

Tipologia de Barreiras Acústicas: prós e contras

Brígida Carvalho Pais
Engenheira Civil
Consultora AFESP
Bpais@trafiurbe.pt
AFESP – Associação Portuguesa de Sinalização
Praça de Alvalade, nº 6, 1º andar, Office Center
1700-036 Lisboa

Sumário

O ruído está diretamente relacionado com a degradação da qualidade de vida das populações. Vários são os estudos realizados que demonstram que cerca de 40% da população se encontra exposta a níveis de pressão sonora superiores ao permitido, sendo o tráfego rodoviário o principal emissor[3]. Atualmente, uma solução técnica, expedita e económica, para atenuar este problema, passa pela construção de barreiras acústicas. Pretende-se com este artigo chamar a atenção para a problemática ambiental que é o ruído rodoviário, apresentando as barreiras acústicas como solução para a mesma, sendo a mais comum em Portugal.

Palavras-chave: Ambiente; Redução de Ruído; Tráfego Rodoviário; Barreiras Acústicas

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, o ruído tem vindo a ser alvo de diversos estudos, nomeadamente o chamado ruído ambiente.

A poluição sonora é hoje a terceira principal causa de poluição do Mundo. Em 1980, a Organização Mundial de Saúde (OMS), reconheceu que o ruído pode perturbar o trabalho, o descanso, o sono e a comunicação nos seres humanos, pode prejudicar a audição e causar ou provocar reações psicológicas e fisiológicas.

A nível global, uma das principais formas de ruído é o proveniente do tráfego rodoviário. Um estudo realizado pela Direção Geral do Ambiente, datado de 1989, mostrou que o índice de incomodidade do tráfego rodoviário era de 69,5%, sendo um dos principais fatores da degradação da qualidade de vida das populações.

Neste sentido, o presente artigo tem como objectivo alertar para as consequências desta problemática e o que pode ser feito de forma a atenuá-lo, através da colocação de dispositivos de redução de ruído, nomeadamente, barreiras acústicas.

2 RUÍDO - BASES TEÓRICAS

O som, de um modo geral, é definido como uma variação de pressão atmosférica que o ouvido humano pode detetar, em qualquer meio de propagação. O ruído pode definir-se como todo o fenómeno acústico que produz uma sensação auditiva desagradável ou incomodativa, suscetível de alterar o bem-estar das pessoas [1].

O ruído é caracterizado pela sua frequência (baixas frequências - sons graves; frequências médias; altas frequências - sons agudos), assim como da sua amplitude medida pela pressão sonora. A pressão sonora é a diferença entre a pressão ambiente instantânea e a pressão

atmosférica a partir da qual o ouvido humano é sensível, sendo a unidade do SI, o pascal (Pa). O ouvido humano é sensível a uma gama de pressões sonoras muito elevada, compreendida entre os 20 μ Pa (limiar de audição) e 20 Pa (limiar da dor), dependendo da frequência considerada [2].

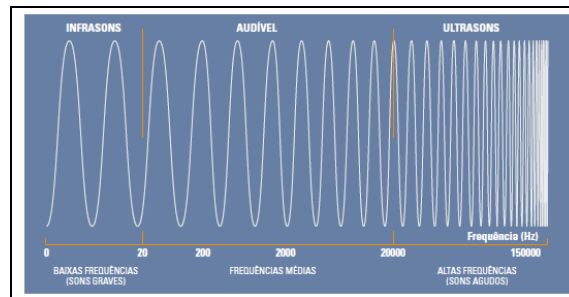


Fig.1. Gama de Frequências do Ruído [1]

A pressão sonora não é mais do que a diferença entre a pressão ambiente instantânea relativamente à pressão atmosférica, a partir da qual o ouvido humano é sensível.

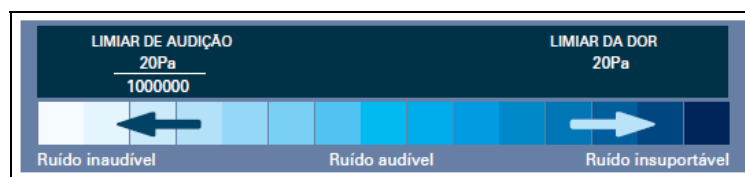


Fig.2. Escala linear da pressão sonora [1]

No entanto, torna-se pouco prática a utilização da escala em Pascal, por ser demasiado ampla, pelo que a mesma foi convertida em dB (decibéis), que corresponde a uma unidade logarítmica. A escala de valores de nível de pressão sonora varia assim entre 0 dB, considerado o limiar da audição e 140 dB, considerado o limiar da dor [1].

3 RUÍDO - EFEITOS NA SAÚDE HUMANA

Segundo a OMS, começa a haver efeitos negativos mais significativos decorrentes da exposição ao ruído para níveis superiores a 65 dB. O ruído normalmente emitido pelo tráfego rodoviário varia entre os 65dB e 90dB, o que demonstra uma emissão de ruído superior ao recomendado, tornando-se nocivo à saúde humana pela exposição permanente. Segundo a mesma organização, o tráfego rodoviário é a fonte de ruído mais problemática na sociedade moderna e a fonte dominante do ruído ambiente.

Resultantes de uma exposição permanente ao ruído, evidenciam-se em vários estudos realizados, os seguintes efeitos para a saúde [3]:

- Distúrbios do Sono - O maior efeito causado pela exposição contínua ao ruído de tráfego
- Efeitos Cardiovasculares

- Saúde Mental
- Irritabilidade
- Outros (tensão psíquica, náuseas, dores de cabeças, etc...)

4 RUÍDO RODOVIÁRIO - GRANDES INFRA-ESTRUTURAS DE TRANSPORTE

A atual legislação para efeitos de redução da poluição sonora, Regulamento Geral do Ruído (RGR), (Decreto-Lei nº278/2007 de 1 de Agosto), prevê a elaboração de mapas de ruído e planos de redução de ruído, onde conste informação acústica adequada, sendo obrigatória a correcção do nível sonoro de ruído ambiente exterior e de prevenção da poluição sonora [4].

A elaboração de mapas de ruído é obrigatória e deve ser realizada pelas câmaras municipais. No caso de municípios com mais 100 mil habitantes ou número igual ou superior a 2500 hab/km², e nas Grandes Infra-Estruturas de Transporte (GIT), é obrigatória a elaboração do mapa estratégico de ruído, que, para além da avaliação global da exposição da população ao ruído ambiente exterior, estabelece previsões globais para determinada zona [4].

O mapa de ruído é uma representação gráfica da distribuição espacial dos níveis de ruído ambiente exterior, constituindo-se como um meio de diagnóstico, revelador em detalhe das emissões sonoras, da influência das diferentes fontes e da população exposta a este. Mostra-se em seguida um exemplo de um mapa de ruído.

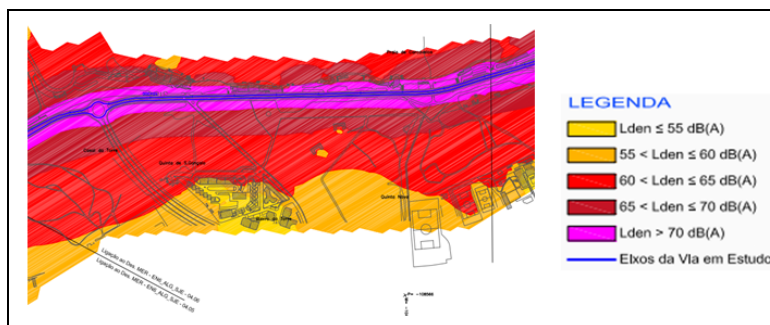


Fig.3. Exemplo de Mapa de Ruído [5]

Todas as infra-estruturas, novas ou em exploração, estão sujeitas a valores máximos admissíveis de ruído ambiente no exterior. Nos termos da Lei, a aplicação do critério de exposição máxima, obriga aos seguintes limites:

- Zona Mista: 65 dB(A), expresso pelo indicador Lden e 55 dB(A), expresso pelo indicador Ln.
- Zona Sensível: 55 dB(A), expresso pelo indicador Lden e 45 dB(A), expresso pelo indicador Ln.

Para as zonas sensíveis, os valores limites igualam-se aos das zonas mistas, quando próximas de GIT. Quando na proximidade esteja projetada uma GIT (não aéreo), a exposição máxima ao ruído é de 60 dB(A), expresso pelo indicador Lden e 50 dB(A), expresso pelo indicador

Ln. Entende-se por " Lden ", o Indicador de ruído diurno-entardecer-noturno e o " Ln ", o Indicador de ruído noturno.

Zona Sensível, é a área definida em plano municipal de ordenamento do território como vocacionada para uso habitacional ou escolas, hospitais ou similares, ou espaços de lazer, existentes ou previstos, podendo conter pequenas unidades de comércio e de serviços destinadas a servir a população local, tais como cafés e outros estabelecimentos de restauração, papelarias e estabelecimentos de comércio tradicional, sem funcionamento no período noturno.

Por *Zona Mista*, entende-se a área definida em plano municipal de ordenamento do território, cuja ocupação seja afeta a outros usos, existentes ou previstos, para além dos referidos na definição de zona sensível [4].

De forma a tornar os valores indicadores de ruído mais perceptíveis, segue-se a figura 4, onde está representada uma escala sonora com diversos cenários do quotidiano. É possível desta forma quantificar os níveis de ruído a que a população se encontra exposta diariamente, e compará-los.

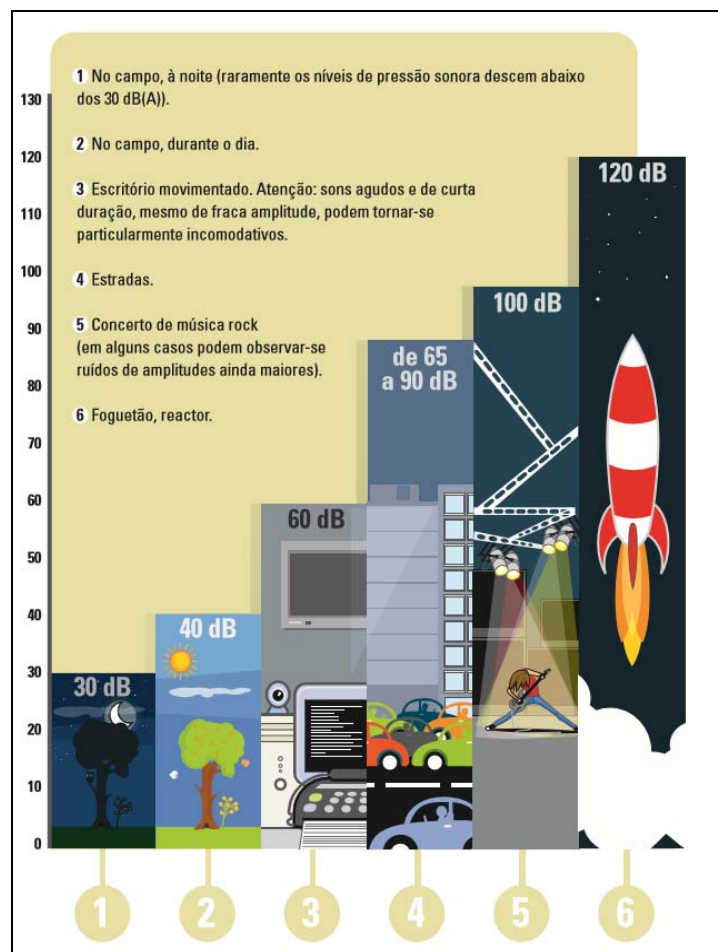


Fig.4. Escala Sonora [1]

5 RUÍDO RODOVIÁRIO - BARREIRAS ACÚSTICAS COMO ELEMENTO REDUTOR

Segundo o RGR, devem ser adotadas as medidas necessárias ao comprimento dos valores de exposição de ruído referidos no art.11º, do DL nº278/2007, de 1 de Agosto, medidas essas que devem ser compridas pela seguinte ordem:

- a) Medidas de redução na fonte de ruído;
- b) Medidas de redução no meio de propagação de ruído.

No mesmo artigo pode ler-se que "a adoção e implementação das medidas de isolamento sonoro nos recetores sensíveis (...), compete à entidade responsável pela exploração das infra-estruturas referidas" [4]. Atualmente, as medidas de mitigação do ruído produzido pelo tráfego rodoviário, passam essencialmente pela aplicação de pavimentos silenciosos e/ou pela construção de dispositivos de redução de ruído, nomeadamente, as barreiras acústicas. Vários estudos demonstram que o ruído causado pelo tráfego rodoviário deve-se predominantemente à interação pneu/pavimento. A utilização de pavimentos silenciosos apresentam bons comportamentos relativamente à redução do ruído, chegando a valores de redução da ordem dos 10 dB(A). No entanto, e pela bibliografia consultada, falta ainda entender a sua eficácia ao longo do tempo, com todo o desgaste a que está sujeito, sendo de esperar uma redução do seu desempenho [6]. As barreiras acústicas surgem como uma das medidas de redução de ruído de propagação mais utilizadas, uma vez que permitem de forma eficaz e relativamente mais económica, proteger áreas localizadas que se encontrem perto das vias. Têm a vantagem de poder ser construídas de forma estratégica e proteger os recetores consoante a sua localização em relação ao emissor de ruído (estrada), ocuparem pouco espaço e terem uma vida útil longa.

4.1 Barreiras Acústicas - Fatores determinantes no seu desempenho

As barreiras acústicas são dispositivos limitadores de som, construídos entre as habitações e as estradas. A trajetória da onda sonora é impedida pela presença deste obstáculo. Da sua constituição fazem normalmente parte um material absorvente e/ou outro reflector do som. A redução do ruído provocado pela barreira acústica resulta dos fenómenos de reflexão, absorção, transmissão e difração, que ocorrem entre o emissor e o recetor do ruído. Ao atingir a barreira, parte da energia sonora é refletida novamente em direção à fonte, outra parte é absorvida pela barreira e outra é transmitida ao recetor através da mesma. Pode também existir difração do som, pelo topo ou pelas laterais da barreira [2].

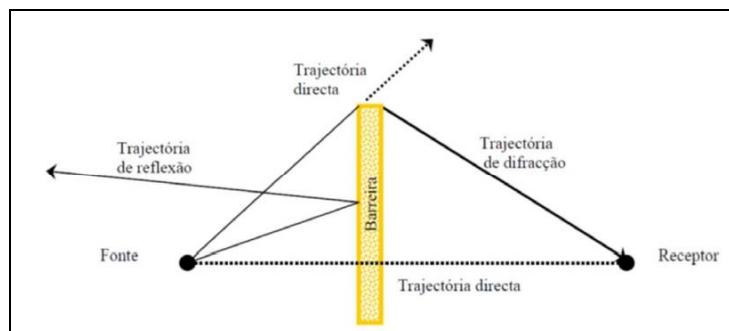


Fig.5. Esquema da propagação do som na presença da barreira acústica [7]

O efeito da difração é um dos fenómenos mais relevantes para o desempenho da barreira acústica. Para entender o efeito que a difração sonora exerce na eficácia de uma barreira, deve analisar-se a geometria da mesma e as distâncias que a onda sonora percorre entre a fonte e o recetor [2].

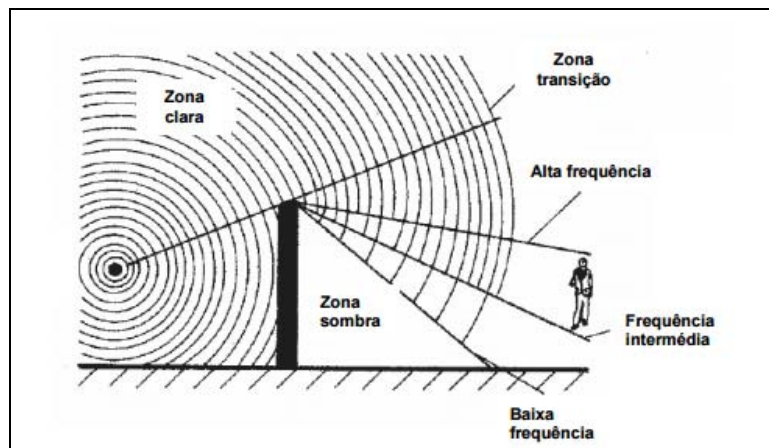


Fig.6. Difração por um Barreira Acústica [8]

Devido à difração, o som pode atingir o recetor através de um percurso indireto sobre a barreira, criando o que se chama de uma zona sombra e uma zona clara. As ondas ao incidirem na barreira, sofrem um encurvamento que se propaga, criando zonas com diferentes intensidades de propagação. A onda sonora não tem um comportamento retilíneo ao encontrar o obstáculo, sendo que as ondas não refletidas ou não absorvidas, chegam aos topos /arestas do obstáculo, sofrem difração e chegam ao emissor de forma indirecta. A eficácia das barreiras acústicas está dependente, para além das suas dimensões, da sua correcta construção e implantação em relação ao emissor/recetor, do vento, da temperatura, do tipo de solo, do material de que é fabricada e/ou outros obstáculos na envolvente.

4.1.1 Distância emissor/barreira/recetor

A atenuação do ruído é máxima, quando as distâncias emissor/barreira/recetor, são mínimas. Habitualmente, tende-se a construir a barreira o mais próximo da via possível. Contudo, nem sempre esta é a solução mais eficaz. Em alguns casos, as barreiras colocadas mais perto do recetor apresentam melhor desempenho, nomeadamente, quando estes são de altura reduzida, principalmente pelo efeito da difração (zona sombra).



Fig.7. Área de influência da barreira acústica [9]

4.1.2 Altura e comprimento da barreira

Quanto mais alta for a barreira, maior a atenuação sonora produzida, uma vez que maior será a diferença da distância entre o percurso directo da onda sonora e o percurso sobre o topo da barreira e, portanto, maior será a atenuação provocada pela mesma [10]. Em relação ao comprimento, uma regra empírica adotada pela FHWA (Federal Highway Administration), diz que a barreira deve ser comprida o suficiente, para que a distância entre o recetor e a extremidade da barreira seja pelo menos, 4 vezes a distância na perpendicular, entre o recetor e a barreira [8].

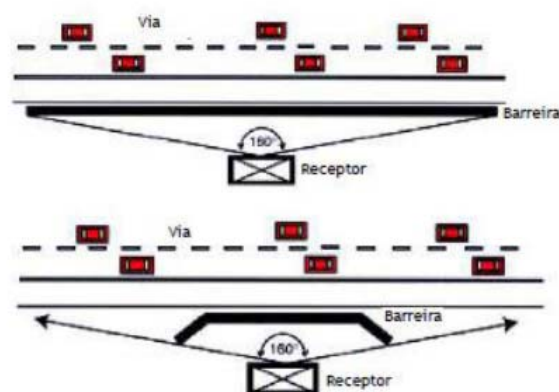


Fig.8. Esquematização do comprimento da barreira acústica [11]

Na prática, a barreira acústica deve estender-se em cerca de 150 metros para cada lado da área a proteger. Quando não é possível estender o comprimento da barreira, uma solução a adotar é inclinar as suas extremidades, conforme se observa na figura 8.

4.1.3 Capacidades de Absorção

As barreiras acústicas podem ser classificadas quanto ao tipo de absorção sonora que conferem, distinguindo-se por barreiras absorventes ou barreiras refletoras. Quando combinadas, designam-se por barreiras mistas. A existência de superfícies refletoras na proximidade das barreiras acústicas, reduz o seu desempenho. Acontece em situações onde existam barreiras paralelas ou edifícios paralelos à barreira. Nestes casos, é imperativa a utilização de barreiras absorventes do lado do emissor, para reduzir a pressão sonora refletida e diminuir o ruído nos recetores opostos aos protegidos. A aplicação de material absorvente na superfície das barreiras acústicas, reduz o efeito das reflexões múltiplas, que aumentam a

probabilidade de difração do som pelas extremidades da barreira. O efeito das reflexões múltiplas é também mais frequente com a circulação de veículos pesados.

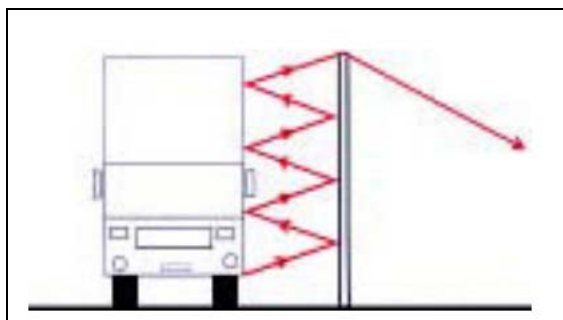


Fig.9. Efeito de reflexões múltiplas na presença de veículos pesados [11]

4.1.4 A forma da barreira

A forma da barreira, principalmente o seu topo, é um fator físico que pode influenciar muito a eficácia do dispositivo, devido ao efeito da difração. Foram já estudadas várias configurações, em forma de "Y", "T", cogumelo ou cilindro, entre outras. Estes dispositivos colocados no topo da barreira, têm além da mais valia de redução da difração, poder eventualmente intervir na sua altura, reduzindo o custo da mesma, assim como o impacto visual [7].

4.1.5 Outros fatores

A manutenção e conservação da barreira acústica contribui para o seu bom desempenho. Com o passar dos anos, é normal que possam aparecer fissuras, aberturas entre a barreira e o solo ou entre os painéis que a constituem e os seus suportes. É importante garantir a selagem de todos os materiais de forma a não comprometer a estanquicidade acústica.

4.2 Barreiras Acústicas - Tipos e materiais de construção

Quanto ao tipo de material que as constitui, as barreiras acústicas podem ser de betão, alvenaria, madeira, acrílico, metal e plástico. Existem ainda as barreiras naturais, que podem ser motas de terra ou cortinas arbóreas. Como já foi dito anteriormente, podem ser classificadas pela sua capacidade de absorção, sendo absorventes e/ou refletoras. A escolha do tipo de material da barreira acústica depende do projetista, do enquadramento paisagístico da barreira, do seu custo, da manutenção exigida e da redução sonora pretendida. Atualmente, as barreiras acústicas mais utilizadas pelas concessionárias em Portugal, passam essencialmente por barreiras metálicas, de betão, de acrílico e/ou mistas, pelo que serão abordadas neste trabalho. As barreiras acústicas metálicas, são fabricadas em chapa de aço ou alumínio, ondulado ou perfilado, normalmente microperfurado de um dos lados, conferindo ao painel propriedades absorventes. No seu interior têm um painel de lã de rocha, de densidade variável, responsável pela absorção sonora. São barreiras que conferem boa capacidade de absorção e, com a manutenção adequada, têm uma vida útil bastante longa. Têm ainda a vantagem de serem de fácil manutenção e construção, dadas as dimensões reduzidas dos painéis. Podem ser lacadas de várias cores por forma a enquadrar-se paisagisticamente, sendo uma mais valia ao nível estético.



Fig.10. Exemplo de barreira acústica metálica

As barreiras acústicas em betão podem também ter propriedades absorventes, sendo para isso, usados na sua fabricação, grãos de argila expandida, grãos de cerâmica ou fibras de madeira, criando uma face porosa, nervurada, que confere à barreira boa absorção sonora. Podem ser fabricadas em diversas medidas e pigmentadas em algumas cores. São barreiras com alta durabilidade, que exigem pouca manutenção, tendo como principal desvantagem os recursos que exigem na sua montagem, dado o peso dos painéis.



Fig.11. Exemplo de barreira acústica de betão

Uma das principais desvantagens das barreiras acima mencionadas é a sua opacidade, impedindo a propagação de luz e a visibilidade, tanto para os condutores como para os habitantes. Desta forma, são normalmente criadas "janelas" nas barreiras acústicas, inserindo painéis acrílicos transparentes entre os opacos, fazendo a integração paisagística a quem passa junto da barreira, reduzindo o impacto visual da mesma. Estes painéis, têm como principal desvantagem serem totalmente refletivos, terem um custo mais elevado e criar ilusão de não

existência de barreira, tendo como consequência o choque de aves na mesma. Devido a serem reflectoras, são habitualmente aplicadas apenas entre 5% a 10% de acrílicos na totalidade de uma barreira acústica mista.



Fig.12. Exemplo de barreira acústica metálica com janela em acrílico

Não sendo estas barreiras praticamente usadas em Portugal, podem ainda acrescentar-se as barreiras acústicas de revestimento vegetal, que combinam um bom desempenho a nível de redução de ruído [15], com um excelente enquadramento paisagístico por serem revestidas por plantas trepadeiras. Os painéis são estruturalmente semelhantes aos metálicos, cujo interior é constituído por um painel de lã de rocha, protegido por uma estrutura metálica que permite o revestimento vegetal. São barreiras muito pouco usadas e exploradas em Portugal, apesar de termos condições climáticas que favorecem a longa duração destas barreiras. Como principal desvantagem têm o facto do seu efeito não ser imediato, dado o tempo que as plantas demoram a cobrir toda a barreira.



Fig.13. Exemplo de barreira acústica com revestimento vegetal

4.3 Barreiras Acústicas - Avaliação de desempenho

O desempenho extrínseco e intrínseco de uma barreira acústica serve de forma da avaliação do dispositivo. Para avaliar a redução de ruído com base nas características intrínsecas de uma barreira, aplicam-se métodos de ensaios laboratoriais e *in situ*, para determinação da absorção, do isolamento sonoro aéreo, da reflexão e da difração. O desempenho extrínseco deste dispositivo de redução de ruído é avaliado através de ensaios realizados *in situ*, analisando fatores que não estão relacionadas com o produto, mas sim com fatores externos, nomeadamente, o cuidado na construção da barreira, o solo, a sua implantação, a existência de obstáculos na envolvente, entre outros [2].

Das características intrínsecas avaliadas na barreira acústica, são a sua capacidade de absorção e isolamento as que normalmente fazem parte dos cadernos de encargos das concessionárias, sendo exigidos valores mínimos dos mesmos. Segunda a norma, (NP EN 1793-1:2008, NP EN 1793-2:2008), para além dos valores de absorção ($DL\alpha$) e isolamento (DLr), podem ser atribuídas categorias segundo o desempenho do equipamento a esses mesmos fatores.

Para obtenção das categorias de desempenho de determinado dispositivo de proteção acústica, realizam-se ensaios laboratoriais. Na determinação de desempenho extrínseco de uma barreira acústica, o parâmetro mais usado é a "perda por inserção", que se resume pela diferença dos níveis de pressão sonora medidos num determinado recetor, antes e depois da instalação da barreira. O desempenho da barreira é eficiente, se a respetiva perda por inserção for positiva [2]. No que confere ao desempenho não acústico dos dispositivos de redução de ruído, pode ser consultada a norma EN1794-1:2011 que regula o comportamento mecânico e requisitos de estabilidade da barreira acústica, e a norma EN1794-2:2011, para requisitos de segurança e proteção ambiental.

4.3.1 Desempenho das barreiras acústicas

Vários foram já os estudos realizados de forma a verificar a eficiência das barreiras acústicas. A avaliação extrínseca da barreira calculando a perda por inserção é o mais usual, pois determina *in situ* valores reais de redução de ruído. Nestes mesmos casos de estudo, as combinações passam maioritariamente por barreiras metálicas versus barreiras de betão versus barreiras em alvenaria, com ou sem acrílicos na sua composição. De todos os estudos se conclui que as barreiras acústicas desempenham a sua função, tendo em conta os diversos cenários e as características intrínsecas e extrínsecas da mesma. Da análise de resultados de vários estudos, podem resumir-se os seguintes pontos:

- A localização, o tipo de solo e o perfil do terreno exercem uma grande influência na redução sonora [14];
- As barreiras acústicas localizadas no cimo de taludes com vegetação, apresentam uma eficácia condicionada, uma vez que o talude e a própria vegetação funcionam como barreira acústica natural, com capacidades absorventes [2], [7];
- Por norma, a barreira acústica metálica apresenta valores de redução de ruído superiores, na generalidade da gama de frequências [2];
- As barreiras em betão e em alvenaria apresentam valores de redução de nível sonoro semelhantes, tendo as barreiras de betão um muito bom desempenho, para baixas frequências [7];
- Em média, uma barreira acústica proporciona reduções de ruído, em condições normais, na ordem dos 10 dB(A) a 15dB(A) [11];

- Os diferentes tipos de materiais usados na construção das barreiras acústicas, a forma da sua superfície e as características de absorção, são significativos na eficácia das mesmas [12];
- As reduções sonoras *in situ* são sempre superiores às previstas pelo modelo de comportamento simplificado (método de Maekawa) [12].

6 PERCEÇÃO HUMANA

Apesar do efeito benéfico na saúde, as barreiras acústicas nem sempre são bem aceites pelo público. Certos da melhoria da qualidade de vida, é sempre apontado o impacto visual, como o maior efeito negativo das barreiras. Muitos moradores na envolvente de uma barreira acústica, consideram que a presença da barreira restringe o seu campo de visão, provoca sensação de encarceramento, de perda de luz natural e impede a circulação do ar [8]. Também os condutores se queixam da perda de visibilidade da paisagem e da monotonia causada pela barreira acústica, que causa a sensação do efeito tipo túnel. Na Europa, contrariamente ao que acontece em Portugal, a integração visual e a qualidade do ambiente, são das características com maior peso na escolha do tipo e design de uma barreira acústica. Em Portugal, na maioria dos casos, as barreiras são escolhidas tendo por base uma análise comparativa do custo dos seus materiais. Atualmente o mercado oferece uma vasta gama de acabamentos para as barreiras acústicas, de forma a minimizar a sua maior desvantagem: o impacto visual e não enquadramento com a paisagem.

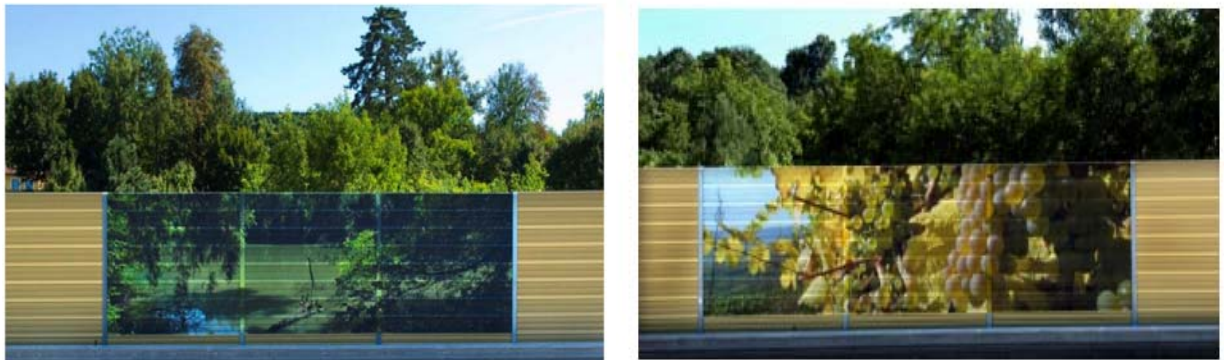


Fig. 14 e 15 - Barreira acústica metálica com efeito "photorealistic" [13]



Fig.16. Barreira acústica em acrílico transparente com efeito [13]

Quadro 1. Vantagens e Desvantagens das barreiras por tipologia [16]

Tipologia da Barreira Acústica	Vantagens	Desvantagens
Metálica	<ul style="list-style-type: none"> • Boa capacidade de absorção • Ocupa pouco espaço • Painéis modulares (leves) • Fácil montagem/manutenção • Integração paisagística fácil de conseguir comparativamente ao betão 	<ul style="list-style-type: none"> • Opacidade • Impacto Visual • Exige mais manutenção devido à degradação dos materiais que constituem os painéis (corrosão)
Betão	<ul style="list-style-type: none"> • Boa capacidade de Absorção • Autoportante • Ocupa pouco espaço • Material muito resistente (mesmo em condições climáticas mais adversas) 	<ul style="list-style-type: none"> • Opacidade • Impacto Visual • Montagem exige meios mais complexos • Limitado número de cores de acabamento
Acrílica	<ul style="list-style-type: none"> • Transparente - não obstrui o campo de visão e permite a visualização da paisagem • Ocupa pouco espaço • Resistente aos raios UV • Vida útil moderada - exige pouca manutenção 	<ul style="list-style-type: none"> • Totalmente reflectora • Custos mais avultados • Material mais frágil
Vegetal	<ul style="list-style-type: none"> • Boa capacidade de absorção • Ocupa pouco espaço • Boa integração paisagística - pouco impacto visual 	<ul style="list-style-type: none"> • O efeito "barreira vegetal" não é imediato • O revestimento vegetal pode não ser constante durante a vida útil da barreira • Custos mais avultados

7 CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objetivo abordar, de forma breve, a problemática do ruído no meio ambiente, os efeitos nocivos para a saúde humana, apresentando as barreiras acústicas,

por se tratar de um dos dispositivos de redução de ruído mais utilizados. Relativamente às barreiras acústicas mais construídas em Portugal, metálicas e de betão, (com características absorventes), não pode afirmar-se *in situ*, qual das duas apresenta de forma garantida melhores resultados na redução do ruído, uma vez que para tal, teriam de ser realizados ensaios às duas barreiras em situações iguais de envolvente. No entanto, é possível verificar que ambas desempenham de forma positiva a sua função, no que confere à capacidade de atenuação sonora, registando valores de redução na ordem de 14dB(A) e 16,8dB(A) para barreiras de betão e metálicas, respetivamente.[2] Constata-se ainda que os valores de redução sonora obtidos por modelos simplificados de comportamento (Método Maekawa), são inferiores comparativamente aos resultados obtidos *in situ* [12], como é possível verificar no quadro seguinte:

Quadro 2. Redução sonora medida “in situ” e prevista pelo método de Maekawa [12]

Caso de Estudo	Redução Sonora Medida <i>in situ</i> (dB)	Redução Sonora prevista (dB) - Método Maekawa
Metálica	21,2	19,3
Betão	19,9	14,7

Tal como referido no quadro 1, ambas as barreiras, metálicas e de betão, apresentam boa capacidade de absorção. As barreiras vegetais, não tendo entrado no estudo acima, apresentam também valores satisfatórios neste campo. As barreiras constituídas por acrílicos, são apenas reflectoras.

Tirando o factor "absorção", todas elas têm a vantagem de ocupar pouco espaço e terem uma vida útil longa, exigindo as metálicas e acrílicas alguma manutenção a longo prazo, sendo as de betão as que têm o material mais resistente e duradouro, apesar de obrigarem a meios mais complexos de montagem.

Todas têm a desvantagem de serem opacas, não permitindo nem a passagem de luz, nem a visualização da paisagem, com excepção das acrílicas, sendo mesmo esta a sua maior vantagem.

Ainda assim, dadas as vantagens e desvantagens da sua construção e com toda a oferta existente no mercado, pode afirmar-se que se trata de uma solução eficaz e relativamente económica, face a outras medidas de redução de ruído, devendo no entanto ser considerada a utilização de barreiras acústicas de revestimento vegetal, dada a sua compatibilização com o meio ambiente, principalmente em zonas não urbanas.

8 REFERÊNCIAS

1. APA - Agência Portuguesa do Ambiente, disponível em <http://www.apambiente.pt/>.
2. S.A. Xavier, "Comportamento de barreiras acústicas em Portugal", Universidade do Minho, 2009.
3. C. Ramos; J. Lopes; M. Silva, "Levantamento de informação sobre os efeitos na saúde humana associados à exposição a ruído ambiente", APA, Escola Superior e de Tecnologia da Saúde de Lisboa, 2010.

4. Regulamento Geral do Ruído, Decreto-Lei nº 9/2007 de 17 de Janeiro, *Diário da República, 1ª Série - nº12*, 2007; 3ª versão, Decreto-Lei nº 278/2007 de 01/08, em <http://www.pgdlisboa.pt>.
5. Infraestruturas de Portugal, Mapas estratégicos de ruído, disponível em www.infraestruturasdeportugal.pt.
6. E. Freitas, "Contribuição da Superfície dos Pavimentos para a Produção do Ruído", Universidade do Minho, 2008.
7. M.A.T. Pires, "Barreiras Acústicas, avaliação da sua eficácia", Universidade do Minho, 2014.
8. M.J. Crocker, Handbook of Noise and Vibration Control. New Jersey: John Wiley & Sons. ISBN 978-0-471-39599-7, 2007.
9. L.T. Silva, "Avaliação da Qualidade Ambiental Urbana", Universidade do Minho, 2007.
10. G.A. Daigle, "Technical assessment of the effectiveness of noise walls - Final Report". Noise/News International, I-INCE Publication 99-1, 1999.
11. A.J.C. Rodrigues, "Barreiras Acústicas, uma solução para controlar o ruído em meio urbano", Universidade do Minho, 2013.
12. L. Bragança, E. Freitas, D. Pinheiro, "Eficácia de Barreiras Acústicas", Universidade do Minho, 2006.
13. SCHUTTE, "Noise Protection", disponível em www.schuette.aluminium.de.
14. M.F.F. Neto, S.R. Bertoli, "Desempenho de Barreiras Acústicas ao ar livre: Comparação entre aspectos objectivos e subjectivos", 2002.
15. Rock Delta, Green Noise Barriers, "Product Guide", March 2007, disponível em www.gnf.eu.
16. A.P. Oliveira de Carvalho, C. Rocha, "Manual Técnico para Elaboração de Planos Municipais de Redução de Ruído", Agência Portuguesa do Ambiente, versão 2724027/08, Abril de 2008.