

Determinação Expedita da Área de Influência Acústica de Infra-Estruturas de Transporte Rodoviário

Vitor Rosão¹, Eusébio Conceição¹, Rui Leonardo² e Carlos Rosão²

¹Faculdade de Ciências do Mar e Ambiente
Universidade do Algarve – Campus de Gambelas – Faro

vitorrosao@mail.telepac.pt e econcei@ualg.pt

²Schiu, Engenharia de Vibração e Ruído, Unip., Lda.

www.schiu.com

ruileonardo@schiu.com e carlosrosao@schiu.com

Resumo

Sendo de grande importância o conhecimento da Área de Influência Acústica de projectos numa fase tão antecipada quanto possível, na medida em que tal informação tem influência não negligenciável em outras áreas, nomeadamente no levantamento topográfico necessário, apresenta-se como pertinente a definição de formas expeditas de determinação dessa Área de Influência Acústica. Nesta perspectiva, pretende-se definir uma metodologia expedita para obtenção da Área de Influência Acústica de Infra-Estruturas de Transporte Rodoviário, que será consubstanciada em ábacos e numa aplicação informática de fácil acesso e utilização, que ficarão disponíveis via Internet para todos os interessados. Tal tipo de abordagem já é utilizado actualmente pelo Departamento de Transportes dos Estados Unidos da América, o qual definiu *ab initio*, no documento “Transit Noise and Vibration Impact Assessment. 2006”, as diferentes distâncias às vias, até onde deverá ser efectuada a análise, em função do tipo de projecto. Julga-se que tal tipo de informação, devidamente ajustada aos requisitos europeus e nacionais de Ruído Ambiente, poderá assumir especial relevância não só nas Avaliações de Impacte de projectos mas também na Avaliação Ambiental Estratégica, na medida em que permitirá conhecer, *ab initio* e em determinado plano, a magnitude de influência espacial de cada hipótese de localização dum possível traçado rodoviário.

Palavras-chave: Ruído Rodoviário; Área de Influência Acústica; Previsão de Ruído.

Abstract

Given the great importance of knowing the Acoustics Influence Area in an early stage of the projects, since such information has a non-negligible influence in other areas, particularly in the survey needed, the definition of expeditious ways of determining the Acoustics Influence Area becomes relevant. From this perspective, it is intended to define a methodology for obtaining expeditiously the Area of Acoustics Influence of roadway, which will be supported with graphics and a computer application for easy access and use, both available to all concerned through the Internet. This kind of approach is already used nowadays by the Department of Transport in the United States of America, which established *ab initio*, in the document “Transit Noise and Vibration Impact Assessment. 2006, the different distances to the roads until where the analysis should be conducted, depending on the type of project. It is thought that this type of information, properly adjusted to the requirements of national and European Environmental Noise, can assume special significance not only in Impact Assessments of projects but also on the Strategic Environmental Assessment, in that it will allow knowing, *ab initio* and in a specific plan, the spatial influence magnitude of the location of each hypothesis of a possible road route.

Keywords: Road Noise; Acoustics Influence Area; Forecast of Noise.

1. Introdução

Segundo o método NMPB'96, enquadrado na norma Francesa NF S31-133 [1] e que corresponde ao método interino para tráfego rodoviário recomendado pela Directiva 2002/49/CE [2], as variáveis com influência na emissão sonora de uma via de tráfego rodoviário, são as seguintes:

- Tráfego Médio Horário de Veículos Ligeiros.
- Tráfego Médio Horário de Veículos Pesados.
- Velocidade de Circulação de Veículos Ligeiros.
- Velocidade de circulação de Veículos Pesados.
- Tipo de Pavimento.
- Inclinação da Via.
- Tipo de Fluxo.

Segundo a mesma norma, as variáveis com influência na propagação sonora em campo livre são as seguintes:

- Temperatura.
- Humidade Relativa.
- Absorção Sonora do Solo.
- Probabilidade de Ocorrência de Gradientes Verticais de Velocidade do Som Favoráveis à Propagação Sonora.

Assim, os níveis sonoros apercebidos num determinado Receptor vão depender dessa distância e dos valores assumidos pelas variáveis referidas.

Entende-se por Área de Influência Acústica de vias de tráfego rodoviário, a área envolvente à via onde os níveis sonoros são superiores a um determinado valor de referência.

Para determinação expedita da Área de Influência Acústica de vias de tráfego rodoviário, vamos considerar, por simplicidade, que as seguintes variáveis assumem definitivamente as seguintes características:

- Inclinação da Via: Horizontal.
- Tipo de Fluxo: Fluxo Contínuo.
- Temperatura: 17 °C.
- Humidade Relativa: 70%.
- Absorção Sonora do Solo: 0.8.

Sendo assim, a variação da Área de Influência Acústica passa a depender apenas da variação das restantes variáveis, conforme se explicita nos capítulos seguintes.

2. Níveis sonoros em função da distância à via

Para o cálculo prospectivo dos níveis sonoros a várias distâncias a meio de uma via recta com 10 km de comprimento, sobre um solo plano (campo livre), foi utilizado o *software* Cadna A, sendo escolhida a norma NMPB'96 [1] para o cálculo.

Os cálculos foram efectuados a 4 metros acima do solo para as seguintes 3 Probabilidades de Ocorrência (PO) de Gradientes Verticais de Velocidade do Som Favoráveis à Propagação Sonora:

- PO 0 %.
- PO 50 %.
- PO 100 %.

Considera-se adequado atribuir os seguintes valores padrão às restantes variáveis:

- Tráfego Médio Horário de Veículos Ligeiros: 1000 veículos.
- Tráfego Médio Horário de Veículos Pesados: 0.
- Velocidade de Circulação de Veículos Ligeiros: 100 km/h.
- Tipo de Pavimento: Liso Tradicional (Correcção 0 dB).

Apresentam-se nas Figuras 1 e 2 os resultados obtidos.

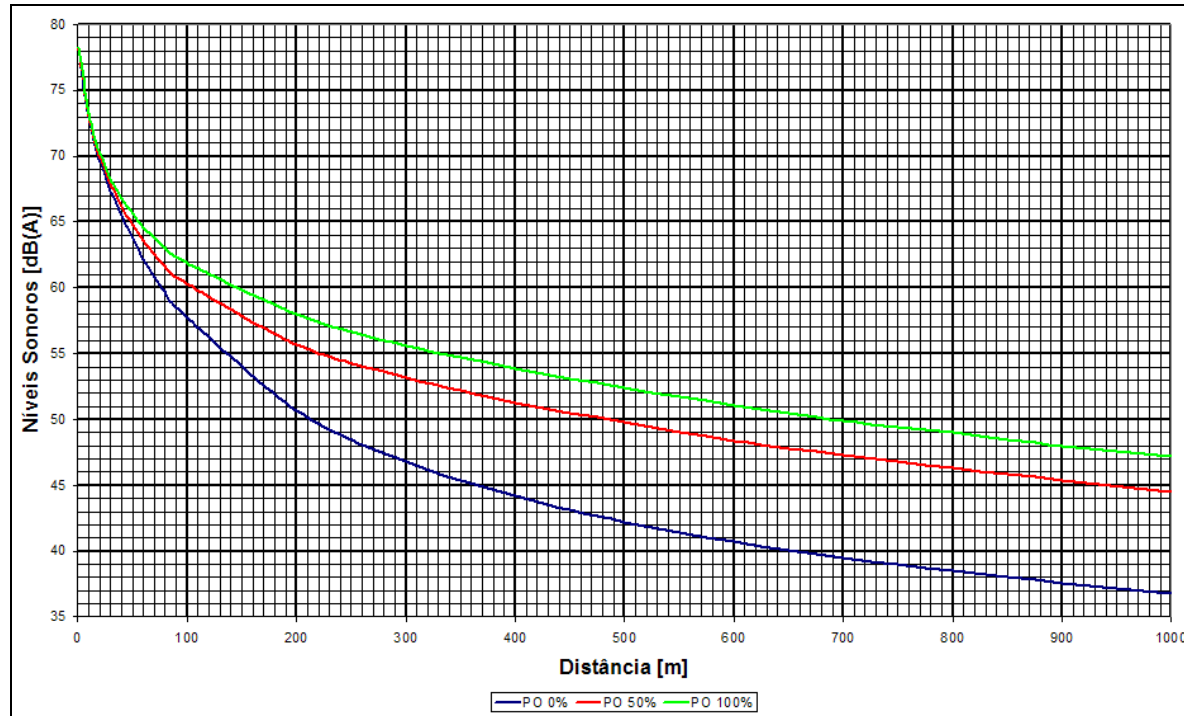


Figura 1 – Variação dos níveis sonoros com a distância à via (menos de 1000 metros).

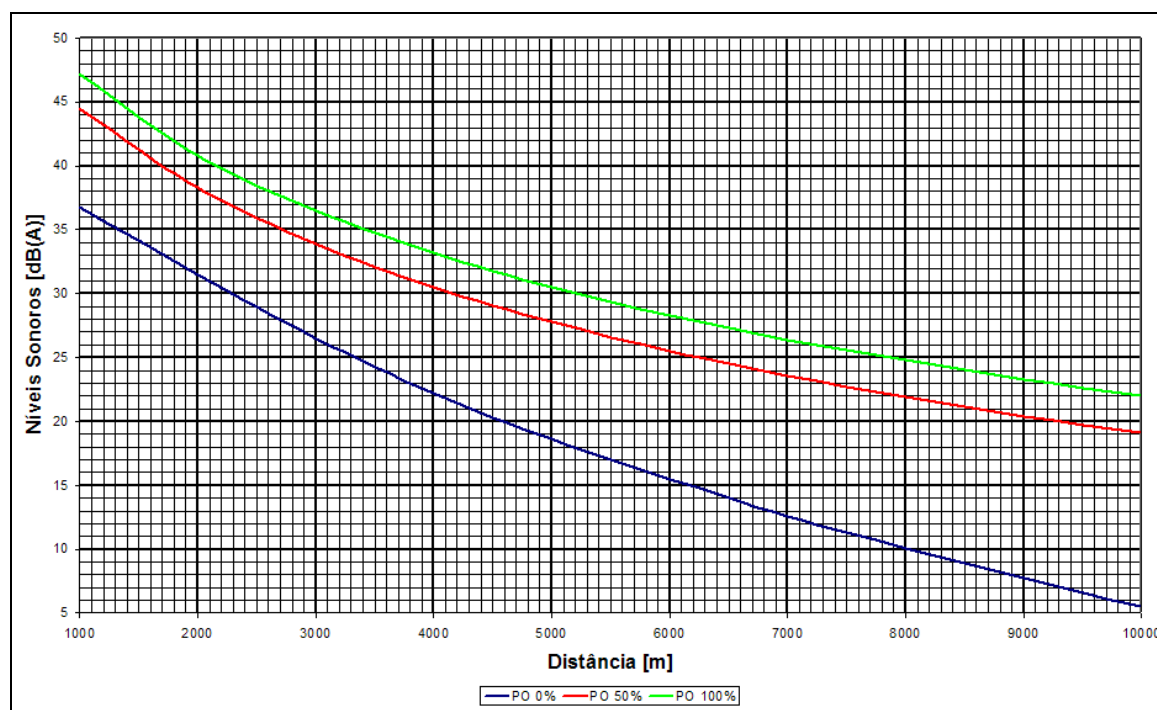


Figura 2 – Variação dos níveis sonoros com a distância à via (mais de 1000 metros).

Com base nos gráficos das Figuras 1 e 2, podemos determinar a Área de Influência Acústica de uma via que assuma os valores padrão utilizados, bastando para tal seleccionar qual o nível de referência a utilizar. Por exemplo, para 55 dB(A), a Área de Influência Acústica, corresponde à área que se encontra entre a via e uma distância, para um e outro lado da via, de cerca de:

- PO 0 %: 130 m.
- PO 50 %: 210 m.
- PO 100 %: 320 m.

3. Correção de Tráfego (ligeiros e pesados)

Interessará agora saber como poderemos determinar a Área de Influência Acústica, com base nos gráficos das Figuras 1 e 2, mas para dados de Tráfego Médio Horário (TMH) diferentes dos considerados para elaboração desses gráficos.

Assim, apresentam-se nos gráficos das Figuras 3 e 4, tendo em conta as relações estabelecidas na NMPB'96, qual a correção em dB a considerar, em função do TMH.

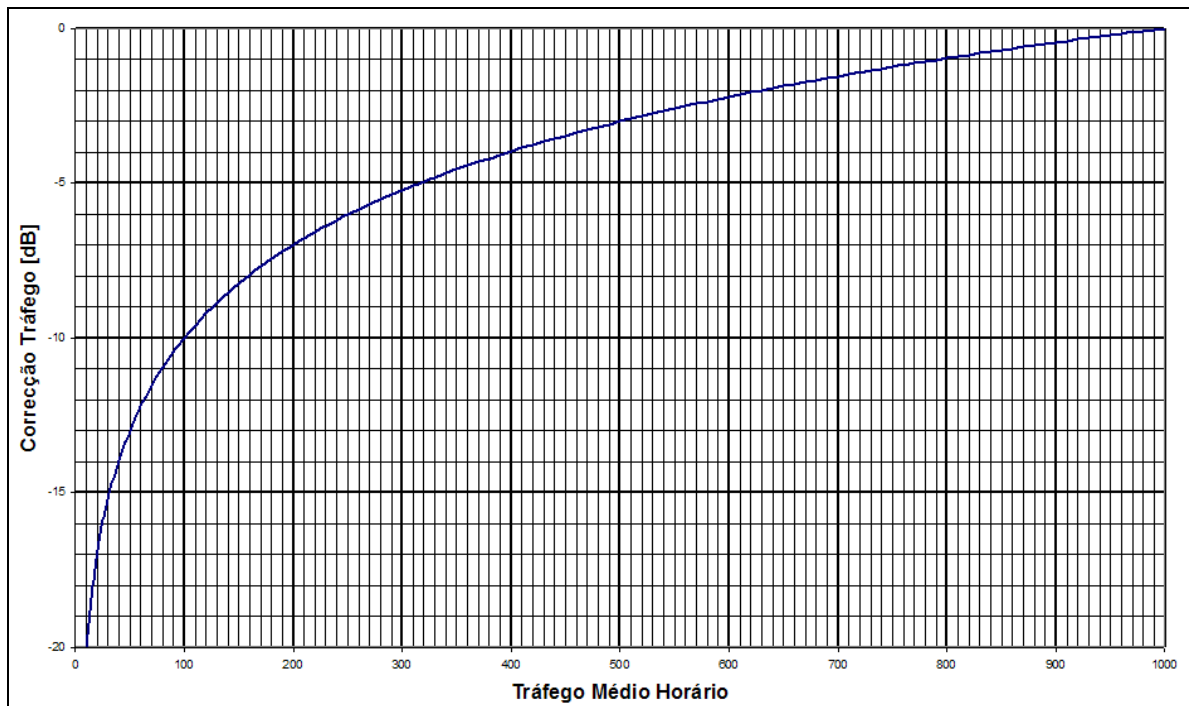


Figura 3 – Correção em dB em função do Tráfego Médio Horário (menos de 1000 veículos).

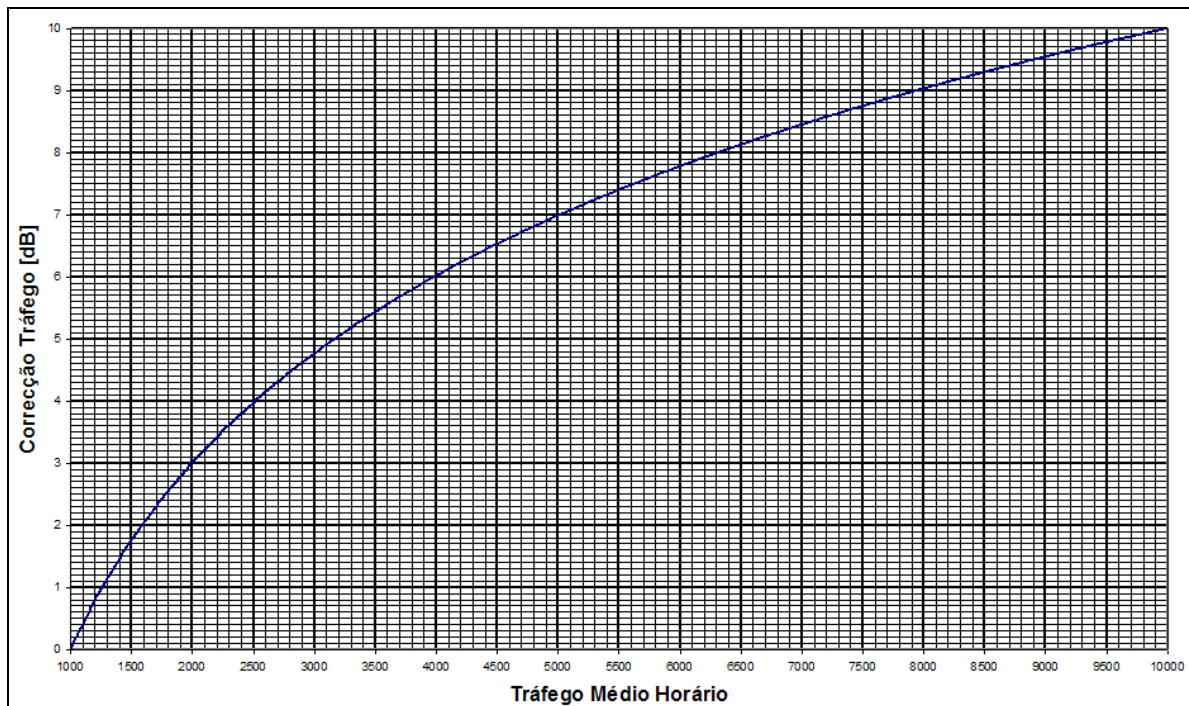


Figura 4 – Correção em dB em função do Tráfego Médio Horário (mais de 1000 veículos).

As correções constantes nas Figuras 3 e 4 deverão ser aplicadas independentemente ao TMH de Veículos Ligeiros e ao TMH de Veículos Pesados, sendo que para o TMH de Veículos Pesados deverá adicionar-se **9 dB**, às correções constantes nas Figuras 3 e 4.

4. Correção de Velocidade

Interessará também poder determinar a Área de Influência Acústica, com base nos gráficos das Figuras 1 e 2, mas para Velocidades de Circulação diferentes da considerada para elaboração desses gráficos.

Assim, apresenta-se no gráfico da Figura 5, tendo em conta as relações estabelecidas na NMPB'96, qual a correção em dB a considerar, em função da Velocidade Circulação.

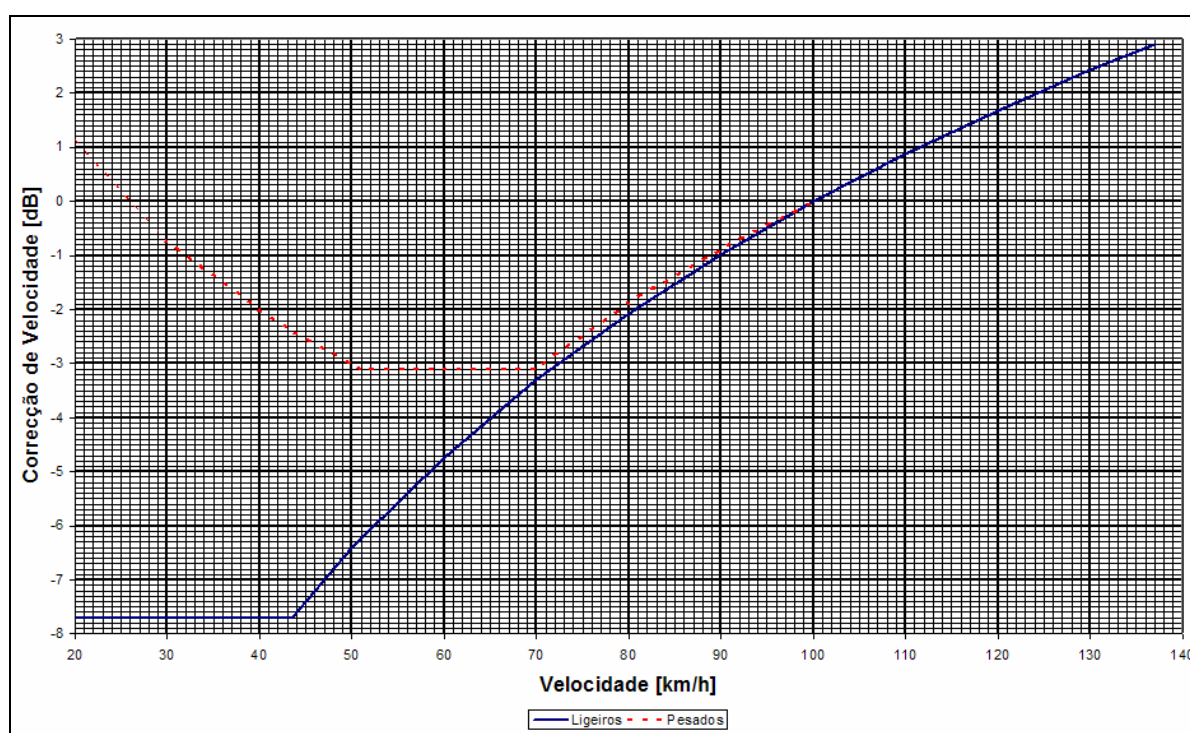


Figura 5 – Correção em dB em função da Velocidade de Circulação.

As correções constantes na Figura 5 deverão ser adicionadas de forma independente às correções obtidas através dos gráficos das Figuras 3 e 4, respectivamente para Veículos Ligeiros e para Veículos Pesados.

5. Correção de Pavimento

Interessará também poder determinar a Área de Influência Acústica, com base nos gráficos das Figuras 1 e 2, mas para um tipo de pavimento diferente do considerado para elaboração desses gráficos.

Consideram-se assim as seguintes correcções, a aplicar quer às correcções anteriores para Veículos Ligeiros quer para Veículos pesados:

- Pavimento Muito Menos Ruidoso: - 6 dB.
- Pavimento Menos Ruidoso: - 3 dB.
- Pavimento Liso Tradicional: 0 dB.
- Pavimento Mais Ruidoso: 3 dB.
- Pavimento Muito Mais Ruidoso: 6 dB.

Algumas recomendações sobre quais as atenuações a considerar em função das características físicas dos pavimentos, podem ser encontradas na página 67 da referência [3].

6. Soma energética

As correcções anteriormente obtidas para Veículos Ligeiros e para Veículos Pesados, deverão ser adicionadas independentemente, obtendo-se assim uma Correcção Global para Veículos Ligeiros (CGVL) e uma Correcção Global para Veículos Pesados (CGVP), as quais se deverão adicionar energeticamente (\oplus) para obtenção da Correcção Global (CG), a aplicar ao valor de referência da Área de Influência Acústica.

Apresenta-se na Tabela 1 qual o valor que será assumido por CG em função da diferença algébrica entre CGVL e CGVP.

Tabela 1 – Simplificação da Soma Energética.

Relação aritmética entre CGVL e CGVP	CG = CGVL \oplus CGVP
CGVL \geq CGVP + 10; CGVP \geq CGVL + 10	CG \approx CGVL; CG \approx CGVP
CGVP + 4 \leq CGVL \leq CGVP + 9; CGVL + 4 \leq CGVP \leq CGVL + 9	CG \approx CGVL + 1; CG \approx CGVP + 1
CGVP + 2 \leq CGVL \leq CGVP + 3; CGVL + 2 \leq CGVP \leq CGVL + 3	CG \approx CGVL + 2; CG \approx CGVP + 2
CGVP \leq CGVL \leq CGVP + 1; CGVL \leq CGVP \leq CGVL + 1	CG \approx CGVL + 3; CG \approx CGVP + 3

Em resumo, o resultado de CG é sempre expresso em função do maior valor de CGVL ou CGVP:

- Se o maior valor é superior ao menor valor em 10 dB ou mais, CG é igual ao maior valor.
- Se o maior valor é superior ao menor valor entre 4 e 9 dB, inclusive, CG é igual ao maior valor mais 1 dB.
- Se o maior valor é superior ao menor valor entre 2 e 3 dB, inclusive, CG é igual ao maior valor mais 2 dB.
- Se o maior valor é superior ao menor valor em 1 dB, ou se forem iguais, CG é igual ao maior valor mais 3 dB.

7. Exemplo de aplicação

Consideremos o seguinte exemplo:

- Tráfego Médio Horário de Veículos Ligeiros: 2000 veículos.
- Tráfego Médio Horário de Veículos Pesados: 100 veículos.
- Velocidade de Circulação de Veículos Ligeiros: 120 km/h.
- Velocidade de Circulação de Veículos Pesados: 90 km/h.
- Tipo de Pavimento: Pavimento Menos Ruidoso (-3 dB).

Recorrendo às Figuras 3 e 4, e à correcção adicional para Veículos Pesados (9 dB), obtêm-se as seguintes correcções:

- Veículos Ligeiros: 3 dB.
- Veículos Pesados: $-10 + 9$ dB.

Recorrendo à Figuras 5 obtêm-se as seguintes correcções:

- Veículos Ligeiros: 1.7 dB.
- Veículos Pesados: -0.9 dB.

Considerando a devida Correcção do Pavimento Menos Ruidoso, obtêm-se as seguintes correcções globais parciais:

- CGVL: 1.7 dB.
- CGVP: -4.9 dB.

Verifica-se assim que $CGVL - CGVP = 6.6$ dB, logo $CGVL \oplus CGVP \approx CGVL + 1$ dB, ou seja:

- $CG = 2.7$ dB.

Para determinação da Área de Influência Acústica, deverá subtrair-se CG ao valor de referência.

Considerando o valor de referência como sendo 55 dB(A), tem-se que o valor de referência equivalente, para utilização dos gráficos das Figuras 1 e 2, é $55 - 2.7 = 52.3$ dB(A).

Recorrendo então às Figuras 1 e 2, verifica-se que a Área de Influência Acústica de 55 dB(A), numa via com as características referidas no início deste capítulo, é a área que se encontra entre a via e uma distância, para um e outro lado da via, de cerca de:

- PO 0 %: 170 m.
- PO 50 %: 340 m.
- PO 100 %: 510 m.

8. Valores de referência e alguns resultados

Os valores de referência deverão corresponder a valores limite que se pretendem verificar, sendo que em Portugal podemos considerar tipicamente 6 valores limite, associados aos limites legais [4]:

1. Limite de segurança extrema [possibilidade de existência de outras fontes com 45 dB(A)] para Zonas Sensíveis no período nocturno: **35 dB(A)**.
2. Limite de segurança moderada [possibilidade de existência de 3 fontes principais, incluindo a “nossa” via, sendo que a coexistência das 3 cumpre os 45 dB(A)] para Zonas Sensíveis no período nocturno: **40 dB(A)**.
3. Limite de segurança extrema [possibilidade de existência de outras fontes com 55 dB(A)] para Zonas Mistas no período nocturno: **45 dB(A)**.
4. Limite de segurança moderada [possibilidade de existência de 3 fontes principais, incluindo a “nossa” via, sendo que a coexistência das 3 cumpre os 55 dB(A)] para Zonas Mistas no período nocturno: **50 dB(A)**.
5. Limite de segurança extrema [possibilidade de existência de outras fontes com 55 dB(A)] para Zonas Mistas no período diurno (admite-se que o TMH no período do entardecer é pelo menos 3 vezes inferior ao TMH no período diurno, e que o TMH no período nocturno é pelo menos 10 vezes inferior ao TMH no período diurno): **55 dB(A)**.
6. Limite de segurança moderada [possibilidade de existência de 3 fontes principais, incluindo a “nossa” via, sendo que a coexistência das 3 cumpre os 55 dB(A)] para Zonas Mistas no período diurno (admite-se que o TMH no período do entardecer é pelo menos 3 vezes inferior ao TMH no período diurno, e que o TMH no período nocturno é pelo menos 10 vezes inferior ao TMH no período diurno): **60 dB(A)**.

Utilizando os seguintes valores típicos para as variáveis com influência na emissão sonora, apresentam-se na Tabela 2, os respectivos resultados para as Áreas de Influência Acústica de 45 dB(A), por se afigurar dever ser o valor de referência a utilizar na generalidade dos casos:

- Via A:
 - TMH Ligeiros: 100; TMH Pesados: 0; Velocidade Ligeiros: 120 km/h; Tipo Pavimento: 0 dB.
- Via B:
 - TMH Ligeiros: 500; TMH Pesados: 0; Velocidade Ligeiros: 120 km/h; Tipo Pavimento: 0 dB.
- Via C:
 - TMH Ligeiros: 1000; TMH Pesados: 0; Velocidade Ligeiros: 120 km/h; Tipo Pavimento: 0 dB.
- Via D:
 - TMH Ligeiros: 2000; TMH Pesados: 0; Velocidade Ligeiros: 120 km/h; Tipo Pavimento: 0 dB.
- Via E:
 - TMH Ligeiros: 5000; TMH Pesados: 0; Velocidade Ligeiros: 120 km/h; Tipo Pavimento: 0 dB.

- Via F:
 - TMH Ligeiros: 100; TMH Pesados: 25 (20 %); Velocidade Ligeiros: 120 km/h; Velocidade Pesados: 100 km/h; Tipo Pavimento: 0 dB.
- Via G:
 - TMH Ligeiros: 1000; TMH Pesados: 250 (20 %); Velocidade Ligeiros: 120 km/h; Velocidade Pesados: 100 km/h; Tipo Pavimento: 0 dB.
- Via H:
 - TMH Ligeiros: 5000; TMH Pesados: 1250 (20 %); Velocidade Ligeiros: 120 km/h; Velocidade Pesados: 100 km/h; Tipo Pavimento: 0 dB.
- Via I:
 - TMH Ligeiros: 100; TMH Pesados: 25 (20 %); Velocidade Ligeiros: 90 km/h; Velocidade Pesados: 90 km/h; Tipo Pavimento: 0 dB.
- Via J:
 - TMH Ligeiros: 1000; TMH Pesados: 250 (20 %); Velocidade Ligeiros: 90 km/h; Velocidade Pesados: 90 km/h; Tipo Pavimento: 0 dB.
- Via K:
 - TMH Ligeiros: 5000; TMH Pesados: 1250 (20 %); Velocidade Ligeiros: 90 km/h; Velocidade Pesados: 90 km/h; Tipo Pavimento: 0 dB.
- Via L:
 - TMH Ligeiros: 100; TMH Pesados: 25 (20 %); Velocidade Ligeiros: 50 km/h; Velocidade Pesados: 50 km/h; Tipo Pavimento: 0 dB.
- Via M:
 - TMH Ligeiros: 1000; TMH Pesados: 250 (20 %); Velocidade Ligeiros: 50 km/h; Velocidade Pesados: 50 km/h; Tipo Pavimento: 0 dB.
- Via N:
 - TMH Ligeiros: 5000; TMH Pesados: 1250 (20 %); Velocidade Ligeiros: 120 km/h; Velocidade Pesados: 100 km/h; Tipo Pavimento: -6 dB.
- Via O:
 - TMH Ligeiros: 1000; TMH Pesados: 250 (20 %); Velocidade Ligeiros: 50 km/h; Velocidade Pesados: 50 km/h; Tipo Pavimento: 6 dB.

Tabela 2 – Área de Influência Acústica para algumas condições típicas, para um Valor de Referência de 45 dB(A).

Probabilidade de Ocorrência de Condições Favoráveis	Via A	Via B	Via C	Via D	Via E	Via F	Via G	Via H	Via I	Via J	Via K	Via L	Via M	Via N	Via O
	Área de Influência Acústica (distância à via em metros)														
0 %	160	320	440	630	1100	200	700	1800	170	560	1500	125	400	800	840
50 %	300	800	1200	1650	2400	440	1800	2400	340	1500	2900	200	1100	1950	2000
100 %	430	1100	1550	2050	3000	640	2300	4250	500	1900	3700	300	1400	2500	2500

9. Comparação com outros resultados

A referência [5], estabelece no seu capítulo 4 (*Noise Screening Procedure*), para uma via com 1000 Veículos Ligeiros e 12 Veículos Pesados por hora, com uma velocidade de circulação de 56 km/h (35 mph), 2 tipos de área de influência, associados a um valor de referência de 50 dB(A):

- Zonas em campo livre: **30 metros** (100 ft).
- Zonas com edifícios a obstruir: **15 metros** (50 ft).

Utilizando o método apresentado nesta comunicação, para os dados de tráfego e velocidades explicitadas e assumindo um correcção de 0 dB para o pavimento, resultam as seguintes Áreas de Influência Acústica para um valor de referência de 50 dB(A):

- PO 0 %: 130 m.
- PO 50 %: 210 m.
- PO 100 %: 310 m.

Verifica-se assim que o presente método apresenta características de segurança significativa, mesmo para o caso duma Probabilidade de Ocorrência (PO) de Condições Favoráveis à propagação sonora de 0%, razão pela qual se afigura que na maioria dos casos será suficiente a consideração dessa Área de Influência Acústica, devendo as Áreas de Influência Acústica de PO 50% e de PO 100% ser utilizadas apenas em casos muito específicos que favoreçam a propagação sonora, nomeadamente uma via com grandes extensões de viadutos e/ou a existência de prédios em altura.

Mais se refere que os Valores de Referência de segurança extrema e moderada, deverão também ser utilizados com precaução, dada a perspectiva de segurança das previsões.

10. Conclusões

Considera-se que a utilização do método simples explicitado na presente comunicação, nas fases iniciais dos planos e dos projectos, poderá ser de grande utilidade para a determinação prévia da Área de Influência Acústica de uma determinada via, e para o importante processo de decisão, quer em termos de análise comparativa prévia de diferentes alternativas, quer em termos da abrangência da área de Estudo onde é necessária cartografia 3D em fases subsequentes, para uma previsão mais rigorosa dos níveis sonoros.

Para uma utilização mais proficiente do método, foi desenvolvida uma aplicação informática, que se encontra disponível para todos os interessados no seguinte endereço:

<http://www.schiu.com/trafegorodoviario>

Aguardamos comentários e críticas ao método em si e à sua aplicabilidade.

Referências

- [1] NF S31-133 – *Acoustique - Bruit des infrastructures de transports terrestres - Calcul de l'atténuation du son lors de sa propagation en milieu extérieur, incluant les effets météorologiques*. 2007.
- [2] Directiva nº. 2002/49/CE.
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2002:189:0012:0025:PT:PDF>
- [3] European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN) – *Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure*. 2007.
http://ec.europa.eu/environment/noise/pdf/wg_aen.pdf
- [4] Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de Janeiro.
<http://dre.pt/pdf1s/2007/01/01200/03890398.pdf>
- [5] Federal Transit Administration (USA) – *Transit Noise and Vibration Impact Assessment*. 2006.
http://www.fta.dot.gov/documents/FTA_Noise_and_Vibration_Manual.pdf.