

ESTRATÉGIAS PARA LUZ NATURAL: SISTEMAS CONVENCIONAIS E BRISE-SOLEIL COMO ELEMENTO DE CONTROLE

SILVA, Joene Saibrosa da

RESUMO

A iluminação natural quando corretamente utilizada oferece melhores condições ambientais em espaços internos e reduz o consumo energético, dentre outros benefícios. Neste contexto, este artigo aborda os sistemas convencionais utilizados para otimização da luz natural, com enfoque no brise-soleil como elementos de controle. Após um breve histórico e classificação dos tipos de brises é apresentado um estudo de caso em Brasília, a partir do qual são expostas estratégias para projeto de brise-soleils eficientes, conforme pesquisa de Silva (2007).

Palavras-chave: iluminação natural, elemento de controle, brise-soleil.

ABSTRACT

Daylighting when properly used offers improved environmental conditions in indoor spaces and reduces energy consumption, among other benefits. In this context, this paper discusses conventional systems used to optimize daylighting, focusing on the brise-soleil as a control element. After a brief historical review and a classification of the types of brises, some case studies in Brasília are presented, leading to strategies for an efficient brise design, based on the research of Silva (2007).

Key word: daylighting, control elements, brise-soleil

1. INTRODUÇÃO

A iluminação natural sempre fez parte da arquitetura ao longo dos tempos, sendo trabalhada conforme o contexto histórico das épocas. Atualmente, diante das questões ambientais vigentes, como a necessidade urgente da redução do consumo energético, a otimização da luz natural torna-se imprescindível.

O bom aproveitamento da luz natural

além de reduzir o consumo energético, diminui as cargas térmicas, evita problemas de ofuscamentos e contrastes, fornece níveis de iluminação mais satisfatórios que a iluminação artificial, assim como efeitos estimulantes, devido a variação de cor ao longo do dia. Como consequência, propicia bem estar aos usuários do ambiente, contribuindo em uma melhor produtividade dos mesmos.

Neste âmbito, visando otimizar a distribuição da iluminação natural nas zonas periféricas e procurando uma boa penetração da luz natural nos espaços interiores que não tem contato direto com o exterior, Serra & Coch (1995) classificam os componentes de iluminação natural em componentes de condução e componentes de passagem.

Os componentes de condução têm a função de conduzir e distribuir iluminação natural do exterior ao interior do edifício, estando, em muitos casos, conectados entre si, formando espaços contínuos. Esses podem ser espaços de luz intermediários, como por exemplo, galerias, ou espaços de luz interiores, como os pátios internos.

Os componentes de passagem, por sua vez, consistem em elementos que permitem a passagem de luz natural de um ambiente a outro, classificando-se em componentes de passagem lateral, centrais e globais.

Entre os exemplos pode-se citar a janela, os sheds e as superfícies transparentes ou translúcidas que fecham totalmente ou parcialmente um espaço, respectivamente.

Segundo os autores citados, aos componentes de passagem devem ser acrescentados elementos de controle, a fim de equacionar a questão do equilíbrio entre radiação solar, luz e calor, mantendo a vista para o exterior e a ventilação.

2. ILUMINAÇÃO NATURAL E ELEMENTOS DE CONTROLE

2.1 Elementos de controle

Os elementos de controle podem ser externos ou internos. No primeiro caso, a radiação solar é bloqueada antes de penetrar no ambiente, resultando em uma pequena quantidade de calor recebida no interior. No segundo caso, a radiação solar é absorvida pelo vidro, seguindo em direção ao elemento de controle interno, onde é em parte absorvida e refletida. A porcentagem de radiação refletida mantém-se com o mesmo comprimento de onda que a radiação incidente, passando através do vidro novamente. A radiação absorvida, por sua vez, se converte em calor ficando quase a totalidade dentro do local.

Os elementos de controle solar internos e externos são listados por Frota (2004, p. 164): varanda, marquise, sacada, telas especiais, toldos, cortinas e persianas, elementos vazados, pérgulas, brise-soleil vertical, brise-soleil horizontal, brise-soleil de composição de placas verticais e horizontais (mistos). Dans (1967), em sua classificação apresenta também o vidro de controle solar e a vegetação.

A varanda é um espaço utilizável e atende também à necessidade de proteção contra as chuvas. De acordo com a profundidade poderá haver o escurecimento dos ambientes internos. O mesmo acontece com a marquise e a sacada, que, em alguns casos, ainda dificultam a ventilação, uma vez que são incorporadas na edificação (Figura 1).

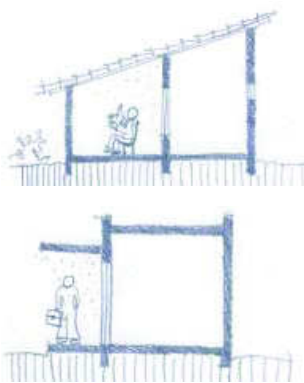


Figura 1- Representação de uma varanda e marquise

As telas especiais podem ser de tecido, PVC ou poliéster, tratadas de forma a suportar as intempéries, permitindo sua aplicação no exterior da edificação. Tratamento semelhante é aplicado no toldo, produzido em lona e estrutura metálica. As cortinas e persianas, por sua vez, são proteções internas, que apresentam uma diversidade de materiais, formas e regulagem de abertura.

Os elementos vazados, chamados cobogós, permitem ventilação constante e são considerados por Bittencourt (2000) como brise-soleil misto em escala reduzida (Figura 2). Tanto os cobogós como as pérgulas filtram o excesso de luz. As últimas constituem uma série de vigas alinhadas que delimitam um espaço semi-externo proporcionando ambiente sombreado (Figura 3).



Figura 2 - Cobogós, Parque Guinle, Rio de Janeiro.



Figura 3 - Pérgulas, Itamaraty, Brasília.

No que se referem aos vidros de controle solar, estes não são indicados quando a ventilação é importante e a radiação é alta. Seu efeito costuma ser mais lumínico que térmico, já que reduzem mais luz que calor (SERRA & COCH, 1995, p. 324). Essa técnica torna-se pouco eficiente, uma vez que com determinados tipos de vidros é

necessário o acendimento da luz artificial para garantir a iluminação necessária nos ambientes.

Um vidro ideal deveria apresentar alta transmissão de luz visível (T_v) e baixos ganhos de calor (F_{cs} - Fator de calor solar). Quanto maior o Fator de Calor Solar, maior a energia global que entra no interior. O vidro simples, por exemplo, apresenta $F_{cs}=87\%$, ou seja, o espaço interno recebe 87% da radiação incidente sob a forma de calor (SANTOS et al, 2004).

A vegetação, por sua vez, se bem especificada, atua como filtro do calor e da luz no verão, ao passo que, no inverno, permite a passagem do calor, devido à queda das folhas. O rendimento depende da altura das árvores, da forma da coroa, da distância e da situação com relação ao edifício (DANS, 1967, p. 13). Segundo Rivero (1986, p. 157), a vegetação absorve 90% da radiação visível e 60% de raios infravermelhos, refletindo ou transmitindo através de suas folhas o restante do espectro da radiação (Figura 4).

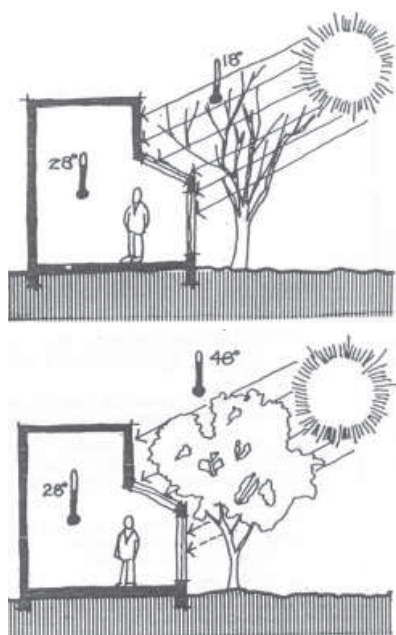


Figura 4- Influência da vegetação no espaço interno.^c

Os **brise-soleils**, por serem exemplos de protetores solares externos, apresentam-se como os mais eficientes, visto que barram o calor antes que ele penetre no ambiente. Este dispositivo apresenta o mais elevado percentual de redução de ganho solar en-

tre os sistemas de controle solar em uso, variando de 75 a 90% quando aplicado sobre vidro simples transparente de 5 mm (MARAGNO, 2001).

3. BRISE-SOLEIL COMO ELEMENTO DE CONTROLE

3.1 Origens do Brise-soleil

O brise-soleil, ou quebra-sol, representa um dispositivo arquitetônico cuja função é sombrear, com o objetivo de minimizar a incidência do sol sobre uma construção, ou sobre espaços exteriores, fornecendo melhores condições de temperatura e controle de incidência da luz solar. Dessa forma, evitam-se problemas de iluminação, contrastes e ofuscamentos, e de superaquecimento, como deterioração/fotodegradação de objetos expostos, além de representar um importante recurso para o controle dos ganhos de calor, com redução nos sistemas de ar-condicionado e, portanto, conservação de energia (FROTA, 2004). Olgyay e Olgyay (1957) também ressaltam que a composição obtida com o brise-soleil gera uma arquitetura de maior caráter plástico.

O termo brise-soleil^d foi inventado pelo arquiteto Le Corbusier no desenvolvimento de projetos habitacionais para Argel e Barcelona, em 1933 (Figura 5). A sua execução de fato só ocorreu em 1936, no edifício do Ministério da Educação e Saúde^e, no Rio de Janeiro, onde Le Corbusier foi convidado a assessorar a equipe responsável^f (Figura 6).

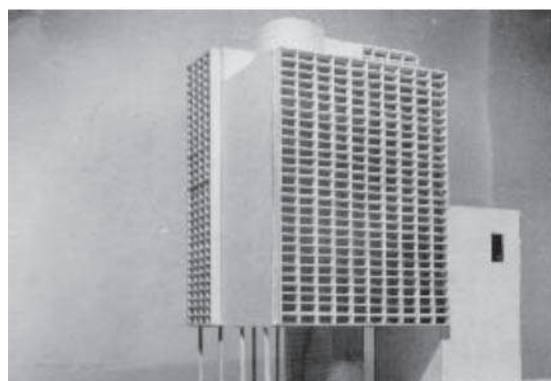


Figura 5- Maison Locative, Argel.^g



Figura 6- Ministério da Educação e Saúde, Rio de Janeiro.

Vale ressaltar que, embora o destaque maior tenha sido ao Ministério, em 1935, na cidade de Recife, Luis Nunes projetou uma escola onde já havia utilizado blocos de concreto, chamados de cobogós, como brise-soleils. E também, ainda antes da chegada de Le Corbusier no Brasil, em 1936, foi realizado o concurso para a nova sede da Associação Brasileira de Imprensa, cujo vencedor foi o projeto dos arquitetos Milton e Marcelo Roberto, que previa um brise-soleil constituído de lâminas verticais oblíquas em alumínio, que foram substituídas por concreto na execução, para recobrir as duas fachadas.

O brise-soleil tornou-se um dos elementos marcantes da arquitetura brasileira e passou a ser aplicado em diversos projetos, como se pode observar, entre outros, na Obra de Berço, de Oscar Niemeyer (1937), no conjunto Residencial do Pedregulho, de Affonso Reidy (1950-1965), e nos vários projetos de Lúcio Costa.

Esse último, por exemplo, percebeu o parentesco entre as antigas venezianas e o brise-soleil, ajustando os dois elementos de forma que houvesse uma síntese entre eles. O arquiteto utilizou os protetores solares e cobogós de cerâmica para, além de controle solar, gerar efeitos plásticos nas fachadas dos edifícios que projetou no Parque Guinle, por exemplo.

3.2 Evolução dos materiais

Até o final dos anos de 1940, os materiais^s utilizados para execução do brise-soleil eram predominantemente o concreto, fi-

brocimento ou madeira. Na mesma época, surgiram na Europa as primeiras lâminas metálicas feitas a partir de chapas de alumínio dobradas em “V”, calandradas e estruturadas por nervuras de aço, que somente a partir de 1960 passaram a ser exportadas para outros continentes.

No final dos anos 60, a Armink esquadrias metálicas e a Alcan desenvolveram as lâminas extrudadas de aço elíptica. Dez anos mais tarde surgiram as lâminas “monobloco” e “auto-portantes” a partir da trefilação de tubos de alumínio usados na irrigação.

Em 1980, foi desenvolvido o sistema denominado “termobrise”, pela Hunter Douglas do Brasil. Esse consiste em um sistema com preenchimento estrutural de poliuretano expandido e recobrimento em chapas de alumínio de liga-naval, travadas nas bordas por perfis de alumínio.

Atualmente, além do concreto armado, existem as placas de concreto celular, chapas de aço, chapas de aço perfuradas, perfis de alumínio, telas, vidros, brises fotovoltaicos, que captam a energia solar, policarbonatos ou outro material transparente, além de sistemas inovadores para bloqueio solar e captação de luz, como os painéis prismáticos.

Esses são placas transparentes duplas ou simples de resinas acrílicas ou vidro, com uma face plana e outra dentada, que formam diversas angulações. As placas podem ter o mesmo efeito de proteção obtido por dispositivos de sombreamento externo, reduzindo as temperaturas internas e custos com ar-condicionado, além de distribuir uniformemente a iluminação (AMORIM, 2002). Os novos avanços em termos de materiais e formas buscam predominantemente equacionar a questão do equilíbrio entre radiação solar, luz e calor, mantendo a vista para o exterior e a ventilação.

Existe uma infinidade de materiais e acabamentos, assim como sistemas de abertura e modelos possíveis de serem utilizados sem comprometer a questão estética, embora os custos nem sempre sejam favoráveis.

3.3 Classificação dos brise-soleils

Com a sua propagação, o brise-soleil obteve vários formatos e combinações, apresentando várias classificações. Uma delas diz respeito à **posição** que ocupa nas fachadas, que, segundo Olgyay e Olgyay (1957), apresenta três tipos: horizontais, verticais e combinados. Os brises combinados são denominados por Bittencourt (2000) e Frota (2004) de brises mistos e de composição de placas horizontais e verticais, respectivamente (Figura 7).

Os brises horizontais são placas cujos eixos horizontais estão paralelos à fachada a ser protegida e também ao plano horizontal, protegendo principalmente dos ângulos solares mais altos. Os brises verticais são placas fixadas perpendicularmente ao plano horizontal, sendo mais adequados para as fachadas onde a maior parte da incidência solar se afasta da perpendicular à mesma. Já os mistos associam os elementos dos dois tipos anteriores, apresentando-se como os mais indicados, visto que, os elementos constituintes se complementam eficientemente (BITTENCOURT, 2000). Os brises, verticais, horizontais ou mistos, apresentam, em alguns casos, a função de suporte, constituindo a própria estrutura da edificação (DANS, 1967).

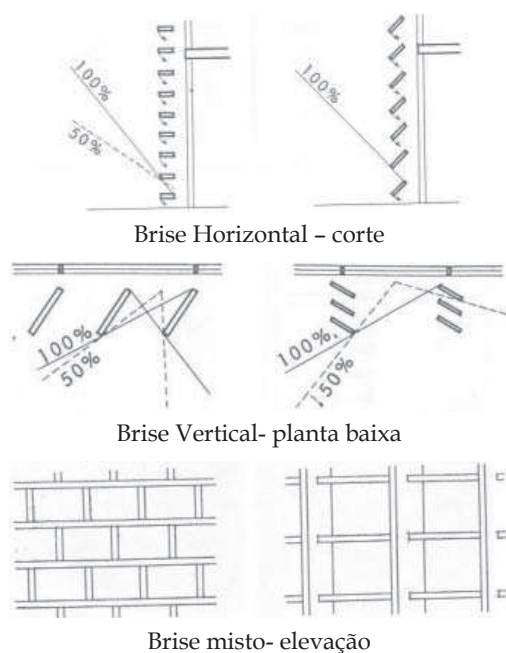


Figura 7- Exemplos de brises.^k

Quanto à **mobilidade**, esses tipos apresentam-se fixos ou móveis. Segundo Rivero (1986), os fixos ficam incorporados rigidamente à obra arquitetônica, sem a possibilidade de regulação. Sua eficiência depende exclusivamente da dimensão e disposição de suas partes, estendendo sua influência durante todo o ano. Já os brises móveis^l são aqueles que permitem maior possibilidade de regulação, de acordo com a necessidade de controle solar.

Os brises móveis, apesar da flexibilidade, apresentam alto custo de manutenção comparado aos fixos. Isso se deve principalmente devido à quebra do mecanismo, causado, muitas vezes, pelo uso inadequado por parte dos usuários, que não recebem treinamento sobre o funcionamento correto.

Há ainda a classificação dos brises em finito e infinito, em relação à **dimensão**, conforme Frota & Schiffer (2000). Os finitos possuem comprimento, vertical ou horizontal, finito, ou seja, limitado. Enquanto que os infinitos apresentam comprimento teoricamente infinito, onde o observador situado na borda de baixo dessa abertura não enxergará uma parte do céu sobre sua cabeça, a partir do limite do ângulo de sombra vertical. Atualmente, com a propagação da pele de vidro, o brise finito tem pouca aplicabilidade, uma vez que toda fachada deve ser protegida.

A determinação do tipo de brise-soleil depende de diversos fatores, sendo que Frota (2004, p. 164) sugere para se obter maior eficiência:

“- Seja guardada uma certa distância entre o sistema de sombreamento e o corpo da edificação (pelo menos 30 cm), o que amenizará o efeito da radiação do infravermelho longo e também proporcionará a ventilação desse espaço; quanto menor o contato do brise-soleil com o corpo do edifício, menor será o calor transmitido por condução;

- Tenha acabamento superficial externo, na face exposta ao sol, de cor clara, para evitar maior sobreaquecimento dessa superfície, isto é interessante não só para o próprio edifício, mas também para seu entorno;

- Se o material do quebra-sol for isolante térmico, o desempenho do sistema de proteção será melhor,

posto que menos calor chegará a face voltada para o edifício, resultando em temperatura superficial menor;

- Se essa face tiver acabamento superficial de baixa emissividade térmica- superfícies metálicas de alto brilho, mesmo aquecidas, emitem pouca radiação térmica- menos calor será emitido para a superfície externa do corpo da edificação”.

Nota-se a importância do **posicionamento do brise-soleil em relação ao alinhamento da fachada e das características dos materiais que compõem os mesmos**, entre essas a absorvência à radiação solar (α), a refletância à radiação solar (ρ), condutividade térmica (λ) e emissividade (ϵ). A absorvência e a refletância da radiação incidente pelos protetores dependem da cor e do tratamento de sua superfície.

4. A APLICAÇÃO DO BRISE-SOLEIL EM BRASÍLIA: ESTUDO DE CASO

Em levantamento de 138 edifícios de escritórios públicos na escalas Gregária e Monumental do Plano Piloto^m de Brasília, observou-se que um número significativo de edifícios possui algum tipo de controle solar, onde o brise-soleil é o elemento mais utilizado. No entanto, o total de fachadas envidraçadas protegidas não é satisfatório e o brise-soleil é aplicado independentemente da orientação solar. O brise vertical, por exemplo, predomina na fachada norte, sul e oeste (SILVA, 2007). Partindo disso, a autora realizou estudo de casos com quatro edifícios, cujos brises correspondem aos aplicados com maior frequência na área estudada.

Baseando-se nas classificações apresentadas anteriormente, foi realizada uma análise com o auxílio da carta solar para avaliar a eficiência do controle solar dos elementos. Para isso, além do referencial bibliográfico foram feitas entrevistas com os usuários e equipe de manutenção, assim como visitas *in loco*. Diante dos resultados encontrados são sugeridas propostas para melhoria dos elementos de controle, sendo apresentada neste artigo uma das análises realizadas.

4.1 Ministério do Meio Ambiente: Fachada Oeste e brise-soleil vertical

4.1.1 Caracterização do edifício e brise-soleil

O Ministério do Meio Ambiente foi construído em 1958, juntamente com 11 edifícios de outros ministérios. O projeto apresenta formato retangular, composto de dez pavimentos expostos à radiação solar, onde se distribuem os escritórios ao longo de um corredor central, cujas separações são feitas por divisórias de compensado (Figura 8).

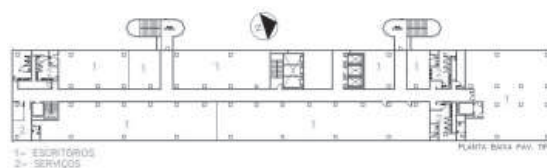


Figura 8- Planta baixa do pavimento tipo

As empenas cegas, norte e sul, são revestidas com cerâmica em cor clara e as fachadas maiores, leste e oeste, que possuem 101,05 m de comprimento, são vedadas com vidro de 8 mm temperado incolor em janelas do tipo basculante, com 70 cm de altura. As básculas são em perfil metálico na cor cinza, abrindo para dentro e para fora da sala, na parte inferior e superior do plano envidraçado, respectivamente.

Na fachada leste (Figura 9), recentemente, foi padronizada a película espelhada para controle solar nos vidros. Já na fachada oeste, ainda é possível observar películas fumês, espelhadas e opacas na cor verde.



Figura 9 - Fachada leste (108°): película espelhada.ⁿ

No que se refere aos brises, somente no fim da década de 1970 foram acrescentados na fachada oeste, pela empresa Irmãos Gravia (Figura 10).



Figura 10 - Fachada oeste (288°): brise-soleil vertical.

O brise-soleil vertical foi executado com chapa de aço galvanizada e pintura automotiva na cor verde nilo. As lâminas verticais possuem 15 cm de profundidade e altura variável^P de acordo com o pavimento, caracterizando-se como brise finito.

As lâminas verticais são agrupadas de doze em doze em uma longarina metálica horizontal. Essa combinação compõe a modulação possível de movimento, cuja angulação é de até 90 graus, aproximadamente. Cada perfil de esquadria corresponde a um grupo de 12 lâminas, que giram no sentido horário e anti-horário, conforme a necessidade (Figura 11).

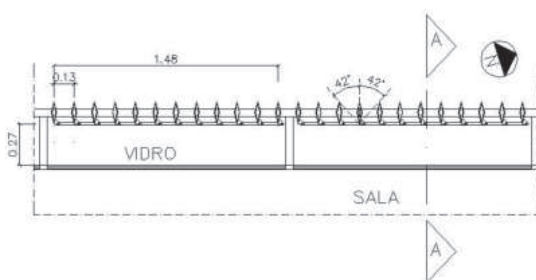


Figura 11 - Planta baixa representativa da distribuição dos brises verticais.⁹

O movimento é feito através do contato do usuário com as próprias lâminas, via basculante inferior (Figura 12 e 13). A distância entre o brise, quando totalmente aberto, e o plano envidraçado é de 27,5 cm.

A manutenção do brise é realizada pela empresa Ipanema, que lava e lubrifica mensalmente o sistema de controle solar.

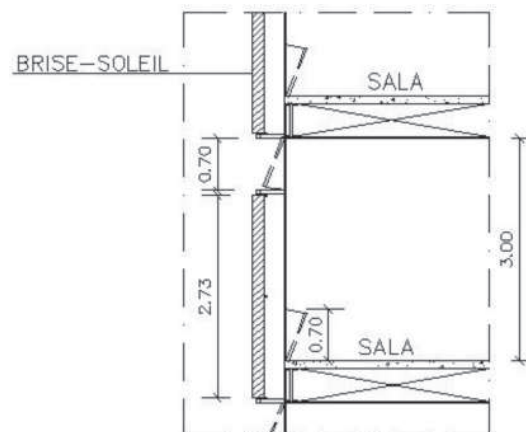


Figura 12- Corte AA do 3º ao 10º pavimento.⁷



Figura 13- Acesso aos brises pela janela.

Uma das principais causas apontadas para o desgaste e danificação dos brises é a presença de pombos no local, pois a acidez de seus excrementos corrói a estrutura metálica.

4.1.2 A Eficiência do Brise-soleil

A - Controle Solar

Na fachada oeste, há incidência do sol pela manhã a partir das 11h do mês de abril a meados de agosto, aproximadamente. À tarde, o sol incide em todos os meses do ano, principalmente no solstício de verão, onde o sol se põe após as 18h. A necessidade de sombreamento deve existir das 11h às 17h em todos os meses do ano, com exceção de maio, junho e julho, que se inicia após as 12h (Figura 14). Para avaliar a eficiência do brise-soleil diante do período desejado, considera-se a influência da edifi-

cação vizinha a oeste (75m de afastamento) no primeiro e quinto pavimento (Figura 15 e 16), além da apreciação do décimo pavimento, onde não há proteção de sombra.

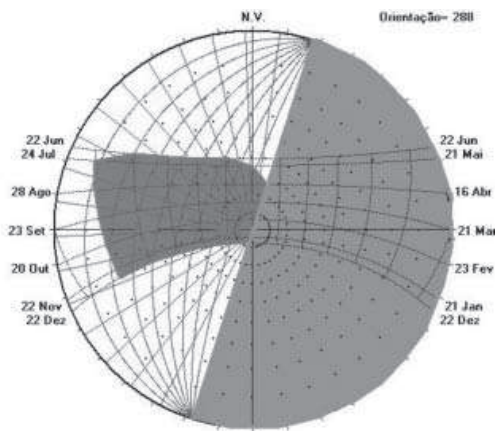


Figura 14- Sobreposição da necessidade de sombreamento à carta solar. Adaptado do Programa Luz do Sol (RORIZ, 1995).

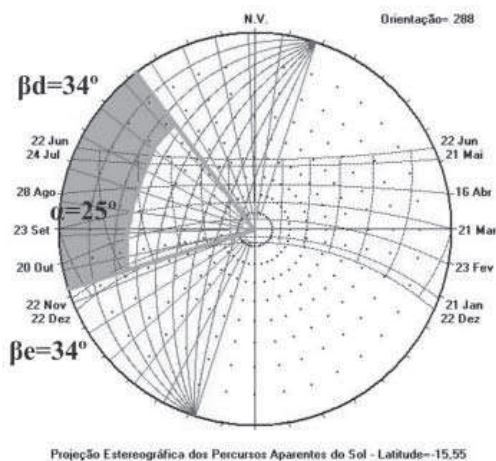


Figura 15- Máscara de sombra produzida pelo edifício vizinho no primeiro pavimento da edificação estudada. Adaptado do Programa Luz do Sol (RORIZ, 1995).

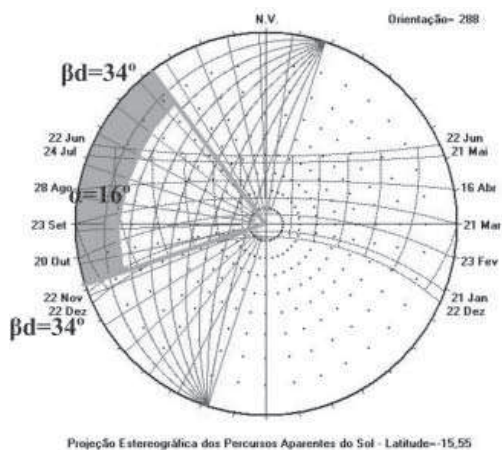


Figura 16 - Máscara de sombra produzida

pelo edifício vizinho no quinto pavimento da edificação estudada. Adaptado do Programa Luz do Sol (RORIZ, 1995).^v

No primeiro pavimento, a edificação vizinha é responsável pelo controle solar na fachada oeste do Ministério do Meio Ambiente a partir das 15h45min no solstício de inverno, um pouco após as 16h nos equinócios e em nenhum horário no solstício de verão.

O brise-soleil, por sua vez, quando totalmente aberto, bloqueia a radiação solar até 13h30min no solstício de inverno, entre 11h45min e 12h30min nos equinócios e de 12h às 13h no solstício de verão, aproximadamente. Entre janeiro e fevereiro, o brise vertical praticamente não exerce influência no controle solar e o intervalo de 13h30min às 16h permanece sem proteção o ano inteiro (Figura 17 e 18).

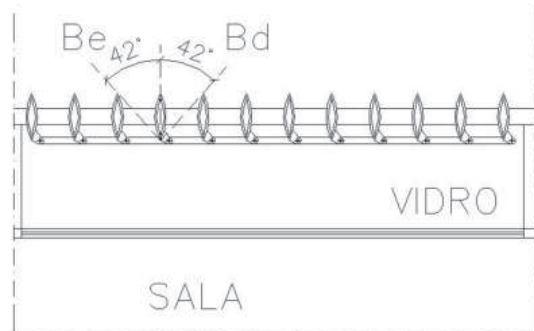


Figura 17 - Brise vertical com abertura total: βe e $\beta d = 42^\circ$.

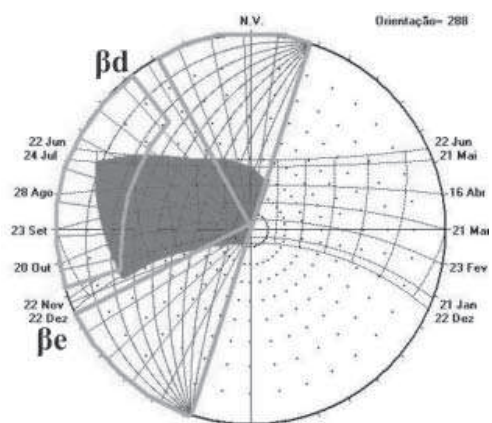


Figura 18- Máscara de sombra obtida pelo brise vertical com abertura total. Adaptado do Programa Luz do Sol (RORIZ, 1995).

No caso dos brises inclinados 45° no sentido horário, existe bloqueio solar integral em todo solstício de verão e nos meses de janeiro e novembro; nos equinócios, ex-

cluindo a proteção exercida pelo edifício vizinho no fim do dia, a atuação do brise ocorre apenas próximo às 12h; e no solstício de inverno entre 11h e 12h30min (Figura 19 e 20).

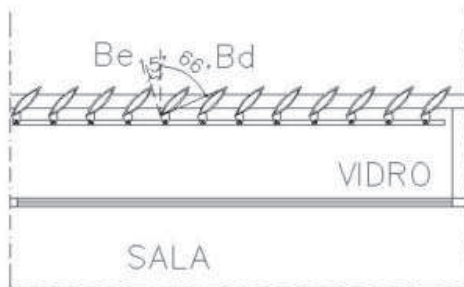


Figura 19- Brise vertical inclinado 45° no sentido horário: $\beta_d=66^\circ$ e $\beta_e= 15^\circ$.

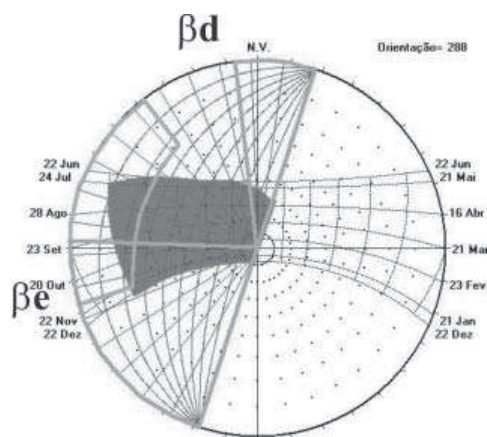


Figura 20- Máscara de sombra obtida pelo brise vertical inclinado 45° no sentido horário. Adaptado do Programa Luz do Sol (RORIZ, 1995).

Invertendo a inclinação do brise no sentido anti-horário inverte-se também o nível de proteção. O solstício de verão fica praticamente sem controle solar ao passo que o solstício de inverno ganha sombreamento durante todo o período necessário, somando a contribuição do edifício vizinho. Nos equinócios, o brise funciona bem até 13h30min, permanecendo, aproximadamente três horas sem controle solar, quando inicia o sombreamento pelo edifício a oeste (Figura 21 e 22).

No quinto pavimento, o edifício vizinho bloqueia a radiação solar a partir das 16h30min no solstício de inverno, nos equinócios, a partir das 17h, e, nos solstício de verão, em nenhum momento.

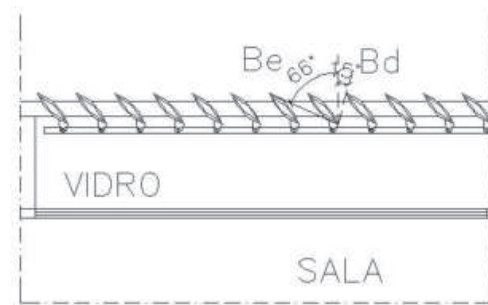


Figura 21- Brise vertical inclinado 45° no sentido anti-horário: $\beta_d=15^\circ$ e $\beta_e= 66^\circ$.

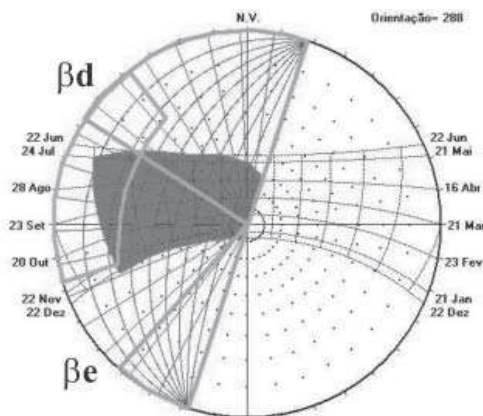


Figura 22- Máscara de sombra obtida pelo brise vertical inclinado 45° no sentido horário. Adaptado do Programa Luz do Sol (RORIZ, 1995).

Neste contexto, a eficiência do brise é semelhante à do primeiro pavimento, diferenciando apenas a influência da edificação vizinha que se modifica, alterando a proteção solar no fim do dia. Os horários sem controle solar aumentam e, portanto, serão maiores os intervalos de desconforto térmico e a necessidade da utilização de luz e aclimatação artificiais, visto que os brises permanecem fechados para bloquear a excessiva radiação solar.

Além da atuação exercida pelas lâminas frontais, a superfície envidraçada também é protegida pelas lâminas superiores. O horário de proteção sobre a janela alta ocorre desde o início da incidência da radiação solar na fachada até às 13h no solstício de inverno, 13h30min nos equinócios e um pouco após as 14h no solstício de verão. Essa proteção se repete em todos os pavimentos, com exceção do décimo.

No décimo pavimento a edificação vizinha não exerce nenhuma interferência, vigo-

rando apenas a proteção do brise-soleil. Esta, como foi visto nas análises do primeiro e quinto pavimento, não é adequada em alguns intervalos onde a radiação solar é intensa, somando-se ainda a ausência de anteparo solar na janela superior.

Os funcionários que ocupam esse pavimento, portanto, sofrem mais com problemas de desconforto térmico e lumínico.

B - Posição e dimensão

Observa-se que, mesmo com a interferência da edificação vizinha e dos brises superiores sobre os inferiores, não há o controle solar necessário. Apenas o brise vertical móvel não atende a necessidade de sombreamento, mesmo que o usuário modifique a posição das lâminas ao longo do dia, nos meses de março, abril, junho, julho, agosto e setembro. Esse episódio agrava-se principalmente no décimo pavimento, onde o brise vertical por ser finito permite a incidência da radiação solar na janela superior e no pano de vidro das salas (Figura 23).

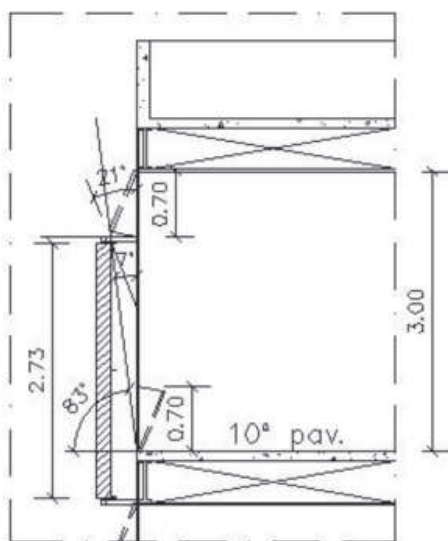


Figura 23 – Incidência solar na janela superior e pano de vidro no décimo pavimento

C - Mobilidade, uso e manutenção

Segundo os usuários entrevistados e conforme foi comprovado em visita ao local, o brise apresenta-se pesado e de difícil manuseio, uma vez que o acesso às lâminas é feito pela janela inferior.

Além da insegurança provocada pela necessidade do usuário se alongar para fora

da janela a fim de movimentar as lâminas do brise, a própria janela, em muitos casos, apresenta-se encoberta por armários ou painéis componentes do mobiliário. Nestes casos, não é possível a movimentação das lâminas, cuja posição só é alterada nas manutenções.

A manutenção, por sua vez, é dificultada pela ausência de uma passarela entre os brises e a fachada, assim como a posição da janela. Isso impede a lubrificação e reposição de certas peças, onde o acesso não é possível, sendo necessária a montagem de andaimes externos e, portanto, uma demora na prestação do serviço.

Neste contexto, as persianas internas permanecem fechadas durante toda tarde nas salas onde o brise apresenta-se totalmente aberto, a fim de controlar a radiação solar e principalmente o reflexo nos computadores. Isso é verificado, inclusive, nas salas que sofrem influência da caixa da escada de incêndio acrescida posteriormente à edificação.

D - Posicionamento do brise em relação ao alinhamento da fachada

O brise-soleil utilizado no Ministério do Meio Ambiente mantém um afastamento de 27,5 cm da superfície envidraçada, quando as lâminas estão totalmente abertas. Essa distância é favorável, visto que, permite a circulação dos ventos ao longo da fachada no sentido vertical e, portanto, o resfriamento da superfície por convecção através da retirada do calor.

Já no interior das salas, a ventilação natural ao nível do usuário é praticamente inviável, visto que a janela inferior possui um vão de 70 cm do chão e não existem saídas de ar nas divisórias que dão acesso ao corredor. Fato agravado também pela distribuição de divisórias internas, aplicadas para criação de salas menores, que dificultam ainda a distribuição da iluminação natural nos demais espaços.

Deve-se destacar a grande quantidade de janelas superiores que se encontram danificadas ou impossibilitadas de uso devido ao mobiliário, que torna inviável a utilização da manivela de comando da janela e a

conseqüente abertura para ventilação.

E - Características dos materiais

O brise possui acabamento na cor verde nilo que apresenta emissividade (ϵ) de 0,95 e absorvância (α) entre 0,5 e 0,70. Neste âmbito, como a pintura está conservada, a cor absorve 50% do calor, representando um valor aceitável se comparado a uma superfície verde escura, por exemplo, cuja absorvância é 0,75. Em contrapartida possui elevada emissividade, se confrontada com o alumínio, cujo valor varia entre 0,4 e 0,6.

A radiação emitida pelo brise é atenuada pela circulação do vento no sentido vertical ao longo da fachada, graças à existência do espaçamento entre o brise e a superfície envidraçada.

5. SUGESTÕES CORRETIVAS

Concluída a análise, percebe-se que o brise vertical finito não atende à necessidade de sombreamento em alguns meses, sendo necessário o fechamento total das lâminas ou das cortinas internas para evitar a radiação solar e conseqüentemente os ganhos térmicos e problemas de iluminação excessiva.

O brise horizontal apresenta-se como a tipologia mais adequada para o controle solar da fachada, devendo-se considerar a interferência da edificação vizinha sobre o edifício estudado. Dessa forma, dentre várias especificações possíveis que podem atender as angulações exigidas, apresenta-se uma opção de brise horizontal móvel, com tratamento diferenciado por pavimento, afastado 60 cm da fachada (Figura 24).

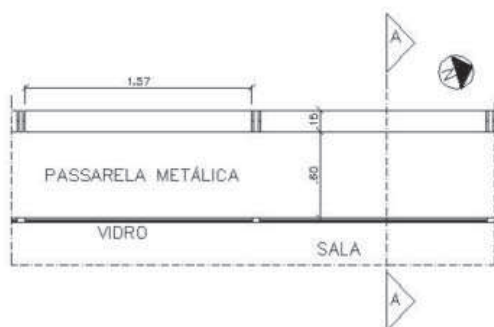


Figura 24- Planta baixa com representação do brise horizontal, afastado 60 cm da fachada

Esse distanciamento tem como finalidade gerar espaço para a instalação de uma passarela metálica, tipo grelha, visando facilitar a manutenção do brise-soleil, oferecer maior segurança ao usuário e permitir a ventilação entre os pavimentos.

Propõe-se o brise-soleil móvel devido aos raios solares serem praticamente perpendiculares à fachada e a dificuldade em protegê-la à tarde, uma vez que pela manhã a radiação é difusa. Neste sentido, no térreo, onde o sombreamento do prédio vizinho é maior, as lâminas devem ser posicionadas com uma angulação de 25° entre as mesmas e a superfície envidraçada (Figura 25), devendo-se reduzir para 16° no quinto pavimento (Figura 26).

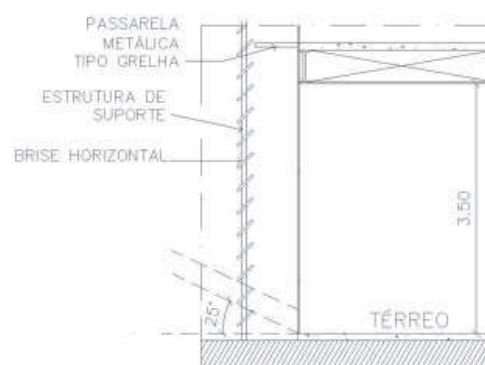


Figura 25 - Corte AA no térreo, representando a angulação adequada para as lâminas do brise-soleil.

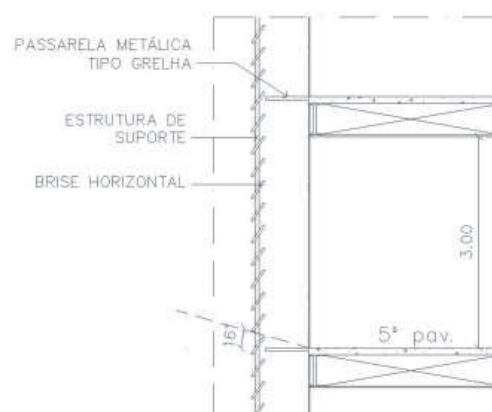


Figura 26- Corte AA no 5º pavimento, representando a angulação adequada para as lâminas do brise-soleil

O brise se estende por toda fachada, inclusive na janela superior do décimo pavimento, que não possui proteção na situação atual. Neste pavimento, os brises ficarão bem próximos uns dos outros, com ângulo

α de 10° entre as lâminas e a superfície envidraçada, visto que, não sofrem influência do edifício vizinho (Figura 27).

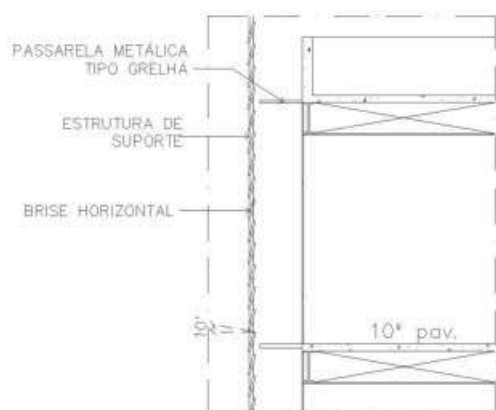


Figura 27- Corte AA no 10° pavimento, representando a angulação adequada para as lâminas do brise-soleil.

A movimentação das lâminas deve ocorrer em grupos que correspondam à área de uma única sala, de preferência, com diferenciação por andar. Almeja-se facilitar o dia-a-dia dos usuários, assim como dar maior individualidade para cada sala.

No que se refere à cor e material, pode-se manter a mesma cor, para conservar a leitura visual existente e a idéia inicial do arquiteto. No entanto, a fim de obter-se uma melhor visão interior-exterior, sugere-se aplicar a chapa de aço perfurada, inclusive com possíveis variações no tamanho das furos, aumentando-os no nível do plano de trabalho.

Não é o foco deste trabalho, mas é conveniente a substituição da janela basculante baixa por um modelo do tipo guilhotina ou mesmo pivotante no nível do plano de trabalho, como janelas em vidro temperado. Com esse sistema não há interferência na fachada, sendo mantida a mesma distribuição dos perfis metálicos, além de haver uma melhora no nível de ventilação na altura de conforto do funcionário (Figura 28). A ventilação cruzada torna-se possível com aberturas superiores nas divisórias ao longo do corredor central. Dessa forma, aproveita-se nas salas de oeste os ventos predominantes vindos do leste, podendo haver problemas acústicos.

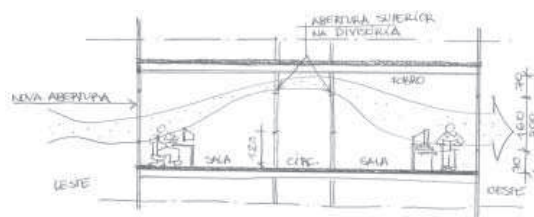


Figura 28- Corte esquemático representando possibilidade de ventilação cruzada

É necessário destacar a importância da redistribuição dos móveis no layout das salas, de modo a desobstruir o acesso às janelas e, conseqüentemente, aos brises, no caso de uma manutenção; assim como a necessidade de retirar as diversas películas existentes e a aplicação de persianas internas em cor clara para auxiliar nas questões lumínicas.

6. ESTRATÉGIAS PARA PROJETO DE BRISE-SOLEIL

Baseando-se nos itens de classificação dos elementos de controle apresentados e no estudo de casos realizados por Silva (2007) são apresentadas, neste item, sugestões aplicáveis a qualquer latitude.

Nesse contexto, os brises, de um modo geral, devem ser especificados conforme a latitude local e a necessidade de sombreamento verificada. Essa é obtida de acordo com as horas e dias do ano que apresentam as temperaturas indesejadas, baseando-se nas zonas de conforto, para então sobrepor à carta solar, referente à latitude desejada (EVANS, 1991).

Em seguida, determina-se a máscara condizente com as orientações que possuem as fachadas a serem protegidas. Com o auxílio do transferidor auxiliar é possível determinar o melhor brise quanto à posição e dimensão, com as angulações necessárias.

Os brises podem ser móveis ou fixos desde que atendam ao período de sombreamento requerido. No caso de brise-soleil móvel manual, deve-se ter cuidado em especificar barras de comando com fácil acessibilidade, que movimentem poucas lâminas simultaneamente, a fim de evitar que o sistema fique pesado, principalmente se as peças forem altas (grande comprimento).

Para agrupar as lâminas possíveis de movimento, deve-se considerar o tamanho mínimo para uma sala, a fim de oferecer brises individualizados. Assim, se, com o decorrer do tempo e com o surgimento de novas necessidades, houver mudanças na posição das divisórias, o risco de ocorrer duas salas com um mesmo brise será menor. Os arquitetos devem ficar atentos na distribuição das divisórias, assim como na organização do layout, evitando mobiliário próximo às janelas ou áreas de acesso às lâminas.

O acesso ao brise-soleil, por sua vez, deve ser fácil e seguro. Sugere-se a utilização de passarela vazada, localizada entre a superfície envidraçada e o quebra-sol, com profundidade mínima de 60 cm. Dessa forma, esse elemento oferece segurança ao usuário, facilita a manutenção das peças danificadas, assim como permite a circulação do ar ao longo da fachada no sentido vertical.

Os brises devem ser executados com materiais que absorvam pouca radiação, refletindo uma porcentagem maior do mesmo. De preferência, devem ser pintados em cor clara^{aa} para contribuir em melhores condições térmicas e na distribuição homogênea da luz natural no interior.

Entre os materiais, pode-se citar o perfil de alumínio com preenchimento de poliuretano, que retarda a condução do calor absorvido através da lâmina, graças às suas propriedades. A chapa de aço perfurada é outra opção interessante, visto que também controla a iluminação natural, permite ainda a ventilação através das lâminas e mantém a visão interior-exterior, mesmo quando fechadas.

É oportuna a utilização de persianas internas para complementar a atuação do brise-soleil e proporcionar ao usuário uma maior flexibilidade para obtenção de conforto, no que diz respeito às questões lumínicas, uma vez que não exerce interferência no conforto térmico.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aproveitamento da iluminação natural evita o uso da iluminação artificial excessiva;

no entanto, deve-se considerar as cargas térmicas incidentes no ambiente, sendo imprescindível a aplicação de elementos de controle eficientes. Com isso, a luz natural é filtrada, redirecionada e/ou difundida, proporcionando a iluminação necessária de forma mais homogênea, reduzindo as cargas térmicas e conseqüentemente o consumo com climatização artificial.

Destaca-se que se deve considerar para o projeto do brise-soleil as características do edifício, como a orientação das fachadas, localização, tamanho e tipos de abertura, uso dos espaços e a conformação do entorno, para dar continuidade às tomadas de decisão.

Dessa forma, as sugestões para melhoria do brise do estudo de caso são apenas idéias do que pode ser feito, uma vez que uma mesma máscara de sombra pode gerar várias conformações de brises. As propostas tentaram, onde foi possível, não fugir da idéia inicial do arquiteto.

Também é importante destacar que deve haver um interesse do usuário em aprender a utilizar o edifício e seus elementos da melhor forma, zelando por eles, para que os aspectos de funcionalidade sejam mantidos.

A sustentabilidade, qualidade ambiental e boa produtividade podem estar juntas, desde que sejam tomadas decisões adequadas às condições climáticas locais, por meio da produção de projetos adequados e adaptados para capturar a radiação solar de forma otimizada.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, C.N.D. Iluminação natural e eficiência energética - Parte II: Sistemas inovadores para a luz natural. In: **Paranoá- Periódico Eletrônico de Arquitetura e Urbanismo**. V 4. Brasília, nov., 2002. Disponível em: http://www.unb.br/fau/posgraduacao/cadernos_eletronicos/edicao2002.htm. Acesso em: 02 de jul. 2006.

BAKER, N., FANCHIOTTI, A., STEEMERS, K. **Daylighting in architecture: a European reference book**. London: James

& James editors, 1993.

BITTENCOURT, Leonardo. **Uso das cartas solares - diretrizes para arquitetos**. Macaé: EDUFAL, 2000.

CARAM, Rosana Maria; MIANA, Ana Christina. **Avaliação do desempenho térmico de brises transparentes: ensaios em células-teste**. In: Seminário Internacional Nutau 2006-Inovações tecnológicas e sustentabilidade, 2006, São Paulo. **Anais...**São Paulo: NUTAU, 2006. CD.

CORONA, Eduardo; LEMOS, C. A. C. **Dicionário da arquitetura brasileira**. São Paulo: Edart, 1972.

DANS, Ernest. **La arquitectura y el sol - proteccion de los edificios**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili S.A., 1967.

EVANS, Martin; SCHILLER, Silvia de. **Diseño bioambiental y arquitectura solar**. 2ª ed. Buenos Aires: Facultad de Arquitectura, diseño y urbanismo, 1991.

FROTA, Anésia Barros, SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual do conforto térmico**. São Paulo: Nobel, 2000.

FROTA, Anésia Barros. **Geometria da insolação**. São Paulo: Geros, 2004.

MARAGNO, Gogliardo Vieira. **Eficiência e forma do brise-soleil na arquitetura de Campo Grande**. In: VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, 2001, São Paulo. **Anais...**São Paulo: ENCAC, 2001.

OLGYAY, A.; OLGAY, V. **Solar control & shading devices**. New Jersey: Princeton University Press, 1957.

RIVERO, Roberto. **Arquitetura e Clima: acondicionamento térmico natural**. 2ª. Ed. Porto Alegre: D. C. Luzzatto Editores, 1986.

RORIZ, M. **Luz do Sol - Radiação solar e iluminação natural**. Versão 1.1 (1995), São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 1995.

SANTOS, Joaquim C. P.; LUBECK, André; HEDLUND, Fernando A. **Análise comparativa de características de materiais transparentes de mesma coloração**. In: I

Conferencia Latino-Americana de construção Sustentável e X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ClaCS/ENCAC, 2004. CD.

SERRA, R. Florensa; COSH, H. Roura. **Arquitectura y energia natural**. Barcelona: Edicions UPC, 1995.

SILVA, Joene Saibrosa da. **A Eficiência do brise-soleil em edifícios de escritórios públicos: estudo de casos no Plano Piloto de Brasília**. 2007. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Curso de Pós-graduação em Arquitetura, Universidade de Brasília, Brasília. 2007.

SITES NA INTERNET:

<http://www.fondationlecorbusier.asso.fr>. Acesso em: 30 de mai. 2005.

<http://www.luxalon.com.br>. Acesso em: 30 de mai. 2005.

<http://www.melo-brise-soleil.it>. Acesso em: 06 de jul. 2006

NOTAS

c Fonte: Mascaró, 1991, p. 39.

d Corona & Lemos (1972) enfatizam que elementos com a função de controlar os raios solares sempre existiram, mas a distinção de tipologias e o nome específico de brise-soleil foi criação de Le Corbusier. Na Maison Locative, o arquiteto propôs um sistema de proteção contra o sol baseado numa trama de lâminas de concreto em forma de colméia, integradas a estrutura da fachada, recobrando seus cinquenta andares.

e Este sistema era constituído de placas horizontais basculantes de fibrocimento, fixadas em grandes lâminas verticais de concreto, situadas na parte externa do edifício e ligadas à estrutura em apenas dois pontos.

f Lucio Costa, Oscar Niemeyer, Carlos Leão, Ernani Vasconcelos, Jorge Moreira e Affonso Reidy
g Fonte: <http://www.fondationlecorbusier.asso.fr>.

i Dados obtidos no site: <http://www.luxalon.com.br/htmls/216lux.html>. Acessado em 30/05/05. Sobre os vários formatos ver também <http://www.merlo-brise-soleil.it>

j Segundo Caram & Miana (2006), os brises transparentes, quando bem dimensionados e corretamente selecionados para a sua função, contribuem positivamente no desempenho térmico da edificação.

k Fonte: Olgyay & Olgyay, 1957, p. 90/92.

l Os sistemas móveis podem ser mecânicos, elétricos ou eletrônicos, comandados em função da

incidência do sol ou da intensidade luminosa ou da temperatura (FROTA, 2004).

m As escalas foram definidas por Lúcio Costa na elaboração do Plano Piloto e consistem em: escala Gregária, Monumental, Residencial e Bucólica.

p No térreo, as lâminas apresentam 2.66m de altura, enquanto que na sobreloja possui 2.26m e nos demais pavimentos 2.73m, devido à diferença do pé-direito.

z Os coeficientes utilizados para esta análise são obtidos de Frota & Shiffer (2000), sendo escolhidos por aproximação com as cores existentes.

aa Evitar branco devido aos possíveis problemas, como o ofuscamento.