

## Forma urbana e qualidade ambiental da circulação de veículos nas cidades

*Urban form and environmental quality from vehicular traffic in cities*

Maria do Carmo de Lima Bezerra\*

### Resumo

O planejamento da circulação urbana tem desconsiderado suas implicações sobre a qualidade ambiental do espaço urbano ao privilegiar as relações entre intensidade de fluxos viários e a capacidade física das vias. A pesquisa destaca a importância da capacidade ambiental do sistema viário e identifica um conjunto de características da estrutura urbana que contribuem para a concentração/dispersão de poluentes advindos das emissões dos veículos automotores. A sistematização das informações sobre como utilizar cada característica para potencializar a qualidade ambiental, minimizando efeitos negativos da poluição se constitui em subsídio aos profissionais que atuam na construção e reconstrução do espaço urbano.

**Palavras-chave:** Circulação urbana. Qualidade ambiental. Forma urbana.

### Abstract

The planning traffic circulation has disregarded its implications on environmental quality of urban space by privileging the relationship between intensity of road flows and physical capacity of roads. The research highlights the importance of the environmental capacity of the road system and identifies a set of characteristics of urban structure that contribute to the concentration or dispersion of pollutants arising from motor vehicles emissions. The systematization of information on how to use each feature to enhance the environmental quality, minimizing negative effects of pollution constitutes a subsidy to professionals in the construction or reconstruction of urban space.

**Keywords:** Traffic circulation. Environmental quality. Urban form.

\*Doutora pela FAUUSP com pós doutorado no AAP Cornell University. Professora Associada 2 do Departamento de Tecnologia da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília e do PPGFAU da mesma universidade.

## Introdução

**A** circulação urbana possui um “status” entre os problemas urbanos gerando um interesse entre planejadores e urbanistas só dispensado ao tema da habitação.

As soluções tradicionais para tratamento dos problemas de circulação urbana se referem a enfrentamento de conflitos pedestres x pedestres/pedestres x veículos e pedestre x veículos/veículos x veículos, respectivamente, gerando diferentes alternativas, que nós bem conhecemos na vivência de nossas cidades, como corredores exclusivos de transporte coletivo, restrições ao tráfego de acesso aos centros urbanos (com conseqüente criação dos calçadões), alargamento de calçadas ou vias, passagens subterrâneas ou elevadas para pedestres e/ou veículos, etc.

A busca das filiações ideológicas para os princípios básicos das medidas adotadas remete imediatamente, à Carta de Atenas, onde encontramos a preocupação expressa com a separação dos fluxos pedestres/veículos, a hierarquização de vias, a garantia da fluidez e velocidade do tráfego, bem como a preocupação com as aná-

lises estatísticas do fluxo para o trato das questões de circulação.

As intervenções urbanas resultantes têm levado em conta aspectos tais como estética, custo, segurança e condições técnicas de execução. Dentre os aspectos não considerados na busca de soluções para os problemas de circulação encontra-se a preocupação com as condições ambientais dos espaços urbanos.

A questão da poluição ambiental devida à circulação urbana tem atingido níveis de gravidade tais que interfere no bom desempenho das atividades urbanas e nas condições de saúde da população, requerendo atuações corretivas nas áreas atingidas e revisão nas formas de encaminhamento das propostas de solução para circulação. Neste contexto, o estudo das relações entre as medidas preconizadas pelo planejamento da circulação urbana e as condições ambientais dos espaços adquire uma relevância que o coloca em condições de igualdade com os outros fatores considerados no projeto urbano.

As tentativas de alteração dos rumos tomados pelo planejamento da circulação urbana têm esbarrado na dificuldade de superação de toda uma metodologia de trabalho altamente especializada e consolidada (WINGO, 1972). Por outro lado, as críticas que apenas apontam incoerências gerais ou aspectos desconsiderados, sem propor uma alternativa à metodologia corrente não contribuem para alterar a prática.

Visando contribuir com a relação entre planejamento da circulação e qualidade ambiental das cidades o estudo realizado apresenta os resultados da pesquisa realizada.

### **Circulação urbana - uma questão de acessibilidade e uso do solo?**

A resolução dos problemas de circulação não tem sido encarada como condicionadora da forma urbana ou por ela condicionada. As soluções dos problemas de circulação costumam ser baseadas em relações bidimensionais, análise da geração de fluxos em função dos usos do solo urbano.

Até recentemente as propostas de circulação urbana eram feitas em termos funcionais, objetivando melhorar as ineficiências óbvias do sistema, tais como congestionamentos, potencial dos transportes em alterar a estrutura urbana, pela influência da oferta de acessibilidade e demanda gerada pelo uso do solo.

Acessibilidade x uso do solo até hoje constitui a única relação considerada entre circulação urbana e a estrutura da cidade, sendo quase inexistentes os estudos sobre o potencial do conjunto da morfologia urbana de contribuir com soluções, especialmente, aquelas que resultem, também, em melhor qualidade ambiental.

As preocupações com o meio ambiente natural e a circulação foram enunciadas primeiramente por Buchanan (1966), quando afirmou existir um conflito entre acessibilidade e qualidade ambiental, constituindo-se, esta preocupação, num dos princípios básicos de seu famoso Relatório. Para Buchanan, entretanto, para se evitar os efeitos anti-ambientais do tráfego motorizado ou, pelo menos, mantê-los sob controle, a quantidade de tráfego deveria ser limitada.

Isto significa considerar somente a relação entre intensidade de fluxos x impactos sobre o meio ambiente; esta apesar de ser a mais óbvia e eficazmente resolvida significa desconsiderar as características inerentes da forma urbana na sua capacidade de dispersão ou concentração de poluentes, isto para ficar na consideração dos veículos automotores.

Assim, mesmo considerando que a intensidade do fluxo vai gerar mais emissões alterando a qualidade ambiental em termos de poluição do ar e sonora, aspectos estudados na pesquisa, teremos que considerar que o tecido urbano não é

homogêneo em sua capacidade de dispersão e concentração sendo, pois necessário ter em conta a capacidade da forma urbana na atribuição de tráfego que garanta a qualidade ambiental em relação aos aspectos estudados.

Propõe-se, portanto, um ajuste de fluxos (atribuição) na rede viária, para se distribuir benefícios e perdas, em função da acessibilidade e qualidade ambiental, partindo-se do princípio de que nem todas as áreas da cidade possuem as mesmas características de suporte ambiental, ou seja, diferentes áreas têm diferentes capacidades de absorção dos impactos negativos, podendo chegar à saturação e, conseqüentemente, à deterioração da qualidade ambiental.

Normalmente se considera para a atribuição de tráfego o conceito de Capacidade Viária calculada em função de variáveis intrínsecas ao sistema de transportes como a largura da via, o nível de serviços e o fluxo de tráfego.

Na nova situação proposta, ao invés do caminho mínimo aplicado à capacidade viária, ou seja, a quantidade de veículos possíveis de fluxo à uma velocidade considerada aceitável, utilizar-se-á a ideia de “capacidade ambiental do sistema viário” que envolve os elementos da forma do sistema viário entendidos como sendo o conjunto das condições de emissão, dispersão e concentração de poluentes devidos à circulação urbana.

Conforme a intensidade do impacto provocado pela operação do sistema de transportes, da forma urbana e das características topográficas e climáticas, supõe-se que existirá uma localização mais adequada ambientalmente na estrutura urbana com características específicas que propiciem a minimização ou maximização dos impactos negativos e positivos, respectivamente.

### **Elementos da forma urbana que interferem na dispersão/concentração da poluição do ar e sonora devida à circulação**

O estudo da forma urbana como instrumento de controle para obtenção de conforto e salubridade do espaço urbano foi estudado por Oliveira (1985) quando foram identificadas características do tecido urbano que podem influem na dispersão/concentração da poluição. A partir destas características foi procedida ampla pesquisa bibliográfica para identificação das características da forma urbana que mais influenciam na concentração/dispersão dos poluentes do ar e sonoros devidos aos veículos automotores.

Algumas destas características influem de forma mais decisiva no controle da poluição do ar e sonora: rugosidade, porosidade, tamanho (dimensão horizontal e vertical), ocupação do solo e orientação. No estudo dessas poluições verifica-se que estas características repercutem de forma diferente na dispersão/concentração dos poluentes.

CARACTERÍSTICAS DA FORMA	TIPO DE POLUIÇÃO	
	POLUIÇÃO DO AR	POLUIÇÃO SONORA
Distância entre as fachadas		X
Distância dos meios-fios às fachadas		X
Vegetação		X
Traçado da via		X
Porosidade	X	X
Rampas		X
Pavimentos		X
Conformação do corte transversal da via		X
Traçado da via	X	
Posição das edificações mais altas	X	
Rugosidade	X	
Altura das edificações	X	

Figura 1 - Características da forma urbana que propiciam concentração /dispersão de poluentes do ar e sonoro. Fonte - autora

A pesquisa ainda considerou as características tradicionalmente utilizadas no planejamento de transportes e que dizem respeito a elementos do próprio sistema viário. Como resultado a tabela da Figura 1 apresenta a organização de características do tecido urbano por influência sobre o tipo de emissão estudada.

A seguir a sistematização<sup>1</sup> das relações entre as características apontadas e sua capacidade de interferir na concentração/dispersão oferece subsídios ao projeto de circulação e urbano quanto aos requerimentos ambientais da rede viária em estudo.

Uma característica dos resultados apresentados reside em aceitar o fato de que, na maioria das vezes, o impacto da circulação pode ser razoavelmente avaliado por considerações qualitativas a respeito das interrelações entre os elementos apontados.

#### **Relações entre os elementos da forma urbana e as condições ambientais urbanas .**

#### **Elementos da forma urbana intervenientes na concentração/dispersão da poluição do ar.**

- Altura das edificações

As construções formam novas elevações no solo, alterando a topografia inicial. Isto contribui para modificar a circulação e a velocidade do vento. Prédios altos em filas produzem o efeito de “canalização” do ar, visto na Figura 2, sob determinadas condições de direção dos ventos, assim como podem mudar o fluxo de ar, provocando regiões de turbulência. Estes mesmos prédios, por outro lado, podem criar espaços sem suficiente aeração que provoquem acumulação de poluentes no nível do solo, caso estejam colocados a barlavento.

1. Adaptado dos trabalhos de Gonzales et al, (1986, v.2.), Koenigsberger et al (1980), Lavigne (1994).

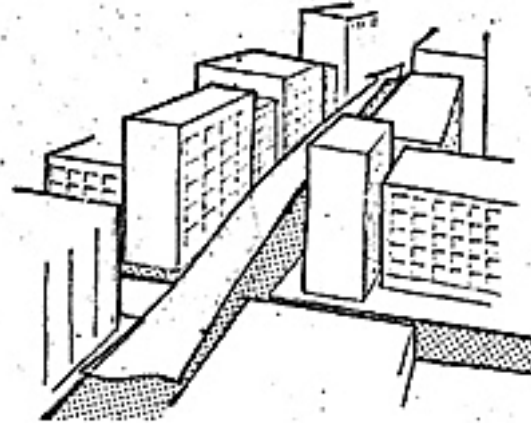


Figura 2. Exemplo de concentração do vento pela forma urbana. Fonte: Autora

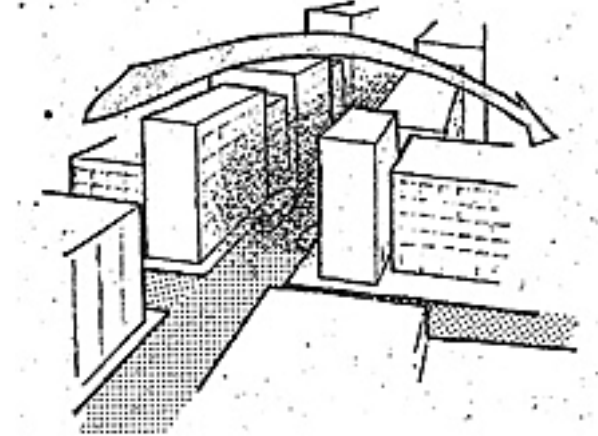


Figura 4 – Concentração de poluentes em função da forma urbana. Fonte: Autora



Figura 3. Sombra de vento. Fonte: Autora, adaptado de Koenisberger, 1972.

A Figura 3 mostra que o comprimento da 'sombra de vento' provocada pelos edifícios a barlavento corresponde a seis vezes a sua altura. Podemos inferir daí, que, uma rua, configurada por edificações com altura superior a 1/6 da distância entre as fachadas colocadas frente a frente, tenderá a não ter o ar suficientemente renovado, caso a direção predominante dos ventos seja perpendicular à via e as edificações a barlavento formem um conjunto compacto de barreiras impedindo a circulação dos ventos, Figura 4.

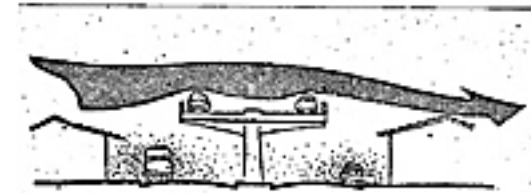


Figura 5 – Concentração de poluentes no nível do piso, e dispersão no elevado. Fonte: Autora

#### • Traçado da via

Considerando que um rebaixamento (talude) no nível da via em relação às calçadas configura uma situação topográfica de vale, dificultando, conseqüentemente, a aeração local, existirá, ali, uma concentração de poluentes; por outro lado, uma via elevada poderá situar-se em uma área de maior aeração. (Figura 5)

### • Porosidade

Os espaços limitados por estruturas porosas estão sujeitos a melhores condições de qualidade do ar do que quando estão limitados por estruturas opacas (não porosas) se as fontes de poluição, a nível baixo, estão localizadas dentro dos espaços, sendo que o inverso é verdadeiro quando os poluentes são liberados fora dos espaços. (Figura 6)

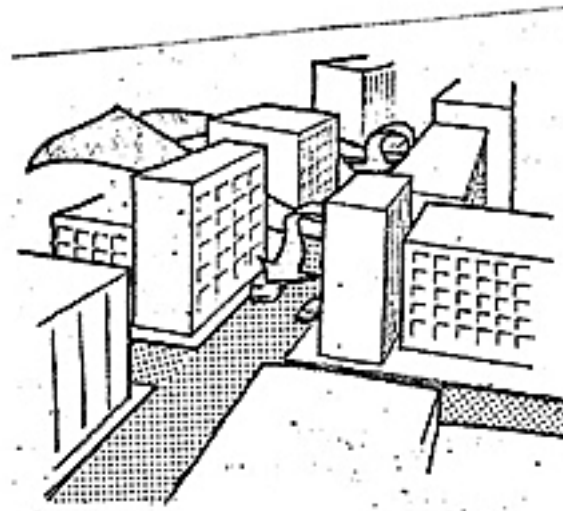


Figura 6 – Vento turbilhonar em função da rugosidade urbana. Fonte: Autora

Os prédios reduzem a velocidade do vento até 20% em relação à região circundante inibindo a circulação do ar e ventilação necessária, e impedindo a provisão de ar puro de fora da cidade.

### • Posição das edificações mais altas

“Um aumento na altura das estruturas que formam um espaço fechado pode aumentar a

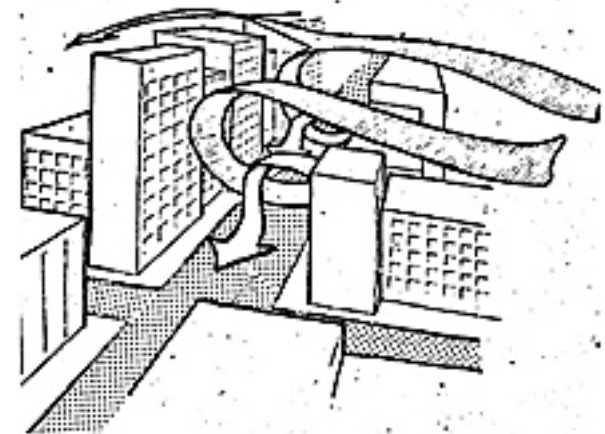


Figura 7 – Vórtices de vento devido à forma urbana. Fonte: Autora

concentração de poluentes no nível do solo quando as fontes se situam dentro do espaço e os tetos têm a mesma altura, ao passo que a presença de volumes mais altos a sotavento pode desviar o fluxo para baixo e melhorar as condições de qualidade do ar”. (VILLAS BOAS, 1983) (Figura 7)

### • Rugosidade

“A fricção no movimento das massas do ar, ao se atritar com a superfície do solo, tanto reduz a velocidade desse movimento, quanto altera a forma de deslocamento deixando de ser lamelar para se tornar turbilhonar. Quanto mais rugosa for a superfície, maior o atrito; conseqüentemente, maior a turbulência e menor a velocidade do ar” (OLIVEIRA, 1985); árvores e outros elementos paisagísticos



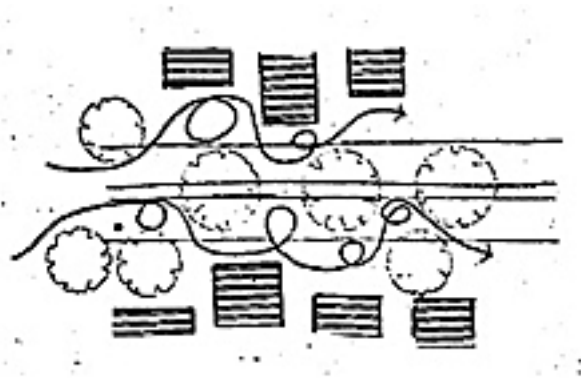


Figura 8 – Distribuição do fluxo de ar (em planta) devido à forma dos edifícios. Fonte: Autora

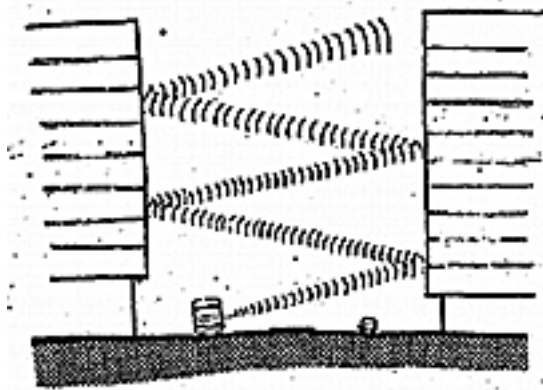


Figura 9 – Reverberação de ruído em função da forma urbana. Fonte: Autora

contribuem para aumentar a rugosidade, induzindo, também, turbulência no fluxo de ar. (Figura 8)

Por outro lado, em condições de concentrações localizadas de poluentes, a turbulência no fluxo de ar, introduzida pela rugosidade, proporciona a redução da intensidade da poluição do ar, ao nível do solo, por causa do aumento da mistura.

#### **Elementos da forma urbana intervenientes na concentração/dispersão da poluição sonora**

##### **• Distância entre fachadas**

A distância entre as fachadas frente a frente em uma rua, independente da altura das edificações, envolve efeitos de reverberações que podem agravar o nível de ruído existente; uma maior proximidade entre os dois lados da rua implica

acentuação das reverberações e diminuição da dispersão das ondas sonoras para a atmosfera. A intensidade dessas reverberações depende, em parte, da qualidade de absorção ou reflexão dos materiais de revestimento das fachadas. (Figura 9)

##### **• Distâncias dos meios-fios às fachadas**

“Os níveis de ruído são atenuados com a distância. Ao se duplicar a distância que separa o ouvinte da fonte de ruído móvel - fluxo de tráfego, por exemplo - esta atenuação é de 3 dBA”. (CO-PPE/PET,1980) (Figura 10)

A existência, junto às calçadas ou nos recuos das edificações, de pisos absorventes - gramados, por exemplo, proporciona uma atenuação no nível de ruído, enquanto que pavimentos refletores tendem a reforçá-lo. (Figuras 11 e 12)

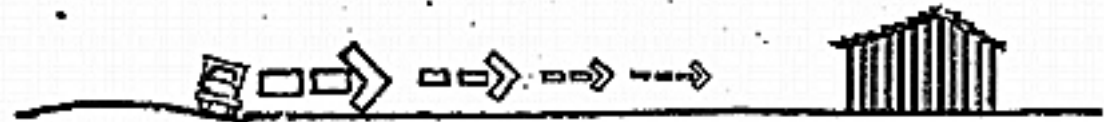


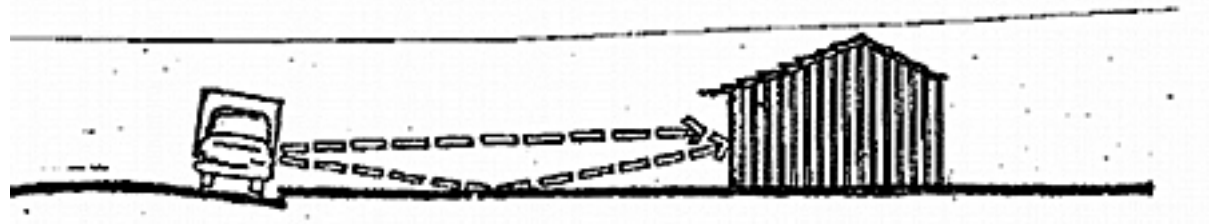
Figura 10 – Redução do nível de ruído em função da distância da fonte. Fonte: Autora



Figura 11 – Absorção do nível de ruído em função da cobertura do solo. Fonte: Autora



Figura12 – Intensificação do nível de ruído em função do tipo de pavimento. Fonte: Autora



A atenuação devida ao terreno refletor (3 dBA) só existe até que as ondas sonoras atinjam os bosques ou a primeira fileira de construções. Os efeitos combinados de bosques densos e construções só são considerados até o limite de atenuação de 10 dBA. A partir desse valor, os efeitos de bosques e construções adicionais são ignorados.

#### • Vegetação

No caso de plantação de árvores à beira da via, os troncos, galhos e folhas funcionam como barreira, absorvendo e dificultando a propagação do som. No entanto, uma largura considerável da faixa adjacente à via deve ser plantada, para que consiga uma redução satisfatória. (COPPE/PET, 1980)

O fator mais importante na atenuação é a densidade (compacidade) da barreira, sobrepondo-se às características morfológicas e anatômicas, como forma e tamanho das folhas, presença de

pelos e outras, estas surgem influenciando a distribuição das atenuações no espectro de frequência. (VILAÇA et alli,1983) (Figura 13)

Embora a atenuação pela vegetação seja frequentemente citada, a densidade da barreira vegetal necessária para resultar eficaz faz com que alguns autores comentem que a vegetação, normalmente, atua mais como um fator psicológico, por bloquear a visão dos veículos e da via.

#### • Traçado da via

As vias em corte, rebaixadas em relação ao nível das calçadas, atenuam o ruído que atinge as edificações pelo efeito de barreira proporcionado pelas laterais da via. (Figuras 14 e 15)

As vias com nível elevado, acima das calçadas, podem proporcionar uma boa dispersão das ondas sonoras (pela diminuição de reflexões e reverberações), embora vias elevadas sem aterro - com estruturas de concreto - diminuam a absorção das vibrações pelo solo, transmitindo-as para o entorno.

Figura13 – Pequena redução do nível de ruído em função da massa de vegetação. Fonte: Autora



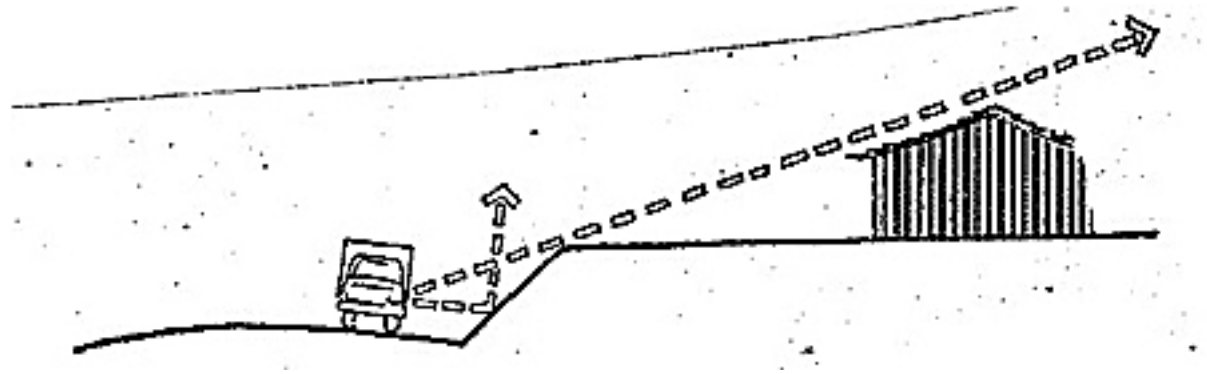


Figura 14 – Eliminação do nível de ruído em residências devido à configuração do corte da rodovia. Fonte: Autora

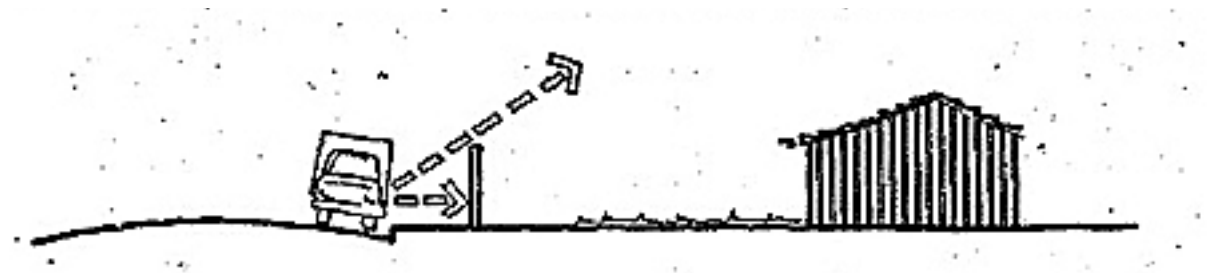


Figura 15 - Eliminação do nível de ruído em residências devido à construção de barreiras contra o ruído. Fonte: Autora

#### • Porosidade

A propagação do ruído para as áreas do entorno da via depende das barreiras existentes no campo de propagação do som: “a atenuação devida à presença de construções no campo de propagação do ruído depende do grau de ocupação da testada pelas construções. Para uma ocupação longitudinal de 40 a 65t, a atenuação é de 3 dBA; para ocupação de 65 a 90t, a atenuação é de 5 dBA. Não há nenhuma atenuação do ruído.

Por outro lado, se considerarmos somente os níveis de ruído que atingem os prédios que configuram a rua onde a via se encontra, uma maior porosidade maior número de espaços intersticiais entre as edificações de um mesmo lado da rua favorece a dispersão e amortecimento do som, diminuindo as reverberações que acentuam a poluição sonora “Os espaços formados por massas edificadas extensas e contínuas, tendem a intensificar o ruído gerado dentro desses espaços, ao passo que aqueles delimitados por mas-

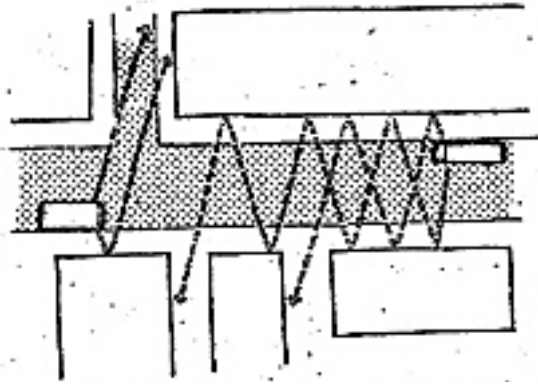


Figura 16 – Comportamento da dispersão do nível de ruído (em planta) devido à forma e ao acabamento dos materiais de fachada. Fonte: Autora



Figura 17 – Elevação do nível de ruído em aclive acentuado. Fonte: Autora

As fachadas menores e descontínuas tendem a dispersar e amortecer o ruído”. (VILLAS BOAS e OLIVEIRA, 1986) (Figura 16)

As fachadas dos edifícios dispostos perpendicularmente às vias de veículos que lhes são contíguas ajudam na dissipação do ruído e na obtenção de melhores condições acústicas no interior das edificações, enquanto que as fachadas paralelas às vias formam caixas de ressonância e tendem a acentuar o ruído aos espaços exteriores e interiores das edificações. Os espaços delimitados por superfícies horizontais em forma côncava tendem a concentrar e intensificar o ruído gerado dentro desses espaços, enquanto que os delimitados por superfícies convexas tendem a dispersar os sons.

• **Inclinação da via**

“Trechos da via onde os freios devem ser acionados, ou subidas que tornem necessária uma grande aceleração por parte dos veículos, provocam aumento nos níveis de ruído”. (COPPE/PET,1980) (Figura 17) Da mesma forma, trechos da via com mudança de inclinação, provocam troca de marcha dos veículos, aumentando os níveis de ruído. (Figura 18)

• **Pavimento**

Os pavimentos lisos como o asfalto causam menores emissões de ruído do que pavimentos de

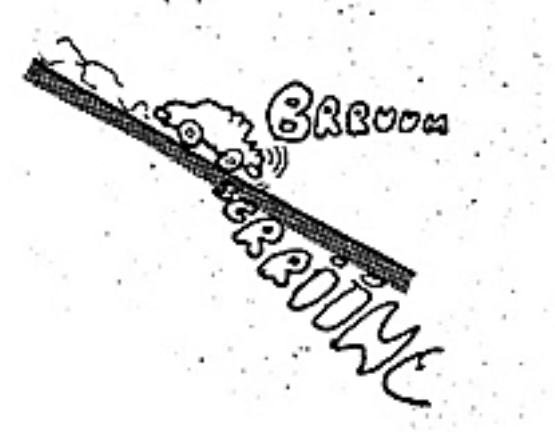


Figura 18 - Elevação do nível de ruído em declive acentuado. Fonte: Autora

concreto e paralelepípedo. O revestimento permeável, ao permitir a remoção da água da superfície, contribui para reduzir o ruído durante a chuva (UNDERWOOD L. R., 1981)

• **Conformação do corte transversal da rua**

A conformação do corte transversal da rua, entendida como a relação entre a altura dos edifícios e a distância existente entre fachadas frente a frente, pode gerar uma situação de caixa de ressonância, onde existam múltiplas reverberações que intensificam os níveis de ruído. Para uma mesma distância entre fachadas dos edifícios que conformam um espaço, as construções mais baixas tendem a propiciar a absorção do ruído pela atmosfera, enquanto que as construções mais altas tendem a reduzi-la (com aumento da reverberação). (VILLAS BOAS e OLIVEIRA, 1986).

### Considerações finais

A contribuição visa consolidar as relações entre forma urbana, circulação e qualidade ambiental e oferece indicações para que a alocação de fluxos em projetos de circulação viária se faça de forma integrada com o projeto urbano.

A elaboração de uma metodologia onde as relações entre fatores operacionais do tráfego, fatores topográficos e climáticos e características da forma urbana estejam presentes para a tomada de decisão entre alternativas de circulação urbana é a meta a ser atingida. Entretanto, a elaboração de tal metodologia presume uma definição precisa de parâmetros para cada elemento de análise, estudo das implicações de seus cruzamentos e combinação de todos os fatores estudados em uma matriz que conterá as situações urbanas possíveis e relevantes para o projeto da circulação urbana.

### Referências

BEZERRA, M. C.; GENTIL, C. D. A. “Elementos da forma urbana relacionados à mobilidade sustentável”. In: **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo PUC-Minas**, Belo Horizonte. v. 20, n. 26, 1º Semestre, 2013.

BEZERRA, M. C. “Qualidade ambiental e Planejamento de transportes urbanos”. In: **Boletim do Metro do Rio**, Rio de Janeiro, n. 4, ano 6, 1988.

BEZERRA, M. C. **O planejamento de transportes como instrumento de controle da poluição do ar e sonora devida à circulação dos veículos automotores**. Brasília, Dissertação de Mestrado em Planejamento Urbano, PPGFAU - UnB, 1988.

BUCHANAN, C.D. et alli. **Traffic in towns**. Londres: HMSO, 1963.

COPPE/PET. **Tráfego e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro, 1980.

GONZALES M. F. et alli. **Proyecto Clima y Arquitectura**. Mexico: Gustavo Gili, 1986.

KOENIGSBERGER O. et alli. **Manual of Tropical Housing and Building**. London: Longman, 1980.

LAVIGNE, P. **Architecture climatique: une contribution au développement durable**. France: Bases et approche physique, Tome 1, 1994.

OLIVEIRA, P. M. P. **A Cidade Adequada ao Clima**. Brasília. Dissertação de Mestrado em Planejamento Urbano. PPGFAU-UnB, 1985.

UNDERWOOD, M. C. P. “Lorry Tyre Noise Department of the Environment”. In: **TRRL Report LR 974**, Crowthorne, 1981.

VILLAS BOAS, M.; OLIVEIRA, P. M. P. **Dimensão Ambiental do Processo de Urbanização**. Brasília: Instituto de Arquitetura e Urbanismo, UnB, 1986.

VILAÇA et alli. **Espécies Vegetais no Controle da Poluição Sonora.** Rio de Janeiro: FEEMA, 1983. WINGO, L. **Transporte y Suelo Urbano.** Barcelona: Oikos-Tau, 1972.

