

Análise Comparativa de Alternativas na Componente Acústica do Ambiente

Vitor Carlos Tadeia Rosão

Consultor Acústico, Rua de Faro, Bloco B, 2º Frente, Estoi, 8005-463 Faro, vitorrosao@mail.telepac.pt

RESUMO: Pretende-se apresentar uma abordagem quantitativa relativamente à comparação, na componente acústica do ambiente, de diferentes alternativas dum determinado projecto, mediante a definição dum *Factor de Comparação* (baseado na sobreposição de diferentes parâmetros acústicos objectivos), que permita efectuar uma análise comparativa fiável e fundamentada. Serão apresentados exemplos práticos de aplicação, onde será evidenciada a pertinência deste tipo de abordagem, sem perder de vista algumas desvantagens que convém acautelar. A sobreposição dos diferentes parâmetros acústicos poderá contemplar alguns factores de ponderação distintos, que só deverão ser definidos mediante a compatibilização de diferentes sensibilidades, pelo que se apontarão rumos julgados adequados.

1 Introdução

Como é patente na definição de Avaliação de Impacte Ambiental, constante da alínea e) do artigo 2º do D.L. n.º 69/2000 (DRP n.º 102, 2000), corrigido pela Declaração de Rectificação n.º 7-D/2000 (DRP n.º 149, 2000), é conveniente efectuar a análise para mais do que uma alternativa de implementação do projecto, de forma a poder decidir-se qual a melhor. Claro está que a comparação poderá e deverá efectuar-se em termos dos Impactes Ambientais de cada alternativa, contudo, não é óbvia a forma de efectuar essa comparação nem se é suficiente ponderar apenas essa característica.

É objectivo do presente artigo apresentar algumas directrizes para a realização de uma comparação eficaz de alternativas e abrir o tema à discussão.

2 Impacte Ambiental

Segundo a alínea j) do artigo 3º do D.L. n.º 69/2000 (DRP n.º 102, 2000), corrigido pela Declaração de Rectificação n.º 7-D/2000 (DRP n.º 149, 2000), tem-se que a definição de Impacte Ambiental é a seguinte:

“conjunto das alterações favoráveis e desfavoráveis produzidas em parâmetros ambientais e sociais, num determinado período de tempo e numa determinada área, resultantes da realização de um projecto, comparadas com a situação que ocorreria, nesse período de tempo e nessa área, se esse projecto não viesse a ter lugar”

Desta forma, para avaliar o Impacte Ambiental na componente acústica, há que comparar dois ambientes sonoros (Rosão, 2002):

- i) o ambiente sonoro que existe ou existirá sob a influência do projecto em análise, que se vai denominar por Ruído Resultante;

- ii) o ambiente sonoro que existiria se o projecto não fosse ou não for implementado, que se vai denominar por Ruído de Referência.

De notar que estas denominações não estão normalizadas, pelo que se deverá reter sobretudo o conceito.

2.1 Comparação de Ambientes Sonoros

Para efectuar uma comparação imparcial de ambientes sonoros há que conhecer as características físicas que os distinguem e definir um ou vários parâmetros que permitam uma comparação quantitativa.

Foram feitas várias experiências e foram propostas várias grandezas e escalas diferenciadas, com o objectivo de se obterem parâmetros o mais representativos possível da sensação humana. Por razões históricas muitas das grandezas e escalas caíram em desuso ou não são de utilização generalizada (Scultz, 1982).

Desde há algum tempo que está generalizada a utilização do denominado Nível de Avaliação (ISO, 1982), L_{Ar} , pelo menos para dois períodos de avaliação [período diurno e nocturno (DRP n.º 253, 2000)], contudo a aparente tendência na Comunidade Europeia é a utilização do denominado Nível dia-fim-de-tarde-noite, L_{den} (CE L n.º 189, 2000).

De notar que a ponderação das características tonais e impulsivas dos ambientes sonoros, por parte do L_{Ar} , faz com que ele possa ser mais selectivo do que o L_{den} , pelo que, em determinados casos, poderá ser preferível a sua utilização.

Pese embora o referido deverá utilizar-se, na maioria dos casos, o L_{den} , como parâmetro quantitativo para a comparação de ambientes sonoros, no sentido em que um ambiente sonoro com L_{den} maior é pior para o ser humano, em média, do que um ambiente sonoro com L_{den} menor.

2.2 Qualidade e magnitude do impacte

Em acordo com o exposto nos capítulos anteriores, propõe-se qualificar o Impacte Ambiental de Positivo, Nulo e Negativo, numa determinada área e num determinado período de tempo, em função de um novo parâmetro acústico que se vai denominar por Magnitude do Impacte, I . Sendo este parâmetro dado por:

$$I = L_{den}(\text{Ruído Resultante}) - L_{den}(\text{Ruído de Referência})$$

vem:

- Impacte Positivo:

$$I < 0$$

- Impacte Nulo:

$$I = 0$$

- Impacte Negativo:

$$I > 0$$

Mantém-se, assim, o princípio de que quanto maior o I pior a alternativa associada.

3 Comparação de alternativas

Em acordo com o exposto, a comparação de alternativas poderá efectuar-se mediante a comparação das Magnitudes dos Impactes Ambientais associadas a cada alternativa: aquela que tiver menores valores de I deverá ser a escolhida.

Vejamos então as questões que se levantam:

- Será que é suficiente efectuar a comparação só em termos de I ?
- Se não for suficiente, que outros parâmetros quantitativos utilizar?
- Como arranjar valores representativos de cada parâmetro para cada alternativa?
- Como sobrepor os parâmetros e como ponderar cada um deles em cada alternativa?

Vejamos as respostas encontradas:

- De facto em determinados casos poderá não ser suficiente a comparação só em termos I , sobretudo se surgir pelo menos uma das seguintes contradições, o que deverá ser analisado caso a caso¹:
 - A alternativa que tem maior emissão sonora é a que tem menores valores de I .
 - A alternativa com maiores valores de L_{den} (Ruído Particular) por pessoa afectada é a que tem menores valores de I .
 - A alternativa que afecta um maior número de pessoas é a que tem menores valores de I .
- Interessará utilizar os parâmetros que são de facto relevantes. Salvo melhor opinião, afigura-se adequado considerar que os parâmetros de facto relevantes são²:
 - Magnitudes dos Impactes, I , nos receptores/pessoas afectadas;
 - Níveis dia-fim-de-tarde-noite, L_{den} (Ruído Particular), nos receptores/pessoas afectadas;
 - Número de pessoas afectadas, N .

¹ É objectivo do presente artigo despertar para a necessidade de comparações eficazes, sem perder de vista que poderão existir outras perspectivas, pelo que não se pretende fechar o tema mas sim abri-lo à discussão, sobretudo no que concerne a outras contradições pertinentes que possam ter escapado, pelo que as contradições expostas deverão servir apenas de referência.

² De notar que cada caso é um caso, e poderão existir casos em que a emissão sonora, ou outros parâmetros, sejam também relevantes, pelo que mais uma vez os parâmetros indicados deverão servir sobretudo de referência.

- iii) Este problema prende-se apenas com o L_{den} e com o I . Na ausência de melhor critério, afigura-se adequado considerar como valor representativo de cada alternativa o valor médio linear de cada um dos parâmetros, $\langle L_{den} \rangle$ e $\langle I \rangle$. Para o L_{den} poderá haver tendência para a utilização da média energética, contudo julga-se que o seguinte exemplo é suficiente para ilustrar a maior pertinência da média linear: se tivermos 4 alternativas afectando cada uma delas dois receptores, R1 e R2, e sendo os respectivos valores de L_{den} os seguintes:

$$\text{Alt. 1} \rightarrow L_{den}(\text{R1})=50, L_{den}(\text{R2})=40;$$

$$\text{Alt. 2} \rightarrow L_{den}(\text{R1})=55, L_{den}(\text{R2})=35;$$

$$\text{Alt. 3} \rightarrow L_{den}(\text{R1})=55, L_{den}(\text{R2})=30;$$

$$\text{Alt. 4} \rightarrow L_{den}(\text{R1})=55, L_{den}(\text{R2})=20.$$

tem-se que as médias são:

$$\text{Alt. 1} \rightarrow \text{média linear}=45, \text{média energética}=47;$$

$$\text{Alt. 2} \rightarrow \text{média linear}=45, \text{média energética}=52;$$

$$\text{Alt. 3} \rightarrow \text{média linear}=43, \text{média energética}=52;$$

$$\text{Alt. 4} \rightarrow \text{média linear}=38, \text{média energética}=52.$$

Daqui se conclui que para a média linear são equivalentes a Alternativa 1 e 2, o que se afigura adequado uma vez que, em média, a sensação do aumento/diminuição de 5dB é sensivelmente independente dos valores inicial e final. Para a média energética são equivalentes as Alternativas 2, 3 e 4, o que se afigura claramente inadequado.

- iv) Como a comparação de diferentes alternativas poderá ser sempre efectuada duas a duas, temos 27 casos possíveis de comparação, uma vez que se seleccionaram 3 parâmetros para análise³:

- $\langle I_1 \rangle = \langle I_2 \rangle$, $\langle L_{den,1} \rangle = \langle L_{den,2} \rangle$ e $N_1 = N_2 \rightarrow$ este caso não suscita dificuldade de comparação, as alternativas são idênticas a menos que se encontre algum factor diferenciador e importante;
- $\langle I_1 \rangle = \langle I_2 \rangle$, $\langle L_{den,1} \rangle = \langle L_{den,2} \rangle$ e $N_1 < N_2 \rightarrow$ este caso não suscita dificuldade de comparação, a alternativa 1 é melhor do que a alternativa 2, no que concerne aos parâmetros seleccionados;
- $\langle I_1 \rangle = \langle I_2 \rangle$, $\langle L_{den,1} \rangle = \langle L_{den,2} \rangle$ e $N_1 > N_2 \rightarrow$ este caso não suscita dificuldade de comparação, a alternativa 2 é melhor do que a alternativa 1, no que concerne aos parâmetros seleccionados;

³ Caso se descubram mais parâmetros relevantes, o número de casos possíveis aumenta numa proporção de 3^n , sendo n o número de parâmetros.

- $\langle I_1 \rangle > \langle I_2 \rangle$, $\langle L_{den,1} \rangle = \langle L_{den,2} \rangle$ e $N_1 = N_2 \rightarrow$ este caso não suscita dificuldade de comparação, a alternativa 2 é melhor do que a alternativa 1, no que concerne aos parâmetros seleccionados;
- $\langle I_1 \rangle > \langle I_2 \rangle$, $\langle L_{den,1} \rangle = \langle L_{den,2} \rangle$ e $N_1 < N_2 \rightarrow$ **este caso suscita dificuldade de comparação;**
- $\langle I_1 \rangle > \langle I_2 \rangle$, $\langle L_{den,1} \rangle = \langle L_{den,2} \rangle$ e $N_1 > N_2 \rightarrow$ este caso não suscita dificuldade de comparação, a alternativa 2 é melhor do que a alternativa 1, no que concerne aos parâmetros seleccionados;
- $\langle I_1 \rangle > \langle I_2 \rangle$, $\langle L_{den,1} \rangle < \langle L_{den,2} \rangle$ e $N_1 = N_2 \rightarrow$ **este caso suscita dificuldade de comparação;**
- $\langle I_1 \rangle > \langle I_2 \rangle$, $\langle L_{den,1} \rangle < \langle L_{den,2} \rangle$ e $N_1 < N_2 \rightarrow$ **esta forma suscita dificuldade de sobreposição;**
- $\langle I_1 \rangle > \langle I_2 \rangle$, $\langle L_{den,1} \rangle < \langle L_{den,2} \rangle$ e $N_1 > N_2 \rightarrow$ **este caso suscita dificuldade de comparação;**
- $\langle I_1 \rangle > \langle I_2 \rangle$, $\langle L_{den,1} \rangle > \langle L_{den,2} \rangle$ e $N_1 = N_2 \rightarrow$ este caso não suscita dificuldade de comparação, a alternativa 1 é melhor do que a alternativa 2, no que concerne aos parâmetros seleccionados;
- $\langle I_1 \rangle > \langle I_2 \rangle$, $\langle L_{den,1} \rangle > \langle L_{den,2} \rangle$ e $N_1 < N_2 \rightarrow$ **este caso suscita dificuldade de comparação;**
- $\langle I_1 \rangle > \langle I_2 \rangle$, $\langle L_{den,1} \rangle > \langle L_{den,2} \rangle$ e $N_1 > N_2 \rightarrow$ este caso não suscita dificuldade de comparação, a alternativa 1 é melhor do que a alternativa 2, no que concerne aos parâmetros seleccionados.

Destes 27 casos possíveis, constata-se que apenas 12 suscitam dificuldade de comparação⁴. Para estes 12 casos será necessário encontrar uma função que permita a sobreposição e ponderação adequada dos três parâmetros. Uma vez que existem estudos (CE, 2002) que relacionam a percentagem de pessoas incomodadas com o valor de L_{den} , afigura-se adequado simplificar uma dessas expressões e estende-la a I , donde resulta⁵:

$$A(\langle L_{den} \rangle) = \frac{2 \langle L_{den} \rangle - 82}{100}$$

$$A(\langle I \rangle) = \frac{2 \langle I \rangle - 2}{100}$$

⁴ Pode provar-se que o número de casos que suscitam dificuldade de comparação, para 3 parâmetros, vem dado por $3 \times 2 + 3^2 - (2 + 1) = 12$, para 4 parâmetros $3 \times 12 + 3^3 - (12 + 1) = 50$, para 5 parâmetros $3 \times 50 + 3^4 - (50 + 1) = 180$ e assim sucessivamente. Nestas circunstâncias, quantos mais parâmetros existirem maior é a probabilidade de ocorrerem casos que suscitam dificuldade de comparação.

⁵ A simplificação foi efectuada considerando a recta que passa pelos pontos ($L_{den}=45$; $A(L_{den})=0.11$) e ($L_{den}=75$; $A(L_{den})=0.73$). A extensão a I foi efectuada através da consideração da recta que passa pelos pontos ($I=5$; $A(I)=0.11$) e ($I=35$; $A(I)=0.73$).

Pode assim definir-se um novo parâmetro, que se vai denominar por Factor de Comparação, FC , aplicável não só aos 12 casos de difícil comparação⁶, que é dado por:

$$FC = \left[\frac{A(<L_{den}>) + A(<I>)}{2} \right] \cdot N = \left[\frac{<L_{den}> + <I> - 42}{100} \right] \cdot N$$

ou seja, corresponde aproximadamente à média de pessoas que se vão sentir incomodadas, para cada alternativa, tendo em conta o valor médio de L_{den} e de I .

4 Exemplos

Imagine-se que se pretende construir uma Circular Rodoviária a Aveiro, existindo duas alternativas em estudo. A Alternativa 1 afecta 20 pessoas e a Alternativa 2 afecta 200 pessoas, pois esta última ficará mais perto da zona urbana. Nestas circunstâncias o Ruído de Referência da Alternativa 2 assume valores elevados, pelo que o valor médio de I é baixo e igual a 3 dB. Para a Alternativa 1 o valor médio de I é mais elevado e igual a 8 dB. Para as duas alternativas o valor médio de L_{den} (Ruído Particular) é igual a 65 dB(A). Assim temos:

$$FC_1 = \frac{65 + 8 - 42}{100} \cdot 20 = 6.2$$

$$FC_2 = \frac{65 + 3 - 42}{100} \cdot 200 = 5.2$$

Em acordo com os critérios definidos, a melhor alternativa, na componente acústica do ambiente, corresponde à Alternativa 2, pois o maior número de pessoas afectadas (200>2) é contrabalançado por um valor médio de I significativamente inferior (3<8).

5 Conclusão

A definição de um Factor de Comparação que permita uma sobreposição e ponderação adequada dos parâmetros relevantes é muito importante para que seja mais fácil e mais eficaz efectuar comparações de alternativas na componente acústica do ambiente. Afigura-se que o Factor de Comparação definido cumpre satisfatoriamente esse desiderato, ainda que seja necessário não perder de vista que as relações quantitativas utilizadas valem o que valem e, ainda que obviem alguns problemas (pelo menos aparentemente), trazem outros problemas que deverão ser analisados num quadro mais alargado de pessoas e de sensibilidades, nomeadamente:

- v) Será que se pode dizer, no exemplo anterior, que a alternativa com $FC=5.2$ é melhor do que a alternativa com $FC=6.2$? Não serão na realidade idênticas dada a proximidade dos valores de FC ?
- vi) Se assim é, a partir de que diferenças de FC se deve considerar que as alternativas são diferentes?

⁶ De notar que para os restantes 15 casos, qualquer função será válida, desde que não altere a relação explícita entre as alternativas. Assim, para 3 parâmetros, uma vez que a probabilidade de ocorrência de casos que suscitam dificuldade de comparação é cerca de 44%, é menor a necessidade de uma função rigorosa, que relacione os diferentes parâmetros, do que para 4 parâmetros, onde a probabilidade de ocorrência de casos que suscitam dificuldade de comparação é de cerca de 62%.

Por último, a pergunta existencial:

- vii) Será que vale a pena definir um parâmetro quantitativo para a comparação de alternativas, do género do que é definido no presente artigo?

Aguardo as reacções.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas que têm confiado em mim, desde à 8 anos, a grata tarefa do desenvolvimento de Estudos de Impacte Ambiental na Componente Acústica.

REFERÊNCIAS

- Comunidade Europeia (CE); *Avaliação e Gestão do Ruído Ambiente*, L189, 2000. http://europa.eu.int/eur-lex/pri/pt/oj/dat/2002/l_189/l_18920020718pt00120025.pdf
- Comunidade Europeia (CE); *Position Paper on Dose Response Relationships Between Transportation Noise and Annoyance*, 2002. ISBN 92-894-3894-0. http://europa.eu.int/comm/environment/noise/noise_expert_network.pdf
- Diário da República Portuguesa (DRP) n.º 102, série I-A, D.L. n.º 69/2000, 3 de Maio. <http://dre.pt/pdfgratis/2000/05/102a00.pdf> (só leitura)
- Diário da República Portuguesa (DRP) n.º 263, série I-A, D.L. n.º 292/2000, 14 de novembro. <http://dre.pt/pdfgratis/2000/11/263a00.pdf>
- Diário República Portuguesa (DRP) n.º 149, série I-A (Suplemento), Declaração de Rectificação n.º 7-D/2000, 30 de Junho. <http://dre.pt/pdfgratis/2000/06/149a01.pdf> (só leitura)
- International Organization for Standardization , n.º 1996; *Description and measurement of environmental noise*, 1982.
- Rosão, Vitor C. T.; *Desenvolvimento de Modelo de Avaliação do Impacte Ambiental devido ao Ruído de Tráfego Rodoviário*, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Dissertação de Mestrado em Engenharia Física, Lisboa, 2002.
- Schultz, Theodore J.; *Community Noise Rating*, 2ª ed. Lonfres: Applied Science Publisgers, 1982. ISBN 0-85334-137-0.