

### 3. BARREIRAS ACÚSTICAS NA CIDADE

Não há um lugar quieto nas cidades do homem branco. Nenhum lugar onde se possa ouvir o desabrochar das folhas na primavera ou o bater de asas de um inseto. Mas talvez seja porque sou um selvagem e não compreendo. O ruído parece somente insultar os meus ouvidos”<sup>23</sup>

Com o constante crescimento das cidades e, conseqüentemente, a inevitável necessidade de mobilidade, conforme abordado no primeiro capítulo, o aumento do tráfego torna-se inexorável. A fim de melhorar ou, ao menos, manter a qualidade de vida das populações dessas cidades, são fundamentais medidas minimizadoras para os problemas conseqüentes do tráfego, como, por exemplo, o aumento do ruído urbano. Assim, ressalta Ana Filipa Barreto (2004): “É neste âmbito que surge a necessidade de instalar barreiras acústicas”.

É possível atenuar os efeitos do ruído urbano com a construção de barreiras acústicas em locais estratégicos, para proteger áreas consideradas sensíveis a determinadas fontes de ruídos, como, por exemplo, áreas residenciais próximas a rodovias ou ferrovias. Essas barreiras atuam interceptando os raios sonoros, ainda no local ou próximo a ele, reduzindo o seu nível de intensidade sonora.



Figura 42 Fotos de barreiras acústicas urbanas.

Fonte: Kotzen e English (1999).

<sup>23</sup> Trecho da carta resposta de um Cacique Seattle ao governo dos Estados Unidos, que tentava comprar suas terras, em 1854.

A instalação de barreiras urbanas contribui, inclusive, para os programas arquitetônicos mais exigentes em relação à questão acústica, na medida em que permite considerar uma atenuação inferior à que seria constatada na ausência da barreira.

Essas barreiras de proteção contra os ruídos urbanos ainda não possuem uma terminologia universal e considerada apropriada para ser aplicada em trabalhos científicos, podendo ser referidas como "cercas do ruído", "cortinas do ruído", "barreiras acústicas" ou, mais recentemente, "barreiras ambientais"<sup>24</sup>. No Reino Unido, barreiras ambientais são constantemente citadas como barreiras de redução de ruídos e/ou barreiras de proteção visual (KOTZEN; ENGLISH, 1999).

A mutabilidade na terminologia ocorre porque as barreiras começaram a surgir apenas na segunda metade do século XX, portanto ainda muito recentes. Entretanto, considerando que o tema desta dissertação é a Acústica Arquitetônica, será usado o termo "barreira acústica urbana" para toda e qualquer estrutura natural ou edificada dentro do contexto urbano que amenize os efeitos do ruído sobre uma área sensível.

### 3.1 Evolução

O aumento contínuo do uso de barreiras acústicas na Europa, nos Estados Unidos e na Austrália retrata a consciência, também crescente, do público em geral com os efeitos nocivos da poluição sonora, causados muitas vezes pelos principais projetos de infra-estrutura das cidades, especialmente em rodovias e ferrovias. Isso tem impulsionado governos a criarem legislações que motivem autoridades responsáveis a investir na atenuação sonora urbana e rural. O crescimento da demanda por um meio ambiente mais silencioso tem feito com que aumente, consideravelmente, o mercado de barreiras acústicas na Europa nos últimos anos, que, acredita-se, continuará crescendo, como resposta a uma conscientização de arquitetos e urbanistas no combate ao ruído ambiental.

---

<sup>24</sup> Termos originais: noise fences, noise screens, acoustic barriers e environmental barriers.

Em vários países da Europa, os limites toleráveis de perturbação sonora em locais residenciais já são predeterminados na construção de novas rodovias e ferrovias. Observando a figura 43, nota-se que o limite máximo recomendado não passa de 65dB durante o dia e 60dB durante a noite, níveis que oferecem conforto acústico mínimo.

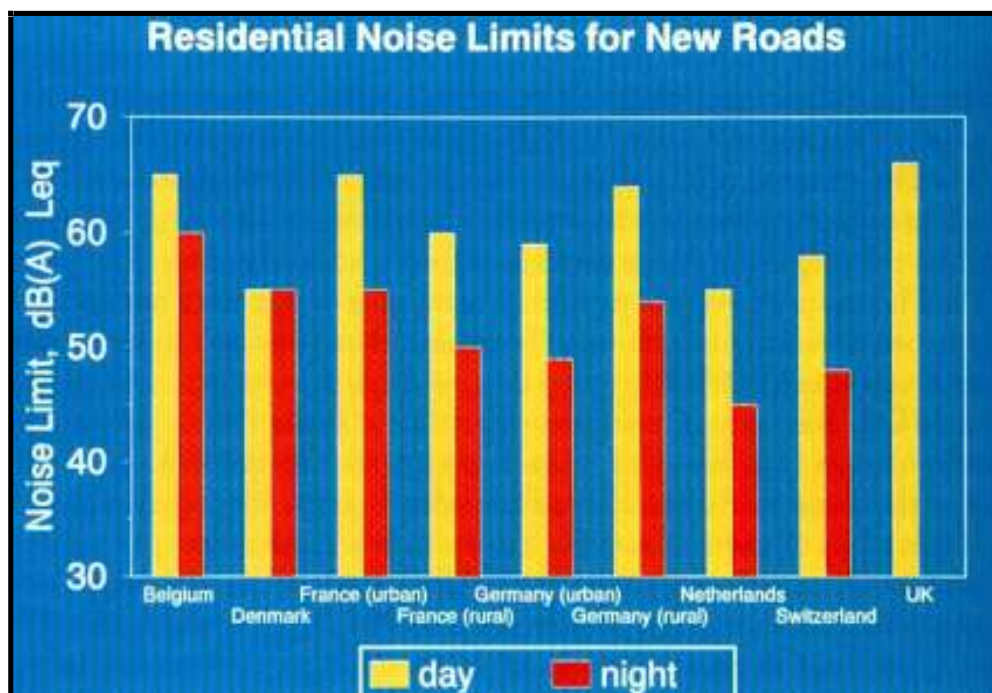


Figura 43 Comparação entre os limites máximos recomendados de ruído em rodovias próximas a zonas residenciais de alguns países da Europa.

Fonte: Kotzen e English (1999).

Barreiras acústicas urbanas são usadas na Inglaterra desde 1960. Nas principais rodovias, o método mais adotado inicialmente era alguns elevados de terra com cercas de madeira, para inibir a transmissão do som e ao mesmo tempo contribuir para o visual. Mas, em alguns casos, segundo Kotzen e English (1999), essas barreiras naturais estavam completamente fora das áreas que seriam indicadas para uma adequada atenuação do ruído urbano. Os autores reforçam que é preciso projetar barreiras que promovam visualmente e ambientalmente formas conscientes, ou seja, além da plástica contribuir para a paisagem local, é fundamental que a barreira desempenhe a sua principal função, com um bom

isolamento acústico; por isso atribuem falhas na construção das barreiras inglesas desse período.

A construção de barreiras acústicas beirando ferrovias e rodovias em Portugal, principalmente em Lisboa, também vem aumentando consideravelmente desde 1994, atingindo até o final do ano de 1998 a marca de 32km de barreiras<sup>25</sup>, porém ainda com dimensões e formatos modestos, e, como lembra Ana Filipa Barreto (2004), muitas dessas barreiras pecam pela deficiência na instalação ou pela falta de manutenção, o que reduz a eficiência no isolamento acústico. Entretanto, o que avulta neste país são as constantes manifestações populares exigindo a construção de mais barreiras acústicas, como se verifica em muitos jornais portugueses dos últimos cinco anos, como, por exemplo, o título deste artigo: “Barreiras acústicas na VCI<sup>26</sup> são promessas há nove anos - Obra sem data para começar, apesar de ser reivindicada pelos moradores desde 1996 [...]” (BARREIRAS, 2005).

Para haver sustentabilidade acústica numa cidade, é fundamental que toda intervenção urbana, que possa vir a prejudicar um núcleo já existente com o aumento da intensidade do nível de ruído local, tenha como responsabilidade manter os níveis sonoros ideais em seu entorno, como, por exemplo, com a construção de uma barreira acústica.

Geralmente arquitetos paisagistas, conforme observam Kotzen e English (1999), não apreciam o efeito visual das barreiras acústicas, pelo grande impacto que elas podem causar à paisagem. Mas devido à necessidade da construção de barreiras em alguns casos, a solução para o problema visual passa a ser mais um desafio interessante ao projetista. A junção da plástica da barreira com o seu desempenho acústico não é tarefa muito simples, devido à escala e aos materiais que as barreiras devem ter para serem consideradas eficientes atenuadores sonoros. Entretanto, é possível integrar as estruturas com o visual paisagístico, com soluções arquitetônicas criativas, como o emprego adequado de alinhamento vertical ou horizontal, simpático uso de materiais e combinações, desenhos criativos, cores, texturas e, especialmente, imaginação na implantação; pontos que serão abordados com ênfase mais adiante. Quando bem elaborada, a barreira acústica pode ter um

<sup>25</sup> Informações retiradas de <<http://www.iambiente.pt/rea99/docs/29ruído.pdf>>

<sup>26</sup> Via de circulação interna, em Lisboa.

bom desempenho acústico e um agradável efeito visual, integrada ao contexto urbano, o que facilita a aceitação e a simpatia da população local.

Na Europa, apesar de as barreiras serem consideradas um “mal necessário”, justamente pelo impacto que provocam na paisagem, arquitetos e urbanistas têm explorado métodos e materiais na busca de formas interessantes que agreguem valor à paisagem, ou se misturando a ela, ou atuando como contraste. Para tanto, como essas barreiras participam do meio ambiente, os profissionais freqüentemente consultam os especialistas ambientais e, principalmente, os residentes locais (KOTZEN; ENGLISH, 1999).

No Brasil, como a execução de barreiras acústicas urbanas ainda é muito recente, muitas pesquisas realizadas por profissionais de Acústica restringem-se apenas a aspectos teóricos. Acredita-se que essa deficiência, muitas vezes vista como negligência do poder público, ocorra evidentemente por problemas financeiros, talvez administrativos, mas, principalmente, por falta de cobrança das populações atingidas, que desconhecem os seus direitos e a existência de normas técnicas para controlar os limites de ruído nas cidades e são inscientes com as possibilidades minimizadoras.

Contudo, há um projeto brasileiro em discussão na Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SMA), considerado pioneiro na América Latina, de regulamentação para mitigação de ruído nas margens das rodovias, conduzido pelo Grupo Técnico de Licenciamento e Fiscalização de Obras Rodoviárias (GTR), com suporte técnico da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) e de especialistas das Universidades Federais de Santa Catarina e Minas Gerais.

Este projeto tem por objetivo reduzir o ruído nas margens das rodovias a níveis recomendados pela OSM. A proposta abrange um conjunto de soluções, enumeradas por Alvares Jr. (2006): colocação de barreiras acústicas em diversos materiais, como concreto, vidro e até plástico reciclável; rebaixamento de alguns trechos das pistas para impedir que o som chegue, por exemplo, a residências próximas; diminuição das velocidades permitidas; substituição dos pavimentos por outros que torne o contato pneu/pista mais silencioso; e, instalação de janelas com vedação e vidros duplos em habitações mais expostas.

A idéia é introduzir este projeto inicialmente no Estado de São Paulo e depois, através do Conama (Conselho Nacional do Meio Ambiente), em todo o Brasil. Segundo o coordenador do GTR-SMA, arq. José Heitor do Amaral Gurgel: “a idéia é atender primeiro o que chamamos de receptores críticos, ou seja, locais como creches, hospitais e escolas, que não podem ficar submetidos a ruídos”. O gerente de operações e fiscalizações da CETESB, eng. Olímpio de Melo Alvares Jr. complementa: “as administrações municipais deverão adequar seus instrumentos regulatórios para que não haja mais ocupações em áreas próximas a rodovias [...] e quem quiser construir terá que prever dispositivos especiais para minimizar ruídos” (TÉCNICOS, 2006).

Em São Paulo, beirando uma rodovia de fluxo intenso – a rodovia dos Bandeirantes –, foi executado um trecho de barreira acústica como laboratório para mostrar na prática, em contexto nacional, a eficiência dessa medida. A barreira apresenta forma simples, concebida em concreto pré-moldado, para proteger um conjunto residencial dos ruídos originados na rodovia dos Bandeirantes, cuja altitude é 8m maior que as residências, conforme se observa na figura 44. Somente pela inserção da barreira, os moradores dos conjuntos de apartamentos contemplados com sua “sombra acústica” obtiveram reduções nos níveis de ruído de até 10dB, segundo Álvares Jr. (2006), e notaram certa diminuição nas vibrações das janelas<sup>27</sup>.

a)



b)



Figura 44 (a/b) Barreira acústica implantada na rodovia dos Bandeirantes para proteger um conjunto habitacional do ruído veicular.

Fonte: Fotos da autora (2006).

<sup>27</sup> Comunicação pessoal.



O processo para implantação de uma barreira é complexo. Os melhores resultados são alcançados por meio de projetos interdisciplinares entre profissionais de Acústica, engenheiros civis, urbanistas e arquitetos, podendo ser requerida também a participação de consultores, como geógrafos, ecólogos, entre outros.

Uma barreira acústica pode ser tanto um projeto governamental, por exemplo, beirando uma rodovia, para proteger uma área residencial do ruído veicular, quanto privativo, com a construção da barreira dentro dos limites de um terreno, cuja edificação deve ser protegida, vide figura 45.

a)



b)



Figura 45 a) Barreira pública em Saint Moritz, na Suíça;

b) Barreira privativa em Zurich, na Suíça.

Fonte: Fotos da autora (2006).

Para que seja possível o estudo das formas, dimensões e materiais das barreiras acústicas urbanas, é importante, neste momento, observar os princípios teóricos básicos de seu funcionamento.

### 3.2 Funcionamento

Como já citado anteriormente, a propagação do som se dá em todas as direções, embora há variações na intensidade, dependendo do posicionamento da fonte sonora em relação ao receptor, da ventilação local e até mesmo da temperatura.

Neste processo de interceptação dos raios sonoros, originados em vias de transporte, ressalta-se que a porcentagem da propagação sonora mais relevante na construção de uma barreira acústica é a dos raios que incidem em linhas retas da fonte ruidosa para o receptor. Outros de grande importância são os que incidem sobre o solo e refletem ascendentemente. São estes os principais raios sonoros que devem ser contidos por uma barreira acústica, para proteger uma área sensível ao ruído, conforme mostra a figura 46.

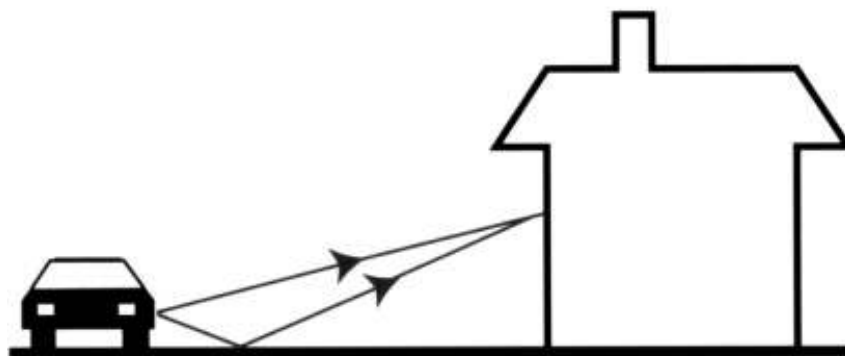


Figura 46 Principais raios sonoros que devem ser contidos por uma barreira.

Fonte: Kotzen e English (1999).



Egan (1988) descreve que quando a fonte e o receptor encontram-se no mesmo nível, como ocorre na figura 46, e sem nenhum bloqueio entre eles, o ruído mantém o que o autor chama de “linha de visão acústica”<sup>28</sup> direta, o que caracteriza o problema no seu aspecto mais grave.

A construção de uma barreira deve atenuar consideravelmente a intensidade desses raios diretos, porém nem sempre isola o suficiente, fazendo com que parte de sua energia seja transmitida, por vibração, para o lado oposto ao da fonte sonora.

A barreira atenua também a porcentagem dos raios sonoros refletidos pelo solo, isso porque após estes raios serem refletidos eles encontram a barreira, que os redireciona para o mesmo lado da fonte sonora, ou seja, oposto ao da área sensível a ser protegida. Mas vale ressaltar, que o som propaga-se também por meio de vibração e, assim, parte desses raios sonoros pode chegar ao receptor pelo solo, quando esta vibração apresentar freqüência entre 20Hz e 20KHz, o que corresponde às ondas audíveis. Este impacto pode ser minimizado com a aplicação de asfalto anti-ruído, assim como de trilho sem emendas, logo mais silenciosos. Porém estes métodos não são aplicados em grande parte dos casos.

Olímpio de Melo Álvares Jr. (2006) lembra que a contínua redução do ruído emitido pelos veículos vem ocorrendo a cada novo modelo produzido, graças ao eficiente Programa Nacional de Controle de Ruído de Veículos, projeto desenvolvido pelos técnicos da CETESB e aprovado pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) em 1993. Esta regulamentação já fez baixar os ruídos de passagem em 12, 13 e 6dB para, respectivamente, veículos leves, pesados e motocicletas. Estima-se, com as renovações de frotas nos próximos dez anos, que o impacto médio do ruído de tráfego nos receptores urbanos seja reduzido em mais de 5dB, o que seria uma atenuação perceptível.

Entretanto, os raios sonoros mais difíceis de serem interceptados são os que incidem sobre os topos das barreiras, ou em suas extremidades horizontais, pois podem atingir o receptor pelo fenômeno da difração, como se observa na figura 47.

---

<sup>28</sup> Termo original: line-of-sight.

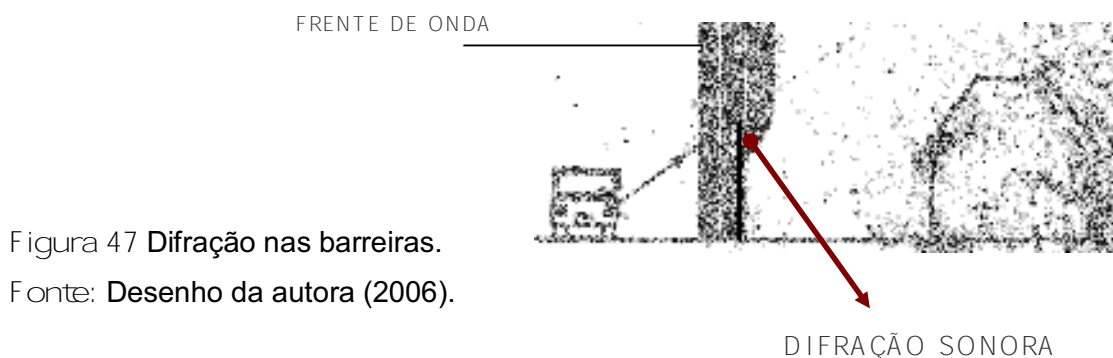


Figura 47 Difração nas barreiras.

Fonte: Desenho da autora (2006).

Em síntese, com a construção de uma barreira acústica entre a fonte do ruído e o receptor compreende-se que os raios sonoros que, naturalmente, seguiriam numa linha reta e direta da fonte até receptor sofrem alterações condicionadas pelo limite vertical da barreira. Conforme descrito no capítulo dois, uma porcentagem desses raios é refletida de volta para o lado da fonte (A), outra é transmitida para o outro lado da barreira (B) e, finalmente, a parte que já não afetaria o receptor por incidir no topo da barreira acaba atingindo, também, pelo fenômeno da difração (C), evidente que com intensidade bem menor do que se fossem raios sonoros diretos, porém ainda assim muito relevantes para o bom desempenho acústico de uma barreira. A figura 48 ilustra esses principais raios sonoros a serem considerados no projeto de uma barreira.

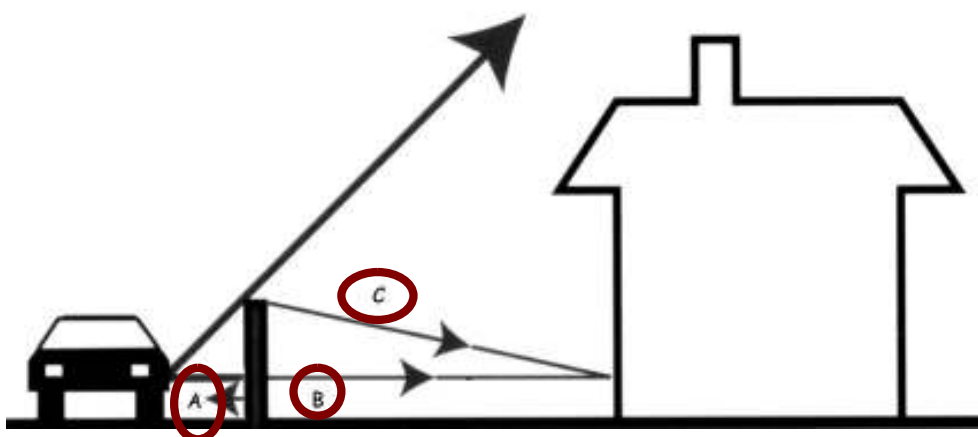


Figura 48 Comportamento de uma barreira acústica.

Fonte: Adaptado de Kotzen e English (1999).

Em relação à implantação da barreira, para obter um bom desempenho acústico, segundo Kotzen e English (1999), é indicado que ela seja construída o mais próximo possível da fonte sonora, principalmente quando a fonte e o receptor encontram-se no mesmo nível, ou quando a fonte está num plano mais elevado, como exemplifica a figura 49. Todavia, a barreira também pode ser construída mais próxima do receptor, mas este método é menos usual, sendo aplicado apenas em casos específicos, como, por exemplo, quando a fonte se encontra abaixo do nível do receptor, pois neste caso é indicado construir a barreira no topo da elevação, o que pode permitir maior proximidade com o receptor, conforme mostra a figura 50. Os autores ressaltam ainda que, em ocorrências como estas, é comum haver uma incompatibilidade entre a eficiência acústica e o conforto visual, pois a vista passa a ser parcialmente comprometida pela barreira, a menos que seja constituída por material transparente.



Figura 49 Barreira mais próxima a fonte sonora.

Fonte: Kotzen e English (1999).



Figura 50 Barreira mais próxima ao receptor sonoro.

Fonte: Kotzen e English (1999).

Egan (1988) faz algumas sugestões para se obter sucesso na construção de um muro de contenção acústica: ser implantado o mais perto possível de um dos dois protagonistas da cena, o gerador ou o receptor de ruído; superar a altura da linha de visão acústica considerada entre o gerador e o receptor de ruído; ser sólido e totalmente vedado; deve-se considerar o ruído condicionado pelas extremidades da barreira, por meio da difração; as superfícies dos dois lados do muro devem conter materiais de absorção acústica ou ser inclinada.

O ideal para atenuar o ruído urbano com eficácia é a junção da barreira acústica com os métodos alternativos de atenuação sonora, como, por exemplo, pavimento asfáltico silencioso, isolamentos adequados em superfícies menos protegidas, como janelas anti-ruídos, entre outros, como é demonstrado na figura 51.

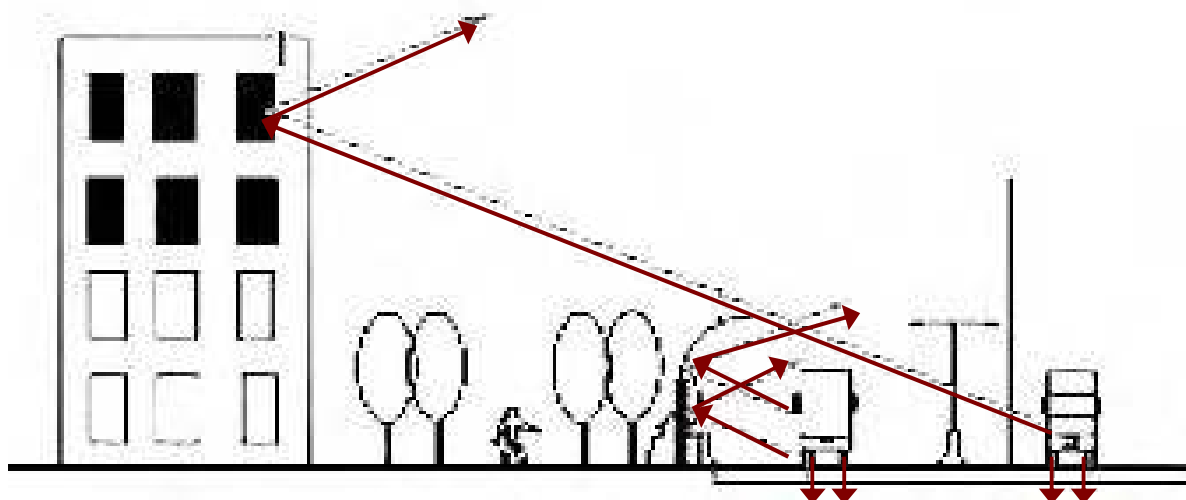


Figura 51 Combinação de barreira acústica, com asfalto silencioso e proteção acústica nas janelas do edifício.

Fonte: Adaptado de Kotzen e English (1999).



Figura 52 Amostras de superfícies para rodovias, da esquerda para a direita: camadas gêmeas de asfalto poroso com revestimento de borracha; camada única de asfalto poroso com revestimento de borracha; asfalto poroso; concreto poroso; asfalto denso.

Fonte: Kotzen e English (1999).

Segundo Kotzen e English (1999), o uso de asfalto poroso, na Holanda, ilustrado na figura 52, tem reduzido significativamente o ruído do tráfego nas rodovias, e por este motivo as barreiras podem ter alturas menores, contribuindo com menos impacto visual e diminuindo assim o custo da construção da barreira.

Para que os próximos itens sejam claramente compreendidos, torna-se necessário discorrer sobre a morfologia das barreiras. As barreiras são constituídas por três partes distintas: o topo (A), o meio (B) e a base (C), conforme figura 53.

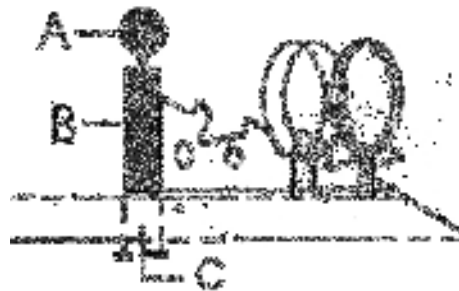


Figura 53 Morfologia das barreiras.  
 Fonte: Adaptado de Kotzen e English (1999).

As proporções de cada parte de uma barreira dependem do design, do partido adotado e principalmente das necessidades acústicas. A figura 54 mostra três possíveis tipos de barreiras: na primeira o topo e a base são relativamente maiores que o meio; na segunda ocorre mais proporcionalidade entre as partes; e, na terceira o topo e a base são consideravelmente menores que o meio.

VISTA FRONTAL

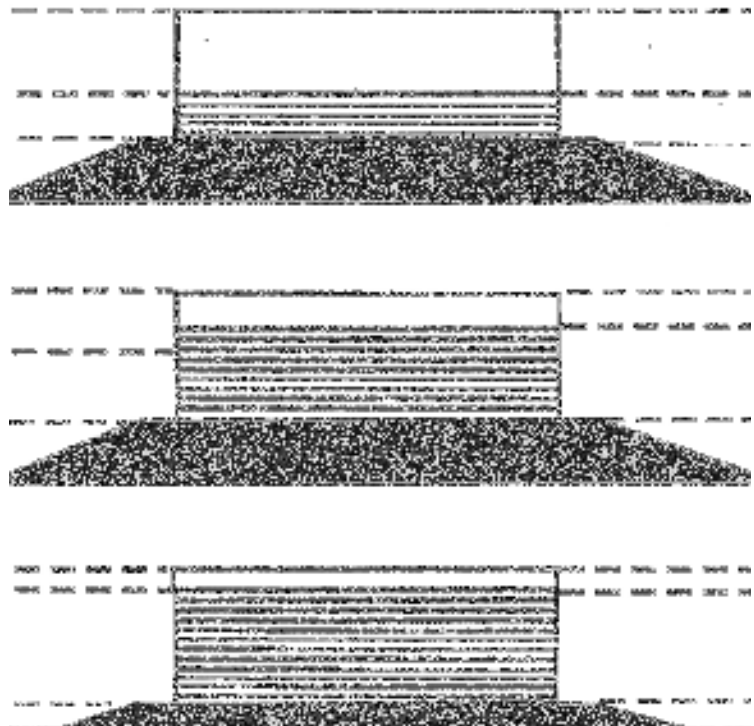


Figura 54 Proporção entre as partes de uma barreira.  
 Fonte: Adaptado de Kotzen e English (1999).

O topo é fundamental não só para o resultado final da atenuação como também para o efeito plástico atribuído à paisagem. Considerando que a altura de um pedestre oscile entre 1,50 e 1,80m, o topo da barreira pode representar o limite horizontal de visibilidade, assim como também pode ocultar todas as informações do lado oposto ao muro. Ou seja, o topo é o elemento que faz a ligação visual com o contexto urbano, devendo, portanto, ser bem estudado, para que conceda continuidade ou contraste, leveza ou peso, conforme seja requerido para o desenho do “skyline” da barreira.



Figura 55 Topo da barreira como limite horizontal de visibilidade.  
Fonte: Foto da autora (2005).



Figura 56 Topo da barreira com alinhamento horizontal sinuoso.  
Fonte: Kotzen e English (1999).