

## TRÁFEGO RODOVIÁRIO E RUÍDO AMBIENTAL: O CASO DUM PARQUE URBANO

**Lígia Torres Silva**

**José Ferreira da Silva**

Instituto Superior Politécnico de Viana do Castelo

Escola Superior de Tecnologia e Gestão

**José Fernando Gomes Mendes**

Universidade do Minho

Escola de Engenharia

### RESUMO

O ruído produzido pelo tráfego rodoviário é a primeira causa de poluição sonora em meio urbano. Em Portugal, e em consonância com as tendências dos restantes países da União Europeia, esta situação encontra-se regulamentada por intermédio da publicação de legislação específica. Tal vem obrigar à consideração do ruído urbano em fase de planeamento, nomeadamente na elaboração de planos de ordenamento do território. A determinação dos níveis de ruído é conseguida de uma forma vantajosa com recurso a modelos de previsão que, em função do conhecimento do tráfego e das características físicas do meio, permitem a avaliação de diversos cenários e a quantificação do clima acústico de modo contínuo no espaço. É apresentada a aplicação de um destes modelos a um espaço verde urbano, sendo calculados mapas acústicos para os cenários de tráfego presente e futuro e proposta uma solução para mitigação do ruído.

### ABSTRACT

The noise produced by road traffic is the first cause of acoustic pollution an urban environment. In Portugal as well as in most of the European Union countries, this problem is regulated through the publication of specific legislation. These regulations require the consideration of the outdoor noise levels in the planning process, namely in the elaboration of zoning plans. The calculation of the noise levels is carried out using simulation models which, based on traffic data and site physical characteristics, allow the evaluation of scenarios and the quantification of such levels in a continuous space. In this paper a noise simulation model is applied to an urban recreation park. Acoustic maps are calculated for present and future traffic scenarios, and a mitigation solution is developed for the noise levels generated.

### 1. INTRODUÇÃO

Com a entrada em vigor Portugal do novo Regime Legal sobre a Poluição Sonora (RLPS), aprovado pelo Decreto-Lei nº 292/2000, de 14 de Novembro, foram criadas condições para uma plena integração da prevenção do ruído na política de ordenamento do território, assegurando assim a salvaguarda da saúde e do bem-estar das populações. Para tal, o mesmo diploma define que as áreas vocacionadas para usos habitacionais existentes ou previstos, bem como para escolas, hospitais, espaços de recreio e lazer e outros equipamentos colectivos são classificadas de zonas sensíveis e as áreas cuja vocação seja afectada em simultâneo às utilizações referidas bem como a outras utilizações, nomeadamente comércio e serviços, são classificadas de mistas.

Às zonas sensíveis e mistas estão associados valores máximos admissíveis de ruído ambiente no exterior. Nos termos do RLPS, a aplicação do critério de exposição máxima obriga a que: as zonas sensíveis não podem ficar expostas a um nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A,  $L_{Aeq}$ , de ruído ambiente exterior, superior a 55 dB(A) no período diurno (compreende o período entre as 7.00h e as 21.00h) e 45 dB(A) no período nocturno (compreende o período entre as 21.00h e as 7.00h); as zonas mistas não podem ficar expostas a um nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A,  $L_{Aeq}$ , de ruído ambiente exterior, superior a 65 dB(A) no período diurno e 55 dB(A) no período nocturno.

Quando os valores dos níveis sonoros existentes numa determinada área excederem os valores estabelecidos para zonas sensíveis ou mistas, há que adoptar planos de mitigação de ruído.

O estudo apresentado reporta-se ao Parque da cidade de Viana do Castelo, no litoral norte de Portugal, que para o efeito do RLPS é considerado uma zona sensível. Trata-se de um espaço verde tipicamente urbano, onde as grandes preocupações em termos das emissões de ruído se centram nas vias de entrada e saída da cidade adjacentes ao parque e que apresentam um volume de tráfego rodoviário assinalável.

## **2. TRÁFEGO RODOVIÁRIO E RUÍDO**

O ruído tornou-se um dos principais factores de degradação da qualidade de vida das populações. Constitui um problema que tende a agravar-se devido, sobretudo, ao desenvolvimento desequilibrado dos espaços urbanos e ao aumento significativo da mobilidade das populações, com o conseqüente incremento dos níveis de tráfego rodoviário.

O ruído tem vindo a aumentar no espaço e no tempo, sendo de facto o tráfego de veículos motorizados uma das fontes sonoras mais poluentes; no entanto, outras fontes, tais como o tráfego aéreo e ferroviário, o funcionamento de equipamentos industriais e domésticos e o ruído da vizinhança têm tendência a desenvolver-se e a multiplicar-se. Além disso, a intensidade do ruído atinge em muitos casos níveis preocupantes, afectando de diversas formas a saúde física e mental, com conseqüências mais ou menos graves que vão do simples incómodo à afectação da audição.

Dada a importância relativa que assume o ruído produzido pelo tráfego em meio urbano, a sua avaliação quantitativa é a base na qual assentam as políticas de controle de ruído. São necessárias ferramentas de avaliação para estabelecer os níveis de ruído existentes, avaliar o impacto do ruído do tráfego no processo de planeamento e determinar a eficiência das medidas anti-ruído tomadas.

O método de medição é somente exequível quando aplicado a situações existentes, sendo os métodos de previsão utilizados com vantagem em situações em fase de planeamento bem como em situações já existentes.

De um ponto de vista técnico, os métodos de previsão são melhores para determinar de forma contínua no espaço os níveis sonoros devidos ao tráfego rodoviário. Torna-se ainda possível gerar vários cenários com fluxos de tráfego diferentes, vários tipos de pavimento, etc. Os resultados de medições dão-nos somente uma informação pontual sobre uma situação limitada em concreto – as condições específicas em que as medidas são feitas.

Uma das vantagens mais importantes dos modelos de previsão consiste na possibilidade de modelação de uma situação não existente com baixo dispêndio de tempo e custo (Bertellino e Licitra, 2000).

O método utilizado para a previsão do ruído do tráfego deve fornecer resultados seguros que representem a situação real existente dos níveis de ruído sob quaisquer condições de emissão e propagação (OECD, 1995). A concretização deste objectivo depende dos seguintes factores:

- Avaliação das emissões de ruído devido ao fluxo de tráfego
- Avaliação da atenuação do ruído entre a fonte e o ponto de recepção

Todos os modelos utilizam parâmetros que representam as diferentes variáveis envolvidas. Em todos os casos os parâmetros reproduzem as fontes de som (parâmetros de tráfego), condições topográficas, localização dos pontos receptores, atenuações devidas ao ar e ao solo e a presença de obstáculos entre a fonte e o receptor (OECD, 1995).

O algoritmo de cálculo gera, a partir de cada ponto receptor, um conjunto de raios correspondentes à propagação do ruído, normalmente espaçados em ângulos iguais e, portanto, definindo sectores de círculo.

O cálculo acústico é realizado para cada raio que sai do receptor considerado e que pode intersectar uma fonte de ruído. Se o intervalo angular for suficientemente pequeno, poder-se-á assumir que, nesse intervalo o terreno e o meio mantém características constantes e a propagação média não varia no sector. Nestas condições, o problema resume-se ao cálculo numa secção definida entre uma fonte pontual e o receptor. Para tal é necessário definir a potência acústica associada à fonte, a atenuação devida à divergência geométrica ( $A_{div}$ ), a absorção pelo ar ( $A_{am}$ ), a difracção ( $A_{dif}$ ), os efeitos devidos ao solo ( $A_{solo}$ ) e a absorção das superfícies verticais ( $A_{ref}$ ) nas quais o raio foi reflectido no plano horizontal.

Existem disponíveis no mercado numerosos modelos previsionais de ruído que constituem um importante instrumento de trabalho na modelação da situação acústica, como referido por Bertellino e Licitra (2000). O método utilizado, designado por *Novo Método de Previsão do Ruído do Tráfego* (NMPB 96) foi desenvolvido em França em 1996 por um grupo de trabalho constituído pelas seguintes entidades: *Centre d'Études sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les Constructions Publiques* (CERTU), *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment* (CSTB), *Laboratoire Central des Ponts et Chaussées* (LCPC) e *Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes* (SETRA).

Para a estimativa do nível sonoro por um período longo, denominado *a longo termo* ( $L_{LT}$ ), o método tem em consideração as condições meteorológicas observadas localmente. Este nível  $L_{LT}$  é obtido à custa da soma dos contributos energéticos dos níveis sonoros obtidos para as condições atmosféricas homogéneas (situação em que o gradiente vertical de velocidade do som é nulo) e favoráveis (situação em que aquele gradiente é positivo), ponderadas segundo a sua ocorrência relativa no local considerado. Nos períodos em que ocorrem condições atmosféricas desfavoráveis (situação em que o gradiente vertical de velocidade do som é negativo) são assumidos pelo método níveis sonoros correspondentes a condições homogéneas. Esta assumpção majora de facto os níveis reais obtidos nestas condições de propagação, mas acaba por traduzir uma abordagem pelo lado da segurança (Berengier e Garai, 2000).

Desta forma, segundo este método, o nível acústico para um período longo é calculado segundo a expressão:

$$L_{LT} = 10 \log \left( p \times 10^{\frac{L_{pF}}{10}} + (1-p) \times 10^{\frac{L_{pH}}{10}} \right) \quad (1)$$

onde  $L_{p,H}$ : é o nível sonoro para condições meteorológicas homogéneas do local e é calculado pela expressão:

$$L_{p,H} = LW - A_{div} - A_{am} - A_{solo,H} - A_{dif,H} - A_{ref} \quad (2)$$

$L_{p,F}$  : é o nível sonoro para condições meteorológicas favoráveis do local e é calculado pela expressão:

$$L_{p,F} = LW - A_{div} - A_{atm} - A_{solo,F} - A_{dif,F} - A_{ref} \quad (3)$$

$p$  : representa a ocorrência das condições meteorológicas favoráveis durante a propagação do som e assume valores entre  $0 < p < 1$  ; e

$LW$  : representa a potência acústica associada a tráfego rodoviário.

O cálculo da potência acústica  $LW$  associada a tráfego rodoviário é função das características do tráfego (fluxo, composição e velocidade média do tráfego), bem como da tipologia e tipo de pavimento da estrada (CSTB, 2001).

Por simplificação de cálculo, os dados de tráfego relativos a duas categorias de veículos (ligeiros e pesados) são tratados de uma forma agregada ponderando o fluxo de veículos pesados através de um factor de equivalência acústica entre veículos ligeiros e pesados.

A potência acústica por metro de faixa rodoviária é calculado pela expressão:

$$LW = LW_{VL} + 10 \log \left( \frac{\text{fluxo} + \text{fluxo} \times \%P \times (EQ - 1) / 100}{V_{50}} \right) - 30 \quad (4)$$

onde  $LW_{VL}$  : é a potência acústica produzida por um veículo ligeiro;

$\text{fluxo}$  : é o número de veículos por hora por faixa de rodagem;

$\%P$  : é a percentagem de veículos pesados; e

$EQ$  : é a equivalência de veículos pesados/veículos ligeiros.

A potência acústica de um veículo ligeiro é obtida a partir da expressão:

$$LW_{VL} = 46 + 30 \log V_{50} + C \quad (5)$$

onde  $V_{50}$  : é a velocidade do fluxo de veículos e  $V_{50} = 30$  se  $V_{50} < 30$ ;

$C = 0$  para fluxo de tráfego fluído;

$C = 2$  para fluxo de tráfego interrompido; e

$C = 3$  para fluxo de tráfego em aceleração.

O factor de equivalência acústica entre veículos ligeiros e pesados é dado pela Tabela 1 de acordo com as Normas Francesas – NF S.31.085 (AFNOR, 1991):

**Tabela 1:** Factores de equivalência acústica entre pesados ligeiros

EQ		Declive da faixa de rodagem (%)				
		≤2	3	4	5	≥6
Velocidade	120 km/h	4	5	5	6	6
	100 km/h	5	5	6	6	7
	80 km/h	7	9	10	11	12
	50 km/h	10	13	16	18	20

### 3. O CASO DO PARQUE DA CIDADE DE VIANA DO CASTELO

O parque da cidade de Viana do Castelo é um espaço verde, com uma área aproximada de 25 ha, sendo uma área vocacionada para recreio e lazer localizada nas imediações da área de expansão oriental da cidade.

As vias que se desenvolvem em torno do Parque são vias de entrada e saída da cidade, canalizando o tráfego de e para o nó das vias nacionais IC1/IP9 . É de destacar que este tráfego, com uma percentagem de pesados apreciável, inclui uma componente de atravessamento significativa correspondente aos veículos que se dirigem para norte ou para sul via IC1 e que se vêm obrigados, por falta de alternativas, a entrar na cidade.

Com o prolongamento do IC1 para Norte previsto para breve, este tráfego será substancialmente reduzido, nomeadamente a componente de pesados, com os correspondentes benefícios no ambiente acústico do Parque da Cidade.

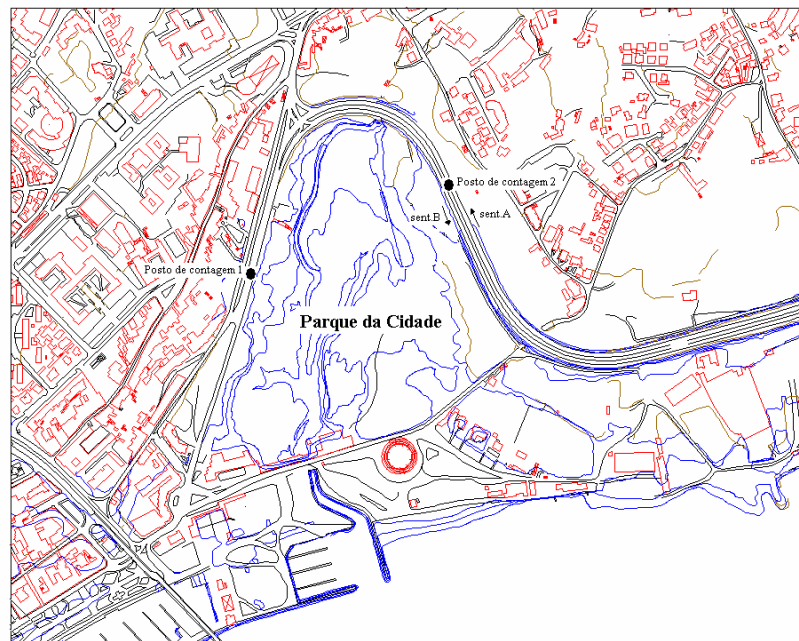
O caso de estudo foi organizado da seguinte forma:

- desenvolver mapas acústicos diurno e nocturno (através de modelo matemático) da situação actual;
- desenvolver mapas acústicos diurno e nocturno (através de modelo matemático) para um cenário de redução do tráfego, por via da abertura do prolongamento do IC1 para Norte;
- após análise dos mapas acústicos, estudo de eventuais medidas mitigadoras e desenvolvimento de mapa acústico diurno, para a situação mitigada.

### 3.1. Situação actual

A fim de identificar as características médias do tráfego que circula nas vias que se desenvolvem em torno do Parque, foram feitas campanhas de contagem de tráfego. As características médias, fluxo e composição do tráfego foram determinadas para os dois períodos de referência (segundo o RLPS): para o período diurno compreendido entre as 7.00h e as 21.00h e período nocturno compreendido entre as 21.00h e as 7.00h.

A localização dos postos de contagem de tráfego pode ser observada na Figura 1.



**Figura 1:** Localização dos postos de contagem de tráfego

Os valores determinados são os mencionados nas Tabelas 2 e 3.

**Tabela 2:** Tráfego no Posto de contagem nº1 (troço nascente)

		Total	% pesados
Média diurna (veíc/h)	Sentido A	719	8
	Sentido B	892	6
Média nocturna (veíc/h)	Sentido A	92	9
	Sentido B	112	7

**Tabela 3:** Tráfego no Posto de contagem nº2 (troço poente)

		Total	% pesados
Média diurna (veíc/h)	Sentido A	761	7
	Sentido B	859	7
Média nocturna (veíc/h)	Sentido A	90	9
	Sentido B	79	10

Após levantamento detalhado da topografia do local e da localização e características dos obstáculos à propagação do ruído, tais como por exemplo edifícios, muros ou barreiras arbóreas, foi levada a cabo a modelação matemática tendo em vista a elaboração de mapas acústicos horizontais do local (para o período diurno e nocturno). Foram adoptados os seguintes parâmetros de cálculo:

*Mapa horizontal*

*Altura do mapa  $H = 1,5$  m*

*Condições meteorológicas favoráveis à propagação de ruído*

*Nº de raios – 50*

*Distância de propagação – 250m*

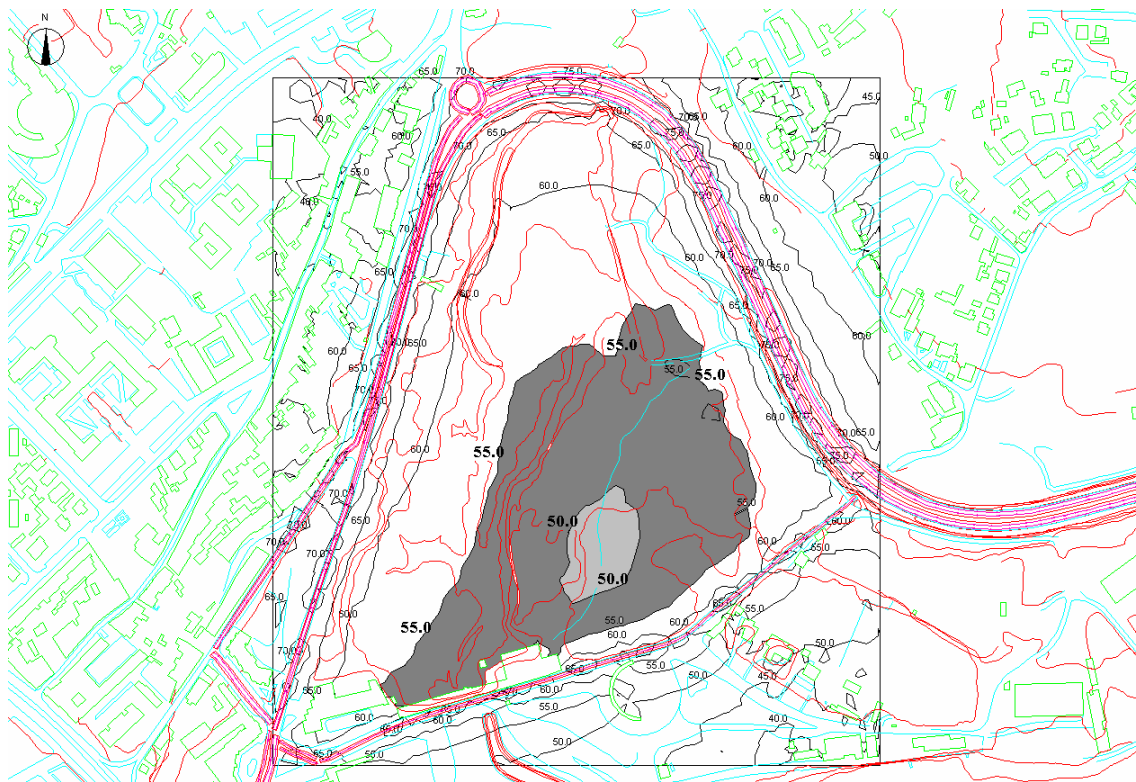
*Nº de reflexões – 5*

*Índices calculados –  $Leq(A)$  diurno e  $Leq(A)$  nocturno*

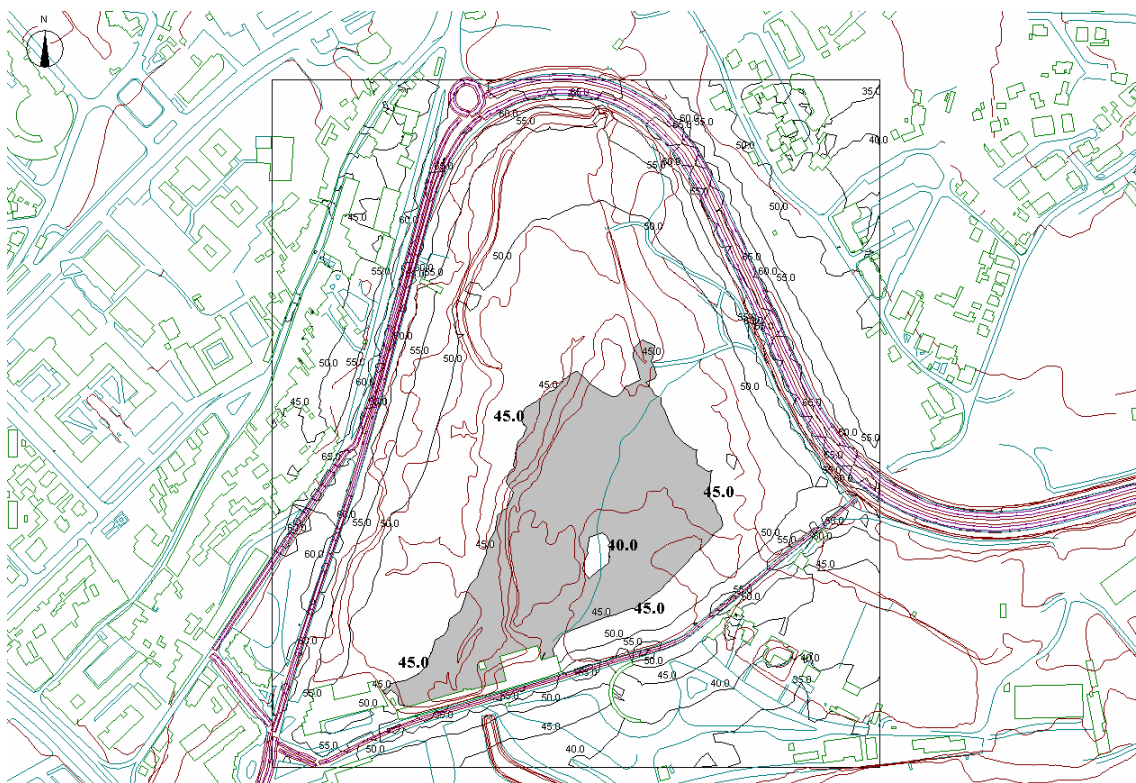
*Tipo de piso: betuminoso*

*Velocidades médias: 80 km/h (troço nascente), 50 km/h (troço poente), 35 – 45 km/h (outros)*

Os mapas horizontais obtidos para os períodos diurno e nocturno podem ser observados nas Figuras 2 e 3.



**Figura 2:** Mapa acústico, Parque da Cidade: situação actual, Leq(A) diurno



**Figura 3:** Mapa acústico, Parque da Cidade: situação actual, Leq(A) nocturno

### 3.2. Cenário de tráfego futuro

Tendo como base o tráfego e suas características identificados na situação actual, desenvolveu-se um cenário que retrata a redução de tráfego prevista nas vias que se desenvolvem em torno do Parque após a abertura do prolongamento do IC1 para Norte. Este cenário envolve a redução não só do fluxo de tráfego mas também da sua composição. Assim, prevê-se uma redução de 30% do fluxo de veículos ligeiros e 50% no fluxo de veículos pesados. Apresentam-se nas Tabelas 4 e 5 o tráfego previsto nas vias que contornam o Parque.

**Tabela 4:** Tráfego no Posto de contagem nº1 (troço nascente) - reduzido

		Total	% pesados
Média diurna (veíc/h)	Sentido A	491	6
	Sentido B	613	4
Média nocturna (veíc/h)	Sentido A	68	6
	Sentido B	77	5

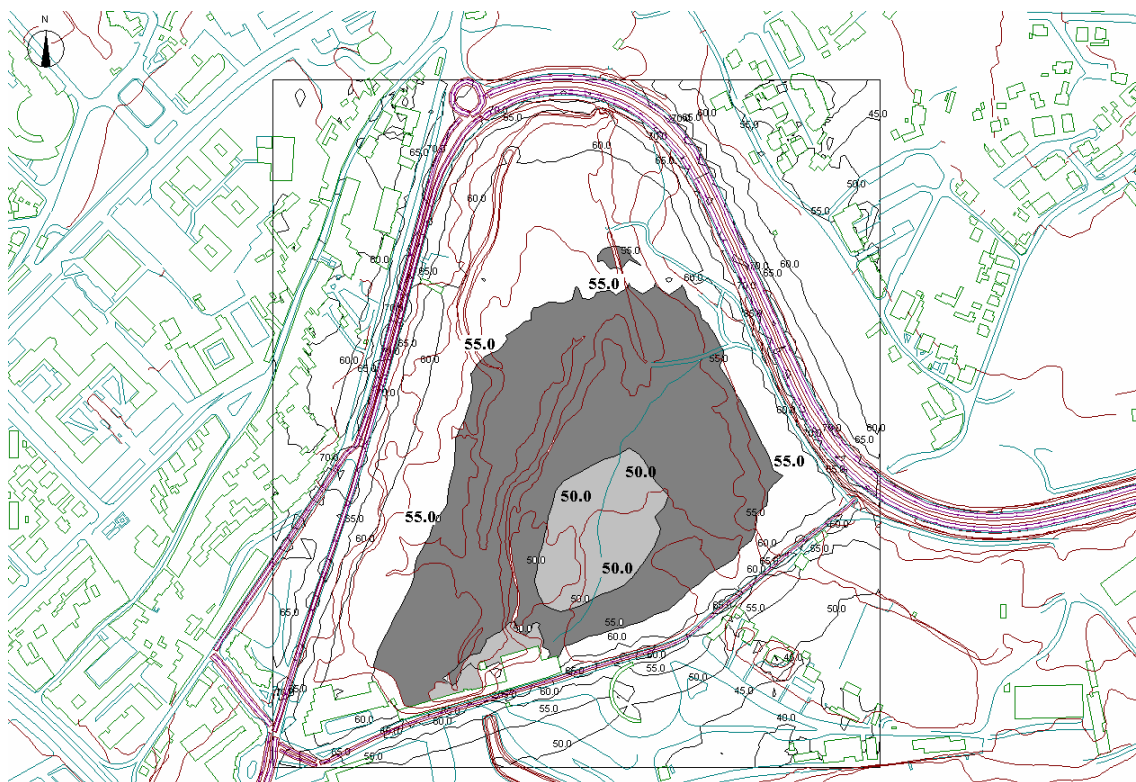
**Tabela 5:** Tráfego no Posto de contagem nº2 (troço poente) - reduzido

		Total	% pesados
Média diurna (veíc/h)	Sentido A	523	5
	Sentido B	589	5
Média nocturna (veíc/h)	Sentido A	61	7
	Sentido B	54	7

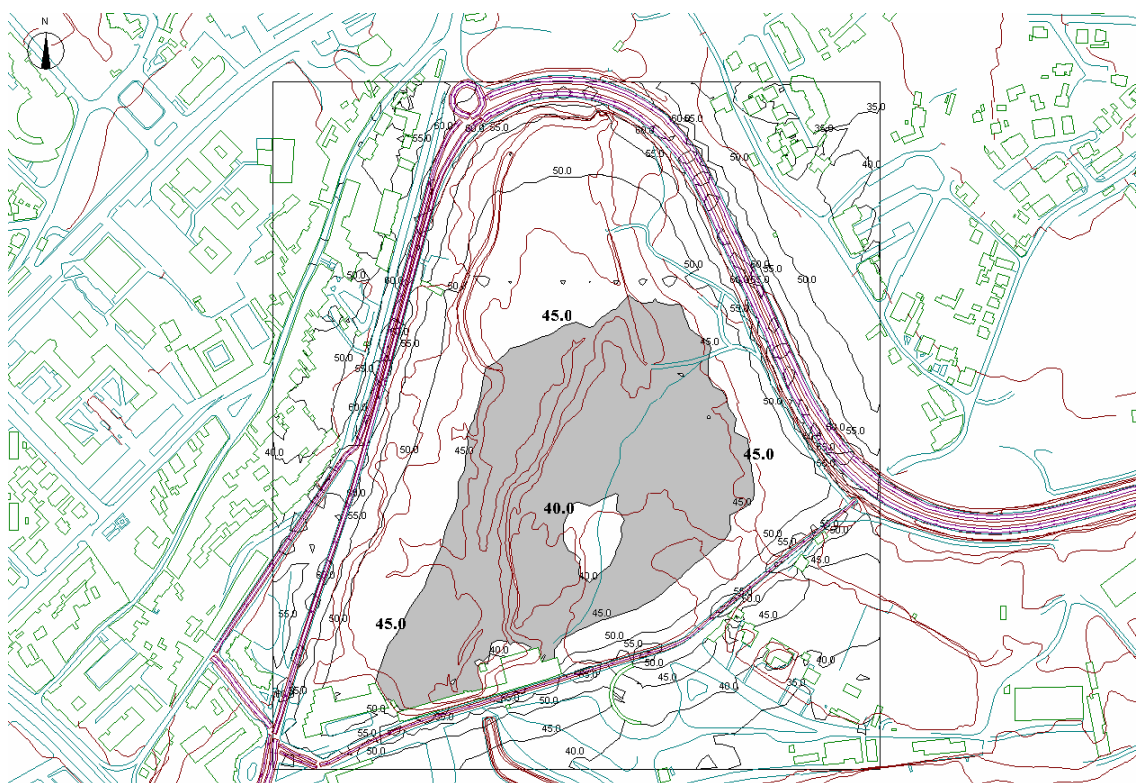
Seguindo a mesma metodologia utilizada para a situação actual, foi levada a cabo a modelação matemática tendo em vista a elaboração de mapas acústicos horizontais do local (para o período diurno e nocturno), para o que foram utilizados os mesmos parâmetros de cálculo.

Os mapas horizontais obtidos para os períodos diurno e nocturno apresentam-se nas Figuras 4 e 5.





**Figura 4:** Mapa acústico, Parque da Cidade: situação futura, Leq(A) diurno



**Figura 5:** Mapa acústico, Parque da Cidade: situação futura, Leq(A) noturno

### **3.3. Análise, solução de mitigação**

O local em estudo é classificado segundo o RLPS como zona sensível; estas zonas, segundo o mesmo regulamento, não podem ficar expostas a um nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A,  $L_{Aeq}$ , do ruído ambiente exterior, superior a 55 dB(A) no período diurno e 45 dB(A) no período noturno.

Os mapas da situação actual apresentam violação dos limites estabelecidos no RLPS. Constatou-se que, quer no período diurno, quer no noturno, o ambiente acústico é aceitável apenas numa área central que ocupa menos de metade da totalidade do Parque da Cidade.

Com a abertura do IC1 para norte, cenário que será realidade num futuro próximo, portanto de considerar como certo, verifica-se que a mancha de Parque com ambiente acústico aceitável (regulamentar) se expande sensivelmente, mas está ainda longe de atingir uma dimensão que viabilize o Parque.

A solução de mitigação, considerando à partida o cenário de redução do tráfego, passa necessariamente pela implantação duma barreira acústica ao longo das vias que contornam o Parque a nascente e poente.

Tendo como objectivos a atingir no interior do Parque da Cidade a uma altura de 1,5 metros níveis de ruído de 55 dB(A) para o período diurno e 45 dB(A) para o período noturno, foi levada a cabo a modelação matemática tendo em vista o pré-dimensionamento de uma barreira acústica com características standard, preconizando duas secções, designadas por troço nascente e troço poente. Para a modelação foram adoptados os seguintes parâmetros de cálculo:

*Condições meteorológicas favoráveis*

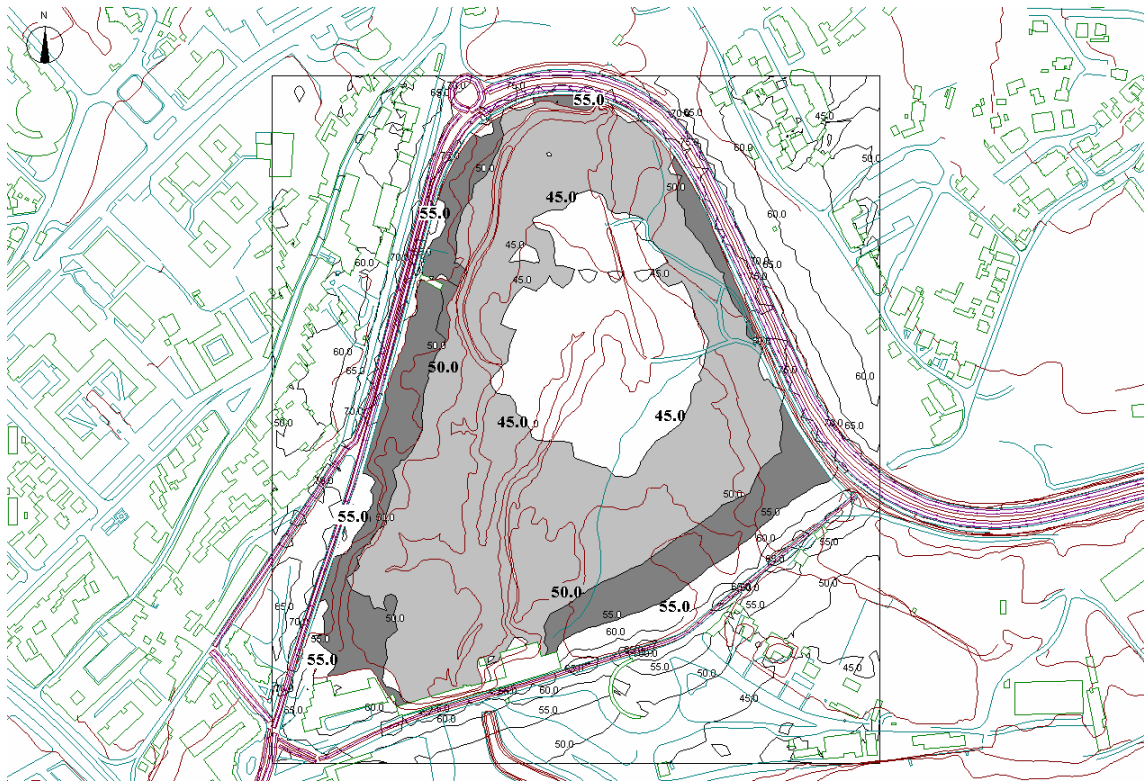
*Nº de raios – 50*

*Distância de propagação – 250 m*

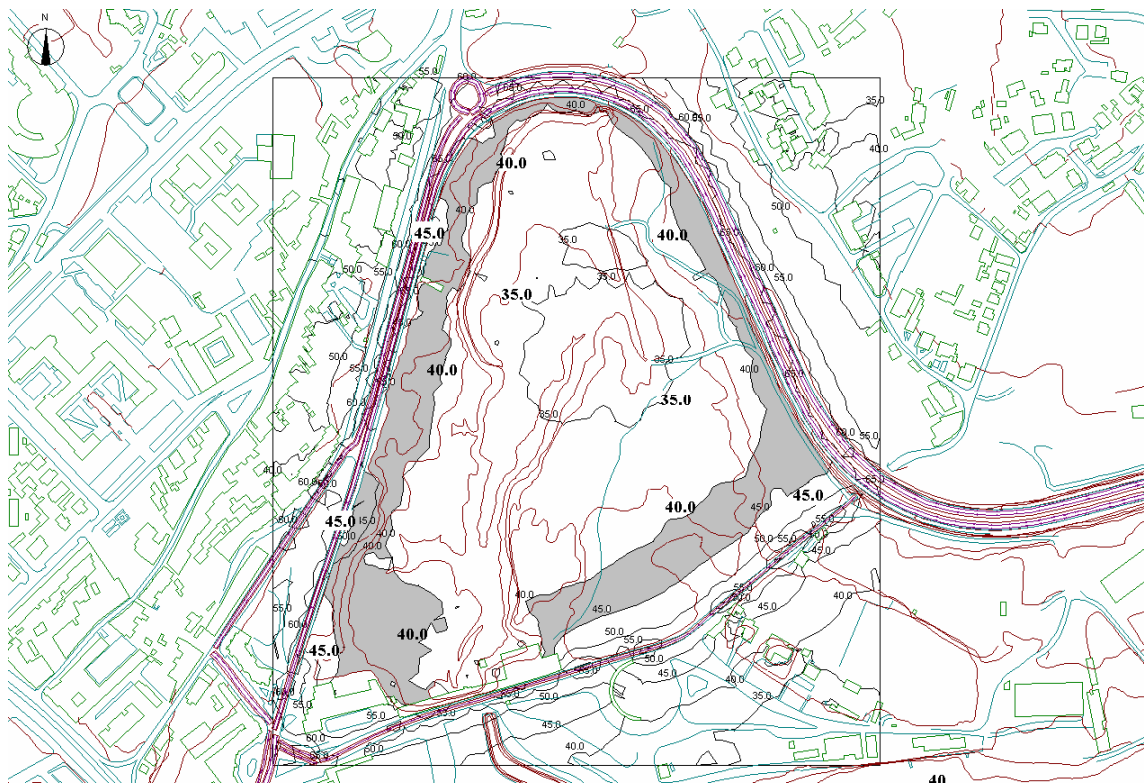
*Nº de reflexões – 5*

A análise acústica da situação mitigada consiste na simulação de um mapa acústico introduzindo as barreiras que funcionam como obstáculos ao longo das vias, com efeitos de reflexão e absorção do ruído. O pré-dimensionamento propriamente dito baseia-se na simulação de diferentes alturas de barreira e diferentes posições (distância à via).

No caso presente, foi considerada uma barreira standard, tendo-se concluído que uma altura de 3 metros para ambos os troços e a colocação a 5 metros do eixo da via mais próxima, garantem a satisfação do limite diurno de 55 dB(A) para o  $L_{eq}(A)$ . Os mapas acústicos diurno e noturno resultantes podem ser observados nas Figuras 6 e 7.



**Figura 6:** Mapa acústico, Parque da Cidade: com barreira acústica, Leq(A) diurno



**Figura 7:** Mapa acústico, Parque da Cidade: com barreira acústica, Leq(A) nocturno

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a introdução do novo Regime Legal sobre a Poluição Sonora em Portugal foram criadas condições para uma plena integração da problemática do ruído ambiental no contexto do planeamento urbanístico. O zonamento acústico e a análise acústica passam então, como acontece por quase toda a Europa, a constituir requisitos a satisfazer no quadro do desenvolvimento de áreas urbanas.

Um Parque de Lazer urbano é um dos casos que levantam maiores questões por ter simultaneamente vizinhança de tráfego e requisitos exigentes de ruído ambiental.

A relação entre tráfego e ruído está já bem estudada para o parque automóvel de países europeus, e está expressa em diversos modelos matemáticos de previsão de ruído.

A utilização de modelos matemáticos e do software que lhe está associado permite simular convenientemente situações complexas e viabilizar soluções ao nível do projecto que reduzem o risco nos investimentos realizados.

O caso presente reporta-se a um Parque de Lazer urbano e trata, com recurso a um desses modelos, da simulação dos níveis de ruído para os cenários presente e futuro de tráfego. Em face dos resultados obtidos é estudada uma solução de mitigação, que passa pela implementação de barreiras acústicas nas vias adjacentes ao parque.

A utilização de um modelo de previsão permite assim propor soluções em fase de projecto que vão de encontro ao estipulado na nova regulamentação portuguesa sobre ruído. Deste modo, é garantida a utilização pretendida para a área em análise e a sua compatibilização com a rede viária limítrofe existente.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFNOR (1991) *NF S 31-085 - Acoustique - Caractérisation et mesure du bruit du trafic routier*. Association Française de Normalisation, Saint-Denis La Plaine, France.
- Berengier, M. e M. Garai (2000) Propagazione del Rumore da Traffico Veicolare. *Atti Convegno Nazionale Traffico e Ambiente 2000*, Progetto Trento Ambiente, Trento, Italia, p. 49-62.
- Bertellino, F. e G. Licitra (2000) I Modelli Previsionali per il Rumore da Traffico Stradale. *Atti Convegno Nazionale Traffico e Ambiente 2000*, Progetto Trento Ambiente, Trento, Italia, p. 63-82.
- CSTB (2001) *Mithra Technical Manual*. Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, Paris, France.
- Decreto-Lei n° 292/2000. *Diário da República*, I Série-A, Lisboa, Portugal, n. 263, p. 6511-6520.
- OECD (1995) *Roadside Noise Abatement*. Organisation for Economic Co-operation and Development Publications, Paris, France.

#### *Endereço dos autores:*

Instituto Superior Politécnico de Viana do Castelo  
Escola Superior de Tecnologia e Gestão  
Av. Do Atlântico  
4900 – Viana do Castelo, Portugal

Telefone: 351.258.819700  
Fax: 351.258.827636  
E-mail: lsilva@estg.ipvc.pt  
E-mail: jsilva@estg.ipvc.pt

Universidade do Minho  
Departamento de Engenharia Civil  
Campus de Gualtar  
4710 – Braga, Portugal

Telefone: 351.253.604720  
Fax: 351.253.604721  
E-mail: jmendes@civil.uminho.pt