a)}	12500	60	470	60
12	N111 ^{a)}	12500	60	800	60
13	N111-1 ^{a)}	13500	60	550	60
14	IC2 ^{c)}	61750	100	2150	70
15	N537 ^{a)}	9000	50	500	50
16	N1 ^{a)}	10100	60	540	50
17	--- ^{a)}	9020	60	420	50
18	Estrada de Vale Figueiras ^{a)}	9000	50	470	40
19	--- ^{b)}	9000	50	470	40
20	N1 ^{a)}	10140	50	540	50

a) dados adquiridos por contagem

b) dados obtidos por comparação com vias de perfil equivalente

c) dados fornecidos pela TRANSITEC – Metro Mondego

d) dados obtidos por comparação com dados da Brisa referentes à zona de Leiria

Tabela 4 – Caracterização das fontes rodoviárias (continuação)

	Fonte modelada	TMD ligeiros	Vel. média (km/h) - ligeiros	TMD - pesados	Vel. média (km/h) - pesados
21	EM 537 ^{a)}	9100	60	480	50
22	Circular externa ^{a)}	10800	90	240	60
23	EM 536 ^{a)}	8490	60	---	---
24	Circular externa ^{a)}	19100	80	300	60
25	N 341 (Via rápida de Taveiro) ^{c)}	57000	80	3000	70
26	N 341 (Via rápida de Taveiro) ^{a)}	33700	80	1780	70
27	N1-7 ^{a)}	8500	60	500	60
28	N1 (IC2) ^{a)}	20670	70	1850	60
29	N17 ^{a)}	21750	60	1180	60
30	N1 (IC2) ^{a)}	21400	70	1950	60
31	Ligação da N1 (IC2) à A1 ^{a)}	9000	80	47	60
32	N341 ^{a)}	7800	50	300	50
33	N341 ^{c)}	20500	50	500	50
34	IC2 ^{c)}	61750	100	3250	70
35	--- ^{a)}	19000	40	1000	40
36	Avenida Marginal ^{c)}	19950	60	1000	60
37	Avenida Marginal ^{c)}	13775	60	725	60
38	IC2 (Tabuleiro Açude) ^{c)}	71250	80	3750	60
39	N110-2 ^{c)}	44650	60	2350	60
40	Ponte Açude ^{c)}	12350	60	650	60

a) dados adquiridos por contagem

b) dados obtidos por comparação com vias de perfil equivalente

c) dados fornecidos pela TRANSITEC – Metro Mondego

d) dados obtidos por comparação com dados da Brisa referentes à zona de Leiria

Tabela 5 – Caracterização das fontes rodoviárias (continuação)

	Fonte modelada	TMD ligeiros	Vel. média (km/h) - ligeiros	TMD - pesados	Vel. média (km/h) - pesados
41	Ponte Açude ^{c)}	23750	70	1250	60
42	Ponte Açude ^{c)}	11875	50	625	40
43	Ponte Açude ^{c)}	8550	60	450	60
44	Ponte Açude ^{c)}	57000	80	3000	70
45	Ponte Açude ^{c)}	19950	40	1050	40
46	Ponte Açude ^{c)}	54150	80	2850	60
47	Fernão de Magalhães ^{c)}	33250	40	1750	40
48	Ponte Açude ^{c)}	15200	40	800	40
49	Ponte Açude ^{c)}	31350	60	1650	60
50	Ponte Açude ^{c)}	7600	50	400	50
51	Ponte Açude ^{c)}	38950	60	2050	60
52	Ponte Açude ^{c)}	21850	50	1150	50
53	Ponte Açude ^{c)}	17100	60	900	60
54	Estrada de Coselhas ^{c)}	19000	60	1000	60
55	Estrada de Coselhas ^{c)}	9500	60	500	60
56	Ponte Açude ^{c)}	53200	60	2800	60
57	Circular externa ^{a)}	14100	60	305	60
58	Avenida Fernão de Magalhães ^{c)}	28500	40	1500	40
59	Avenida Fernão de Magalhães ^{c)}	31350	40	1650	40
60	Rua Figueira da Foz ^{c)}	21850	40	1150	40

a) dados adquiridos por contagem

b) dados obtidos por comparação com vias de perfil equivalente

c) dados fornecidos pela TRANSITEC – Metro Mondego

d) dados obtidos por comparação com dados da Brisa referentes à zona de Leiria

Tabela 6 – Caracterização das fontes rodoviárias (continuação)

	Fonte modelada	TMD ligeiros	Vel. média (km/h) - ligeiros	TMD - pesados	Vel. média (km/h) - pesados
61	Avenida Fernão de Magalhães ^{c)}	32300	40	1700	40
62	Avenida Fernão de Magalhães ^{c)}	30400	40	1600	40
63	Avenida Fernão de Magalhães ^{c)}	19000	40	1000	40
64	Avenida Fernão de Magalhães ^{c)}	19000	40	1000	40
65	Avenida Emidio Navarro ^{c)}	19000	40	1000	40
66	Avenida Emidio Navarro ^{c)}	19000	40	1000	40
67	Estrada da Guarda Inglesa (N110-2) ^{c)}	42750	70	2250	60
68	Avenida João das Regras ^{c)}	33250	40	1750	40
69	Avenida João das Regras ^{c)}	39900	40	2100	40
70	Ponte de Santa Clara ^{c)}	41800	40	2200	40
71	Avenida Inês de Castro ^{a)}	21200	60	1900	60
72	N1 ^{a)}	17410	60	1900	50
73	Ponte Rainha Santa Isabel ^{a)}	19820	80	1586	60
74	Avenida Emidio Navarro ^{c)}	43700	40	2300	40
75	Avenida da Lousã ^{c)}	19000	60	1000	60
76	Rua do Brasil ^{c)}	19000	50	1000	50
77	Avenida Cónego Urbano Duarte ^{c)}	21850	50	1150	50
78	Avenida Cónego Urbano Duarte ^{c)}	18050	60	950	60
79	Avenida Mendes Silva ^{a)}	34200	(*)	1800	(*)
80	Avenida Mendes Silva ^{c)}	16150	60	850	60

a) dados adquiridos por contagem

b) dados obtidos por comparação com vias de perfil equivalente

c) dados fornecidos pela TRANSITEC – Metro Mondego

d) dados obtidos por comparação com dados da Brisa referentes à zona de Leiria

Tabela 7 – Caracterização das fontes rodoviárias (continuação)

	Fonte modelada	TMD ligeiros	Vel. média (km/h) - ligeiros	TMD - pesados	Vel. média (km/h) - pesados
81	Avenida Mendes Silva ^{c)}	16150	60	850	60
82	Avenida Mendes Silva ^{c)}	32300	60	1700	60
83	Rua Dom Pedro de Cristo ^{c)}	11400	50	600	50
84	Avenida Mendes Silva ^{c)}	30400	60	1600	60
85	Avenida Mendes Silva ^{c)}	32300	60	1700	60
86	--- ^{c)}	26600	60	1400	60
87	N 17 ^{a)}	9600	60	380	60
88	N17 ^{a)}	12150	60	800	60
89	N 17 ^{c)}	34200	60	1800	60
90	N 17 ^{c)}	23750	50	1250	50
91	Ligação entre a Rua do Brasil e a Rotunda das Palmeiras ^{a)}	7600	60	450	60
92	Rua do Brasil ^{c)}	24700	50	1300	50
93	Rua do Brasil ^{c)}	24700	50	1300	50
94	Rua do Brasil ^{c)}	16150	50	850	50
95	Rua do Brasil ^{c)}	22800	50	1200	50
96	Rua Combatentes da Grande Guerra ^{c)}	18050	50	950	50
97	Rua Dom Manuel I ^{c)}	22800	50	1200	50
98	Rua Dom João III ^{c)}	20900	50	1100	50
99	--- ^{c)}	20900	50	1100	50
100	--- ^{a)}	22800	50	1200	50

a) dados adquiridos por contagem

b) dados obtidos por comparação com vias de perfil equivalente

c) dados fornecidos pela TRANSITEC – Metro Mondego

d) dados obtidos por comparação com dados da Brisa referentes à zona de Leiria

Tabela 8 – Caracterização das fontes rodoviárias (continuação)

	Fonte modelada	TMD ligeiros	Vel. média (km/h) - ligeiros	TMD - pesados	Vel. média (km/h) - pesados
101	Avenida Fernando Namora ^{c)}	39900	70	2100	60
102	Avenida Fernando Namora ^{c)}	50350	70	2650	60
103	Rua General Humberto Delgado ^{c)}	38000	60	2000	50
104	Rua General Humberto Delgado ^{c)}	21850	60	1150	50
105	Rua General Humberto Delgado ^{c)}	21850	60	1150	50
106	Rua General Humberto Delgado ^{c)}	18050	60	950	50
107	Rua General Humberto Delgado ^{c)}	18050	60	950	50
108	Rua Dom Manuel I ^{c)}	22800	60	1200	50
109	Rua Brotero ^{c)}	18050	50	950	50
110	Rua Combatentes da Grande Guerra ^{c)}	25650	60	1350	50
111	Rua Combatentes da Grande Guerra ^{c)}	28500	60	1500	50
112	Alameda Dr. Julio Henriques ^{c)}	25650	60	1350	50
113	Rua Santa Teresa ^{c)}	16150	60	850	50
114	Rua Miguel Torga ^{c)}	23750	60	1250	50
115	Rua Carolina Michaelis ^{c)}	37050	50	1950	50
116	Rua Carolina Michaelis ^{c)}	42750	50	2250	50
117	Avenida Fernando Namora ^{c)}	39900	60	2100	60
118	Avenida António Portugal ^{c)}	29450	60	1550	60
119	Avenida António Portugal ^{c)}	22800	60	1200	50
120	Avenida António Portugal ^{c)}	41800	60	2200	50

a) dados adquiridos por contagem

b) dados obtidos por comparação com vias de perfil equivalente

c) dados fornecidos pela TRANSITEC – Metro Mondego

d) dados obtidos por comparação com dados da Brisa referentes à zona de Leiria

Tabela 9 – Caracterização das fontes rodoviárias (continuação)

	Fonte modelada	TMD ligeiros	Vel. média (km/h) - ligeiros	TMD - pesados	Vel. média (km/h) - pesados
121	Rua Brigadeiro Correia Cardoso ^{c)}	10450	60	550	50
122	Rua Capitão Luís Gonzaga ^{c)}	10450	60	550	50
123	Avenida Dias da Silva ^{c)}	8075	60	425	50
124	Rua Bernardo Albuquerque ^{c)}	13300	55	700	50
125	Rua Bernardo Albuquerque ^{c)}	15200	55	800	50
126	Rua José Alberto dos Reis ^{c)}	8550	65	450	55
127	Avenida António Portugal ^{c)}	44650	70	2350	60
128	Rua Afrânio Peixoto ^{c)}	38950	70	2050	60
129	Rua Doutor Afonso Romão ^{c)}	40850	70	2150	60
130	Avenida Professor Gouveia Monteiro ^{c)}	64600	75	3400	55
131	Rua Costa Simões ^{c)}	24700	70	1300	55
132	Alameda Doutor Armando Gonçalves ^{c)}	28500	65	1500	60
133	Avenida Calouste Gulbenkian ^{c)}	22800	50	1200	45
134	Avenida Calouste Gulbenkian ^{c)}	27550	60	1450	55
135	Rua Nicolau Chanterenne ^{c)}	9500	65	500	55
136	Rua Doutor António José de Almeida ^{c)}	14250	55	750	50
137	Rua de Saragoça ^{c)}	11400	50	600	40
138	Rua de Aveiro ^{c)}	9500	50	500	40
139	Rua de Aveiro ^{c)}	9500	50	500	40
140	Rua de Aveiro ^{c)}	19000	60	1000	50

a) dados adquiridos por contagem

b) dados obtidos por comparação com vias de perfil equivalente

c) dados fornecidos pela TRANSITEC – Metro Mondego

d) dados obtidos por comparação com dados da Brisa referentes à zona de Leiria

Tabela 10 – Caracterização das fontes rodoviárias (conclusão)

	Fonte modelada	TMD ligeiros	Vel. média (km/h) - ligeiros	TMD - pesados	Vel. média (km/h) - pesados
141	Rua de Saragoça ^{c)}	9500	55	500	45
142	Rua João Machado ^{c)}	14250	50	750	50
143	Rua da Sofia ^{c)}	18050	55	950	50
144	Rua Doutor Manuel Rodrigues ^{c)}	13300	55	700	50
145	Rua da Sofia ^{c)}	33250	50	1750	50
146	Rua Olímpio Nicolau Rui Fernandes ^{c)}	33250	50	1750	50
147	Avenida Sá da Bandeira ^{c)}	19950	60	1050	50
148	Avenida Sá da Bandeira ^{c)}	19950	60	1050	50
149	Rua Oliveira Matos / Rua Castro Matoso ^{c)}	14250	55	750	50
150	Rua Alexandre Herculano ^{c)}	14250	55	750	50
151	Rua Lourenço de Almeida Azevedo ^{c)}	9500	65	500	50
152	Rua Lourenço de Almeida Azevedo ^{c)}	12350	60	650	50
153	Ladeira de S. Martinho ^{b)}	9500	60	500	50
154	--- ^{b)}	7600	65	400	55
155	--- ^{b)}	9500	55	500	50

a) dados adquiridos por contagem

b) dados obtidos por comparação com vias de perfil equivalente

c) dados fornecidos pela TRANSITEC – Metro Mondego

d) dados obtidos por comparação com dados da Brisa referentes à zona de Leiria

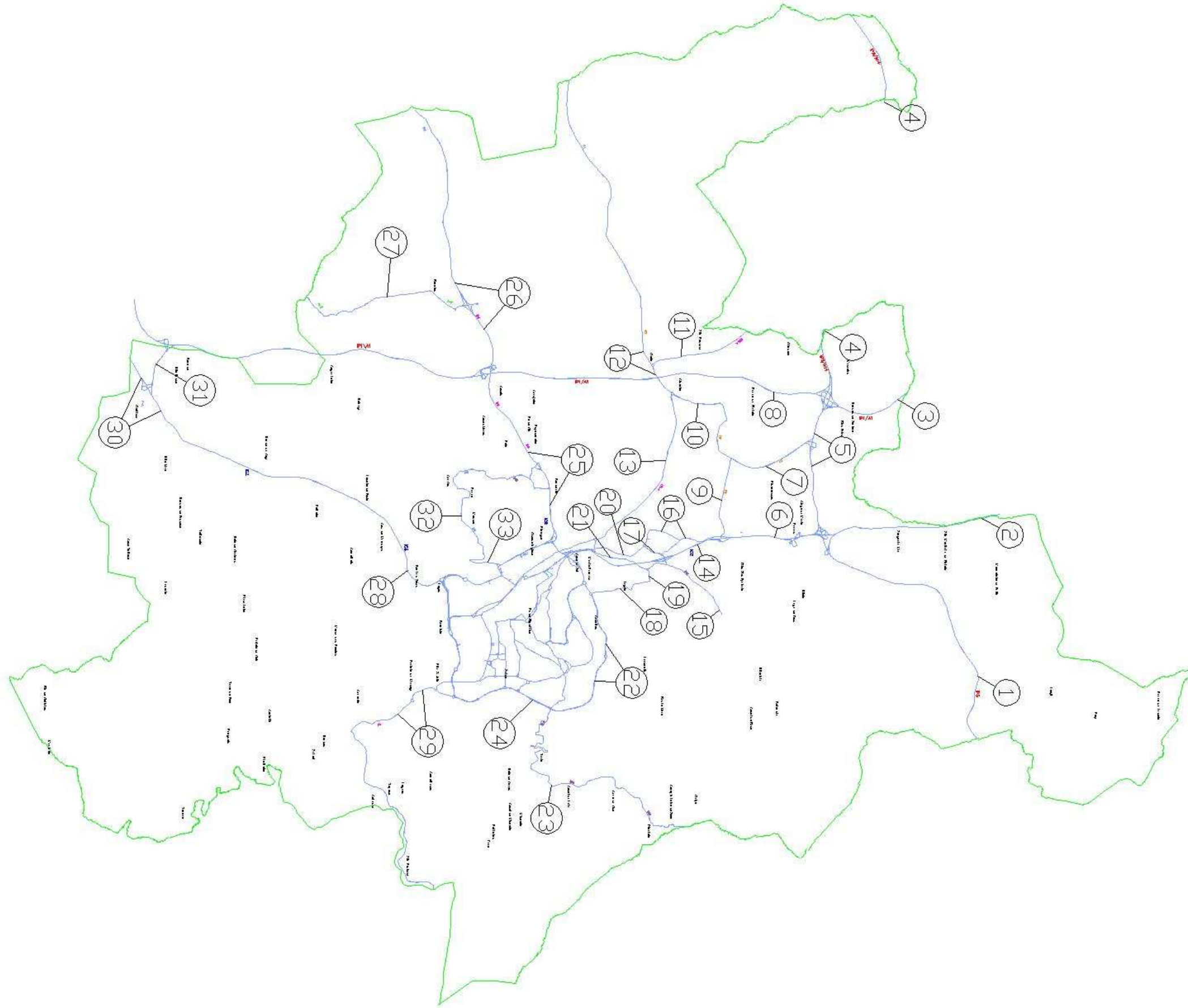


Figura 4 – Localização dos pontos de aquisição constantes das tabelas 3 a 10.

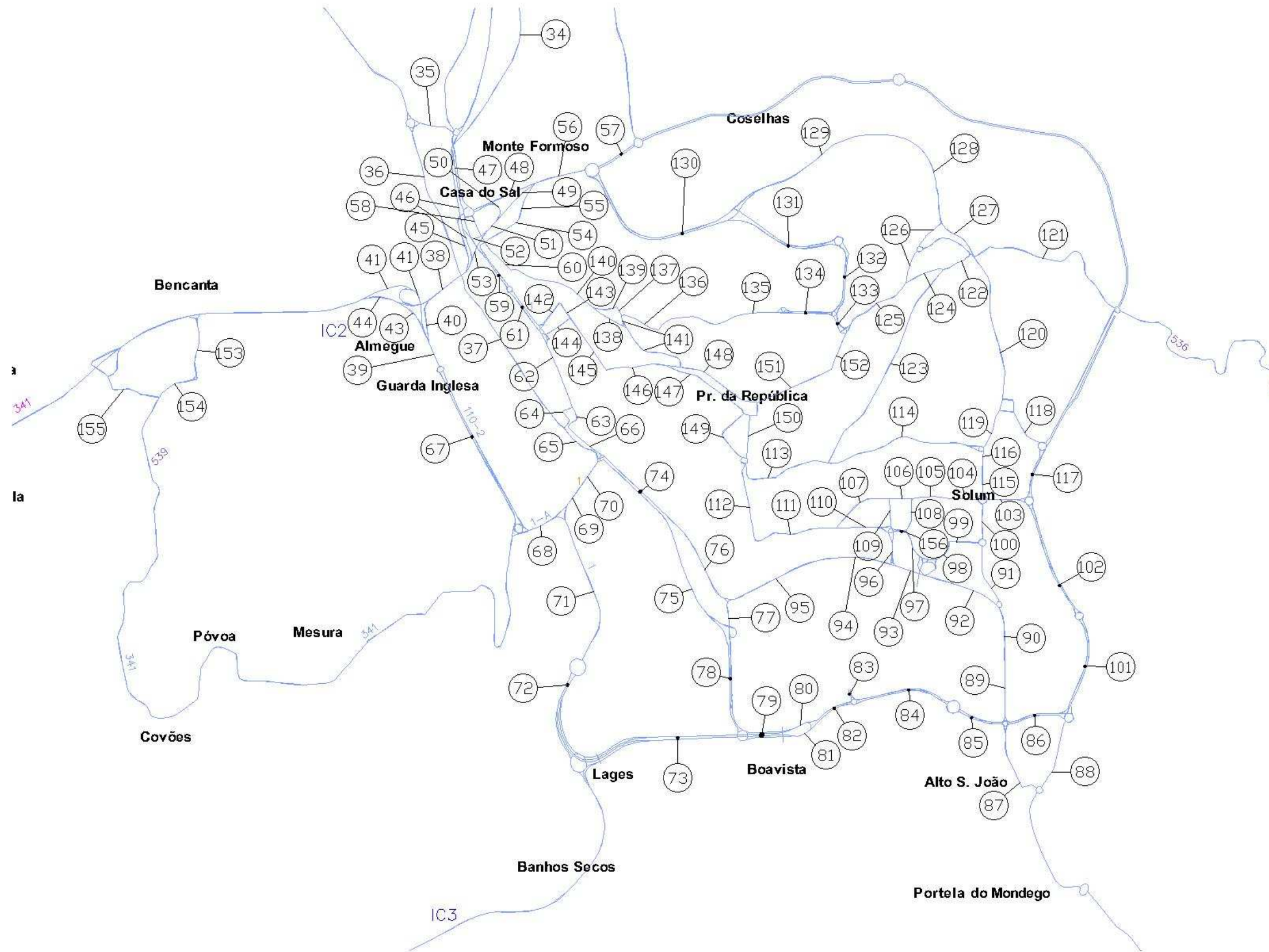


Figura 5 – Localização dos pontos de aquisição constantes das tabelas 3 a 10.

5.3 Caracterização das fontes de Ruído Ferroviário

Os dados apresentados foram disponibilizados pela Direcção de Coordenação Técnica da CP – Comboios de Portugal, EP.

Composição	Período diurno		Período nocturno	
	TMD	Vel. média (km/h)	TMD	Vel. média (km/h)
Mercadorias	19,7	60	15	60
Alfas/Pendulares	9,6	104	4,2	104
Intercidades	12	90	4,2	90
Inter Regionais	3,6	73	3,6	73
Regionais 1	17,3	72	3,1	72
Regionais 2	25,2	57	3,6	57
Regionais 3	7,2	60	1,2	60
Regionais 4	6	36	0	0
Especiais	9,6	20	4,8	20
Suburbanos	34,6	37	5,9	37

Tabela 5 – Caracterização das fontes ferroviárias – Linha do Norte

Composição ^(a)	Período diurno		Período nocturno	
	TMD	Vel. média (km/h)	TMD	Vel. média (km/h)
Tipo 1 ^(b)	33	37	4	37
Tipo 2 ^(b)	49	28	6	28

(a) – As composições base são as correspondentes a três carruagens com motorização diesel, sem sistema de travões de disco.

(b) O Tipo de composição difere apenas na velocidade média de circulação.

Tabela 6 – Caracterização das fontes ferroviárias – Linha da Lousã

5.4 Caracterização das fontes de Ruído Industrial

Os valores foram obtidos a partir de medições efectuadas, em pontos da envolvente, na proximidade das unidades industriais.

		Período diurno		Período nocturno	
Unidades Industriais	Local	Ponto	dBW/m ²	Ponto	dBW/m ²
Cimpor	Souselas	1	60,2	1	60,2
		2	58,8	2	58,8
		3	60,1	3	60,1
		4	66,4	4	66,4
		5	53,2	5	53,2
Data Plus	Souselas	1	62,8	_____	
Mármoreos Batanete	Souselas	1	61	_____	
		2	59,2		
S. Rascão, Lda	Ponte de Vilela	1	51,7	_____	
F.S.Ralha	Ponte de Vilela	1	54,6	_____	
Goldcer	Ponte de Vilela	1	54,4	_____	
Ceres Cerâmica	Fornos	1	61,9	_____	
		2	60,7		
Betão Liz	Fornos	1	66,8	_____	
		2	65,6		
Moacir	Adémia	1	65,2	_____	
		2	62,7		
Trindade e Ferreira, Lda	Adémia	1	51,3	_____	
Moparfrio	Adémia	1	50,0	_____	
Vaco	Eiras	1	58,0	_____	
Marcopolo	Estrada de Eiras	1	68,5	_____	
		2	67,5		
Dancake	Santa Apolónia	1	52,3	1	52,3
		2	50,9	2	50,9
		3	52,5	3	52,5

Tabela 7 – Caracterização das unidades industriais em laboração no período diurno e nocturno em Coimbra.

		Período diurno		Período nocturno	
Unidades Industriais	Local	Ponto	dBW/m ²	Ponto	dBW/m ²
Manuel Alfredo Marques, Lda	Ponte de Eiras	1	62,6	_____	
Serialu, Lda	Pedrulha	1	57,6	_____	
SRAM Portugal	Pedrulha	1	60,4	1	60,4
		2	60,2	2	60,2
		3	65,5	3	65,5
Hidrocentro	Pedrulha	1	50,0	_____	
António Firmino Baptista	Pedrulha	1	45,0	_____	
Fucoli	Coselhas	1	77,3	1	77,3
		2	74	2	74
		3	71,2	3	71,2
Fernando e Frotas, Lda	Zona Industrial de Taveiro	1	58,9	_____	
Vicente e Mateus, Lda	Zona Industrial de Taveiro	1	67,2	_____	
Valentim de Azevedo	Zona Industrial de Taveiro	1	64,8	_____	
Firmartel	Zona Industrial de Taveiro	1	67,1	_____	
		2	84,9	_____	
Gresco	Taveiro	1	61,4	1	61,4
		2	58,4	2	58,4
		3	51,6	3	51,6
Móveis Canelas	V. Pouca de Cernache	1	45,0	_____	_____
		2	40,0		

Tabela 8 – Caracterização das unidades industriais em laboração no período diurno e nocturno em Coimbra (continuação).

		Período diurno		Período nocturno	
Unidades Industriais	Local	Ponto	dBW/m ²	Ponto	dBW/m ²
Metalúrgica Ideal do Mondego	Taveiro	1	60,0	_____	
Mecânica Industrial de Coimbra	Taveiro	1	64,0	_____	
Termopor	Taveiro	1	54,4	_____	
Poceram	Cernache	1	76	1	76
		2	59,9	2	59,9
		3	66,2	3	66,2
Probar	Cernache	1	60,7	_____	
		2	68,6		
		3	66,5		
Janeiro e Fonseca	Cernache		47,0	_____	
Marmogranex	Antanhol	1	68,7	_____	
		2	68,7		
Real Cerâmica	Antanhol	1	62,8	_____	
Brumaferro	Antanhol	1	52,8	_____	
USID	Ladeira da Paula	1	55,0	_____	
J. Costa Estores	Murteira	1	56,4	_____	
Móveis Lucas	Marco dos Pereiros	1	64,0	_____	
Miguel Jorge Pereira Torr	Arzila	1	54,0	_____	
Unibetão	Moinho do Calhau	1	70,4	_____	
Extracção de Areias Rast	S. João do Campo	1	60,0	_____	
Eurocolunas	S. Facundo	1	55,8	_____	
Dionísio Nunes Seiça	S. Martinho de Árvore	1	57	_____	

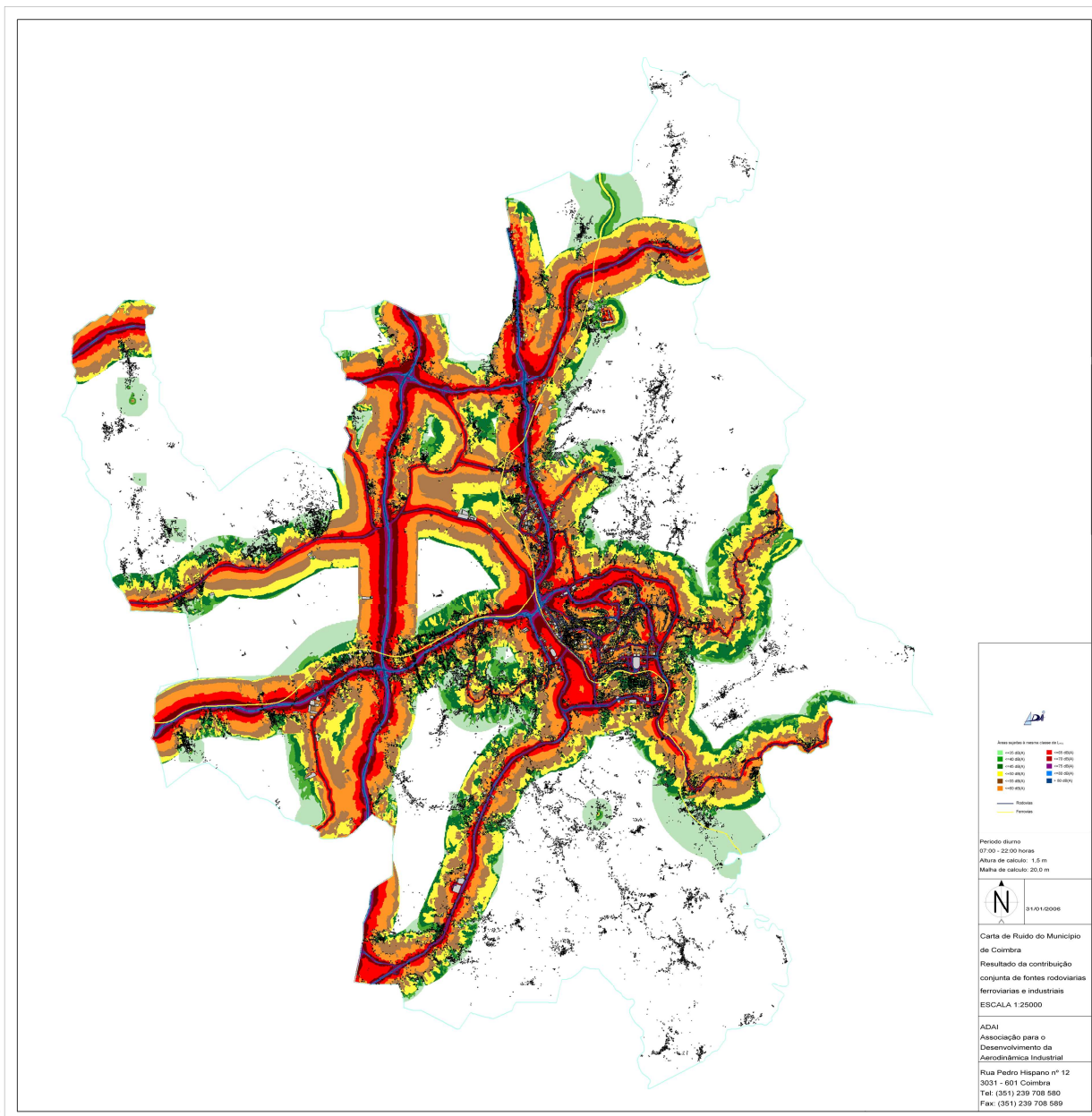
Tabela 9 – Caracterização das unidades industriais em laboração no período diurno e nocturno em Coimbra (continuação).

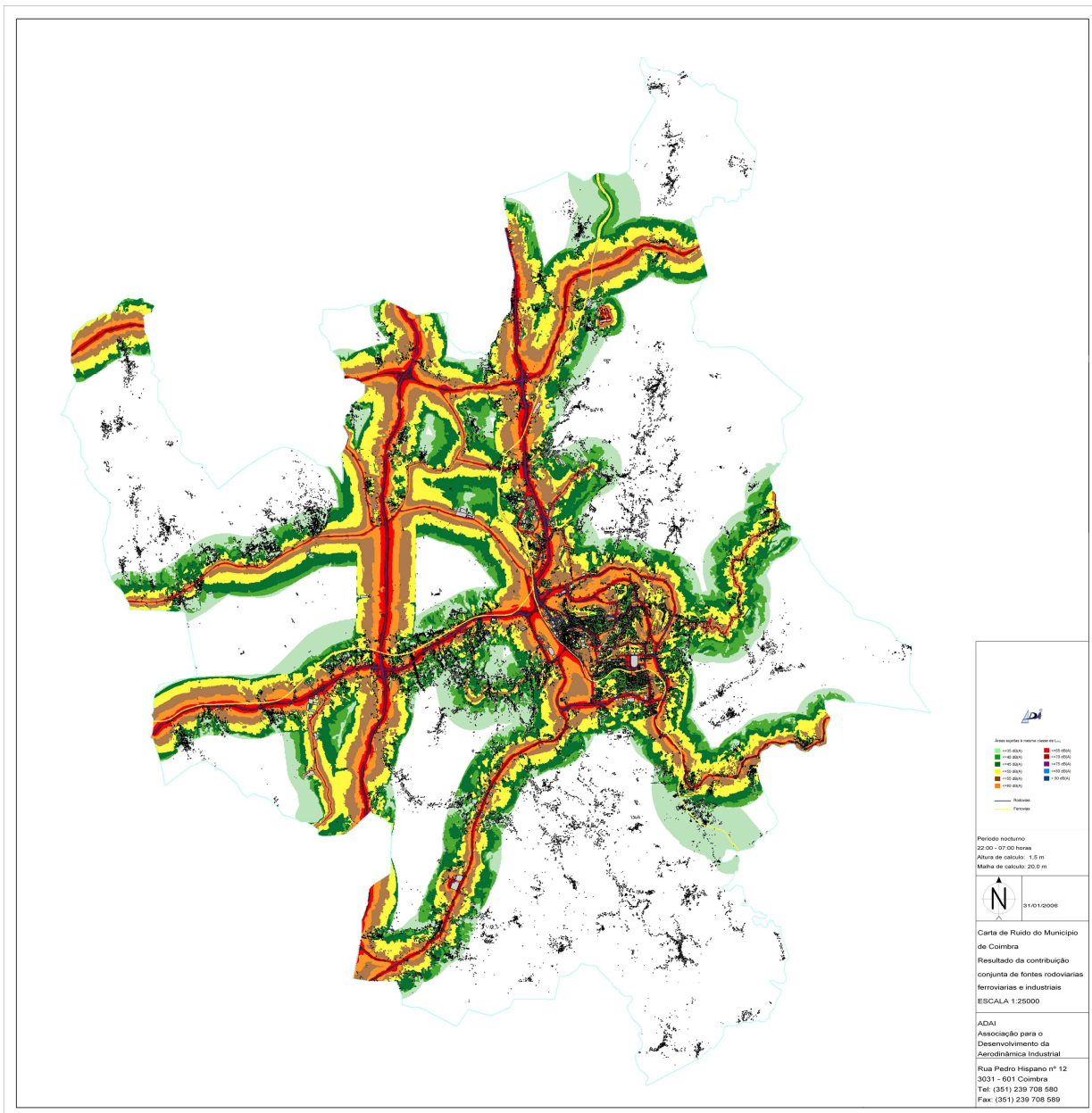
		Período diurno		Período nocturno	
Unidades Industriais	Local	Ponto	dBW/m ²	Ponto	dBW/m ²
Eclídio Matos Rainho	Casal das Figueiras	1	54,0	_____	
Mendes Faim	Andorinha	1	57,0	_____	
Decorativa Fumister do Mondego	Andorinha	1	62,0	_____	
Beira Terra	Casais dos Carecos	1	50,0	_____	
J. C. Coimbra	Alcarraques	1	58,7	1	58,7
Caiximbra	Bairro Norton de Matos	1	51,0	_____	
Santix	Picoto dos Barbados	1	40,0	_____	
		2	43,0		
Placforte	Sargento Mor	1	46	_____	
		2	61		
GMB	Botão	1	66,4	_____	
		2	65,9		

Tabela 10 – Caracterização das unidades industriais em laboração no período diurno e nocturno em Coimbra (conclusão).

5.5 Resultados obtidos pelo modelo de cálculo – Mapa de Ruído do Município

O resultado da modelação permite obter a distribuição dos níveis equivalentes de ruído, ponderados de acordo com a curva A, para os períodos diurno (07:00 h às 22:00 h) e nocturno (22:00 h às 07:00 h). Esta distribuição é representada sob a forma de zonas isofónicas, correspondendo a cada zona uma classe de amplitude 5dB, que cobrem a globalidade do Município de Coimbra.





6. CONCLUSÃO

As estratégias e o elevado grau de detalhe imposto na recolha de dados, sua introdução no modelo de cálculo e modelação permitiram obter o mapa de ruído do Município de Coimbra.

Da análise global dos resultados obtidos pela modelação, e dos valores medidos, pode-se concluir que, na generalidade, nas áreas próximas das vias de tráfego, principalmente nos aglomerados urbanos, os níveis sonoros existentes são condicionados pela circulação automóvel, nomeadamente na A1, A14, no IC2, EN1, IP3 e Via Rápida de Taveiro.

O nível sonoro correspondente ao trânsito do material circulante, nas infra-estruturas ferroviárias, não é condicionante, nem predominante, da componente acústica ambiental do município.

Relativamente ao ruído produzido pelas unidades industriais, verifica-se que durante o período diurno, e à excepção da CIMPOR, não existe influência apreciável na sua envolvente. Este facto deve-se à proximidade destas unidades relativamente às vias de tráfego IC2 e EN1, cujo ruído é predominante. No período nocturno a sua influência torna-se mais evidente devido à redução do ruído rodoviário.

Estão concluídas as cartas de ruído do Município de Coimbra, à escala 1/25.000, modeladas para o conjunto das fontes consideradas. Estas cartas são apresentadas de forma pormenorizada, modeladas com uma malha de cálculo de 20 m x 20 m e a uma altura do solo de 1,5 m.

7. REFERÊNCIA

Regulamento Geral sobre o Ruído, Decreto-Lei n.º 292/2000 de 14 de Novembro, Coleção Regulamentos, Porto Editora, Porto, 2002

Elaboração de mapas de ruído – Princípios orientadores, Instituto do Ambiente e Direcção do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano, Outubro de 2001

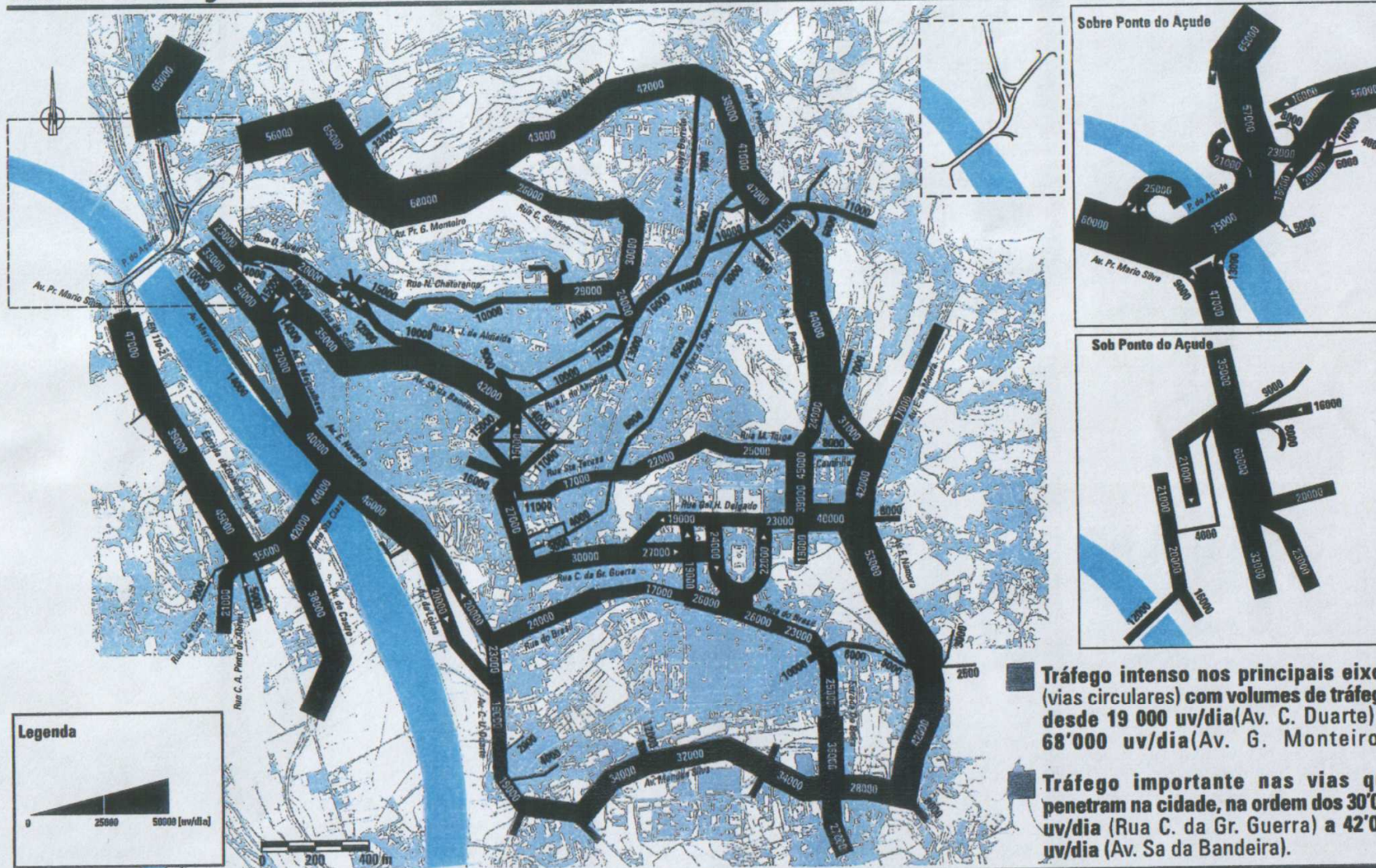
Directrizes para a Elaboração de Campanhas de Monitorização de Ruído de Infra-Estruturas Rodoviárias e Ferroviárias, Instituto do Ambiente, Fevereiro de 2003

Projecto-piloto de demonstração de mapas de ruído – escalas municipal e urbana, Instituto do Ambiente, Maio de 2004.


(Manuel Machado)

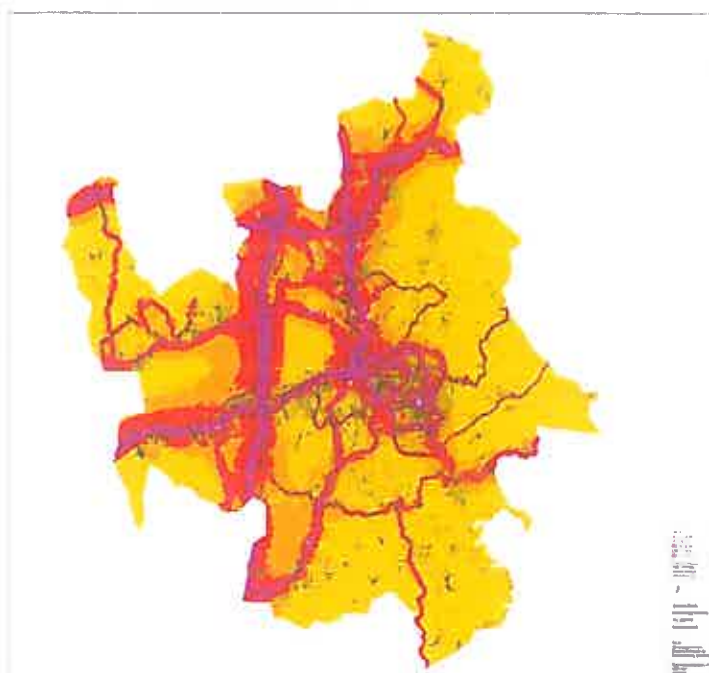
Anexo 1

Assinado
(hãdo)




(Manuel Machado)

II. ANEXO 2



CÂMARA
MUNICIPAL
DE
COIMBRA

MAPA DE RUÍDO DO MUNICÍPIO DE COIMBRA

Actualização para os novos indicadores de ruído – Lden e Ln

VALIDAÇÃO DAS NOVAS VIAS RODOVIÁRIAS INTRODUZIDAS

MAPA DE RUÍDO – ADITAMENTO AO RELATÓRIO FEV. 2011, REVISÃO 02

Maio 2013
Revisão 01



ÍNDICE

I. RELATÓRIO.....	4
1. INTRODUÇÃO	5
2. METODOLOGIA PARA A MODELAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO DE CÁLCULO.....	6
2.1 ESTRATÉGIA PARA A MONITORIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE RUÍDO	6
2.2 ESTRATÉGIA PARA A OBTENÇÃO E ACTUALIZAÇÃO DOS DADOS DE TRÁFEGO RODOVIÁRIO	7
3. CONCLUSÃO.....	14
4. REFERÊNCIAS	15



ÍNDICE DAS PEÇAS DESENHADAS

disciplina	nº desenho			rev.	descrição	escala
	área	objecto	nº ordem			
MAPA DE RUIDO DO MUNICÍPIO DE COIMBRA						
ACU	--	--	--	-	-	-
ACU	--	--	--	-	-	-



I. RELATÓRIO





1. INTRODUÇÃO

O presente documento constitui um aditamento ao relatório final de Fevereiro de 2011-revisão 02, onde se apresenta e explica a actualização do Mapa de Ruído do Município de Coimbra, para os novos descritores de ruído correspondentes ao período global de 24h e para o período nocturno, respectivamente, L_{den} e L_n .

O relatório final de Fevereiro de 2011-revisão 02 foi alvo de análise por parte das entidades envolvidas na fase de apreciação dos documentos relativos à aprovação do PDM do Município de Coimbra, tendo merecido algumas referências no que se refere à validação de algumas fontes entretanto incluídas, pelo que esta é agora apresentada e justificada.

A actualização do Mapa de Ruído do Município anteriormente efectuada foi elaborada pela ADAI, unidade de desenvolvimento e investigação da FCTUC, por solicitação da Câmara municipal de Coimbra, ao abrigo do Protocolo existente entre este Município e a FCTUC. Esta actualização tem já em conta as últimas Directrizes e Recomendações para a elaboração e organização dos Mapas de Ruído, definidas pela Agência Portuguesa para o Ambiente (APA).

A necessidade daquela actualização surgiu após a publicação de legislação específica, relativa ao ambiente sonoro, nomeadamente, a publicação do decreto-lei n.º 146/2006 de 31 de Julho, do novo Regulamento Geral de Ruído (RGR) decreto-lei n.º 9/2007 de 19 de Janeiro, com as alterações introduzidas pela declaração de rectificação n.º 18/2007 de 16 de Março e ainda pelo decreto-lei n.º 278/2007 de 1 de Agosto. Estes diplomas introduziram novos indicadores de ruído (L_{den} e L_n) e de um novo períodos de referência, o entardecer. Desta forma existia a necessidade de reconverter o mapa anteriormente elaborado para os novos descritores e cuja primeira versão foi apresentada no relatório técnico de Abril de 2006.

No ano de 2011 e após a elaboração do mapa anterior (2006) ocorreram algumas alterações na rede viária no município. Nesta nova versão todas estas alterações, nomeadamente a variante sul do IC2, as alterações na Av. de Conímbriga a Rua Luís António Verney e a ligação IC2-IC3 (Av. da Boavista), foram já incluídas.

O presente aditamento vem assim complementar e justificar a validação do modelo decorrente da sua inclusão no modelo de cálculo.





2. METODOLOGIA PARA A MODELAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO DE CÁLCULO

A metodologia seguida e que orientou a execução da modelação permitiu gerar valores para o índice energético de longa duração $L_{Aeq,LT}$ que representa o nível sonoro contínuo equivalente do ruído ambiente exterior (NP-1730, ISO 1996), com ponderação em frequência igual à de um filtro de característica A. Com os índices $L_{Aeq,LT}$ foram calculados os indicadores de ruído ambiente: L_d , L_e e L_n correspondentes ao nível sonoro contínuo equivalente, com uma representatividade anual para o período diurno (7h00 - 20h00), do entardecer (20h00 - 23h00) e nocturno (23h00 - 7h00), respectivamente. Estes integram já as correcções meteorológicas, e que têm em conta a probabilidade de ocorrência de condições favoráveis, homogéneas e desfavoráveis nos efeitos da propagação.

A partir destes indicadores foi determinado o indicador de ruído ambiente global, L_{den} , com base na expressão:

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

2.1 ESTRATÉGIA PARA A MONITORIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE RUÍDO

A alteração agora efectuada ao Mapa de Ruído do Município de Coimbra, foi efectuada sobre o modelo anteriormente calibrado e validado.

Naquela versão, e tendo em conta o reduzido número de alterações consideradas, apenas foram efectuadas medições de ruído nas proximidades das vias de tráfego da ligação IC2-IC3, e na Av. de Conímbriga e Rua Luís Verney. Os dados relativos à variante sul do IC3 foram os considerados num estudo anteriormente feito também pela ADAI. Esse estudo teve em conta os dados fornecidos pela empresa Estradas de Portugal e os mesmos foram utilizados para o cálculo provisional relativo ao Parque Tecnológico do IParque.

Para a aferição do modelo anterior foram efectuadas medições dos níveis sonoros em vários pontos junto das vias acima referidas. Estas medições permitiram validar o modelo de emissão inerente à metodologia de cálculo provisional.





2.2 ESTRATÉGIA PARA A OBTENÇÃO E ACTUALIZAÇÃO DOS DADOS DE TRÁFEGO

RODOVIÁRIO

As únicas alterações existentes, e consideradas na versão de Fevereiro 2011-revisão 02, correspondem à introdução da ligação IC2-IC3, da variante sul do IC2 e da Av. de Conímbriga e Rua Luís António Verney.

A estratégia de recolha de informação sobre o ruído rodoviário baseou-se em vários tipos de fontes e métodos de abordagem que se passam a explicar:

- No caso da ligação IC2-IC3, e por se tratar de uma via já em pleno funcionamento, a obtenção dos valores relativos ao volume de tráfego, e à sua composição, foi efectuada através de contagens de tráfego pelos técnicos da ADAI;
- Na variante Sul do IC2, utilizaram-se os dados fornecidos pela Câmara Municipal, correspondendo estes ao estudo efectuado pelas Estradas de Portugal, que contemplava já as alterações introduzidas por esta via;
- Relativamente à Av. de Conímbriga e Rua Luís Verney assumiu-se uma redistribuição de tráfego em função do anteriormente existente no troço da Guarda Inglesa, que passou agora a ter apenas um sentido entre a Rua Luís Verney e a Rotunda do Portugal dos Pequeninos.

Na página 9 encontra-se impresso o modelo do traçado rodoviário utilizado no modelo de cálculo e que serviu para a caracterização da situação actual (relatório Fevereiro 2011-revisão 02), incluindo já todas as alterações até à data actual que foram introduzidas na rede viária do município.

Para a validação do modelo de cálculo, no que se refere às novas vias introduzidas, foram efectuadas medições nos pontos 1 a 7 referenciados nas imagens apresentadas na página 10 e seguintes. Com estes valores foram calculados os descritores L_{den} e L_n , e os valores obtidos foram comparados com os seus homólogos gerados pelo modelo de cálculo. A emissão das fontes foi ajustada sempre que o módulo das diferenças calculadas entre esses parâmetros excedeu 2dB.





TABELA 1- Caracterização das novas vias rodoviárias introduzidas.

Situação actual (ano de 2010)												
	Período diurno (7:00 às 20:00)				Período entardecer (20:00 às 23:00)				Período nocturno (23:00 às 7:00)			
Estrada	TMH Ligeiros	vel. km/h	TMH Pesados	vel. km/h	TMH Ligeiros	vel. km/h	TMH Pesados	vel. km/h	TMH Ligeiros	vel. km/h	TMH Pesados	vel. km/h
Variante Sul IC3	793	90	73	90	383	90	36	90	160	90	15	90
Ligação IC2 - IC3	Lw' 79,98 dBW(A)*				Lw' 76,00 dBW(A)*				Lw' 70,04 dBW(A)*			
Rua Luís António Verney	Lw' 79,06 dBW(A)**				Lw' 76,19 dBW(A)**				Lw' 65,26 dBW(A)**			
Avenida de Conimbriga	Lw' 79,06 dBW(A)**				Lw' 76,19 dBW(A)**				Lw' 65,26 dBW(A)**			

Caracterização das fontes rodoviárias para a simulação do ano de 2010.

* valor obtido após calibração a partir dos níveis sonoros medidos junto à via.

** valor obtido após redistribuição dos fluxos de tráfego inicialmente existentes.

D

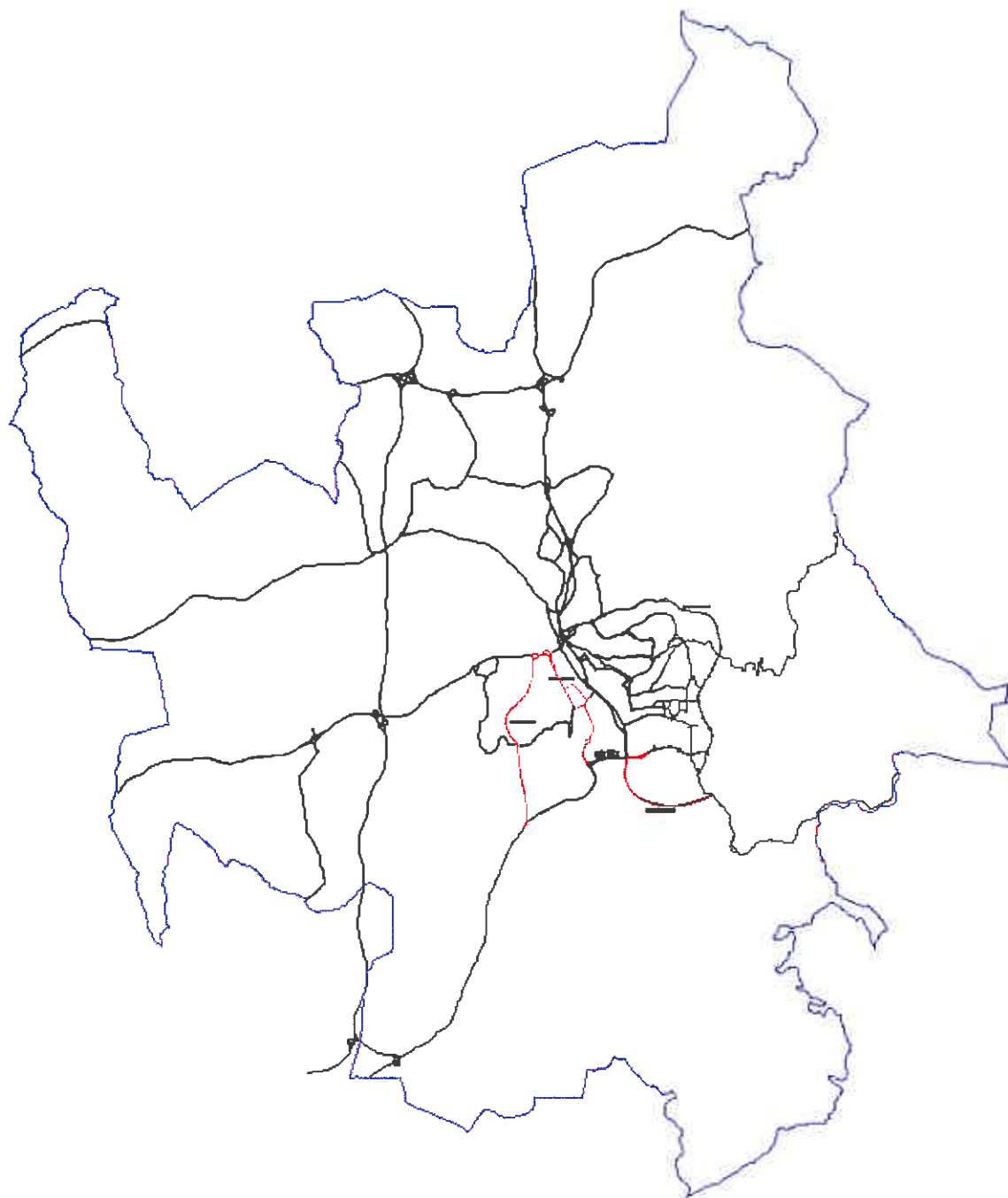


Figura 1- Rede viário considerada no modelo de cálculo.



VALIDAÇÃO PARA A LIGAÇÃO IC2 - IC3:

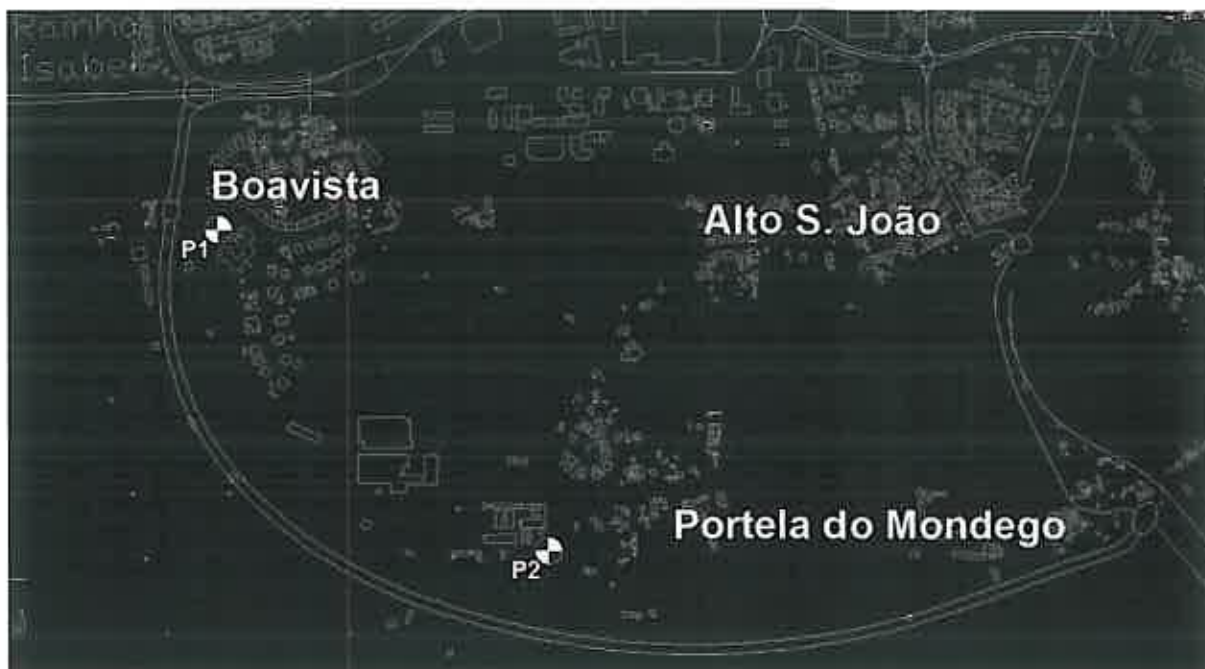


Figura 2- Nova via introduzida correspondente à ligação IC2-IC3.

TABELA 2- Valores de validação relativos à ligação IC2-IC3.

	Lden, c/medição	Lden, modelo	Dif. dB	Ln c/medição	Ln modelo	Dif. dB
Ponto 1	61,6 dB(A)	59,3 dB(A)	2 (-2,3)	46,7 dB(A)	49,1 dB(A)	2 (+2,4)
Ponto 2	58,9 dB(A)	57,6 dB(A)	1 (-1,3)	44,8 dB(A)	47,1 dB(A)	2 (+2,3)



VALIDAÇÃO PARA A VARIANTE SUL IC3:



Figura 3- Nova via introduzida correspondente ao nó do Almeque, da variante sul do IC3.

TABELA 3- Valores de validação relativos ao nó do Almeque, da variante sul do IC3.

	Lden, c/medição	Lden, modelo	Dif. dB	Ln c/medição	Ln modelo	Dif. dB
Ponto 3	66,1 dB(A)	67,4 dB(A)	1 (1,3)	56,9 dB(A)	58,6 dB(A)	2 (2,3)



VALIDAÇÃO PARA A VARIANTE SUL IC3:



Figura 4- Nova via introduzida correspondente à ligação em Cruz de Morouços, da variante sul do IC3.

TABELA 4- Valores de validação relativos à ligação em Cruz de Morouços, da variante sul do IC3.

	Lden, c/medição	Lden, modelo	Dif. dB	Ln c/medição	Ln modelo	Dif. dB
Ponto 4	64,4 dB(A)	65,9 dB(A)	2 (1,5)	57,7 dB(A)	56,2 dB(A)	2 (-1,5)



VALIDAÇÃO PARA A RUA LUÍS ANTÓNIO VERNEY E AVENIDA DE CONÍMBRIGA:



Figura 5- Novas vias introduzidas correspondentes à Rua Luís António Verney e Avenida de Conímbriga.

TABELA 5- Valores de validação relativos à Rua Luís António Verney e Avenida de Conímbriga.

	Lden, c/medição	Lden, modelo	Dif. dB	Ln c/medição	Ln modelo	Dif. dB
Ponto 5	67,6 dB(A)	66,1 dB(A)	2 (-1,5)	55,2 dB	56,3 dB(A)	1 (1,1)
Ponto 6	65,1 dB(A)	63,1 dB(A)	2 (-2,0)	49,9 dB	51,7 dB(A)	2 (1,8)
Ponto 7	64,6 dB(A)	62,6 dB(A)	2 (-2,0)	51,9 dB	51,0 dB(A)	1 (-0,9)





3. CONCLUSÃO

As estratégias e o elevado grau de exigência imposto na medição e na obtenção dos dados, permitem obter um grau de confiança elevado na fase de validação, não apenas das vias incluídas neste aditamento, mas na globalidade de todo mapa anteriormente produzido.

O critério seguido para a validação do modelo de cálculo foi cumprido na totalidade dos pontos considerados nestas novas vias incluídas, nomeadamente a variante sul do IC2, as alterações na Av. de Conímbriga a Rua Luís António Verney e a ligação IC2-IC3 (Av. da Boavista). Os resultados apresentados neste relatório permitem evidenciar que, nos sete pontos considerados, o módulo da diferença entre os valores dos indicadores Lden e Ln gerados no modelo de cálculo e os valores homólogos obtidos através das medições não ultrapassaram o critério estabelecido de 2 dB.

Embora esta validação não tivesse sido explicitamente apresentada no relatório de Fevereiro 2011-revisão 02, na verdade a mesma tinha sido efectuada e verificada pela ADAI, considerando-se agora ficar demonstrado o processo de validação anteriormente efectuado.

Rui A. Costa



4. REFERÊNCIAS

Regulamento Geral sobre o Ruído, Decreto-Lei n.º 9/2007 de 17 de Janeiro de 2007

Directrizes para elaboração de mapas de ruído, Agência Portuguesa do Ambiente, versão 3. Dezembro 2011

Directrizes para a Elaboração de Campanhas de Monitorização de Ruído de Infra-Estruturas Rodoviárias e Ferroviárias, Instituto do Ambiente, Fevereiro de 2003

Projecto-piloto de demonstração de mapas de ruído – escalas municipal e urbana, Instituto do Ambiente, Maio de 2004.

