

MEDIDAS DE REDUÇÃO DA EXPOSIÇÃO AO RUÍDO NO ÂMBITO DE PLANOS DE URBANIZAÇÃO E DE PORMENOR

Licínio Cantarino de Carvalho

Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Algarve e Instituto Superior Manuel Teixeira Gomes,
liciniocarvalho@mail.telepac.pt

Resumo

Apresentam-se os limites de exposição ao ruído, fixados no Regulamento Geral do Ruído, que os planos municipais de ordenamento do território devem acautelar. Evidenciam-se as implicações em termos de volumes máximos de tráfego rodoviário consentidos. Sistematizam-se medidas a adoptar, no âmbito de planos de urbanização e de pormenor.

Palavras-chave: ruído, planeamento urbano, ambiente.

Abstract

Noise exposure limits, stated in Portuguese noise regulations, that municipality territory development plans must attend, are presented. Implications of those limits on maximum traffic volumes permitted are shown. Measures to be adopted in the scope of urban plans and detail plans are listed.

Keywords: noise, urban planning, environment.

1 Introdução

O Regulamento Geral do Ruído (RGR) [1] fixa os limites da exposição ao ruído que os planos municipais de ordenamento do território (PMOT) devem procurar assegurar, tendo em consideração as fontes de ruído existentes e previstas. Sob a designação geral de PMOT são abrangidos os planos directores municipais (PDM), os planos de urbanização (PU) e os planos de pormenor (PP) [2].

Importa compreender os condicionalismos que os limites fixados criam e analisar as medidas que podem ser adoptadas para lhes dar resposta. Esta comunicação debruça-se sobre intervenções à escala dos PP e PU.

Para tal recorre-se com alguma frequência a resultados obtidos com o programa CADNA A [3], que se justifica, pois, apresentar sumariamente. O programa está disponível comercialmente e é vocacionado para uso profissional, sendo apropriado também para análises do tipo das efectuadas. O programa tem capacidade para simular situações complexas e produzir resultados assentes em diferentes normas de cálculo. As análises feitas respeitaram ao tráfego rodoviário,

tendo sido seguido o método “NMPB – Routes – 96” [4], recomendado pela directiva europeia 2002/49/CE [5] e integrado na normalização francesa em 2001 [6].

As vias de tráfego são simuladas como fontes lineares, que são divididas em pequenos troços e passam a constituir fontes independentes. A cada troço é atribuído um nível de potência sonora, de acordo com as características do tráfego e da via e o comprimento do troço. É possível distinguir veículos ligeiros e pesados, atender à sua velocidade, à inclinação e tipo de pavimento da via e ao tipo de circulação.

Entre cada troço e cada receptor é considerado um trajecto directo de propagação do som, ao longo do qual é estimada a atenuação em resultado da divergência geométrica (efeito da distância), da absorção pela atmosfera, do efeito do solo e da difracção em torno de obstáculos. Para além do trajecto directo, é também atendido o efeito das reflexões pelo método da imagem reflectida num espelho. Neste método, as superfícies são consideradas reflectores especulares, pelo que as fontes sonoras em frente produzem uma imagem sobre a mesma normal à superfície, do lado oposto e a igual distância. Essas imagens passam a ser consideradas como se de fontes se tratasse – fontes imagem –, sendo o seu nível de potência corrigido em função das características de reflexão da superfície. É possível contabilizar apenas reflexões de 1ª ordem ou de ordem superior, crescendo o número de fontes imagem exponencialmente com a ordem das reflexões. Dada a simplicidade das situações analisadas, foi possível optar por um número de reflexões muito elevado, sem penalizar excessivamente os tempos de execução, o que permite, praticamente, eliminar a possibilidade de qualquer imprecisão por insuficiência de número de reflexões.

O cálculo faz-se por oitavas para duas situações distintas: de condições de propagação favorável e de condições homogéneas, isto é, de atmosfera homogénea que não causa perturbações na propagação. No final, faz-se, primeiro, a ponderação dos valores obtidos de acordo com a frequência de ocorrência de cada situação, permitindo obter níveis médios de longa duração e, depois, a soma energética dos valores por oitavas para obter níveis sonoros em dB(A).

A frequência de ocorrência de diferentes condições de propagação depende das características meteorológicas locais, tendo sido admitida a opção por defeito do programa, correspondente a condições de propagação sempre favoráveis no período da noite e favoráveis em 50% do tempo durante o dia.

A comunicação começa por apresentar e analisar em 2 os limites de exposição ao ruído fixados no RGR e mostrar as suas implicações em termos de volume máximo de tráfego permitido. Prossegue, em 3, com uma sistematização breve dos factores que condicionam a exposição ao ruído, procurando evidenciar o modo como o fazem. Em 4 são, então, sistematizadas e ilustradas uma série de medidas para, a nível dos PP e PU, permitir controlar a exposição ao ruído. Em 5 resumiam-se as conclusões.

2 Indicadores e limites

As limitações legais de exposição ao ruído fazem uso dos indicadores L_{den} e L_n , estabelecidos na directiva europeia 2002/49/CE [5]. O indicador L_{den} resulta dos níveis sonoros médios de longa duração, com ponderação A, nos períodos diurno, do entardecer e nocturno. É um indicador de incómodo geral. O indicador L_n é o nível sonoro médio de longa duração, com ponderação A, no período nocturno e é um indicador de perturbação do sono.

A expressão de cálculo do indicador L_{den} é a seguinte:

$$L_{den} = 10 \times \log \frac{1}{24} \left[13 \times 10^{0,1L_d} + 3 \times 10^{0,1(L_e+5)} + 8 \times 10^{0,1(L_n+10)} \right] \quad (1)$$

Onde L_d , L_e e L_n são os níveis sonoros médios de longa duração, com ponderação A, correspondentes, respectivamente, aos períodos diurno (7 às 20 h), do entardecer (20 às 23 h) e nocturno (23 às 7 h). Estes níveis são obtidos a partir dos níveis sonoros contínuos equivalentes L_{eq} estimados para um ano médio, atendendo às variações, quer das emissões sonoras das fontes, quer das condições de propagação sonora. Estas últimas podem ser fortemente influenciadas pelas condições meteorológicas, quando as distâncias são elevadas (acima de 250 m).

Em Portugal, os limites a respeitar decorrem do RGR, que para tal atribui aos municípios competência para estabelecer, nos novos planos municipais de ordenamento do território e na revisão ou alteração dos que estão em vigor, a classificação, delimitação e disciplina de zonas sensíveis e mistas. Estas zonas são definidas como áreas vocacionadas para uso habitacional, ou para escolas, hospitais ou similares, ou espaços de lazer existentes ou previstos. As zonas sensíveis apenas podem conter, para além desses usos, pequenas unidades de comércio e serviço sem funcionamento no período nocturno, ao passo que nas mistas são admitidos outros usos. Os limites correspondem, no caso geral, a:

Zonas mistas: $L_{den} \leq 65$ dB(A) e $L_n \leq 55$ dB(A)

Zonas sensíveis: $L_{den} \leq 55$ dB(A) e $L_n \leq 45$ dB(A)

Existem ainda outros limites aplicáveis a casos específicos de proximidade de grandes infra-estruturas de transporte e outras situações particulares (art.º 11º do RGR), mas que se omitem aqui.

Para mais facilmente interpretar os limites de L_{den} , é útil considerar os valores de referência de L_d , L_e e L_n – simbolizados por L_{dr} , L_{er} e L_{nr} , respectivamente – indicados na tabela 1.

Tabela 1 – Valores de referência L_{dr} , L_{er} e L_{nr} para $L_{den} = 55$ e 65 dB(A).

L_{den}	L_{dr}	L_{er}	L_{nr}
55	55	50	45
65	65	60	55

Os valores L_{den} de 55 e 65 dB(A) podem resultar dos valores de referência da tabela ou de outros diferentes mas cujas variações em relação aos de referência se compensam mutuamente. O gráfico da figura 1 ilustra a interdependência entre essas variações. Por exemplo, para que $L_{den} = 65$ dB(A) quando $L_n = 50$ dB(A) e $L_e = 58$ dB(A) é necessário que $L_d = 66,8$ dB(A), pois para $L_e - L_{er} = -2$ e $L_n - L_{nr} = -5$ vem $L_d - L_{dr} = 1,8$.

As implicações dos limites fixados pelo RGR estão longe de ser óbvias, mesmo para aqueles que lidam correntemente com estas matérias. Em comunicação anterior [8] apresentou-se uma análise, para diferentes situações, dos volumes máximos de tráfego rodoviário compatíveis com os níveis L_{eq} de 45, 55 e 65 dB(A). Foram contemplados casos de ruas em U e em L com larguras totais de 10 a 22 m e de ruas afastadas dos edifícios por espaços com terreno absorvente. Os resultados estão indicados na tabela 2.

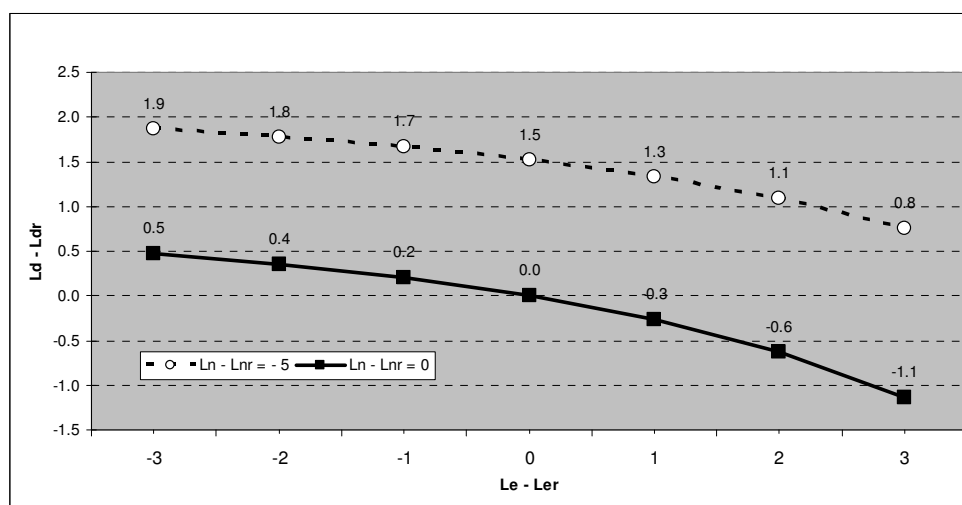


Figura 1 – Interdependência entre L_d , L_e e L_n para igual L_{den} .

Para obter estes resultados foi usado o programa e a norma já referidos na Introdução e consideradas diversas hipóteses que interessa sistematizar:

- Vias horizontais e com revestimento betuminoso corrente;
- Tráfego fluído a 50 km/h;
- Fachadas reflectoras e lisas, a que, de acordo com o programa usado, corresponde a perda de 1 dB em cada reflexão;
- Níveis L_{eq} sobre as fachadas, considerando apenas a energia sonora incidente e excluindo, pois, a reflectida pela própria fachada. De notar que, nas ruas em U, a fachada participa no processo de interreflexões entre fachadas e que apenas a energia que atinge o receptor e provém directamente da reflexão na própria fachada é excluída.

Os resultados são aplicáveis aos indicadores L_d , L_e e L_n , devendo ter-se sempre presente que se referem a situações de longa duração representativas das condições anuais médias.

Tabela 2 - Tempo entre passagens consecutivas de veículos ligeiros para diferentes níveis L_{eq} .

NÍVEIS L_{eq} NAS FACHADAS dB(A)	65	55	45
Ruas em U (média dos casos analisados)	12 s	2 min	20 min
Ruas em L (média dos casos analisados)	8 s	1,3 min	13 min
Afastamentos ao bordo da via de tráfego sendo o solo absorvente	10 m	4 s	40 s
	20 m	2 s	20 s
	50 m	1 s	9 s
	100 m	0,4 s	4 s

3 Factores condicionantes da exposição ao ruído

Diferentes factores condicionam os níveis sonoros L_{eq} do ruído ambiente exterior e, por conseguinte, também os indicadores L_{den} e L_n , que, como se viu, são obtidos a partir desses níveis. Abordam-se a seguir, sucintamente, os principais efeitos que determinam os níveis sonoros L_{eq} do ruído ambiente, a saber:

- Efeito do tráfego;
- Efeito da distância;
- Efeito das reflexões;
- Efeito dos obstáculos;
- Efeito das condições meteorológicas.

3.1 Efeito do tráfego

Interessa referir, em especial, o tráfego rodoviário que é aquele que habitualmente assume maior relevo em ambiente urbano.

O ruído emitido pelo tráfego rodoviário depende do volume do tráfego, do tipo dos veículos e de outros aspectos.

O nível sonoro L_{eq} num dado ponto de recepção produzido por uma via de tráfego, para diferentes volumes de tráfego, quando os restantes factores condicionantes permanecem constantes, obedece a uma expressão do tipo:

$$L_{eq} = C + 10 \log Q \quad (2)$$

Onde C é uma constante e Q é o volume de tráfego expresso em veículos por unidade de tempo (hora, dia). A expressão mostra que quando o volume duplica o nível sonoro aumenta 3 dB(A).

O tipo de veículos influencia fortemente a emissão sonora e, portanto também, os níveis sonoros produzidos. Por exemplo, para vias pouco inclinadas e circulação fluida contínua a 50 km/h, um pesado equivale, aproximadamente a 17 ligeiros [7].

Outros aspectos afectam ainda o ruído produzido, como sejam as características de inclinação e pavimentação da via, a velocidade de circulação e o tipo de circulação – fluida contínua, acelerada, desacelerada ou irregular.

O ruído do tráfego ferroviário depende do tipo de comboios, das características da plataforma, da velocidade e comprimento das composições e das frequências das passagens.

3.2 Efeito da distância

Equiparando uma via de tráfego a uma fonte linear de comprimento infinito, potência sonora uniforme por unidade de comprimento, radiando para cima uniformemente em todas as direcções em meio isotrópico demonstra-se facilmente que o nível sonoro reduz cerca de 3 dB(A) quando duplica a distância à via. Quando o solo é absorvente sonoro, esta redução pode vir significativamente acrescida.

Habitualmente, apenas as emissões sonoras produzidas num troço limitado das vias de tráfego afectam os receptores, pelo que o efeito de distância é ainda aumentado pelo facto de ser acompanhado de uma

redução do ângulo segundo o qual os pontos extremos do troço de via relevante são vistos a partir do receptor. Sendo $L(\theta)$ e $L(\theta')$ os níveis produzidos num dado ponto por troços da mesma via subentendendo ângulos θ e θ' verifica-se que:

$$L(\theta) = L(\theta') + 10 \log(\theta'/\theta) \quad (3)$$

Esta expressão mostra que uma redução do ângulo θ de 20% produz aproximadamente uma diminuição de 1 dB(A).

3.3 Efeito das reflexões

As reflexões nas superfícies dos edifícios e outros obstáculos criam caminhos adicionais de propagação sonora entre as fontes e os receptores aumentando os níveis sonoros produzidos. A figura 2 ilustra o aumento dos níveis sonoros a diferentes distâncias resultante da presença de uma banda de edifícios marginando uma rodovia, de acordo com o programa e norma referidos na Introdução. Como aí se explicou com algum pormenor, as reflexões nos edifícios são simuladas pelo método das fontes imagem, que é o recomendado pela norma de cálculo seguida. Na simulação efectuada admitiu-se reflexão de 100% nas fachadas da banda de edifícios representada na figura. As características de reflexão do solo não afectam significativamente os resultados.

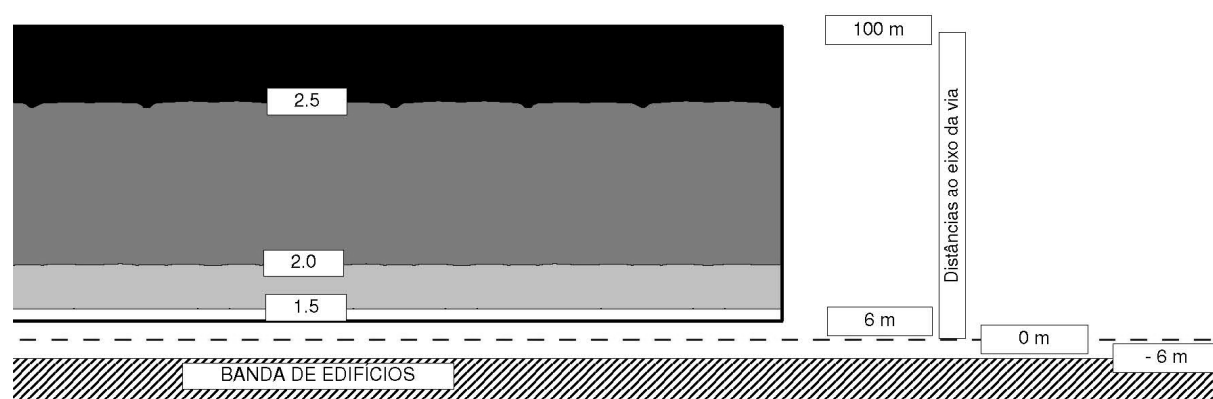


Figura 2 – Efeito das reflexões na banda de edifícios, nos níveis sonoros produzidos pela rodovia: diferenças entre níveis sonoros com reflexão total e sem reflexão.

3.4 Efeito dos obstáculos

Quando um obstáculo, como uma barreira sem frinchas, uma elevação do solo ou uma construção sem aberturas, se interpõe entre uma fonte sonora e um receptor, a energia sonora que se transmite através dele e atinge o receptor não tem, em regra significado. O efeito relevante que permite e condiciona a transmissão sonora resulta da difracção do som e traduz-se na propagação do som contornando o obstáculo. O efeito do obstáculo na redução da energia sonora transmitida será tanto maior quanto maior o afastamento das trajectórias do som do segmento de recta que une fonte e receptor.

A presença de vegetação densa junto à fonte do ruído, ao receptor ou a ambos pode ter algum efeito na atenuação do ruído. Para tal é necessário que a vegetação seja suficientemente densa para impedir completamente a visão a curta distância. Para que a atenuação tenha algum significado – digamos, 1 a 2 dB(A) – a extensão de vegetação atravessada pelas ondas sonoras terá de ser pelo menos de 10 m [9].

3.5 Efeito das condições meteorológicas

As condições meteorológicas afectam a propagação sonora, de forma crescente com a distância. Em França [4] é considerado o limite de 250 m como a distância a partir da qual é obrigatório atender aos efeitos respectivos. Estes resultam de gradientes verticais térmicos e aerodinâmicos que se estabelecem na atmosfera provocando a curvatura dos raios sonoros. Os gradientes são determinados pela velocidade e direcção do vento, pela nebulosidade, pela radiação solar, pelo estado seco ou húmido da superfície do solo e pelo período do dia. Consoante as condições que se verificam em cada momento a propagação pode ser favorecida ou contrariada. Condições de propagação favorável correspondem a raios sonoros curvos com a concavidade para baixo, limitando a eficácia de barreiras sonoras e outros obstáculos à transmissão do ruído.

Em Portugal, uma vez que não há informação meteorológica tratada para servir de suporte a estudos de ruído previsionais é corrente admitir-se propagação favorável durante metade do dia e durante toda a noite. Nos restantes períodos admite-se, por segurança, que a propagação não é afectada pelas condições atmosféricas, isto é, não é favorecida nem contrariada.

4 Medidas para limitar a exposição ao ruído no âmbito dos PP e PU

De acordo com o RGR, deve ser estabelecida nos PMOT “a classificação, a delimitação e a disciplina das zonas sensíveis e mistas.” Para apoiar a elaboração dos PDM, PU e eventualmente PP devem ser preparados mapas de ruído.

As zonas sensíveis e mistas a delimitar nos PMOT estão sujeitas a limites de exposição ao ruído traduzidos por valores máximos dos indicadores L_{den} e L_n , tal como se referiu em 2. O planeamento de novas áreas destinadas a usos sensíveis – habitações, escolas, hospitais e similares e espaços de lazer – implica, pois, medidas para assegurar a satisfação desses limites. Não basta apenas localizar convenientemente as novas áreas com base em mapas de ruído da situação existente. Com efeito, os novos usos criados geram ruído, em particular ruído de tráfego que não pode ser ignorado no ambiente urbano futuro que se planeia. É, assim, indispensável que os novos planos sejam acompanhados de um estudo de ruído que, com base em previsões da situação futura, oriente o planeamento e promova medidas que limitem suficientemente a exposição ao ruído dos edifícios e espaços destinados a usos sensíveis.

São essas medidas que se procura aqui equacionar genericamente, tendo presente as escalas próprias dos PU e PP. Distinguem-se, como é habitual fazer-se nestes contextos, medidas de intervenção na emissão, na propagação e na recepção do ruído. Antes de tratar separadamente cada um destes aspectos convém lembrar uma medida de carácter geral que não pode ser esquecida: atender à localização das zonas destinadas a actividades que se prevejam ruidosas, afastando-as dos locais vocacionados para usos sensíveis.

4.1 Intervenção na emissão de ruído

As fontes de ruído mais relevantes são o ruído do tráfego rodoviário, ferroviário e aéreo e o ruído da indústria. Não se tratam nesta comunicação o ruído do tráfego aéreo e da indústria, pois não se integram no contexto da presente abordagem. Para o tráfego ferroviário far-se-ão apenas algumas referências breves. O tráfego rodoviário é a fonte de ruído que está praticamente sempre presente em meio urbano e será aquele que aqui se tratará mais desenvolvidamente.

A medida que se considera mais importante para a limitação dos efeitos perniciosos do ruído do tráfego rodoviário é a separação do tráfego de atravessamento e do tráfego de acesso. Tal implica concentrar a circulação em vias principais protegendo delas os usos sensíveis e junto a estes limitar significativamente o tráfego que não se destina ao acesso. A figura 3 ilustra o princípio, que se aplica também a muitas outras situações distintas da ilustrada. O problema do ruído do tráfego é, com efeito, em parte um problema de organização da circulação rodoviária.

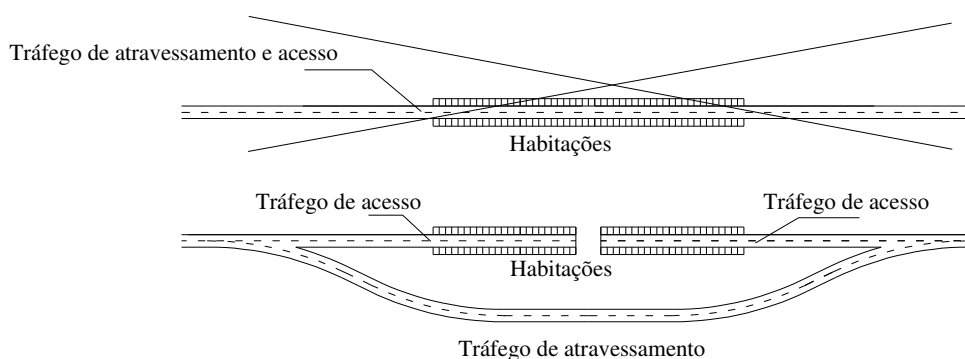


Figura 3 – Separar as vias de atravessamento e as vias de acesso.

Outra medida respeita à localização dos geradores de tráfego e respectivos acessos. Zonas comerciais, por exemplo, são geradores importantes de tráfego rodoviário e a sua localização e o modo como o acesso é assegurado são determinantes no ambiente sonoro a criar. Os parques de estacionamento são também geradores importantes de tráfego. Por vezes, a simples alteração do acesso para o lado oposto pode ser suficiente para impedir que um volume apreciável de tráfego circule junto a usos sensíveis (figura 4).

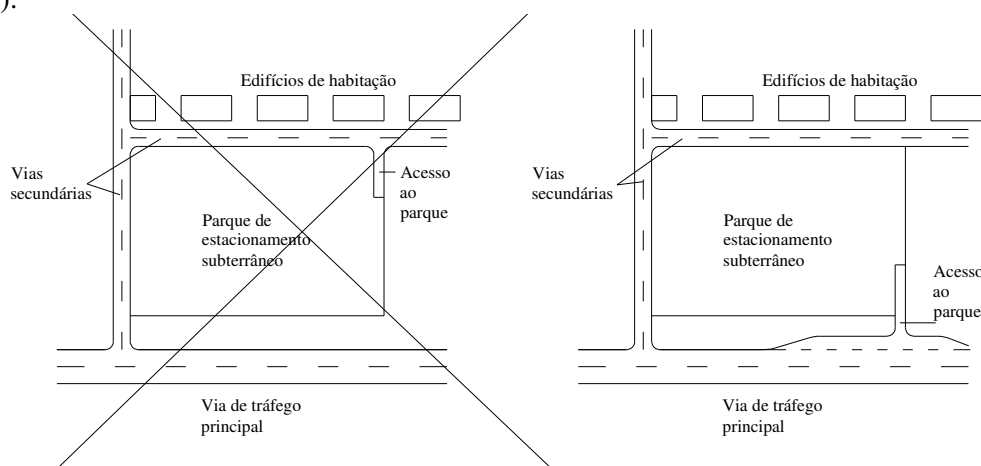


Figura 4 – Acesso ao parque estacionamento condiciona tráfego junto às habitações.

Viu-se atrás que os veículos pesados são bastante mais ruidosos que os ligeiros. Também se constatou que a limitação do ruído no período nocturno era especialmente importante, não apenas para dar satisfação aos limites do indicador L_n , mas também porque influencia fortemente o indicador L_{den} . Não admira, pois, que seja indispensável criar condições para uma severa limitação do tráfego de pesados no período nocturno, junto aos usos sensíveis.

Para além do volume do tráfego também a velocidade, o tipo de circulação – fluida ou irregular – e a inclinação das rodovias afectam o ruído produzido. É favorável a redução da velocidade para valores da ordem dos 50 km/h, mas não há benefício em valores mais baixos. Segundo [7], dependendo do tipo de veículo, tipo de circulação e inclinação das vias, o ruído do tráfego é mesmo superior em muitas situações de velocidades abaixo do 50 km/h. Interessa, naturalmente favorecer uma circulação fluida e vias pouco inclinadas.

No ruído produzido pelos veículos pode distinguir-se o ruído de propulsão, onde avulta o ruído do motor, e o ruído de rolamento que depende dos pneus e do pavimento rodoviário [10]. Para pavimentos correntes, a baixas velocidades – 40 a 60 km/h – a importância relativa do ruído de rolamento diminui, mas é ainda superior à do ruído de propulsão nos veículos ligeiros [11]. Para limitar esta componente do ruído total dos veículos têm sido desenvolvidos diversos tipos de pavimento de baixo ruído, que são porosos e absorventes sonoros, mas há dificuldades que ainda não estão suficientemente superadas, designadamente:

- A durabilidade dos pavimentos é menor devido ao envelhecimento mais rápido do aglutinante;
- Os poros tendem a colmatar, em especial, para velocidades baixas de circulação, comprometendo o efeito pretendido;
- Há necessidade de limpeza dos pavimentos com alta pressão.

Presentemente, estudam-se pavimentos de baixo ruído com camadas de revestimento mais finas (e poros menos profundos), havendo alguns resultados interessantes em pavimentos em uso para velocidades de 80 a 90 km/h.

O ruído do tráfego ferroviário depende, como se referiu já, do tipo de comboios, das características da plataforma, da velocidade e comprimento das composições e das frequências das passagens. Intervenções quer no material circulante, quer nas plataformas permitem reduzir significativamente o ruído emitido. No que se refere às plataformas é relevante a existência de juntas entre carris e as características elásticas dos carris, travessas e balastos. O ruído produzido pelo contacto rodas carris é determinante da emissão global e resulta de pequenas imperfeições nas respectivas superfícies que põem o material a vibrar. A vigilância e rectificação do bom estado das superfícies em contacto permitem reduzir o ruído emitido [12, 13].

4.2 Intervenção na propagação

Há basicamente dois efeitos que condicionam a propagação do ruído – a distância e os obstáculos – ambos tratados nos seus aspectos essenciais em 3.

O partido do efeito distância é de especial interesse quando estão em jogo pequenas distâncias. Para reduzir de 3 dB(A) o L_{eq} numa fachada resultante de uma via de tráfego a 5 m bastará um recuo da ordem de 5 m, mas se a via estiver a 50 m serão necessários à volta de outros 50 m. Quando as distâncias são elevadas torna-se de interesse explorar o efeito do solo que, sendo absorvente permite uma redução acrescida com a distância. As superfícies pavimentadas são habitualmente consideradas reflectoras, enquanto que as superfícies em terra com relva ou plantas são absorventes.

A presença de vegetação pode permitir alguma atenuação adicional, mas há que ter presente que não basta uma simples sebe para produzir qualquer efeito relevante, como se referiu em 3.4.

Para assegurar mais eficazmente a atenuação sonora na propagação há que criar obstruções acusticamente opacas às ondas sonoras, o que pode conseguir-se por três vias:

- Modelação do terreno;
- Execução de barreiras sonoras;

- Implantação coordenada das construções.

A modelação do terreno implica suficiente distância entre fonte e receptor para que haja espaço para a execução da elevação do solo sem taludes excessivamente inclinados (figura 5).

As barreiras sonoras precisam de menos espaço. Quando se trata de vias de tráfego rodoviário ou ferroviário devem estar o mais perto possível da fonte para assim aumentar o efeito de obstrução. Para evitar que a reflexão das ondas sonoras nas barreiras agravem os níveis sonoros do lado oposto das vias é de interesse recorrer a barreiras absorventes.

É necessário estudar as barreiras em corte vertical e também em planta de modo a assegurar a obstrução das vias, se possível, em toda a sua extensão.

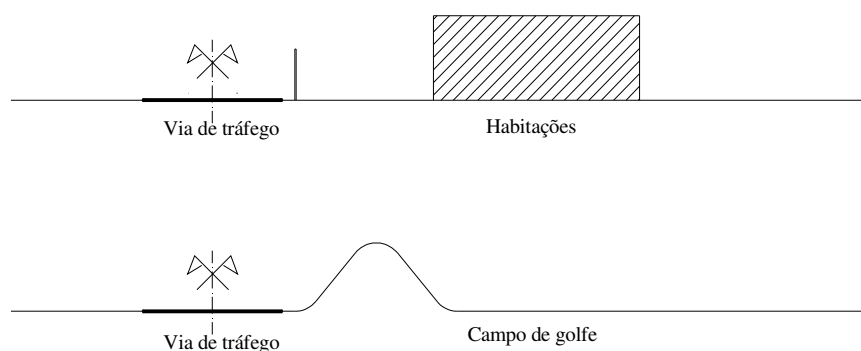


Figura 5 – Protecção de usos sensíveis com barreiras e com modelação do terreno.

A implantação coordenada de edifícios pode prestar-se à protecção daqueles que se destinam a usos mais sensíveis por outros menos exigentes. Apresenta-se um exemplo na figura 6.

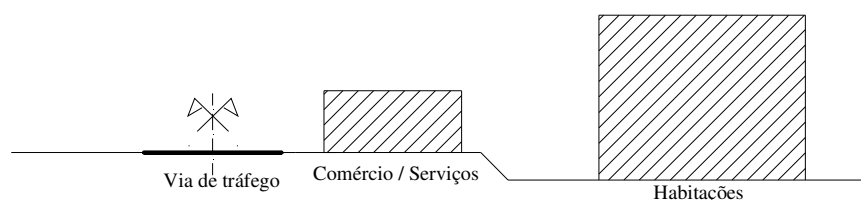


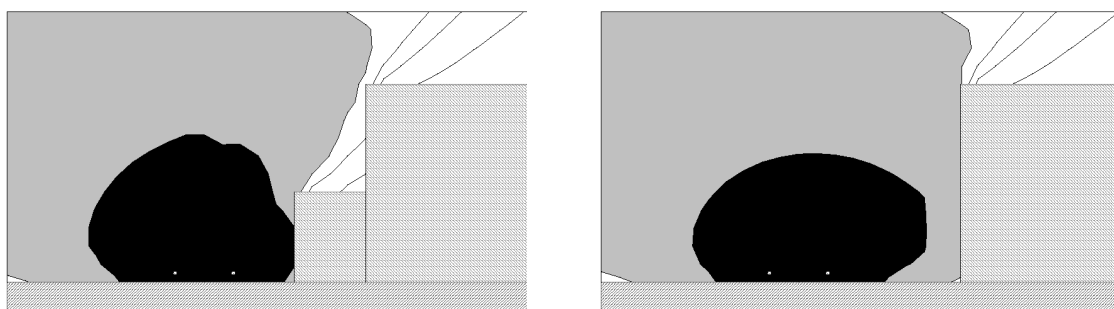
Figura 6 – Protecção de usos sensíveis por edifícios para usos menos exigentes.

4.3 Intervenção na recepção

A medida de intervenção na recepção, porventura mais prática, para reduzir a exposição ao ruído dos receptores sensíveis em edifícios é a melhoria do isolamento sonoro dos espaços interiores em relação às fontes de ruído exterior. Tal implica, em regra, intervenção nas fachadas dos edifícios, em especial, nos aspectos que são mais condicionantes do isolamento sonoro a sons aéreos – caixas de estore, estanquidade das caixilharias e, se existirem, entradas de ar.

O RGR não considera o efeito de medidas deste tipo quando fixa os limites dos indicadores L_{den} e L_n aplicáveis a zonas mistas e sensíveis (art.º 11º). No entanto, um tanto contraditoriamente, aceita, para efeito de licenciamento ou autorização de novos edifícios destinados a usos sensíveis ao ruído, que, em zonas consolidadas haja ultrapassagem dos referidos limites até 5 dB(A), desde que o isolamento sonoro em relação ao exterior seja reforçado de 3 dB (art. 12º, n.º 7, b).

Configurações em corte vertical especialmente estudadas podem ser uma forma de reduzir a exposição de fachadas a valores compatíveis com os limites regulamentares. A figura 7 ilustra um caso desse tipo, analisado com o programa e norma já atrás referidos. Nela representam-se os mapas de ruído calculados na secção vertical de uma via de tráfego marginada por edificações, em duas situações diferentes. Na imagem da esquerda, o andar, destinado a habitação, está recuado, mantendo-se o rés-do-chão, destinado a comércio ou serviços, avançado. O efeito de obstrução do rés-do-chão permite que a exposição ao ruído da fachada do andar venha reduzida. Na imagem da direita, a fachada do andar, apesar de se manter com o mesmo alinhamento da situação anterior, está bastante mais exposta ao ruído. Os dois pontos brancos sobre a via correspondem ao eixo das linhas de tráfego e representam, pois, as fontes de ruído. Quando existem edifícios de ambos os lados da via de tráfego, o efeito do recuo do andar é muito menos pronunciado, por causa das reflexões na fachada oposta.



Os pontos brancos são as linhas de tráfego. Preto significa exposição ao ruído mais elevada, cinzento intermédia e branco mais reduzida.

Figura 7 – À esquerda rés-do-chão avançado para comércio ou serviços protege a fachada do andar para habitação. À direita a fachada sem o rés-do-chão avançado.

5 Conclusões

A comunicação, após evidenciar as limitações em termos de tráfego rodoviário, que os requisitos de exposição ao ruído presentes no RGR geram, apresenta uma série de medidas a considerar na preparação dos PP e PU para lhes dar resposta.

Além da localização adequada das diferentes actividades, afastando as ruidosas das que requerem sossego, foram referidas as medidas relativas à emissão, à propagação e à recepção do ruído indicadas a seguir.

Em relação à emissão:

- Afastar o tráfego de atravessamento dos receptores sensíveis;
- Atender à localização dos geradores de tráfego e respectivos acessos;
- Condicionar o tráfego de pesados, em especial no período nocturno, junto a locais destinados a usos sensíveis;
- Favorecer vias e modos de circulação com características menos ruidosas;
- Atender às possibilidades dos pavimentos rodoviários de baixo ruído;
- Atender às possibilidades de redução do ruído de circulação ferroviária por intervenção na plataforma.

Em relação à propagação:

- Afastar receptores sensíveis das fontes de ruído, em especial, quando muito próximos delas;
- Prever solos absorventes para melhor potenciar o efeito de distância;
- Recorrer a barreiras sonoras, modelação do terreno ou interposição de outros obstáculos para atenuar o ruído propagado;
- Tirar partido da vegetação para atenuar o ruído propagado na medida das suas possibilidades (não basta uma simples sebe);

Em relação à recepção:

- Condicionar os isolamentos a sons aéreos em relação ao exterior dos edifícios quando não for viável limitar suficientemente a sua exposição ao ruído, embora o RGR seja bastante restritivo nesta opção, que se afigura que deveria ser alargada a uma gama maior de situações;
- Limitar a exposição das fachadas dos edifícios dotando-os de geometrias especialmente estudadas.

Referências

- [1] DECRETO-LEI n.º 9/2007. D.R., 1ª série, 12 (2007-01-17), p. 389-398. Aprova o RGR.
- [2] DECRETO-LEI n.º 380/99. D.R., 1ª série – A, 222 (1999-09-22), p. 6590-6622.
- [3] DATAKUSTIK – *Manual Cadna A (Version 3.4)*. DATAKUSTIK, Greifenberg, 2004.
- [4] CERTU et al – *Bruit des infrastructures routières. Méthode de calcul incluant les effets météorologiques. Version expérimentale. NMPB – Routes – 96*. Bureau Éditions du CERTU, Lyon, 1997.
- [5] DIRECTIVA 2002/49/CE. Jornal Oficial das Comunidades Europeias, L189 (2002-07-18), p.12-25. Relativa à avaliação da gestão do ruído ambiente.
- [6] NF XP S 31-133. 2001, Acoustique – *Bruit des infrastructures de transports terrestres. Calcul de l'atténuation du son lors de sa propagation en milieu extérieur, incluant les effets météorologiques*. Saint-Denis La Plaine, Association Française de Normalisation (AFNOR).
- [7] MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT ET DU CADRE DE VIE; MINISTERE DES TRANSPORTS. Direction Générale des Transports Intérieurs – *Guide du Bruit des Transports Terrestres. Prevision des niveaux sonores*. CETUR, 1980.
- [8] CARVALHO, L.C. – Aplicação da legislação sobre ruído à escala do aglomerado urbano. *QIC 2006 – Encontro Nacional sobre Qualidade e Inovação na Construção*. Lisboa, LNEC, 2006.
- [9] ISO 9613-2. 1996, *Acoustics – Attenuation of sound during propagation outdoors – Part 2: General method of calculation*. ISO.
- [10] FEHRL (Forum of European National Highway Research Laboratories) – Bruxelas – *Guidance Manual for the Implementation of Low-Noise Road Surfaces*. FEHRL, Bruxelas, 2006.
- [11] BENDTSEN, Hans – State-of-art of low-noise pavements. *INQUEST. Superfícies para minimização do ruído de tráfego*. Lisboa, LNEC, 2007.
- [12] SCHEUREN, Joachim – 100 ans d'ingénierie acoustique allemande appliqué aux techniques de reduction du bruit. *Acoustique et Technique*, 42-43, 2005, p.53-70.
- [13] MARGIOCCHI, F.; et al - Caractérisation vibro-acoustique d'une voie ferrée. *Acoustique et Technique*, 46-47, 2006, p. 23-32.