



# PROJETAR 2003

I SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE ENSINO E PESQUISA EM PROJETO DE ARQUITETURA  
NATAL DE 07 A 10 DE OUTUBRO, RN/BRASIL. PPGAU-UFRN

## SINFONIA DA ARQUITETURA: A BUSCA DA POÉTICA ACÚSTICA NA CONCEPÇÃO DOS ESPAÇOS

**MACIEL, Marcela Álvares**

Estudante de Graduação em Arquitetura e Urbanismo - Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) – e-mail:  
marcela\_maciel2003@yahoo.com.br

Escola de Arquitetura da UFMG / Departamento de Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo (TAU) - Rua  
Paraíba, 697. Bairro Funcionários. CEP 30130-140 – Belo Horizonte/ MG– Tel/Fax (+55) 0 (XX) 31 3269-1822

### RESUMO

Existe contradição em esperar som da arquitetura? Na verdade, arquitetura e som são indissociáveis, na medida que todo espaço apresenta uma determinada sonoridade, mesmo se a acústica não foi considerada conscientemente como um condicionante de projeto. Assim, se não há como desvincular som da arquitetura, então por que desconsiderar o som do projeto arquitetônico? E mais, por que não integrar o som como uma variável estética na concepção dos espaços? Desta forma, a idéia principal do presente trabalho é a de que o processo de concepção da arquitetura envolve também a materialização de um espaço acústico. Entretanto, considerações sobre a acústica nas edificações têm sido reduzidas à avaliação *stricto sensu* ou à luta contra o ruído. O estudo em termos da percepção sonora em arquitetura tem sido realizado apenas em ambientes onde sua aplicação se faz mais óbvia, tais como em teatros, salas de concerto, auditório, etc. A partir dessas premissas, podemos pensar em processos de concepção de projetos arquitetônicos e urbanísticos que integrem criativamente o som como variável também estética, ao contrário simplesmente de estudos de ajustamentos técnicos ao projeto concebido, para adequação dos ambientes a situações acústicas supostamente consideradas “ótimas”. Concluindo, sugere-se uma formalização do processo de concepção da arquitetura, incorporando aspectos acústicos qualitativos ao projeto de arquitetura, com a finalidade de se construir uma *arquitetura acústica*, que nada mais é do que a arte de projetar espaços sonoros.

### Palavras-chave

Arquitetura – Acústica – Projeto

### ABSTRACT

Does contradiction exist in waiting sound of the architecture? Actually, architecture and sound are inseparable in the measure that every space presents certain sonority, same if the acoustics was not considered consciously as a project conditioning. Like this, if there is not been not associate sound of the architecture, then why to not consider the sound of the architectural project? And plus, why not to integrate the sound as an aesthetic variable in the conception of the spaces? This way, the main idea of the present work is that the process of conception of the architecture also involves the materialization of an acoustic space.

However, considerations on the acoustics in the constructions have been reduced to the evaluation *stricto sensu* or the fight against the noise. The study in terms of the sound perception in architecture has just been accomplished in ambiances where your application is made more obvious, such as in theaters, concert halls, auditorium, etc. Starting from those premises, we can think about processes of conception of architectural and urban projects that integrate creatively the sound as variable also aesthetics, to the opposite simply of studies of technical adjustments to the conceived project, for adaptation of the atmospheres to acoustic situations supposedly considered “excellent”. Ending, it is suggested a formalization of the process of conception of the architecture, incorporating qualitative acoustic aspects to the architecture project, with the purpose of building an acoustic architecture, that is nothing else than the art of projecting sound spaces.

### **Keywords**

Architecture- Acoustic– Design

## **INTRODUÇÃO**

*“ Para evitar a construção de uma paisagem sonora autista,  
é preciso saber ouvir a arquitetura. ”*

(Osvaldo Emery e Paulo Afonso Rheingantz)

Não há contradição em esperar som da arquitetura, como bem aponta Rasmussen (1974). Na verdade, o espaço criado pelo projeto arquitetônico pode ser interpretado, pela ação sonora que exerce, como uma caixa de ressonância. Assim, desvendar a maior parte dos efeitos sonoros depende diretamente do contexto espacial, que propicia a realização de uma verdadeira sinfonia arquitetônica: reverberação, ressonância, golpes súbitos, filtragem natural... É nesse sentido em que podemos afirmar que os projetos das cidades e de seus edifícios devem sempre considerar que o ambiente sonoro de um local é sensível às intervenções arquitetônicas e urbanísticas sobre ele.

Desde o início da história o processo de aglomeração urbana esteve diretamente relacionado ao progresso e também ao ruído. Entretanto, a tradição vernácula da arquitetura integrava o som – variável estética e sensível – de forma muito mais harmoniosa do que a tradição atual: o projeto arquitetônico completava-se pela ação do som no usuário/homem. A ambiência ruidosa característica de locais como a praça do mercado, a ágora grega e as feiras da Idade Média conferiam a estes locais uma identidade sonora própria, compatível com as atividades neles desenvolvidas. (Romero, 2001)

Hoje, muitos dos problemas relacionados com a paisagem sonora devem-se ao fato de que não se tem promovido uma integração deste fator com outros condicionantes na concepção da arquitetura, isto é, que os arquitetos não têm dado a devida importância à qualidade da paisagem sonora originada e/ou modificada a partir de suas propostas projetuais. A preocupação destes profissionais com a qualidade de suas obras refere-se, basicamente, à sua aparência, à capacidade que os volumes, as formas e as cores das edificações teriam em produzir um prazer visual nas pessoas. (Emery e Rheingantz, 1995)

Diante desse contexto, constitui-se dever do arquiteto lançar mão de recursos no projeto dos espaços, desde o processo de concepção, para que se produzam construções nas quais sons e imagens, bem como as demais sensações, possam somar-se em um ambiente diverso e estimulante, propício à interação do homem com o mundo e seus semelhantes. (Emery e Rheingantz, 1995) Assim, sugere-se a incorporação de aspectos acústicos qualitativos ao

projeto de arquitetura, com a finalidade de se construir uma *arquitetura acústica*, que nada mais é do que a arte de projetar espaços sonoros.

## PERCEPÇÃO SENSORIAL DA ARQUITETURA

“... não podemos jamais perceber o mundo em si,  
mas apenas o choque das forças físicas  
com os receptores sensoriais.” (Autor desconhecido)

Muitas vezes, referimos aos nossos sentidos como as nossas “avenidas para o mundo”. Essa alusão recorda-nos que o único processo que dispomos para responder ao mundo exterior é na base da informação recebida e manobrada pelos nossos sistemas perceptivos. Assim, informações sobre o mundo que nos cerca vêm também de nossos sentidos sensoriais: visão, olfato, tato, paladar e audição.

Confirmando as hipóteses de J.J. Gibson de que os sentidos eram mecanismos agressivos e indutores, e não simplesmente receptores passivos de sensações, sabe-se hoje que a percepção sensorial envolve não apenas a recepção de informações pelo órgão sensorial apropriado, mas também a codificação, transmissão e processamento desta informação pelo sistema nervoso central. (Rossing, 1990).

O ser humano percebe o entorno através das sensações produzidas pela excitação dos órgãos sensoriais por estímulos físicos que lhe chegam, sendo que cada estímulo recebido pode ser separado em uma série de atributos psicológicos. Deve-se ressaltar, neste contexto, a existência de uma clara distinção entre a sensação e a percepção de uma magnitude, estando a última, muitas vezes, relacionada à determinada experiência estética. De acordo com Merleau-Ponty (1945), *tudo o que sei do mundo, mesmo devido à ciência, o sei a partir de minha visão pessoal ou de uma experiência do mundo sem a qual os símbolos da ciência nada significaria.*

Não foi fácil para os primeiros cientistas, separar as disciplinas que hoje denominamos Física e Psicologia Sensorial. Segundo Moore e Bloomer (1977), ainda no século XIX reinava uma confusão sobre a natureza do sistema sensorial do homem devido a dificuldades que apresentava a identificação e a definição dos diferentes órgãos sensoriais do corpo humano. A confusão se produzia sobre toda a hora de relacionar cada um destes órgãos sensoriais com as diversas sensações percebidas pelo homem.

Os sentidos sensoriais são os mecanismos de interface com a realidade. Interpenetrando os estímulos externos, tem-se a percepção do ambiente e pode-se atuar nesse meio exterior, onde se praticam as ações projetadas pelos pensamentos conscientes ou inconscientes. (Okamoto, 1996)

Alguns estudiosos do ambiente construído já demonstravam preocupação com a inserção dos sentidos na percepção da qualidade espacial. Destacam-se, nesse sentido, os estudos de Lynch sobre a imagem do ambiente urbano, relacionando a legibilidade dos espaços urbanos aos sentidos sensoriais em geral, não só aos visuais. *Estruturar e identificar o ambiente é uma capacidade vital entre todos os animais que se locomovem. Muitos tipos de indicadores são usados: as sensações visuais de cor, forma, movimento ou polarização da luz, além de outros sentidos, como o olfato, a audição, o tato, a cinestesia, o sentido da gravidade e, talvez dos campos elétricos ou magnéticos.* Lynch (1997)

Ainda segundo Lynch (1997), os objetos não são passíveis de serem apenas vistos, mas também nítida e intensamente presente aos sentidos. Assim, completando sua análise, esse

autor diz que os espaços são legíveis quando convidam a vista e o ouvido a uma grande atenção e participação maiores. Estudos mais recentes têm sistematizado a abordagem do cheiro como elemento de ordenação espacial e de relação com o lugar, permitindo identificar e complementar as informações visuais.

## PERCEPÇÃO SONORA

*“I try to listen to the still, small voice within, but I can’t hear it above the din (Eliza Ward)*

A percepção sonora envolve três sistemas, que do ponto de vista físico, é abordado como a trilogia fonte-meio-receptor: as fontes sonoras estão relacionadas aos estímulos sonoros; o meio, está associado tanto ao ar quanto às fronteiras espaciais; e como receptor, temos o ouvido humano.

### Caracterização da Fonte Sonora

Os tipos de estímulos que associamos com o ouvido incluem sons tais como fala, os sons musicais e os ruídos. Os sons, que chegam até o ouvido de quem escuta por intermédio do ar que existe entre a pessoa e a fonte sonora, nada mais são do que energia transmitida sob a forma de partículas de ar em movimento. Segundo Roeder (1998), no caso das ondas sonoras, trata-se de energia elástica, porque ela envolve oscilações de pressão, i.e., compressões e expansões de ar que se alternam rapidamente.

Escutando a cidade, temos um plano de fundo sonoro, criado pelos ruídos da circulação, com uma flutuação que segue as cores do cruzamento, caracterizando assim a personalidade acústica do espaço. Na percepção dos habitantes ou usuários, os sons podem ser de origem sólida, produto de um choque passos no chão, fechar de portas, etc; ou via aérea, sons de escapamentos, rádio, televisão, etc.

Parâmetros de percepção da qualidade sonora foram desenvolvidos tendo como base à importância da existência de sons com características agradáveis ao ouvido humano, já que estes são portadores de informações sobre o ambiente que nos envolve. Assim, três atributos são frequentemente utilizados para descrever o som, sendo eles *volume, timbre e altura*. Cada uma destas qualidades subjetivas depende de um ou mais parâmetros físicos para serem quantificados, dentre os quais, destaca-se pressão, frequência, espectro, duração e envelope. A TAB 01 apresenta a relação entre qualidades subjetivas e parâmetros físicos do som:

TABELA 01: Relação entre parâmetros físicos e subjetivos do som.

Parâmetro físico	Qualidade Subjetiva		
	Volume	Altura	Timbre
Pressão	+++	+	+
Frequência	+	+++	++
Espectro	+	+	+++
Duração	+	+	+
Envelope	+	+	++

(+) Pouco dependente; (++) moderadamente dependente; (+++) muito dependente.

Fonte: Adaptado de ROSSING, 1990. p. 80

A TAB 01 ressalta a importância de um determinado parâmetro físico, em comparação com os demais, na quantificação da qualidade subjetiva analisada. Assim, podemos correlacionar

cada uma das qualidades subjetivas do som com um parâmetro físico específico: A altura , que permite distinguir sons graves de agudos, está associada à frequência fundamental, que é a frequência de repetição de um padrão de vibração, descrito pelo número de oscilações por segundo. O volume, que permite distinguir sons fracos de fortes, à intensidade, que é o fluxo de energia ou amplitude de oscilação de pressão sonora que atinge o ouvido. O timbre, produzido pela “impureza do som”, ao espectro, que se constitui como a proporção em que outras frequências superiores, aparecem misturadas entre si, (acompanhando a frequência fundamental). Com relação ao timbre é importante destacar que é este o responsável pela “personalidade” do som.

### **Caracterização do Meio (e Fronteiras) de Propagação Sonora**

Quanto ao meio, também devemos fazer uma distinção: há o meio propriamente dito, que transmite o som e as fronteiras, isto é, as paredes, o teto o chão, a vegetação, as pessoas, etc, que afetam fortemente a propagação sonora por reflexão e absorção das ondas sonoras, e cuja configuração determina a qualidade acústica do ambiente. O principal objeto de estudo deste trabalho é justamente as fronteiras, que se constituem elementos de concepção do projeto arquitetônico.

De acordo com Ching (1998) as qualidades espaciais da forma, proporção, escala, textura, luz e som dependem das propriedades de delimitação do espaço, sendo que nossa percepção dessas qualidades constitui freqüentemente uma resposta aos efeitos combinados das propriedades encontradas. Assim, *os caracteres morfológicos do espaço onde o som se propaga serão os componentes essenciais de sua estrutura audível.* (Romero, 2001)

Com relação à propagação sonora, a energia acústica incidente, ao encontrar obstáculos – edifícios, muros, barreiras – é: parcialmente refletida, voltando ao meio de incidência; parcialmente absorvida pelo obstáculo. A energia acústica restante é transmitida ao meio de propagação posterior ao obstáculo, podendo ainda ser difratada, “contornando” o obstáculo ou passando através de frestas e pequenos vãos.

### **Caracterização do Receptor**

A interação entre os sons produzidos e os ouvidos configura as percepções e práticas sonoras cotidianas, tais como a marca sonora das relações interpessoais, a freqüente excitação dos sentidos e dos valores simbólicos unidos a percepção e as ações sonoras cotidianas.

A compreensão do ouvido como parte de um sistema perceptivo faz toda a diferença para o estudo da percepção sonora em arquitetura. De acordo com Carvalho (1967), se examinarmos o ouvido humano vamos concluir que as células auditivas são tocadas e mecanicamente excitadas. Assim, podemos descrever o processo auditivo como consequência da mecânica do ouvido.

O sistema auditivo periférico divide-se em três partes: o ouvido externo, o ouvido médio e o ouvido interno. A membrana do tímpano é a estrutura que separa o ouvido externo do médio, enquanto que a janela oval, localizada na base do estribo, separa o ouvido médio do interno.

Ao invés de uma descrição das estruturas básicas do ouvido humano, é mais interessante um sucinto panorama geral da função de cada uma das partes do sistema periférico no processo auditivo: o ouvido externo é responsável pela captação e amplificação das vibrações do ar, enquanto que o ouvido médio transforma estas vibrações em vibrações mecânicas. Já o ouvido interno, processa estas vibrações, transformando-as em sinais eletroquímicos que seguirão pelos nervos auditivos até o cérebro.

Roeder (1998) destaca os componentes principais no ouvinte, sendo: (a) *O tímpano, que capta as oscilações de pressão sonora da onda que atinge o ouvido e as converte em*

vibrações mecânicas que são transmitidas por meio de ligação de três pequenos ossos para (b) o ouvido interno, ou cóclea, na qual as vibrações são classificadas de acordo com gamas de frequências, captadas pro células receptoras, e convertidas em impulsos nervosos elétricos. (c) O sistema nervoso auditivo, que transmite os sinais neurais ao cérebro, onde a informação é processada, apresentada como uma imagem de detalhes auditivos em certa área do córtex (a superfície do cérebro e o tecido adjacente), identificada, armazenada na memória e eventualmente transferida para outros centros do cérebro. Esses últimos estágios levam à percepção consciente dos sons.

## PAISAGEM SONORA

A partir da proposição de Moore e Bloomer (1982) acerca da percepção da beleza arquitetônica não ser baseada apenas em critérios visuais, busca-se uma nova abordagem da arquitetura, de maneira a considerar outros elementos sensoriais. É nesse sentido que se introduz a *concepção sensorial* como uma possibilidade de modelar o espaço, aproximando-se a arquitetura, independentemente da escala, a um objeto de prazer dos sentidos, onde luz, som e aromas sejam alguns dos elementos que entram a ordenar o espaço como estímulos dimensionais. (Romero, 2001).

O estudo em termos da percepção sonora em arquitetura tem sido realizada apenas em ambientes onde sua aplicação se faz mais óbvia, tais como em teatros, salas de concerto, auditórios, etc. Outras considerações sobre a acústica nas edificações têm sido reduzidas à avaliação *stricto sensu* ou à luta contra o ruído. Assim, buscando a fuga da pausterização monótona produzida pelas abordagens tradicionais, introduz-se o conceito de *soundscape* (ou *paisagem sonora*) aplicado à arquitetura, numa tentativa de resgate da poética acústica dos espaços, isto é, atribuir certas características acústicas ao espaço, estudando, por exemplo, a linguagem sonora, a importância do silêncio, a tonalidade.

O termo *soundscape* foi criado por Murray Schafer no final dos anos 60, adaptando a palavra *landscape* para um sentido relacionado ao som, podendo ser definido como todo ambiente acústico, qualquer que seja sua natureza, com ênfase no modo como é percebido por um indivíduo ou por uma sociedade. Assim, depende da relação entre o indivíduo e o ambiente. No Brasil, o termo foi traduzido para *paisagem sonora*, na versão em português do livro “O Ouvido Pensante”, publicado em 1997.

A análise da *paisagem sonora* está baseada em aspectos perceptivos e atributos cognitivos. Assim, o ideal de aguçar os sentidos da audição para a percepção de sons, que na maioria das vezes passam despercebidos, é a base do conceito de paisagens sonoras. Schafer (1997) desenvolveu conceitos analíticos relacionados à paisagem sonora, tais como ruído de fundo; sinais sonoros (sons exteriores que despertam atenção); marcos sonoros (sons que são representativos para uma comunidade ou visitantes); eventos sonoros; passeio sonoro. Essa terminologia expressa a idéia que o som de uma localidade particular pode, como a arquitetura local, expressar a identidade da comunidade e podem ser reconhecidos e caracterizados por suas paisagens sonoras.

É interessante ressaltar que a paisagem sonora está em constante transformação, verificando-se, no curso da história, que ela vem se tornando progressivamente mais barulhenta. Desde a revolução industrial vem aumentando a ocorrência de uma única paisagem sonora, submergindo, numa nuvem homogênea, ruídos anônimos, de tal forma que a paisagem sonora contemporânea é marcada por um único ruído de fundo – o tráfego.

## **O PROJETO DA ARQUITETURA ACÚSTICA.**

*“ The sound arriving at the ear is the analogue of the current state of the physical environmental, because as the wave travels, it is changed by each interaction with the environmental. ”* (Barron Truax)

Parece razoável que as grandes linhas estruturais do projeto sejam integradas desde o início da concepção, dentre elas a acústica. Entretanto, no encontro técnica e concepção arquitetônica, uma informação deve conter o grau de precisão estritamente necessário a cada estágio do desenvolvimento do projeto. Assim, constitui-se um contra-senso a realização de cálculos detalhados no início do projetar, já que o objeto em estudo será modificado inúmeras vezes.

De um modo geral, pensamos que a acústica em arquitetura trata de uma forma quase exclusiva dos domínios científicos de isolamento para preservar nossos ambientes do ruído exterior. Ou então, se ocupa de outro tema, o condicionamento de salas, cuja intenção é que o local tenha boas qualidades de sonoridade. Os arquitetos parecem ter esquecido a capacidade do som para caracterizar espaços. Assim, constitui-se de importância fundamental recordarmos que a arquitetura também se escuta e que temos a nossa disposição mecanismos que nos permitem modelar som e silêncio, em busca da poética acústica no ambiente construído.

A parte poética da acústica em arquitetura é um conjunto de conhecimentos dos quais os arquitetos não podem deixar de lado. Configura um marco de disciplinas científicas, técnicas e artísticas que englobam aplicações ao desenho para a satisfação do ser humano que habita o espaço. A fundamentação deste estudo da poética acústica na concepção da arquitetura encontra-se em grande parte no conceito de paisagem sonora.

Os arquitetos do passado conheciam muita coisa sobre os efeitos do som e trabalhavam com ele de maneira positiva. A excelente acústica de alguns teatros gregos, tal como a de Epidauro, não prova que a acústica tenha sido totalmente dominada pelos gregos antigos, mas mostra que existia uma filosofia geral de construção na qual as considerações de ordem acústica influíam na determinação da forma e da montagem da estrutura. Algumas culturas fortemente auditivas incorporaram em suas antigas construções peculiaridades acústicas, tal como o eco sêptulo da Mesquita de Sahah Abbas em Isfahan (1640). (Scafer, 1997)

Não se sabe ao certo a respeito da intencionalidade pelos arquitetos destas peculiaridades acústicas. Estudos de Sabine (1964) a respeito das galerias do sussurro, consideram a maior probabilidade de que as seis galerias mais famosas tenham sido acidentais. Mas, acredita-se igualmente que todas poderiam ter sido predeterminadas sem grandes dificuldades, existindo ainda a possibilidade de serem aperfeiçoadas.

Assim, este trabalho pretende formalizar o processo de projeto da arquitetura acústica, de maneira a conjugar critérios estéticos visuais e auditivos na proposta arquitetônica. Constituem-se técnicas em busca da melhoria da qualidade social, psicológica e estética na arquitetura acústica: eliminação ou restrição de certos sons (abatimento de barulho,) a avaliação de sons novos antes de eles serem apresentados indiscriminadamente no ambiente, como também a preservação de certos sons e, acima de tudo, a combinação imaginativa de sons para criar ambientes acústicos atraentes e estimulantes.

## **FORMALIZAÇÃO DO PROCESSO DE PROJETO DA ARQUITETURA ACÚSTICA**

Formalizar um processo significa definir suas etapas bem como a sua seqüência. Para a formalização do processo de concepção da arquitetura acústica, primeiramente, faz-se

necessária à explicitação de algumas considerações acerca dos termos de *projeto* e também da *arquitetura acústica* para a compreensão da formalização aqui proposta.

O *projeto* constitui-se como um denominador comum para a vasta atuação profissional do arquiteto. Diante da insatisfação das definições do termo projeto, este trabalho parte apenas do senso comum de que projetar é uma atividade complexa, e que os problemas a serem enfrentados pelos projetistas são mal estruturados ou incompletos. Por outro lado, encara-se o projeto como uma progressão incremental de um estado inicial para um estado final ao longo da qual várias decisões são tomadas.

O termo *arquitetura acústica* talvez não seja o mais apropriado, pois remete-nos à falsa idéia de que existe uma arquitetura não- acústica. Na verdade, som e arquitetura são indissociáveis, na medida que todo ambiente construído apresenta uma determinada sonoridade, mesmo se a acústica não foi considerada como um condicionante de projeto. Desta forma, a idéia principal é a de que o processo de concepção da arquitetura envolve também a materialização de uma paisagem sonora. Assim, se não há como desvincular som da arquitetura, então por que desconsiderar o som do projeto de arquitetura? E mais, por que não integrar o som como uma variável estética na concepção da arquitetura?

A *arquitetura acústica* segue um processo lógico, marcado por intenções gerais e particulares (a poética) que imediatamente serão aplicadas a cada caso concreto (o desenho acústico). A partir dessas premissas, podemos pensar em processos de concepção de projetos arquitetônicos e urbanísticos que integrem criativamente o som como variável também estética, ao contrário simplesmente de estudos de ajustamentos técnicos ao projeto concebido, para adequação dos ambientes a situações acústicas supostamente consideradas “ótimas”.

### **Estudo do Entorno**

No projeto da arquitetura acústica, a obra também é inseparável de seu entorno, não apenas na dimensão física, mas também conceitualmente: a arquitetura pode ser concebida somente a partir de sua localização num sítio concreto. Assim, a primeira etapa para a realização do projeto da arquitetura acústica deve ser a análise do entorno, do ponto de vista da paisagem sonora local, incluindo-se as características do ambiente construído.

A análise do entorno deve considerar o modo como a percepção sonora é afetada pelas características físicas do espaço. Segundo Niemeyer (2001), a densidade, a volumetria e a distribuição espacial dos edifícios, a natureza dos materiais e, com escassa relevância, a disposição da vegetação, influem diretamente na propagação dos sons emitidos pelas fontes sonoras urbanas. O aumento da população urbana e o alto custo do solo favorecem a verticalização das construções, possibilitando a formação de corredores sonoros. Acrescenta-se a isso ainda o uso do solo, que também deve ser tratado como um elemento capaz de provocar impacto sonoro, provocando, inclusive, modificações na paisagem sonora.

Outro fator importante também é o levantamento das fontes sonoras dos locais. Schafer (1997) apresenta uma classificação para os sons, que foi utilizada em subprojetos do Projeto Paisagem Sonora Mundial, que incluem: sons naturais (sons da água, do vento, de pássaros, etc); sons humanos (sons da voz, do corpo do vestuário); sons da sociedade (sons do comércio, fábricas, entretenimento, cerimônias, etc); sons mecânicos (trens, aeronaves, equipamentos construção, etc); quietude e silêncio; e sons indicadores (sons de tempo, sinos, buzinas, telefones, etc). A TAB 2 apresenta um roteiro de visita ao local de intervenção, com as observações a serem feitas no local e na sua vizinhança.

Complementando as observações feitas em campo, sugere-se examinar o Plano Diretor, identificando as disposições que se aplicam ao local de intervenção, analisando criticamente os usos permitidos e os conflitos sonoros potencialmente existentes entre eles. Finalizando,



elaborar as suas conclusões sobre a percepção da paisagem sonora do local, ressaltando não só os aspectos problemáticos, mas principalmente os aspectos positivos.

Tabela 2: Roteiro das observações a serem feitas no local de intervenção

ELEMENTOS	OBSERVAÇÕES
<i>Campo acústico</i>	√ aberto
	√ fechado
<i>Vias de tráfego:</i>	√ tipo de tráfego (pedestres, carros, ônibus, etc)
	√ largura da pista.
	√ tipo pavimentação
<i>Rua</i>	√ tecido aberto (rua em “U”)
	√ tecido fechado (rua em “L”).
<i>Quadra</i>	√ espessura do envelope
<i>Permeabilidade</i>	√ posicionamento dos edifícios em relação às fontes sonoras.
<i>Sons</i> (Naturais , Humanos, Mecânicos, Indicadores, Sociedade, Quietude e silêncio)	√ presença (incluindo-se a frequência de ocorrência)
	√ ausência

### **Programa arquitetônico**

Sabe-se que cada programa arquitetônico apresenta características distintas, bem como exigências projetuais específicas. Assim, faz-se necessário o levantamento das necessidades acústicas de cada ambiente, em normas, legislações e/ou bibliografia especializada, para a definição adequada do conceito sonoro do projeto.

### **Proposta conceitual**

A magia criativa do som reside na sua imaterialidade. Percebe-se, mas não se pode ver nem tocar. Aproveita a matéria como meio de propagação, mas não é matéria. Assim, devemos utilizar a imaterialidade do som para caracterização de espaços. Nesse sentido, a proposta conceitual deve ser baseada no princípio da comunicação acústica: Que tipo de sonoridade este ambiente pode e /ou deve apresentar? Esta é uma das principais perguntas que nos fazemos diante da concepção de uma nova *arquitetura acústica*.

A análise do programa, associada à contextualização do local de intervenção (análise do entorno) e à intencionalidade do projeto possibilitará uma proposta conceitual pertinente. Dessa forma, por exemplo, dificilmente iremos propor efeitos de focalização em auditórios, cuja tarefa principal seja a adequada audição em todos os pontos do espaço. Entretanto, já em outros ambientes, os efeitos de focalização podem ser bem-vindos, explorando inclusive a sonoridade do ambiente como forma de orientação espacial. Assim, é fundamental a observação da pertinência entre efeitos sonoros e possíveis tarefas auditivas a serem desenvolvidas nestes ambientes.

Dentre os efeitos sonoros, o eco talvez seja o mais popular, no entanto o menos compreendido. Esta dicotomia reside numa certa confusão entre dois fenômenos sonoros, a saber, eco e reverberação. Assim, faz-se necessária uma correta distinção entre os efeitos sonoros, em busca da formalização de uma proposta conceitual consistente.

O *eco* é caracterizado pela percepção da reflexão sonora como repetição ou repetições parciais do som original. Assim, para a produção deste fenômeno, é necessário que a distância mínima entre o ouvido e a superfície refletora seja de 22 metros. Caso contrário, não se consegue o comportamento esperado, i.e., a percepção de dois sons distintos, mas sim a percepção um único som acrescido de efeitos da reverberação.

Existe um outro efeito sonoro que é conhecido como *eco batente*. Este se constitui de repetições múltiplas de som em um intervalo de tempo muito breve. O ouvinte percebe uma rápida sucessão de pequenos ecos. O fenômeno advém da localização da fonte sonora entre duas paredes paralelas muito reflexivas e lisas.

O fenômeno da reverberação consiste em reflexões múltiplas num ambiente, dando a percepção de permanência dos sons no ambiente após a extinção da fonte sonora. Subjetivamente, a reverberação está associada à vivacidade dos ambientes. Assim, quanto mais reverberante é um ambiente, maior é a sua vivacidade.

A arquitetura está na fronteira entre os espaços da visão e do som. Em torno de um edifício e dentro dele, há certos lugares que funcionam como pontos de ação tanto visuais quanto acústicos. Tais pontos, são os focos, que propiciam uma concentração excessiva da energia sonora numa zona reduzida, i.e., uma distribuição espacial da energia sonora de forma não homogênea. Este fenômeno é conhecido como *focalização*. A ocorrência deste está diretamente relacionada à existência de superfícies côncavas: cúpulas, parabólicas ou circulares, paredes elípticas, etc.

É importante destacar que cada um desses efeitos sonoro propicia uma determinada poética acústica ao espaço. A reverberação e o eco encerram um forte simbolismo religioso e também nos dão uma impressão de autoridade acústica. A excessiva reverberação das catedrais góticas, por exemplo, propiciaram o desenvolvimento de uma retórica de caráter monumental – o canto gregoriano. Já os ecos batentes remetem-nos a situações tipicamente labirínticas. Outro tipo de poética que deve ser explorada é a da quietude ou silêncio, que dão um caráter de local sagrado ao ambiente. Segundo Schafer (1997), um exemplo desse tipo de poética encontra-se na acrópole de Atenas, onde há uma placa que diz: “*Este é um local sagrado. É proibido cantar ou fazer qualquer tipo de barulho forte.*”

### **Zoneamento acústico**

O zoneamento acústico constitui-se na etapa de aplicação do conceito sonoro ao terreno. Assim, busca-se a delimitação de zonas de silêncio, minimização dos ruídos exteriores (barreiras sonoras), regiões de continuidade sonora, inserção de sons naturais, humanos e/ou artificiais, dentre outras inúmeras possibilidades de zoneamento que serão função da proposta conceitual associada ao contexto sonoro em que o terreno está inserido.

### **Implantação**

A partir do zoneamento acústico, já se sabe qual o tipo de configuração sonora se quer no local de intervenção. Assim, faz-se necessário à utilização da implantação arquitetônica como forma de materialização destes espaços sonoros propostos.

No estudo implantação mais condizente com a proposta conceitual, destaca-se o conceito de permeabilidade, que está associada à existência de caminhos por onde os sons podem penetrar e se propagar, expondo certos espaços no terreno aos sons exteriores. Assim, implantações mais permeáveis aos sons são ideais para quando se busca continuidade da paisagem sonora exterior, enquanto que uma menor permeabilidade está associada à negação do contexto sonoro e conseqüentemente, a criação de novos ambientes acústicos. Esta não deixa de ser

uma técnica para reabilitação acústica, sendo aconselhável especialmente quando os espaços não se constituem satisfatórios do ponto de vista sonoro.

## **Partido**

Partido arquitetônico é o conjunto de elementos que caracterizam a edificação, sejam eles funcionais, utilitários ou estéticos-formais, delineando assim, o caráter do edifício, i.e., a partir da definição do partido, sintetiza-se a idéia arquitetural e se materializa o conceito. Assim, inicia-se o delineamento da forma arquitetônica, que se constitui como fronteiras limitativas da matéria onde o som se propaga e cuja gênese habita o desenho acústico, que no caso da arquitetura acústica, deve ser intencional.

As formas arquitetônicas imprimem sua marca aos espaços, dotando-os de características sonoras específicas. A escolha de uma determinada forma está associada à pré-determinação do comportamento do som nos ambientes. O estudo da propagação sonora nos recintos é objeto da acústica geométrica, que trata da distribuição espacial e temporal, mediante o traçado geométrico dos raios acústicos, em analogia aos raios luminosos da ótica.

Assim, o exercício que regula a concepção da forma participa de maneira fundamental no estabelecimento do perfil da imaterialidade sonora do espaço projetado. Superfícies planas e lisas refletem o som de forma especular. A distância entre duas superfícies paralelas deste tipo regulam, do ponto de vista acústico, a intimidade dos ambientes e também a ocorrência do efeito dos ecos batentes. Já a ocorrência de superfícies convexas é ideal para uma melhor distribuição espacial do som, propiciando assim ambientes acústicos homogêneos. De modo contrário, a utilização de superfícies côncavas estão associadas com a ocorrência dos efeitos de focalizações e/ou ecos.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A bibliografia acerca do assunto acústica arquitetônica tem adotado uma estrutura que trata a o assunto de maneira pulverizada ou mesmo direcionada para uma etapa final do projeto, como se a acústica fosse algo que viesse *a posteriori*, não como condicionante do projeto. Essa situação contribuiu para a existência de uma grande lacuna na importante fase projetual correspondente à concepção. Assim, o presente trabalho apresentou apenas as etapas que antecedem as fases comumente abordadas em livros especializados no assunto, não descartando a análise de desempenho acústico na fase do projeto, propriamente dito, por meio de interpretação de resultados obtidos via simulações numéricas, ou pelo atendimento de normas específicas, de forma a atender níveis mínimos adequados de desempenho das construções em face dos diversos usos.

Este trabalho buscou ainda o tratamento do projeto de arquitetura enquanto espetáculo acústico. Assim, pretende-se reverter a posição dos espaços meramente funcionais voltados para o trabalho silencioso para transformá-los no epicentro acústico da comunidade, que nada mais é do que a tentativa de resgate da arquitetura compreendida enquanto poética sonora de um espaço. Assim, utilizou-se o termo *arquitetura acústica* para enfatizar a acústica enquanto um condicionante do processo de concepção da arquitetura.

Finalizando, as soluções na escala do desenho acústico intencional - o estudo criterioso do entorno, o zoneamento acústico, a implantação e a escolha do partido tendo em vista aspectos acústicos - mostram-se bastante eficientes para a construção de uma paisagem sonora consciente.

## AGRADECIMENTOS

A autora gostaria de agradecer a colaboração de Marco Antônio Rezende Penido para realização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARVALHO, B.A. **Acústica Aplicada à Arquitetura**. 1 ed. Rio de Janeiro: Biblioteca Técnica Freitas Bastos, 1967.

CHING, F.D.K. **Arquitetura, forma, espaço e ordem**. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

EMERY, O. RHEINGANTZ, P. A. *Saber ouvir a arquitetura (ouvido do arquiteto)*. In: ENCONTRO NACIONAL E ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, III E I, 1995, Gramado: **Anais do III Encontro Nacional e I Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído** – ANTAC, 1995.

LYNCH, K. **A Imagem da Cidade**. São Paulo: Martins Fontes, 1997.

MERLEAU-PONTY, M. **Fenomenologia da Percepção**. São Paulo: Martins Fontes, 1999. (1 ed. 1945)

MOORE, C. BLOOMER, K. **Cuerpo, memoria y arquitectura. Introducción al diseño arquitectónico**. Madrid: H. Blume, 1982 (1ed. 1977)

NIEMEYER, M.L., SANTOS, M. J. O. *Qualidade acústica no espaço urbano*. In: ENCONTRO NACIONAL E ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, VI E III, 2001, São Pedro. **Anais do VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído** – ANTAC, 2001.

OKAMOTO, J. **Percepção Ambiental e Comportamento**. São Paulo: Ipsis Gráfica e Editora S.A., 1996.

ROEDER, J.G. **Introdução a Física e Psicofísica da Música**. São Paulo: Editora da Universidade Estadual de São Paulo, 1998.

ROMERO, M. A. B. **Arquitetura Bioclimática do Espaço Público**. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, 2001.

ROSSING, T. D. **The Science of Sound**. 2<sup>nd</sup> ed. Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company, 1990.

SABINE, W. **Collected Papers on Acoustics**. New York: Hardcover, 1964.

SCHAFFER, A **Afinação Do Mundo**. São Paulo: Editora da Universidade Estadual de São Paulo, 1997