



Capitão-de-Corveta (EN) Marco Antonio Lacerda

Ajudante da 3ª Divisão de Projetos da DOCM.

Graduado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e Mestre em Arquitetura, com ênfase em Sustentabilidade, Conforto Ambiental e Eficiência Energética pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

AValiação DO POTENCIAL DO **BRISE-SOLEIL** PARA O CONFORTO AMBIENTAL

1. INTRODUÇÃO

O *brise-soleil*, vocábulo originário da língua francesa, também conhecido em nosso idioma como quebra-sol, é um dispositivo arquitetônico formado por lâminas externas com a finalidade de barrar a incidência direta dos raios solares nas superfícies da edificação, principalmente as translúcidas, podendo também ser utilizado como importante elemento de composição arquitetônica.



Figura 1 – Ministério da Educação e Saúde.

A origem do *brise-soleil* é controversa, sendo que alguns autores apontam *Le Corbusier* como o criador desse dispositivo, enquanto outros atribuem a criação a *Stamo Papaki*. Porém, é preciso reconhecer que se não fossem os estudos de *Le Corbusier* e a aplicação desse elemento em suas obras, talvez o *brise* não tivesse tido tanta aceitação mundial (MARAGNO, 2000, p. 51).

O *brise-soleil* incorporou-se rapidamente à arquitetura brasileira, em virtude do clima do país e da adoção dos princípios modernistas corbusianos. No entanto, esta incorporação dotou a nossa arquitetura de caráter próprio e pioneirismo. Obras referenciais da arquitetura moderna brasileira são exemplos precursores na utilização em larga escala do *brise*, tais como: a Associação Brasileira de Imprensa, dos irmãos Marcelo e Milton Roberto; Obra do Berço, de Oscar Niemeyer; e o Ministério da Educação e Saúde, de Lúcio Costa e equipe (Figura 1).

Em relação aos aspectos funcionais, além do controle da radiação solar, a qual pode gerar ganho de calor indesejável ao ambiente interno, o espaçamento entre as lâminas do *brise* permite a passagem do ar, sendo portanto um dispositivo que pode ser usado para o conforto térmico através da ventilação natural. Aliados a esses motivos, a facilidade de instalação, tanto em prédios novos como em *retrofit* e a mobilidade das lâminas em alguns modelos, também contribuem para a sua aceitação em larga escala.

Tratando-se de conforto ambiental, surgem as seguintes questões em relação ao *brise*: É possível neste dispositivo reunir características que permitam atender, simultaneamente, condições de conforto visual, higrotérmico e acústico?

Tendo a consciência dos diversos desdobramentos que o tema possa trazer, este artigo se limitará a identificar o potencial de uso dos *brises* em prédios localizados na cidade do Rio de Janeiro, zona bioclimática 8, conforme a NBR 15220-3:2005, p.9. Estas são áreas sujeitas a elevados níveis de ruído urbano, sendo o *brise* um dispositivo usado para obter conforto no ambiente interno, tanto através do aproveitamento da iluminação e ventilação naturais, quanto pela atenuação sonora dos ruídos externos que penetram no interior da edificação.

Através de pesquisa bibliográfica na literatura especializada e em catálogos de fabricantes, buscou-se inicialmente ilustrar o uso de diagramas solares, o comportamento da ventilação natural e os fenômenos acústicos que possam atuar diretamente no *brise*. Em seguida, foi feita uma análise qualitativa entre alguns modelos existentes no mercado, a fim de identificar características que possam apontar a adequação do dispositivo para melhorar a qualidade ambiental do espaço interno.

2. ANÁLISE DO CLIMA E ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS RECOMENDADAS

O clima da cidade do Rio de Janeiro pode ser classificado como quente-úmido. Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET - 2009), a temperatura média compensada anual é de 23,8°C, sendo o mês de fevereiro o mais quente, com média compensada de 26,6°C, e o mês de julho o mais frio,

com média compensada de 21,3°C. A umidade relativa anual média é de 79,1%, sendo que nos meses de março, abril, maio, outubro e dezembro a umidade relativa mensal média é de 80%, que é a mais elevada. Nos meses de julho e agosto, essa umidade é a menor, com índice de 77%.

Os ventos mais frequentes ao longo do ano são o sudeste e o sul, com velocidade média de 3m/s e 6m/s, respectivamente. A ausência de vento ocorre com maior frequência de madrugada e menor frequência à tarde (Figura 2).

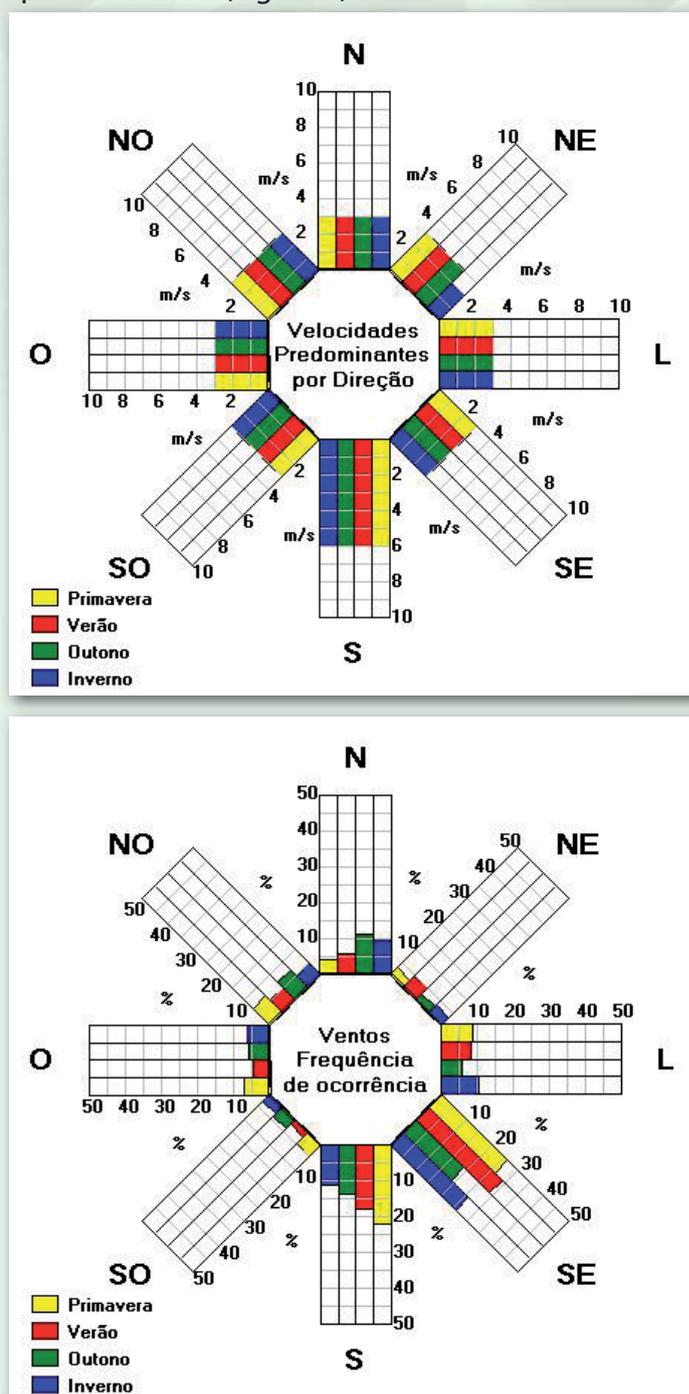


Figura 2 – Carta solar da Cidade do Rio de Janeiro. Fonte: Software Analysis Sol-Ar.

Dentre os elementos do clima, pode-se afirmar que os que mais afetam o conforto humano são a temperatura e a umidade do ar, sendo a radiação solar e a ventilação os fatores climáticos mais representativos no processo (GIVONI, B., 1976).

As diretrizes construtivas recomendadas para esta zona bioclimática 8 são: grandes aberturas para ventilação (> 40% da área de piso); sombreamento das aberturas; ventilação cruzada permanente; e paredes e coberturas leves e refletoras.

O controle da radiação solar nas aberturas pode ser feito através de dispositivos de fachada, tais como: marquises, beirais, elementos vazados, toldo, pérgulas, venezianas e brises. Com uso de carta ou diagrama solar é possível dimensionar adequadamente o elemento de proteção solar (Figura 3).

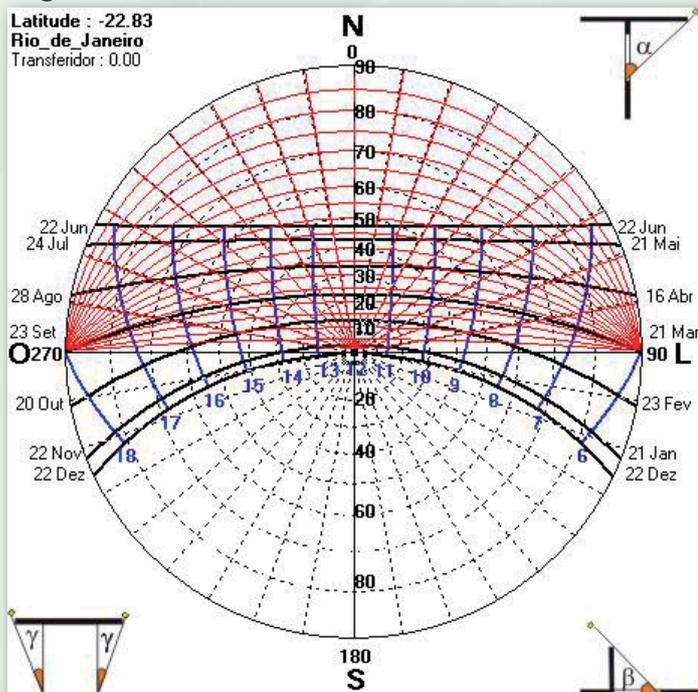


Figura 3 – Carta solar da Cidade do Rio de Janeiro.
Fonte: Software Analysis Sol-Ar.

Em locais de clima quente-úmido, a ventilação natural é a principal estratégia para obter conforto térmico para as pessoas, pois permite a remoção do excesso de calor das ruas e promove a ventilação higiênica e cruzada no interior da edificação.

A ventilação natural de edifícios ocorre por diferença de pressões encontradas nas diversas superfícies dos mesmos, através de dois mecanis-

mos: ventilação por ação dos ventos e ventilação por efeito chaminé. A primeira é causada pela força do vento (pressão dinâmica) e a segunda é gerada pela diferença de temperatura e também como consequência entre distintas densidades do ar no interior e no exterior das edificações (pressão estática).

A ventilação por ação dos ventos (ventilação cruzada) é importante para promover o resfriamento fisiológico, pois, além de remover o calor do ambiente, possibilita um aumento no nível de evaporação das pessoas, assim melhorando a sensação térmica. "O resfriamento fisiológico é particularmente importante em regiões com elevada umidade do ar, pois a pele úmida é, frequentemente, apontada como a principal causa de desconforto nas cidades" (GIVONI, 1991 apud BITTENCOURT, 2010, p. 12).

A ventilação cruzada é mais eficiente quando as aberturas de entrada de ar estão localizadas na zona de alta pressão (barlavento) e as aberturas de saída de ar estão localizadas na zona de baixa pressão (sota-vento) ou de sucção, em virtude do fluxo de ar depender da diferença de pressão entre estas aberturas (Figura 4).

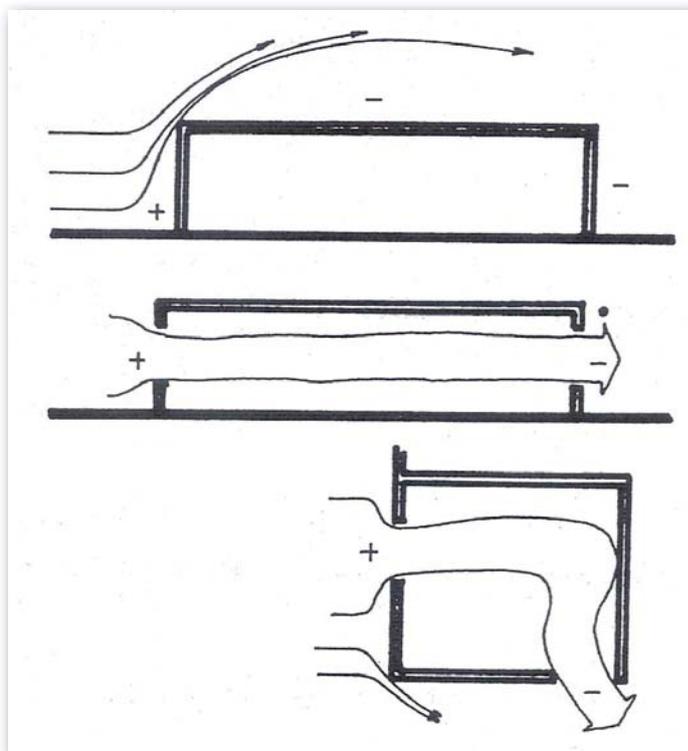


Figura 4 – Diferença de pressões num volume.
Fonte: Riveiro (1985, p.115).



3. SOM E RUÍDO

“O som é uma sensação auditiva provocada por uma onda acústica, resultante da vibração de um corpo em um meio elástico (sólido, gasoso ou líquido), através de flutuações de pressão” (STRAMANDINOLI, 2000, p.28). No entanto, o que importa para a acústica da arquitetura é o som que está na faixa de frequências audíveis pelo ouvido humano⁽¹⁾.

De maneira geral, o ruído pode ser definido como todo sinal acústico indesejado ou inadequado para exercer uma determinada atividade, mesmo que seja uma música. O som pode ser considerado ruído se interferir no bom andamento das atividades, nos objetivos dos espaços com prejuízo a função do ambiente, independente da sua composição espectral. Algumas questões subjetivas, como a atenção do receptor, poderão ter maior ou menor grau de incômodo causado pelo ruído (SOUZA, 2011, p.47). Portanto, esta definição de ruído demonstra uma ênfase maior sobre aspectos subjetivos do que sobre os objetivos. A abordagem deste artigo está voltada diretamente para a avaliação qualitativa da acústica no ambiente.

A exposição a altos índices de ruído com certa periodicidade pode estar associada ao surgimento de patologias físicas e psíquicas. Dentre estas doenças físicas, podemos citar: a perda auditiva, cefaleia, fadiga, distúrbios gastrointestinais, distúrbio cardiovasculares, entre outros. Quanto às patologias psíquicas, a perda de concentração e de reflexos, a irritação permanente e os distúrbios do sono são exemplos deste tipo de patologia que podem ser causados pelo excesso de ruído.

Em virtude do crescimento urbano e da industrialização, algumas fontes sonoras são constantemente apontadas como geradoras de ruídos. As principais fontes de ruídos externos são as decorrentes dos transportes rodoviários e aéreos, das indústrias e de algumas atividades de recreação. Entre elas, a do transporte rodoviário é a mais frequente encontrada no meio urbano. O ruído de tráfego rodoviário depende de vários fatores, tais como: o tipo de rodovia e o seu estado de conservação, a velocidade dos veículos, a categoria do veículo quanto ao peso, leve, médio ou pesado, (SOUZA, 2011, P.48).

A poluição sonora nas grandes cidades causada pelo intenso tráfego rodoviário pode alcançar níveis acima de 80db, forçando as pessoas a manterem as janelas fechadas para diminuir a interferência nas atividades realizadas no ambiente interno (STRAMANDINOLI, 2000, p.55).

4. PROPAGAÇÃO DO SOM

A propagação do som é o caminho que a onda sonora deverá percorrer. Os fenômenos da reflexão, absorção, transmissão, difração e difusão ocorrem em virtude da mudança do meio de propagação.

A reflexão sonora ocorre quando os raios sonoros emitidos por uma fonte acústica encontram uma superfície rígida e são refletidos com um ângulo igual ao ângulo do raio incidente. Este fenômeno é análogo ao da reflexão luminosa. No entanto, para que ocorra a reflexão, é necessário que a superfície seja maior que o comprimento de onda do som emi-



(1) Para que seja audível ao ouvido humano, as frequências devem se situar entre 20 e 20.000 Hz.

tido. Portanto, o som de alta frequência é facilmente refletido em pequenas superfícies. Associada ao fenômeno da reflexão, a difusão surge a partir do momento que as ondas sonoras se espalham em todas as direções, devido às irregularidades da superfície refletora, promovendo uma distribuição mais uniforme da pressão sonora.

Dependendo da forma da superfície refletora, o som é refletido de diferentes formas. Em superfícies refletoras planas, os raios sonoros de uma mesma fonte são divergentes e o som é difundido. Em superfícies refletoras convexas, ocorre o aumento da difusão sonora. Em superfícies refletoras côncavas, o som refletido se concentra em um ponto chamado foco (Figura 5).

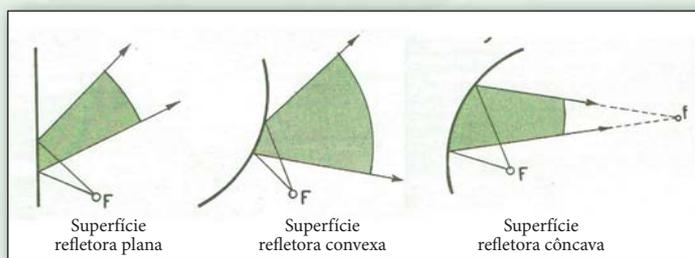


Figura 5 – Comportamento dos raios sonoros.
Fonte: Carvalho (1967, p.14).

A absorção sonora acontece quando a onda sonora penetra e se propaga em materiais porosos e fibrosos. Depois de sucessivas reflexões no interior desse material, a energia é dissipada em forma de calor. São chamados de acústicos os materiais de uma superfície que têm a absorção sonora como característica predominante. Estes materiais são classificados como: porosos, mais absorventes à alta frequência; painéis ou membranas vibratórias, mais eficientes à baixa frequência; e ressoadores, que normalmente têm boa absorção para média e baixa frequência.

A transmissão sonora aparece quando uma onda sonora atinge um obstáculo e este vibra, transformando-se em uma nova fonte. Quando a onda atinge o obstáculo, o som percebido sofre uma atenuação e tem seu espectro modificado. Porém, no caso específico dos fenômenos que atuam no objeto de estudo deste artigo, a transmissão não é relevante, em virtude das janelas estarem abertas para manter a ventilação natural.

O fenômeno da difração ocorre quando o som encontra aberturas ou obstáculos menores que seu comprimento de onda. Então, a onda sonora tem direção e magnitude alteradas (Figura 6).

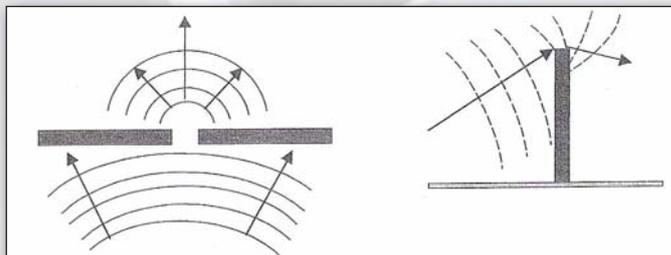


Figura 6 – Fenômeno da difração.

5. O ESPAÇO URBANO

A iluminação produzida nas superfícies externas pode ser relevante como fonte secundária de iluminação. Em geral, o entorno funciona como fonte de luz. Assim, torna-se necessário conhecer as suas superfícies para que esta fonte possa ser controlada (Figura 7). Segundo Mascaró (1991, p.106):

“A luz refletida pelo entorno em regiões ensolaradas representa, no mínimo, 10 a 15% do total de luz diurna recebida pelas janelas; estes valores são superados quando o entorno é claro (vegetação e cor superficial). Para locais cujas superfícies exteriores não estão expostas ao sol, a luz refletida pelo entorno chega a ser mais da metade da luz recebida pelas janelas localizadas em superfícies sombreadas.”

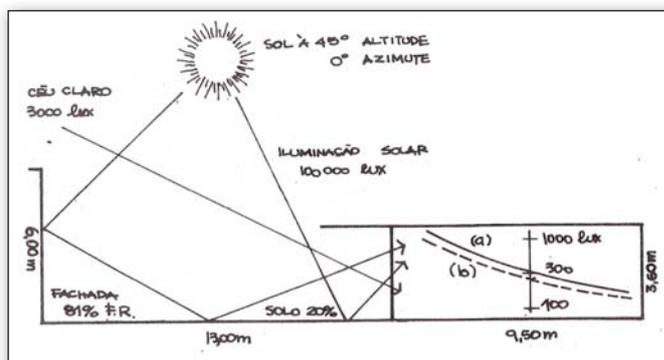


Figura 7 – O sol e o entorno como fonte de luz.
Fonte: Mascaró (1991, p.106).

A configuração urbana em clima quente-úmido deve permitir a entrada do vento predominante, de forma a garantir espaços urbanos mais agradáveis e ventilação natural nas edificações.

As ruas dispostas perpendicularmente aos ventos predominantes devem ter dimensões maiores, para evitar que as edificações funcionem como obstáculo aos ventos. Segundo Brown e Dekay (2004 apud COSTA, 2009, p.78), “uma orientação de ruas oblíquas aos ventos predominantes resultará em dois lados com pressão positiva e dois lados com pressão negativa, otimizando o potencial de ventilação cruzada das edificações”.

O arranjo das construções vizinhas e os obstáculos podem modificar o fluxo de vento no interior das edificações. A distância entre as edificações é um fator importante, pois também pode modificar as correntes de ar. Conforme algumas pesquisas, a distância entre as edificações deve ser de 5 a 7 vezes a altura dos edifícios, no entanto, geralmente isto não ocorre nos centros urbanos.

Segundo Niemeyer & Santos (2001 apud BALZAN, 2011, p. 35), os espaços urbanos, a partir do seu desenho, podem contribuir para a qualidade acústica das cidades. A compreensão dos mecanismos de propagação do som através da malha urbana é, portanto, elemento fundamental para o controle do ruído nas cidades (NIEMEYER E SANTOS, 1998 apud BALZAN, 2011, p. 35).

Os níveis de ruídos urbanos sofrem influência das características da estrutura urbana existente ao longo da via, como por exemplo, largura e declividade da via, altura média das edificações que a margeiam e distância entre as fachadas dessas edificações.

As edificações implantadas continuamente em ambos os lados das vias, como paredes de corredor, propiciam o surgimento de inúmeras reflexões de ruídos, ocasionando um aumento do nível de ruído em virtude da soma do som direto com os múltiplos sons refletidos. De outra forma, as edificações implantadas com afastamento lateral, possibilitam menor concentração de raios refletidos.

Quanto maior for a distância entre a fonte e

o receptor maior será a queda da intensidade sonora. No contexto urbano, recuos maiores permitiriam uma atenuação sonora, em virtude do aumento de afastamento entre a via (fonte) e o edifício (receptor). No entanto, a realidade mostra que os recuos geralmente são insuficientes ou inexistentes.

6. A EDIFICAÇÃO

Na cidade do Rio de Janeiro, o uso da ventilação natural como estratégia bioclimática exige grandes áreas de aberturas na fachada, o que poderá ter como consequência maior penetração de ruídos externos para o interior da edificação. Algumas soluções podem ser adotadas ainda na fase de projeto, como o posicionamento das janelas na fachada onde tenha sombra acústica, mas em virtude da legislação, de necessidades climáticas e de outros motivos, as aberturas podem estar localizadas em fachadas que incidem altos níveis de ruído. Portanto, torna-se necessária a instalação de um dispositivo que concilie as necessidades de conforto ambiental. Nas fachadas dos edifícios, geralmente são especificados materiais de baixo coeficiente de absorção, contribuindo para as reflexões sonoras que podem ser redirecionadas para o interior de outra edificação.

Deste modo, a fachada tem múltiplas funções, devendo ser feita uma análise da mesma para que tratamentos térmico e acústico não causem danos às suas outras funções, e propiciem o encontro para um bom nível de conforto.

Assim como a fachada tem a possibilidade de atenuar os sons exteriores, podem-se utilizar adicionalmente elementos externos, os quais terão interferência na propagação das ondas sonoras, a ponto de aumentar a atenuação sonora externa.

Havendo um conhecimento dos fatores que influenciam o comportamento dos raios luminosos, da ventilação natural e da propagação de ondas sonoras, pode-se então passar à análise dos *brises*.

7. OS BRISES

O *brise* em concomitância com a fachada pode ser um elemento regulador do ambiente interno, ou seja, ele pode influenciar a temperatura, a intensidade de iluminação, a ventilação natural e também a permeabilidade quanto aos ruídos.

A proposta deste artigo é verificar o potencial do *brise-soleil* na qualidade ambiental do espaço interno, através da análise da geometria solar e acústica, em configurações que mantenham as capacidades termo-luminosas do dispositivo.

Os *brise-soleils* podem ser construídos nos mais diversos tipos de materiais como concreto, madeira, metal e plásticos. As formas podem ser planas e curvas. Estes dispositivos podem estar instalados paralelos, perpendicular ou inclinados ao plano da fachada, sendo inseridos dentro ou fora do vão de abertura. Quanto à mobilidade podem ser fixos ou móveis. A posição das lâminas podem ser horizontais, verticais ou combinados. Portanto, os *brises* permitem grande variedade de composição por parte do arquiteto. Apesar das infindáveis combinações possíveis, na Figura 8 serão ilustrados os exemplos mais representativos.

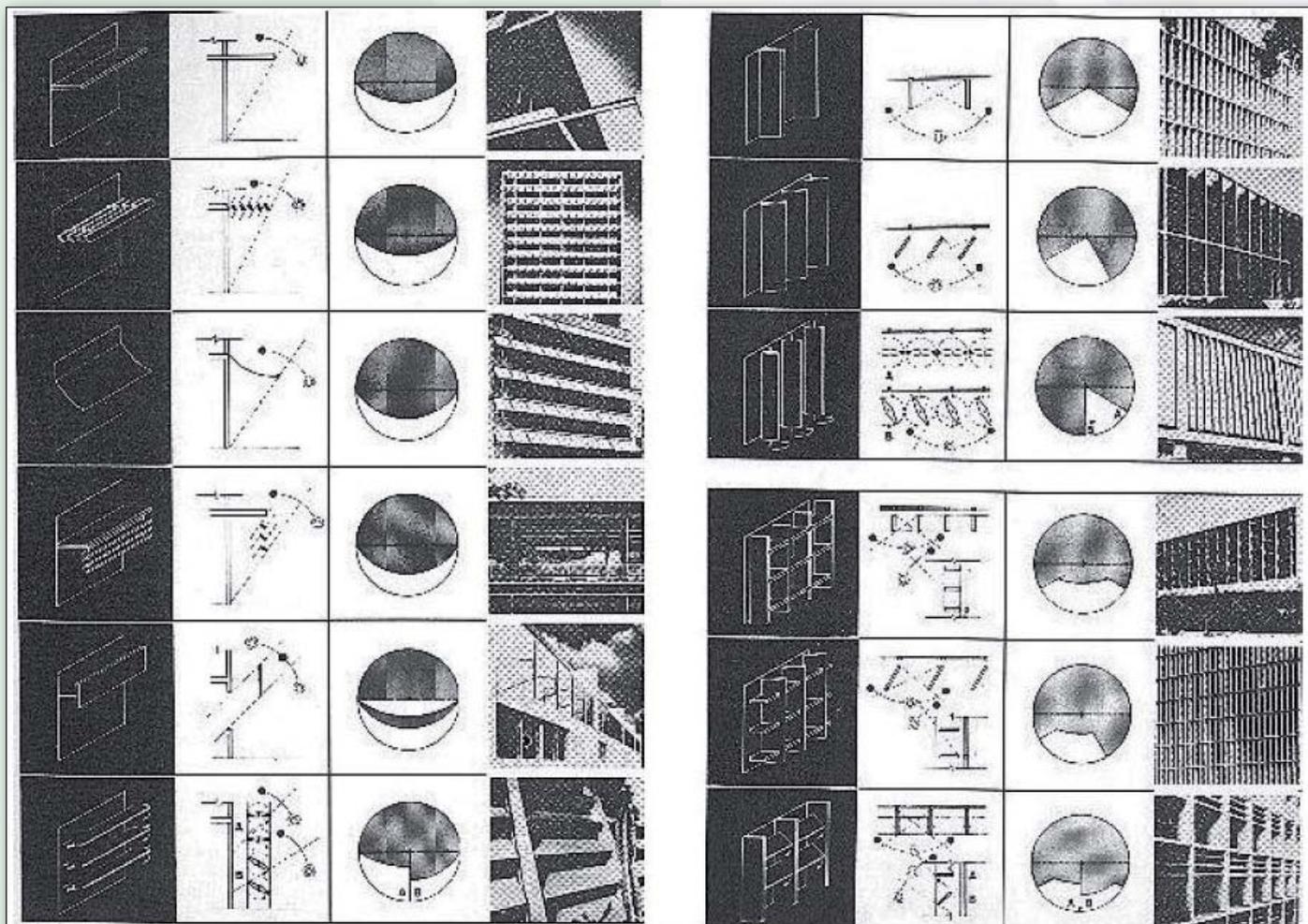


Figura 8 – Exemplos de *brises*.
Fonte: Olgyay, (1963 apud MARAGNO, 2000, p.66).

Esse elemento exterior pode ser utilizado como defesa da luz solar direta e também para contribuir na iluminação interior, refletindo, pela sua posição, a luz do sol que é levada para um ponto de incidência mais adequado, principalmente pelos brises horizontais (MASCARÓ, 1991, p.109).

O movimento de ar acima da altura da cabeça das pessoas é de pouco uso para produzir resfriamento fisiológico nos usuários de um ambiente. Contudo, um redirecionamento do fluxo de ar pode ser conseguido através de protetores solares, elementos vazados, venezianas, painéis com lâminas inclinadas, saliências ou saques (BOWEN, 1983, apud BITTENCOURT, 2010, p.59).

O brise horizontal pode desviar o fluxo do ar para cima ou para baixo. Assim, como sistema móvel, é possível regulá-lo de acordo com a necessidade. Quando, por exemplo, deseja-se que o fluxo de ar atinja também o usuário, as lâminas podem ser inclinadas ligeiramente para cima, até 20° com o plano horizontal. Desta forma, canalizará o ar para a zona habitável (KOENIGSBERGER, 1977, p. 140) (Figura 9). Mas, quando o fluxo de ar encontra uma placa defletora o desvio dependerá da velocidade com que o ar incide no obstáculo (RIVERO, 1986, p.115).

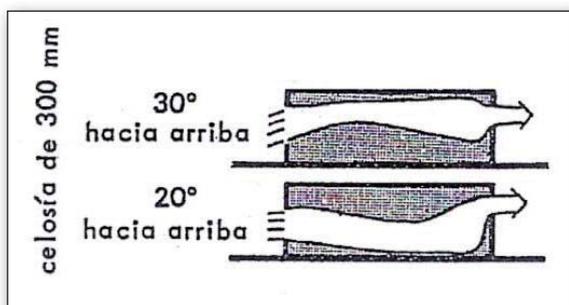


Figura 9 – Influência dos brises no fluxo de ar.
Fonte: Koenigsberger, (1977, p.140).

Conforme SOBIN (1980); BOWEN, BLANCO (1981, apud BITTENCOURT, 2010, p.59), “É importante ter em mente que quando elementos vazados, grelhas, venezianas ou telas contra insetos são empregados, a resistência oferecida ao movimento de ar deveria ser considerada, quando da definição das dimensões das esquadrias”.

Protetores solares verticais podem ser usados para mudar a pressão desenvolvida ao redor das aberturas e modificar o comportamento do fluxo

de ar interno. A correta utilização destes elementos como captadores de vento pode melhorar a qualidade da ventilação interna (Figura 10).

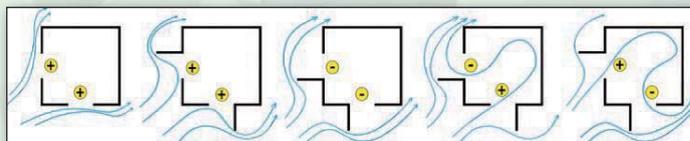


Figura 10 – Interferência dos protetores verticais no fluxo de ar.
Fonte: Fleury, (1990 apud BITTENCOURT, 2010, p.60).

SOBIN (1981, apud BITTENCOURT, 2010, p.54), verificou que a inserção de protetores solares verticais modifica o rendimento da abertura horizontal, em função da direção do vento e da inclinação das lâminas do protetor solar (Figura 11).

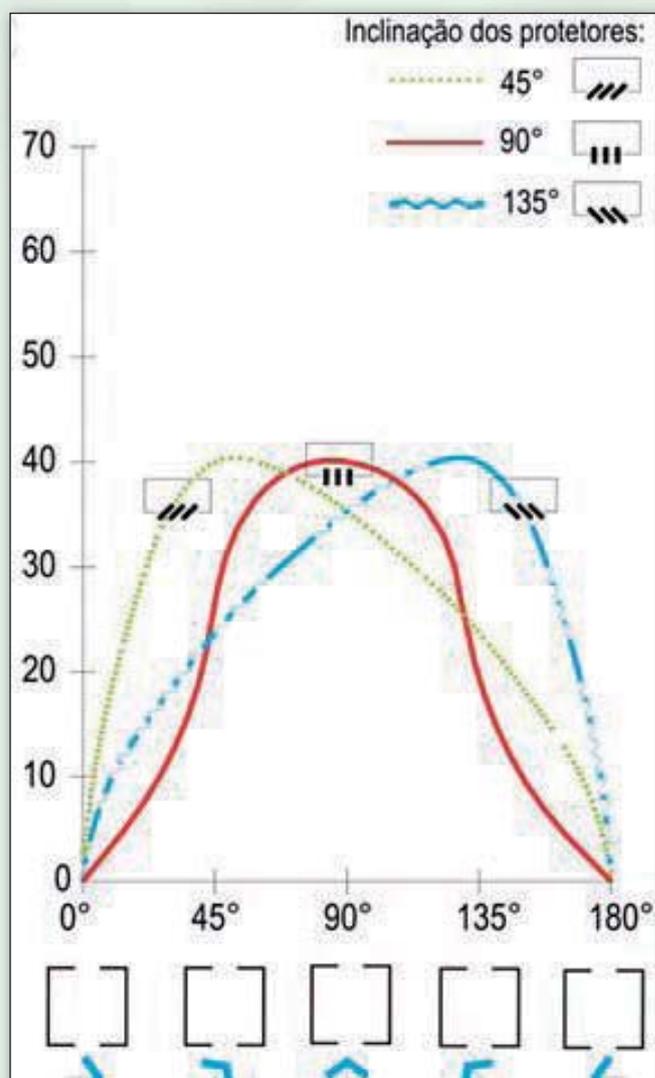


Figura 11 – Coeficiente de ventilação da abertura horizontal em função da direção do vento e da inclinação dos protetores verticais.
Fonte: Sobin, (1981 apud BITTENCOURT, 2010, p.55).

8. ANÁLISE DO BRISE SOLEIL

Para a fase inicial da análise, foram selecionadas as duas principais tipologias de lâminas de *brise* encontradas no mercado: a lâmina plana e a lâmina convexa, também conhecida como “asa de avião”. Logo depois foi analisado o comportamento destas tipologias em combinações relativas à mobilidade, ao material, à montagem e às dimensões dos *brises*, em uma fachada com orientação perpendicular ao vento predominante, o sudeste.

Os *brises* selecionados possuem as seguintes especificações:

- *Brise* em perfil asa de avião (Figura 12): os perfis possuem largura de 335 mm, formados por duas lâminas metálicas lisas, tendo o interior preenchido com poliuretano expandido. É um sistema móvel com acionamento manual. O comprimento máximo do painel é de 3.000 mm. A montagem das lâminas é na posição horizontal, com painel fora do vão. O espaçamento entre eixos das lâminas é de 320 mm, quando totalmente abertas, e de 15 mm, quando fechadas. Modelo Termobrise 335 da Hunter Douglas.

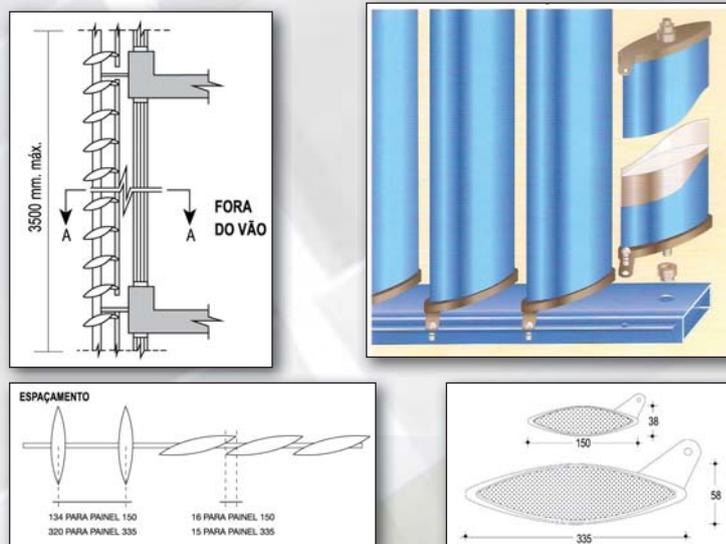


Figura 12 – *Brise* “asa de avião”
Fonte: Catálogo Hunter Douglas (2005).

- *Brise em perfil plano* (Figura13): os perfis possuem largura de 84 mm, formado por lâmina metálica lisa ou perfurada. É um sistema com ângulo fixo de 60°. O comprimento máximo do painel é de 6.000 mm. A montagem das lâminas é na posição horizontal, com painel fora do vão. O espaçamento entre as lâminas é de 12 mm. Modelo *brise H2* da Hunter Douglas.

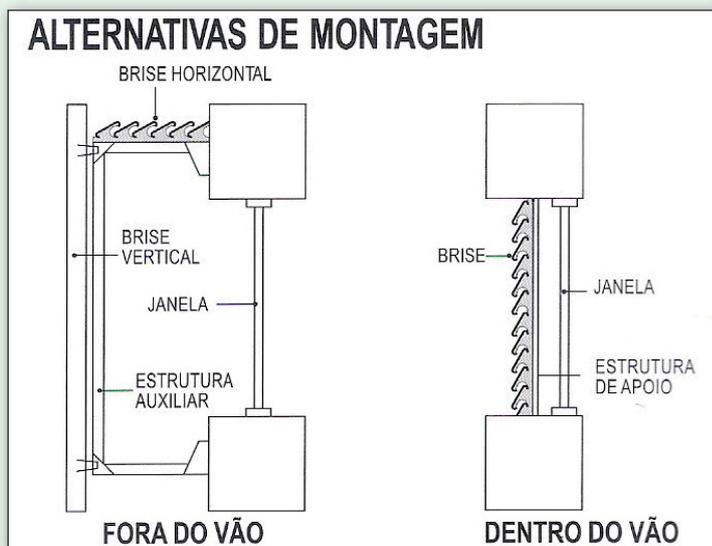
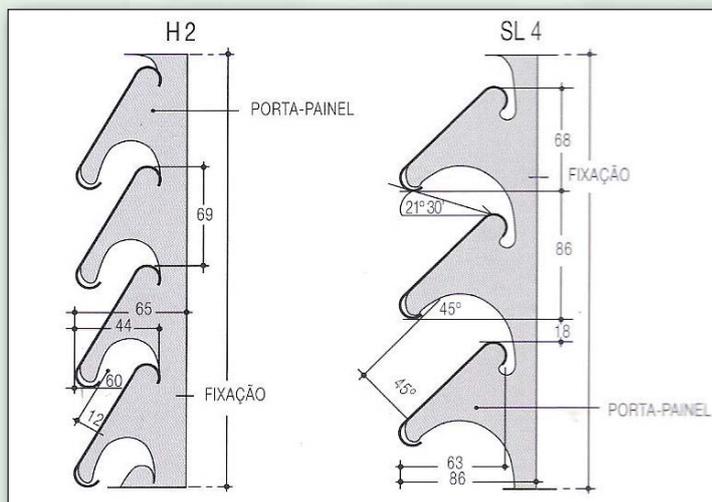
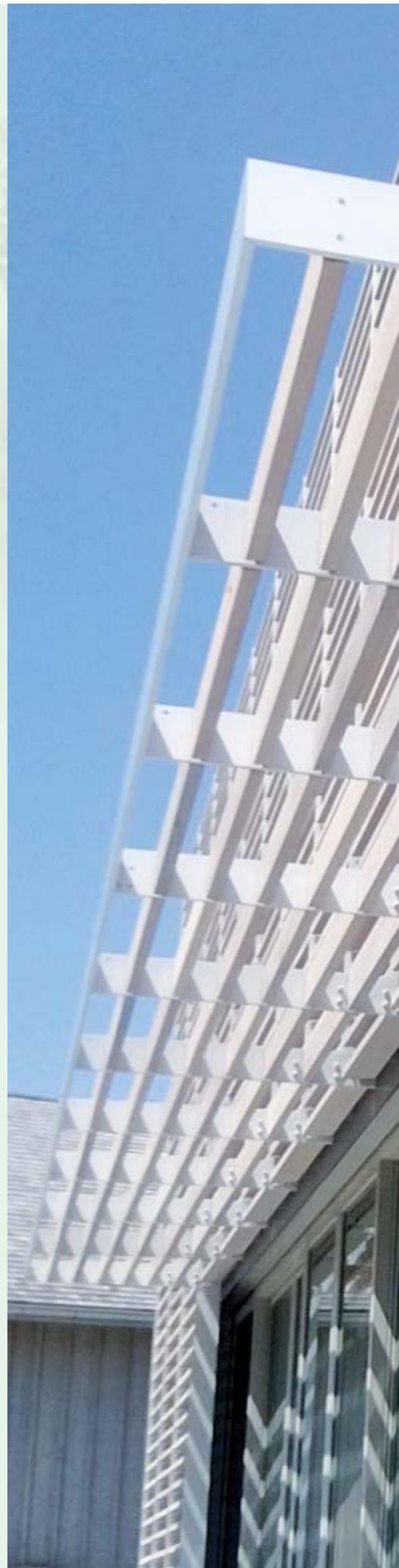


Figura 13 – *Brise plano*.
Fonte: Catálogo Hunter Douglas (2005).





9. ANÁLISE DE PROTEÇÃO SOLAR

A utilização do *brise* horizontal com lâmina “asa de avião”, reguladas sem nenhuma inclinação, proporciona um ângulo vertical frontal (α) de 45°. Desta forma, a abertura orientada para sudeste terá sombreamento a partir das 08h30min da manhã no verão, e a partir das 07h40min no inverno. As regulagens com ângulo α menor que 45° têm sombreamento ainda maior. Este sombreamento maior não apresenta vantagem, visto que nesse horário a temperatura é mais amena e pode não haver um bom aproveitamento da iluminação natural (Figura14).

Em relação ao *brise* horizontal em perfil plano, dependendo da configuração, o ângulo (α) pode ser no máximo de 21°30', o que gera bastante sombreamento nas aberturas, podendo trazer prejuízo para iluminação natural. No entanto, o desempenho melhora ao se utilizar chapas perfuradas.

10. ANÁLISE DA VENTILAÇÃO NATURAL

A respeito da ventilação natural, o *brise* asa de avião apresenta melhor desempenho, pois dependendo da regulagem, diminui menos o percentual de área livre de abertura, proporcionando menor perda de energia em virtude de não haver mudança na direção do escoamento do ar. Outra vantagem mencionada anteriormente é a possibilidade de regular as lâminas de acordo com a necessidade, podendo ser regulada apenas para ventilação higiênica em dias ou horários mais frios, ou de outra forma, regulada diretamente ao usuário em dias mais quentes (Figura15).

O *brise* em lâminas planas apresenta menor desempenho, principalmente em dias mais quentes, em virtude da sua inclinação fixa direcionar o fluxo de ar para a região acima do usuário. Outro aspecto deste *brise*, é a distância reduzida entre as lâminas, que acabam bloqueando a ventilação e fazendo com que haja mudança na direção do fluxo, gerando perda de energia. O uso das lâminas perfuradas provavelmente não é suficiente para aumentar significativamente a pressão dinâmica.

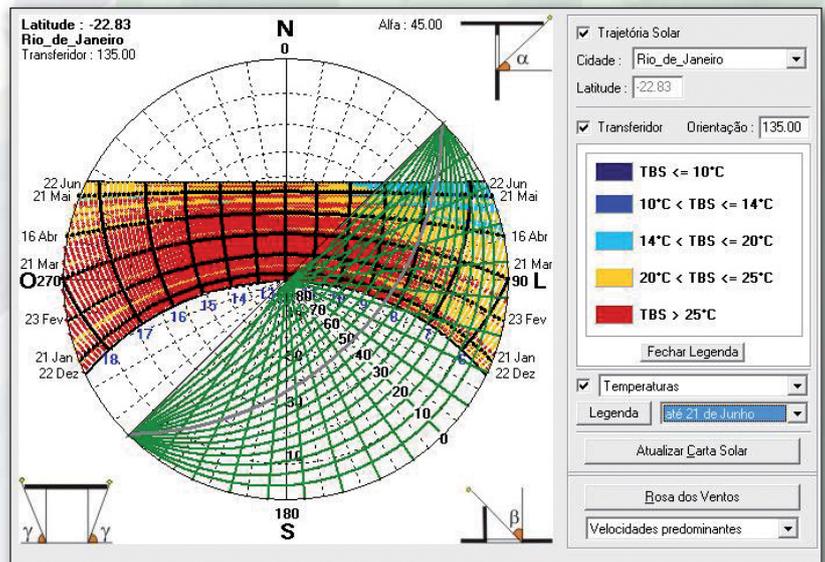


Figura 14 – Carta solar com máscara de sombra e temperaturas.
Fonte: Software Analysis Sol-Ar.

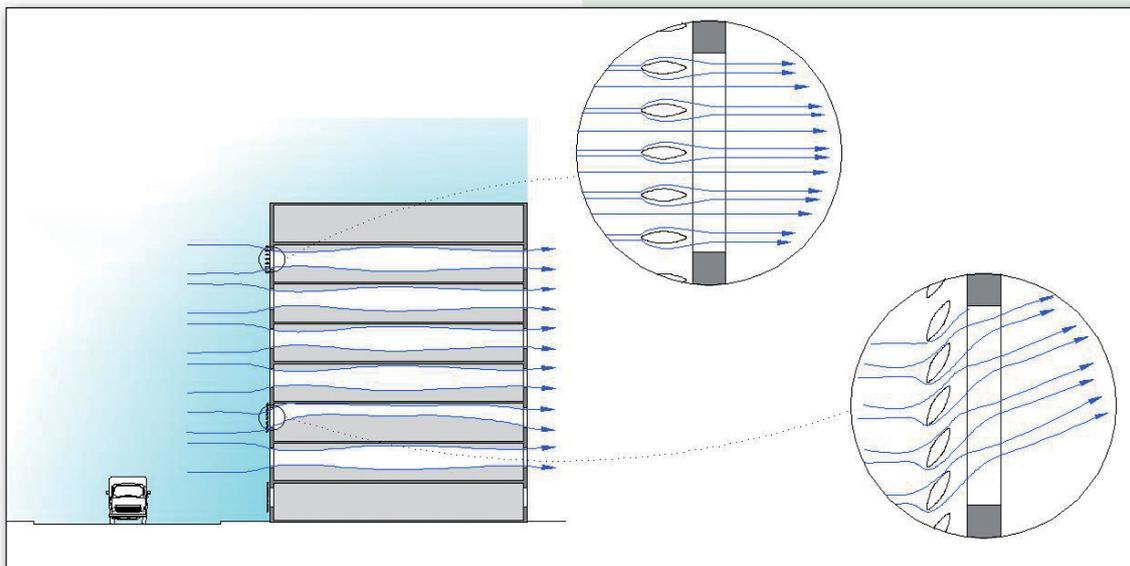


Figura 15 – Influência do *brise* na direção do fluxo de ar.

11. ANÁLISE ACÚSTICA

Como a forma, o material e a dimensão das superfícies influenciam o direcionamento dos raios sonoros, foi feita a avaliação destas características no desempenho acústico dos *brises* (Figura 16).

A lâmina “asa de avião” em chapa lisa promove uma difusão maior dos raios sonoros do que a lâmina plana em chapa lisa, resultando em ondas sonoras refletidas de menor intensidade do que as da plana. Nessa lâmina côncava, os raios sonoros podem ser refletidos para fora da edificação em ângulos de inclinação das lâminas, relativos a um plano horizontal, menores que os da plana.

No entanto, a forma da lâmina curva torna o traçado dos raios refletidos mais trabalhoso. Outro fato observado nas duas tipologias refere-se às múltiplas reflexões que podem ocorrer entre as superfícies das lâminas, podendo ocasionar passagem do ruído para o interior da edificação. Portanto, juntamente com o entendimento da influência da forma, torna-se imprescindível identificar a fonte de ruído externo, para que seja feito o correto ajuste da inclinação das lâminas, de forma que promovam o adequado redirecionamento dos raios sonoros para fora do ambiente interno, mas sem trazer prejuízo à qualidade acústica no interior de outras edificações e também no espaço urbano.

Analisando o desempenho dos materiais empregados nas lâminas, a opção pela chapa metálica perfurada sem preenchimento é a menos recomendável do ponto de vista acústico, pois permite a difração do som. Já a lâmina metálica lisa com ou sem preenchimento em poliuretano expandido, pode apresentar um bom desempenho quando houver necessidade de reflexão. Embora não conste no catálogo, a especificação de uma lâmina metálica perfurada com preenchimento por materiais porosos ou fibrosos poderia apresentar um bom desempenho quando houver necessidade de absorção, principalmente para médias frequências. Outra solução adequada consiste em utilizar uma combinação de materiais em uma lâmina, da seguinte maneira: numa face seria utilizada chapa metálica lisa e na outra, chapa perfurada, e o miolo da lâmina preenchido com material acústico. Desta forma, uma face ajudaria a diminuir as reflexões entre as lâminas através da absorção e a outra refletiria parte dos raios sonoros para fora da edificação.

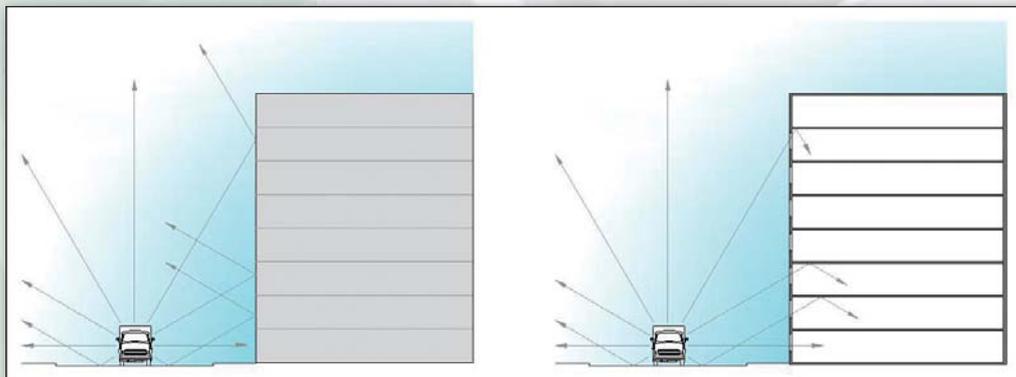


Figura 16 – Incidência sonora sobre a edificação.

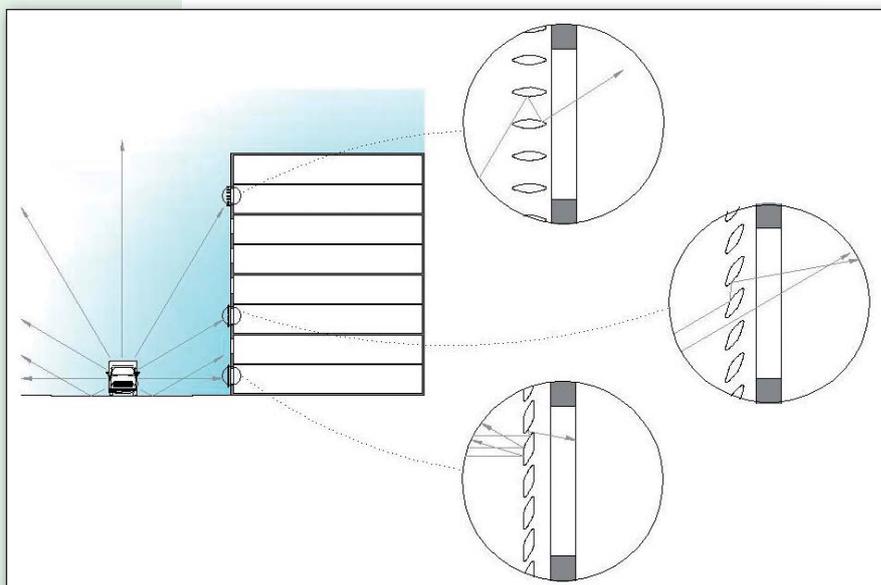


Figura 17 – Análise acústica do brise asa de avião.

O espaçamento entre os eixos das lâminas é praticamente o mesmo valor da largura do perfil da lâmina, o que favorece a difração pelos sons de grande comprimento de onda e também a passagem direta de som de alta frequência. A adoção da largura do perfil de no mínimo duas vezes o espaçamento entre as lâminas diminuiria esses problemas acústicos.

As dimensões do pano de *brise* não são suficientemente grandes em relação ao comprimento de onda dos sons graves. Assim, ocorre também o fenômeno da difração nas extremidades do painel. A instalação de *brises* horizontais e verticais ao redor do pano, formando uma caixa, com material absorvente nas faces internas, atenuaria o ruído. Outra solução seria a instalação do *brise* dentro do vão da abertura.

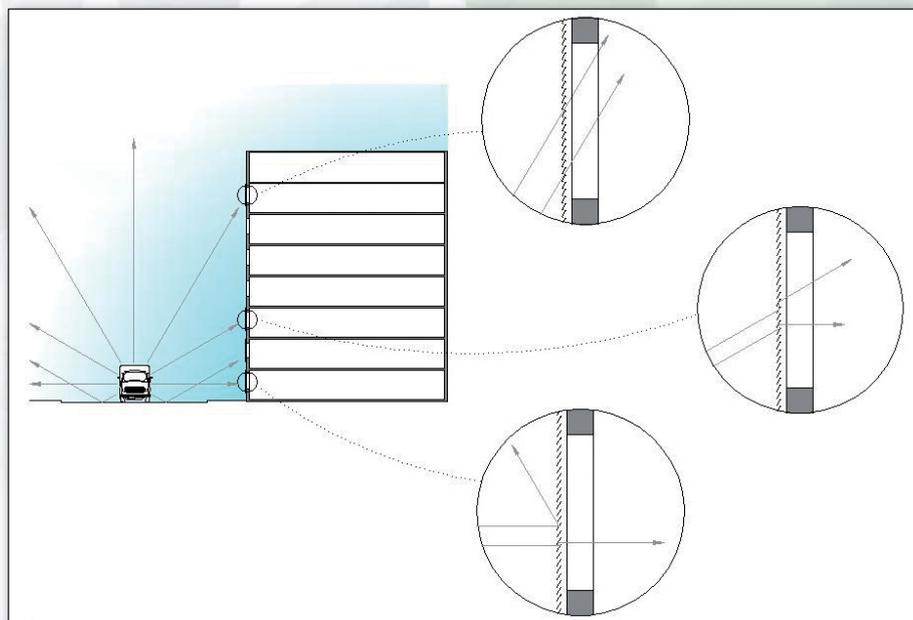


Figura 18 – Influência do *brise* na direção do fluxo de ar.

12. CONCLUSÃO

Este artigo buscou abordar a interação das qualidades térmica e acústica no campo referente ao conforto ambiental, juntamente com o conforto térmico. Aliado a estas qualidades, o *brise* também pode contribuir para o conforto visual. Desta forma temos aqui, num único dispositivo, qualidades para busca de grande conforto ambiental no ambiente interno.

Conforme exposto, verificou-se em tese que é possível o uso da ventilação natural como estratégia bioclimática em áreas ruidosas, uma vez que a existência do ruído urbano seria atenuada pela utilização do *brise*. Porém, estudos mais aprofundados devem ser feitos.

Cabe ressaltar que este estudo apresentou apenas uma abordagem qualitativa, baseado na aplicação de teorias de óptica, de escoamento de fluidos e de propagação sonora. No entanto, maiores pesquisas quantitativas sobre o tema abordado, utilizando programas computacionais, são necessárias para mensurar o potencial do *brise-soleil*.

13. BIBLIOGRAFIA

- ARAÚJO, Bianca C. Dantas. Desempenho acústico de elementos vazados. In. *X Encontro nacional e VI Encontro latino-americano de conforto no ambiente construído*. Natal: pp. 116-125, set 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6023: Informação e documentação. Referências. Elaboração*. Rio de Janeiro: 2002.
- _____ *NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social*. Rio de Janeiro, 2005.
- BALZAN, Katiane Laura. *Avaliação do ruído de tráfego veicular em área central de Chapecó - SC*. Santa Maria: 2011, 128 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.
- CARVALHO, Benjamin de A. *Acústica aplicada à arquitetura*. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1967.
- COSTA, Luciana Correa do Nascimento. *Aproveitamento da ventilação natural nas habitações: um estudo de caso na cidade de Aracajú-SE*. São Paulo: 2009, 272 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- FROTA, A.B.; SCHIFFER, S.R. *Manual de conforto térmico*. São Paulo: Studio Nobel, 2005.
- LAMBERTS, R; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. *Eficiência energética na arquitetura*. São Paulo: PW, 1997.
- MARAGNO, Gogliardo Vieira. *Eficiência e forma do brise-soleil na arquitetura de Campo Grande - MS*. Porto Alegre: PROPARG/UFRGS, 2000, 203 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.
- MASCARÓ, Lúcia R. de. *Energia na edificação: estratégia para minimizar seu consumo*. São Paulo: Projeto, 1991.
- NIEMEYER, Maria Lygia Alves de. *Ruído urbano e arquitetura em clima tropical-úmido*. Rio de Janeiro: FAU/UFRJ, 1998, 136 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1998.
- RIVERO, Roberto. *Arquitetura e clima: acondicionamento térmico natural*. Porto Alegre: D.C. Luzzato Editores, 1986.
- SOUZA, Léa Cristina Lucas de. *Bê-á-bá da acústica arquitetônica: ouvindo a Arquitetura*. São Carlos: EdUFSCar, 2011.
- STRAMANDINOLI, Cristina Malafaia Caetano. *Barreiras acústicas: um estudo para sua integração em contexto urbano*. Rio de Janeiro: FAU/UFRJ, 2000, 183 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.

