

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO  
PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

**A EFICIÊNCIA DO BRISE-SOLEIL EM EDIFÍCIOS PÚBLICOS DE  
ESCRITÓRIOS: ESTUDO DE CASOS NO PLANO PILOTO DE  
BRASÍLIA**

JOENE SAIBROSA DA SILVA

Brasília

2007

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO  
PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

**A EFICIÊNCIA DO BRISE-SOLEIL EM EDIFÍCIOS PÚBLICOS DE  
ESCRITÓRIOS: ESTUDO DE CASOS NO PLANO PILOTO DE  
BRASÍLIA**

JOENE SAIBROSA DA SILVA

Dissertação apresentada como requisito parcial  
à obtenção do grau de Mestre pelo Programa  
de Pós-graduação da Faculdade de Arquitetura  
e Urbanismo da Universidade de Brasília,  
UnB.

Orientadora: Profa. Dra. Cláudia Naves David Amorim

Brasília

2007

**TERMO DE APROVAÇÃO**

JOENE SAIBROSA DA SILVA

**A EFICIÊNCIA DO BRISE-SOLEIL EM EDIFÍCIOS PÚBLICOS DE  
ESCRITÓRIOS: ESTUDO DE CASOS NO PLANO PILOTO DE  
BRASÍLIA**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, UnB

**Data de defesa: 20 de março de 2007****Orientadora:**

---

**Profa. Dra. Cláudia Naves David Amorim**  
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, UnB**Comissão Examinadora:**

---

**Profa. Dra. Marta Adriana Bustos Romero**  
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, UnB

---

**Profa. Dra. Lucila Chebel Labaki**  
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e  
Urbanismo, UNICAMP

Brasília, 2007

À minha família, fonte de inspiração e forças em todos os momentos da minha vida.

Ao Rodolfo, pelo amor e apoio.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e irmãs, por todo apoio e motivação na realização deste trabalho.

Ao Rodolfo, pela compreensão e o amor em todo período que estive ausente.

Ao João Marcello, por ter sido um chefe camarada na etapa final deste trabalho.

Ao Artur, amigo que se tornou irmão, facilitando minha estadia em Brasília, meu acesso na Câmara dos Deputados e Senado, além de auxiliar no levantamento de campo.

Ao Fabiano, amigo atencioso e prestativo que dedicou seus dias de folga para passear pela escala Gregária e Monumental, auxiliando-me em todas as dificuldades surgidas.

Aos professores Silvia Andrade e Ricardo Dias, pela colaboração e orientação desde o princípio e pela amizade, acima de tudo.

Aos amigos da disciplina Urbanismo Sustentável, por todas as palavras de carinho e em especial ao Marco Antônio e Tony Medeiros, pelo apoio com informações e material para esta pesquisa.

Aos queridos amigos Carol, Beatriz, Patrícia, Márcio, Roger, Joana, Enrique, Pedro Paulo, Luana e Jamilson pelos momentos de felicidade, diversão, desabafo, discussão de planos e sonhos.

Ao Júnior e João pela paciência e por toda ajuda.

Em especial à Prof. Dra. Marta Romero pela solidariedade e atenção que me dedicou, indicando referencial bibliográfico, direcionando o desenvolvimento deste trabalho e auxiliando-me sempre que precisei.

À profa. Lucila Labaki pela valiosa contribuição.

À equipe do CPROJ da Câmara dos Deputados, especialmente ao arquiteto Maurício Matta por toda a atenção e pela gentileza em ceder subsídios e materiais para esta pesquisa, e à Simone, por dispor de seu tempo para procurar arquivos.

À equipe do setor de engenharia do Senado: Luis, Luis Carlos e Evandro, pela contribuição com desenhos e explicações.

Ao Batelli, arquiteto do Ministério do Meio Ambiente, que abriu as portas do edifício e forneceu todas as informações necessárias.

Aos funcionários do COSEN, em especial ao Dr. Lourival, pela confiança e por disponibilizar o material referente ao Anexo do Ministério da Saúde.

Ao Grego, pela indicação dos contatos.

À prof. Dra. Cláudia Amorim, pela orientação e palavras otimistas.

À Capes e ao Procel, pela ajuda financeira.

E a Deus, acima de tudo, que tornou isso possível e colocou em meu caminho todas essas pessoas.

## SUMÁRIO

|   |             |
|---|-------------|
| <b>LISTA DE FIGURAS.....</b>  | <b>IX</b>   |
| <b>LISTA DE TABELAS.....</b>  | <b>XV</b>   |
| <b>RESUMO.....</b>  | <b>XVI</b>  |
| <b>ABSTRACT .....</b>   | <b>XVII</b> |
| <br>  |             |
| <b>INTRODUÇÃO .....</b>   | <b>1</b>    |
| <b>CAPÍTULO 1 - CONFORTO TÉRMICO E AS ENVOLVENTES EXTERNAS VERTICAIS: O BRISE-SOLEIL COMO ELEMENTO DE CONTROLE SOLAR.....</b>                         | <b>7</b>    |
| 1.1. A OBTENÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO ATRAVÉS DAS ENVOLVENTES EXTERNAS VERTICAIS.....   | 7           |
| 1.2. VARIÁVEIS ARQUITETÔNICAS PARA CARACTERIZAÇÃO DE FACHADAS ...   | 11          |
| 1.3. ELEMENTO DE CONTROLE SOLAR: O BRISE-SOLEIL.....  | 17          |
| 1.3.1. Origens do brise-soleil.....   | 17          |
| 1.3.2. A evolução dos materiais.....  | 20          |
| 1.3.3. Classificação dos brise-soleils.....   | 22          |
| 1.3.4. O desenho do brise-soleil com o auxílio da carta solar.....  | 25          |
| <b>CAPÍTULO 2 - CLIMA DE BRASÍLIA E A NECESSIDADE DE PROTEÇÃO SOLAR .....</b>   | <b>30</b>   |
| 2.1. CLIMA DE BRASÍLIA.....   | 30          |
| 2.2. ESTRATÉGIAS PARA PROJETOS EM BRASÍLIA .....  | 35          |
| 2.3. NECESSIDADE DE SOMBREAMENTO PARA BRASÍLIA .....  | 36          |
| <b>CAPÍTULO 3 - EDIFÍCIOS PÚBLICOS DE ESCRITÓRIOS: CONCEITOS E HISTÓRICO .....</b>  | <b>40</b>   |
| 3.1. DEFINIÇÃO DO TERMO “EDIFÍCIOS PÚBLICOS DE ESCRITÓRIOS”.....  | 40          |
| 3.2. EDIFÍCIOS PÚBLICOS DE ESCRITÓRIOS: A EVOLUÇÃO ARQUITETÔNICA ...  | 41          |
| 3.2.1. O contexto histórico na Europa e nos principais centros dos acontecimentos arquitetônicos.....   | 42          |
| 3.2.2. O Brasil e o Modernismo como a arquitetura oficial dos governos.....   | 49          |
| <b>CAPÍTULO 4 - OS EDIFÍCIOS PÚBLICOS DE ESCRITÓRIOS DO PLANO PILOTO DE BRASÍLIA: CARACTERIZAÇÃO DAS FACHADAS E ELEMENTOS DE CONTROLE SOLAR .....</b> | <b>54</b>   |
| 4.1. PROCEDIMENTOS DE ESTUDO.....   | 54          |
| 4.1.1. A localização dos edifícios públicos de escritórios no Plano Piloto de Brasília.....   | 54          |

|  |            |
|--|------------|
| 4.1.2. Os edifícios analisados .....   | 56         |
| 4.1.3. Obtenção dos dados .....  | 58         |
| 4.2. CARACTERIZAÇÃO DAS FACHADAS DOS EDIFÍCIOS PÚBLICOS DE<br>ESCRITÓRIOS DO PLANO PILOTO DE BRASÍLIA.....           | 59         |
| 4.2.1. Forma da edificação .....   | 59         |
| 4.2.2. Orientação solar.....   | 60         |
| 4.2.3. Altura dos edifícios.....   | 62         |
| 4.2.4. Materiais de revestimento.....  | 62         |
| 4.2.5. Tipos de aberturas.....   | 63         |
| 4.2.6. Elementos de controle solar.....  | 63         |
| 4.2.7. Outras observações .....  | 65         |
| 4.3. CONSIDERAÇÕES SOBRE A CARACTERIZAÇÃO DOS EDIFÍCIOS PÚBLICOS<br>DE ESCRITÓRIOS DO PLANO PILOTO DE BRASÍLIA ..... | 66         |
| <b>CAPÍTULO 5 - A EFICIÊNCIA DO BRISE-SOLEIL: ESTUDO DE CASOS.....</b>   | <b>67</b>  |
| 5.1. PROCEDIMENTO DE ESTUDO .....  | 67         |
| 5.1.1. A escolha dos edifícios para análise – Estudo de caso .....   | 67         |
| 5.1.2. Obtenção dos dados .....  | 67         |
| 5.1.3. Instrumento de análise .....  | 68         |
| 5.2. ESTUDO DE CASOS.....  | 69         |
| 5.2.1. Estudo de caso 1: Anexo I do Senado - Fachada Norte e brise-soleil vertical.....                              | 69         |
| 5.2.2. Estudo de caso 2: Anexo II da Câmara dos Deputados - Fachada Sul e brise-soleil<br>vertical .....             | 83         |
| 5.2.3. Estudo de caso 3: Ministério do Meio Ambiente - Fachada Oeste e brise-soleil<br>vertical .....                | 96         |
| 5.2.4. Estudo de caso 4: Anexo do Ministério da Saúde - Fachada Leste e brise-soleil<br>misto .....                  | 114        |
| <b>CAPÍTULO 6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>   | <b>122</b> |
| 6.1. CARACTERIZAÇÃO DAS FACHADAS.....  | 122        |
| 6.2. ESTUDO DE CASOS.....  | 124        |
| 6.3. SUBSÍDIOS PARA ELABORAÇÃO DE DIRETRIZES DE NOVOS BRISE-SOLEILS<br>.....   | 129        |
| 6.4. CONCLUSÕES .....  | 131        |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>  | <b>133</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>  | <b>139</b> |

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

|  |    |
|--|----|
| Figura 1-1- Trocas de calor através de superfícies opacas e transparentes. ....  | 10 |
| Figura 1-2- Indicações de formas segundo Olgyay (1998) .....   | 12 |
| Figura 1-3 Ganhos de calor através de paredes transparentes com proteção externa e interna.<br>.....                                       | 14 |
| Figura 1-4- Representação de uma varanda, marquise e sacada .....  | 15 |
| Figura 1-5- Influência da vegetação no espaço interno .....  | 16 |
| Figura 1-6- Maison Locative, Argel.....  | 17 |
| Figura 1-7- Ministério da Educação e Saúde.....  | 17 |
| Figura 1-8- Da esquerda para direita: Residencial Pedregulho e Parque Guinle. ....   | 18 |
| Figura 1-9- Projetos de Nicholas Grimshaw. Fonte: <a href="http://www.grimshaw-architects.com">http://www.grimshaw-architects.com</a> . 19 |    |
| Figura 1-10- Edifício administrativo, Chile, Enrique Browne. ....  | 20 |
| Figura 1-11- Exemplo de brise de vidro, fotovoltaico e painel prismático. ....   | 21 |
| Figura 1-12- Exemplos de brises. ....  | 22 |
| Figura 1-13- Edifício Seguradoras, vista externa e corte. ....   | 23 |
| Figura 1-14- Situação atual do edifício. ....  | 23 |
| Figura 1-15- Exemplos de brises horizontais e verticais finitos e infinitos.....   | 24 |
| Figura 1-16- Percurso do sol nos solstícios e equinócios .....   | 26 |
| Figura 1-17- Azimute (a) e altura (h) solar.....   | 26 |
| Figura 1-18- Carta solar para latitude de 15°55'. ....   | 26 |
| Figura 1-19- Transferidor auxiliar. ....   | 27 |
| Figura 1-20-Exemplos de brises para uma mesma máscara de sombra. ....  | 28 |

### CAPÍTULO 2

|   |    |
|---|----|
| Figura 2-1- Carta solar com horários de insolação, à esquerda no período até 21 de junho e, à direita após 21 de junho.....                   | 34 |
| Figura 2-2- Isopleta de Temperatura para Natal (RN). ....   | 37 |
| Figura 2-3- Isopleta de temperatura para Brasília, com horário de desconforto em vermelho 38  |    |
| Figura 2-4- Carta solar para Brasília com período de sombreamento necessário para garantir conforto térmico, em destaque na cor vermelha..... | 39 |

### CAPÍTULO 3

|   |    |
|---|----|
| Figura 3-1-Planta baixa do Conselho da Cidade, Torun, Polônia, 1250-1603..... | 43 |
| Figura 3-2-Pallazo del Vecchio, Florença, 1299-1314.....                      | 43 |
| Figura 3-3-Palácio da Justiça, Rouen, 1543. ....                              | 44 |
| Figura 3-4-Congresso dos Estados Unidos, Washington, 1793 .....               | 44 |
| Figura 3-5- Ministério da Educação e Saúde, Rio de Janeiro, 1936. ....        | 47 |
| Figura 3-6- Chancelaria do Reich, Berlim, 1936-1939 .....                     | 48 |
| Figura 3-7- Edifício das Nações Unidas, Nova York, 1950.....                  | 48 |
| Figura 3-8- Assembléia, Chandigard (1955-1956).....                           | 48 |
| Figura 3-9- Palácio da Justiça, Brasília (1960).....                          | 48 |
| Figura 3-10- Casa de Câmara e Cadeia, Mariana (1768-98).....                  | 50 |
| Figura 3-11- Parede em pau-a-pique .....                                      | 50 |
| Figura 3-12-Palácio dos Leões, São Luis (Fim do século XVIII).....            | 51 |
| Figura 3-13- Palácio do governo, Salvador (Reforma em 1912). ....             | 51 |
| Figura 3-14-Planta baixa e corte do MEC, 1936 .....                           | 52 |
| Figura 3-15-Fachada em vidro MEC, 1936.....                                   | 52 |
| Figura 3-16-Edifício Petrobrás, Rio de Janeiro, 1968.....                     | 53 |
| Figura 3-17- Centro administrativo, Teresina, década de 70. ....              | 53 |

### CAPÍTULO 4

|   |    |
|---|----|
| Figura 4-1- Escalas Monumental, Residencial, Gregária e Bucólica.....   | 55 |
| Figura 4-2- Localização dos edifícios estudados nas Escalas Gregária e Monumental, identificados por cores, conforme o setor no qual estão inseridos..... | 57 |
| Figura 4-3- Limite de abrangência para cada orientação solar.....   | 58 |
| Figura 4-4- Formas predominantes das edificações estudadas.....   | 60 |
| Figura 4-5-Orientações predominantes nas edificações analisadas.....  | 60 |
| Figura 4-6- Orientações predominantes nos edifícios existentes. ....  | 61 |
| Figura 4-7- Exemplo de materiais de acabamento- Anexo 4 da Câmara dos Deputados e Tribunal de Contas de DF, em concreto e mármore, respectivamente.....   | 63 |
| Figura 4-8-Tipos de aberturas predominantes .....   | 63 |
| Figura 4-9- Orientação das fachadas protegidas.....   | 64 |
| Figura 4-10- Predominância dos brises de acordo com a orientação da fachada .....   | 64 |
| Figura 4-11-Exemplos dos tipos de brises dos edifícios estudados - vertical, horizontal e misto .....   | 65 |
| Figura 4-12- Aparelhos de ar-condicionado e improvisado nas fachadas.....   | 65 |

## CAPÍTULO 5

|  |    |
|--|----|
| Figura 5-1- Esquema das alturas do Congresso Nacional .....  | 69 |
| Figura 5-2- Fachada sul do Anexo I do senado: Anexo I da Câmara como anteparo .....                                      | 70 |
| Figura 5-3- Fachada Norte (18°).....   | 70 |
| Figura 5-4- Planta baixa pavimento tipo .....  | 70 |
| Figura 5-5- Planta baixa representativa da distribuição dos brises .....   | 71 |
| Figura 5-6- Corte esquemático da posição dos brises verticais.....   | 71 |
| Figura 5-7- Detalhe do perfil e possibilidade de movimento .....   | 71 |
| Figura 5-8- Caixa de comando fixa na estrutura metálica.....   | 72 |
| Figura 5-9- Botões de controle da caixa de comando .....   | 72 |
| Figura 5-10- Imagens internas.....   | 73 |
| Figura 5-11- Carta solar para a fachada norte. ....  | 74 |
| Figura 5-12-Sobreposição da necessidade de sombreamento à carta solar.....   | 74 |
| Figura 5-13- Brise vertical com abertura total, $\beta_d = \beta_e = 42^\circ$ .....                                     | 75 |
| Figura 5-14- Máscara de sombra obtida pelo brise vertical com abertura total. ....                                       | 75 |
| Figura 5-15- Proteção solar exercida pela passarela .....  | 75 |
| Figura 5-16- Máscara de sombra gerada pela passarela horizontal, onde $\alpha = 81^\circ$ . ....                         | 75 |
| Figura 5-17- Brise vertical com abertura no sentido horário, onde $\beta_d = 66^\circ$ e $\beta_e = 15^\circ$ .....      | 76 |
| Figura 5-18- Máscara de sombra gerada pelo brise vertical inclinado no sentido horário.....                              | 76 |
| Figura 5-19- Brise vertical com abertura no sentido anti-horário, onde $\beta_d = 15^\circ$ e $\beta_e = 66^\circ$ ..... | 76 |
| Figura 5-20- Máscara de sombra gerada pelo brise vertical inclinado no sentido horário.....                              | 76 |
| Figura 5-21- Célula fotoelétrica danificada.....   | 77 |
| Figura 5-22- Lâmina quebrada .....   | 77 |
| Figura 5-23- Persianas fechadas principalmente pela manhã.....   | 78 |
| Figura 5-24- Passarela para manutenção .....   | 78 |
| Figura 5-25- Proposta para correção do brise existente .....   | 80 |
| Figura 5-26- Corte AA com indicações para a passarela metálica.....  | 80 |
| Figura 5-27- Máscara de sombra oferecida pela nova solução ( $\alpha = 50^\circ$ , $\beta_d = \beta_e = 42^\circ$ )..... | 80 |
| Figura 5-28- Proposta para um novo brise-soleil horizontal .....   | 81 |
| Figura 5-29- Corte AA com indicações para o novo brise-soleil .....  | 81 |
| Figura 5-30- Máscara de sombra oferecida pela nova solução ( $\alpha = 50^\circ$ , $\beta_d = \beta_e = 76^\circ$ )..... | 81 |
| Figura 5-31- Brise-soleil aeroscreen, Hunter Douglas: lâmina perfurada.....  | 82 |
| Figura 5-32- Brise-soleil celoscreen, Hunter Douglas: lâminas lisas ou perfuradas.....                                   | 82 |
| Figura 5-33- Celoscreen: variedade de perfurações e umas das possíveis angulações .....                                  | 83 |
| Figura 5-34- Localização do Anexo II da Câmara dos Deputados .....   | 84 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 5-35- Planta baixa pavimento térreo .....   | 84 |
| Figura 5-36- Detalhe da janela com abertura para o interior da sala.....   | 85 |
| Figura 5-37- Fachada sul e a predominância dos brises.....   | 85 |
| Figura 5-38- Detalhe do perfil do brise-soleil e a angulação de abertura.....  | 85 |
| Figura 5-39- Planta baixa representativa da distribuição dos brises .....  | 86 |
| Figura 5-40- Corte AA esquemático .....  | 86 |
| Figura 5-41- Barra de comando dos brises.....  | 86 |
| Figura 5-42-Excrementos de pombos na estrutura metálica dos brises.....  | 87 |
| Figura 5-43-Vista interna das salas existentes no Anexo II .....   | 87 |
| Figura 5-44- Carta solar para fachada sul (198°).....  | 88 |
| Figura 5-45- Sobreposição da necessidade de sombreamento à carta solar.....  | 88 |
| Figura 5-46- Brise vertical com abertura total- $\beta_d$ e $\beta_e=41^\circ$ .....   | 89 |
| Figura 5-47- Máscara de sombra obtida pelo brise vertical com abertura total.....  | 89 |
| Figura 5-48- Proteção do elemento horizontal da estrutura .....  | 89 |
| Figura 5-49- Máscara de sombra com $\alpha=71^\circ$ e $73^\circ$ (mesma representação para os dois ângulos por serem muito próximos)..... | 89 |
| Figura 5-50- Brise vertical inclinado $45^\circ$ no sentido horário- $\beta_d=65^\circ$ e $\beta_e=15^\circ$ .....                         | 90 |
| Figura 5-51- Máscara de sombra obtida pelo brise vertical inclinado $45^\circ$ no sentido horário.....                                     | 90 |
| Figura 5-52- Brise inclinado $45^\circ$ no sentido anti-horário- $\beta_d=15^\circ$ e $\beta_e=65^\circ$ .....                             | 90 |
| Figura 5-53-Máscara de sombra obtida pelo brise vertical inclinado $45^\circ$ no sentido anti-horário.....                                 | 90 |
| Figura 5-54- Barra de comando danificada .....   | 91 |
| Figura 5-55- Armários impedindo o acesso à barra de comando .....  | 91 |
| Figura 5-56- Ataque dos sem-terra à Câmara dos Deputados, 06/06/2006.....  | 92 |
| Figura 5-57- Circulação do ar dificultada pela estrutura metálica horizontal do brise .....  | 93 |
| Figura 5-58- Sugestão para distanciamento entre as lâminas ( $\beta_d=\beta_e=50^\circ$ ) .....  | 94 |
| Figura 5-59- Máscara de sombra obtida pela nova disposição dos brises verticais ( $\beta_d=\beta_e=50^\circ$ ).....                        | 94 |
| Figura 5-60- Visão interior-exterior existente: Anexo IV e o brise-soleil amarelo.....   | 95 |
| Figura 5-61- Recomendações para a estrutura metálica de apoio .....  | 95 |
| Figura 5-62- Locação da Esplanada dos Ministérios.....   | 96 |
| Figura 5-63- Planta baixa de um pavimento tipo .....   | 97 |
| Figura 5-64- Fachada leste ( $108^\circ$ ): película espelhada .....   | 98 |
| Figura 5-65- Fachada oeste ( $288^\circ$ ): brise-soleil vertical.....   | 98 |
| Figura 5-66- Detalhe do perfil do brise-soleil vertical e a angulação de abertura.....   | 98 |
| Figura 5-67- Planta baixa representativa da distribuição dos brises verticais.....   | 99 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 5-68- Corte AA do 3° ao 10° pavimento .....   | 99  |
| Figura 5-69- Acesso aos brises pela janela.....  | 99  |
| Figura 5-70-Divisória do corredor central.....   | 100 |
| Figura 5-71-Mobiliário interno.....  | 100 |
| Figura 5-72- Ar-condicionado central, iluminação artificial e persiana cinza .....   | 100 |
| Figura 5-73- Condensadores dos splits na fachada .....   | 100 |
| Figura 5-74- Carta solar para fachada oeste (288°).....  | 101 |
| Figura 5-75- Sobreposição da necessidade de sombreamento à carta solar.....  | 101 |
| Figura 5-76- Planta baixa representando ângulo $\beta_d$ e $\beta_e$ para um observador no centro do edifício.....   | 102 |
| Figura 5-77- Sombreamento gerado pelo edifício vizinho a oeste.....  | 102 |
| Figura 5-78- Corte esquemático com ângulo $\alpha$ para um observador no primeiro e quinto pavimento .....   | 102 |
| Figura 5-79- Máscara de sombra produzida pelo edifício vizinho no primeiro pavimento da edificação estudada.....   | 102 |
| Figura 5-80- Máscara de sombra produzida pelo edifício vizinho no quinto pavimento da edificação estudada.....   | 102 |
| Figura 5-81- Brise vertical com abertura total: $\beta_e$ e $\beta_d=42^\circ$ .....   | 103 |
| Figura 5-82- Máscara de sombra obtida pelo brise vertical com abertura total. ....   | 103 |
| Figura 5-83- Influência das lâminas superiores na esquadria do pavimento inferior às mesmas .....  | 104 |
| Figura 5-84- Máscara de sombra obtida pelas lâminas superiores: em verde, a proteção sobre a janela alta ( $\alpha=61^\circ$ ) e em roxo, o controle solar sobre todo vidro ( $\alpha=82^\circ$ ). ....  | 104 |
| Figura 5-85- Brise vertical inclinado $45^\circ$ no sentido horário: $\beta_d=66^\circ$ e $\beta_e=15^\circ$ .....   | 104 |
| Figura 5-86- Máscara de sombra obtida pelo brise vertical inclinado $45^\circ$ no sentido horário. ....  | 104 |
| Figura 5-87- Brise vertical inclinado $45^\circ$ no sentido anti-horário: $\beta_d=15^\circ$ e $\beta_e=66^\circ$ .....  | 105 |
| Figura 5-88- Máscara de sombra obtida pelo brise vertical inclinado $45^\circ$ no sentido horário.....   | 105 |
| Figura 5-89- Máscaras de sombra obtidas pelo brise vertical com: abertura total, inclinação de $45^\circ$ no sentido horário e $45^\circ$ no sentido anti-horário, respectivamente. Em laranja, o sombreamento gerado pela edificação vizinha a oeste..... | 106 |
| Figura 5-90- Máscaras de sombra obtidas pelo brise vertical com: abertura total, inclinação de $45^\circ$ no sentido horário e $45^\circ$ no sentido anti-horário, respectivamente. ....   | 106 |
| Figura 5-91- Corte 10° pavimento:janela superior sem proteção .....  | 107 |
| Figura 5-92- Intervalo em que não há proteção no piso do 10° pavimento ( $83^\circ$ ) e na metade da superfície envidraçada ( $69^\circ$ ), respectivamente. ....  | 107 |
| Figura 5-93- Sobreposição da máscara de sombra dos brises rotacionados no sentido horário, durante o solstício de verão, e no sentido anti-horário, no solstício de inverno.....   | 108 |
| Figura 5-94- Acesso ao brise obstruído pelo mobiliário em frente à janela inferior.....  | 109 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 5-95- Armários impedindo o acesso à barra de comando .....  | 109 |
| Figura 5-96- Vista através da janela do quinto pavimento para o nível da rua: desobstrução entre os brises e a superfície envidraçada..... | 110 |
| Figura 5-97- Planta baixa com representação do brise horizontal, afastado 60 cm da fachada .....   | 111 |
| Figura 5-98- Corte AA no térreo, representando a angulação adequada para as lâminas do brise-soleil .....                                  | 112 |
| Figura 5-99- Máscara de sombra gerada pelo brise horizontal proposto para o térreo .....   | 112 |
| Figura 5-100- Corte AA no 5º pavimento, representando a angulação adequada para as lâminas do brise-soleil.....                            | 112 |
| Figura 5-101- Máscara de sombra gerada pelo brise horizontal proposto para o térreo .....  | 112 |
| Figura 5-102- Corte AA no 10º pavimento, representando a angulação adequada para as lâminas do brise-soleil.....                           | 113 |
| Figura 5-103- Máscara de sombra gerada pelo brise horizontal proposto para o térreo .....  | 113 |
| Figura 5-104- Corte esquemático representando possibilidade de ventilação cruzada.....   | 114 |
| Figura 5-105- Sistema Screen glass, Reiki.....   | 114 |
| Figura 5-106- Planta baixa de um pavimento tipo .....  | 115 |
| Figura 5-107- Fachada leste (108º): brise misto e vidro fumê .....   | 115 |
| Figura 5-108- Detalhe da janela .....  | 115 |
| Figura 5-109- Planta baixa, representando a distribuição dos brises .....  | 116 |
| Figura 5-110- Corte AA .....   | 116 |
| Figura 5-111- Detalhe do brise-soleil misto.....   | 116 |
| Figura 5-112- Divisória do corredor central.....   | 117 |
| Figura 5-113- Mobiliário interno, forro e cortinas .....   | 117 |
| Figura 5-114- Carta solar para fachada leste (108º).....   | 117 |
| Figura 5-115- Sobreposição da necessidade de sombreamento à carta solar.....   | 117 |
| Figura 5-116- Máscara de sombra obtida pelo brise misto, onde $\beta_d = \beta_e = 75^\circ$ e $\alpha = 62^\circ$ .....                   | 118 |
| Figura 5-117- Circulação existente entre o brise e a superfície envidraçada: prolongamento da laje .....                                   | 119 |
| Figura 5-118- Lâminas em vidro refletivo metalizado prata, onde $\alpha = 45^\circ$ .....  | 120 |
| Figura 5-119- Máscara de sombra gerada pelo brise horizontal proposto. ....  | 120 |

## CAPÍTULO 6

|  |     |
|--|-----|
| Figura 6-1- Edifício do Banco de Brasília e a comemoração pelos 40 anos..... | 131 |
|--|-----|

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1-1-Valores de absorvância da radiação solar ( $\alpha$ ) específico de pintura..... | 13 |
|---|----|

### CAPÍTULO 2

|  |    |
|--|----|
| Tabela 2-1- Índice de nebulosidade e condições de céu para Brasília .....  | 32 |
| Tabela 2-2- Quantidade de radiação solar ( $Wh/m^2$ ) nas superfícies verticais e horizontais, conforme a orientação. ....   | 32 |
| Tabela 2-3- Iluminâncias em um plano horizontal ao longo do dia.....   | 32 |
| Tabela 2-4- Estratégias bioclimáticas (%). ....  | 33 |
| Tabela 2-5- Horários de desconforto por calor e frio por mês. ....   | 34 |
| Tabela 2-6- Relação entre temperatura e condições de conforto.....   | 37 |
| Tabela 2-7- Horários de desconforto por calor, de acordo com a isopleta de temperatura.....                                  | 38 |
| Tabela 2-8- Comparativo entre os horários de desconforto apresentados pela isopleta de temperatura e por Maciel (2002) ..... | 38 |

### CAPÍTULO 4

|  |    |
|--|----|
| Tabela 4-1- Relação do número de edifícios públicos de escritórios estudados nos setores situados nas Escalas Gregária e Monumental do Plano Piloto de Brasília..... | 57 |
| Tabela 4-2- Radiação solar recebida nas fachadas dos edifícios nas orientações predominantes .....   | 62 |
| Tabela 4-3- Porcentagem do número de pavimentos .....  | 62 |

### CAPÍTULO 5

|   |     |
|---|-----|
| Tabela 5-1-Os edifícios selecionados para estudo de casos segundo a orientação e os brises predominantes..... | 67  |
| Tabela 5-2- Radiação solar ( $Wh/m^2$ ) no plano vertical orientado para Norte.....                           | 73  |
| Tabela 5-3 - Radiação solar ( $Wh/m^2$ ) no plano vertical orientado para sul .....                           | 88  |
| Tabela 5-4- Radiação solar ( $Wh/m^2$ ) no plano vertical orientado para oeste.....                           | 101 |
| Tabela 5-5- Radiação solar ( $Wh/m^2$ ) no plano vertical orientado para leste.....                           | 118 |

### CAPÍTULO 6

|  |     |
|--|-----|
| Tabela 6-1- Propostas sugeridas para os estudos de caso .....            | 125 |
| Tabela 6-2- Subsídios para elaboração de especificações para brises..... | 129 |

## RESUMO

O conforto térmico é um dos responsáveis pela qualidade ambiental das edificações e bem estar dos usuários em áreas de trabalho, podendo ser alcançado através da adoção de sistemas passivos de controle ambiental, como por exemplo, a aplicação do brise-soleil. Esse aparato, quando bem especificado, controla ganhos térmicos, melhora a distribuição da iluminação, permite ventilação e pode diminuir o consumo energético, entre outras vantagens.

Considerando esses benefícios, este trabalho analisa qualitativamente a eficiência dos brises em edifícios de escritórios públicos do Plano Piloto de Brasília. A cidade, por concentrar a administração do país, apresenta um grande número desses edifícios e, conseqüentemente, de funcionários que podem ter sua qualidade de trabalho comprometida.

Para tal, fez-se inicialmente um levantamento de 138 edifícios públicos de escritórios, por meio de observação, para caracterizar as fachadas e verificar a freqüência de utilização de elementos de proteção solar, assim como as tipologias de brises (vertical, horizontal e misto) aplicadas. Em seguida, realizou-se uma análise do tipo de brise mais freqüente por orientação solar em edifícios específicos selecionados, baseando-se em critérios obtidos a partir da bibliografia existente e da carta solar como instrumento de avaliação da eficiência dos mesmos.

Entre os resultados, verificou-se que o número de fachadas envidraçadas efetivamente protegidas é relativamente pequeno e que os diversos tipos de brises são utilizados independentemente da orientação. No que diz respeito ao estudo de casos, entre outras conclusões, observou-se em alguns a ausência de controle suficiente da radiação solar, devido às especificações e dimensionamento inadequados, além de problemas como o uso incorreto por parte dos usuários e falta de manutenção.

A partir disso, sugerem-se subsídios para diretrizes para a adequação dos brises analisados e para projetos futuros, considerando as orientações predominantes constatadas no levantamento de campo.

## ABSTRACT

Thermal comfort is one of the main factors that contributes for the indoor environment quality and for the users welfare in work places, and can be attained by the adoption of passive control system, such as use of brise-soleil. This device, when correctly specified, controls thermal gains, improves the light distribution, allows ventilation and can decrease the energy consumption, among others advantages.

Considering these benefits, this work analyzes qualitatively the efficiency of brises in public offices buildings of Brasília Pilot Plan. Concentrating the country administration, the city presents a great number of these buildings and, as a consequence, a great number of employees who may have a poor work environment quality .

To do so, first a survey of 138 public office buildings was made, by means of observations, to characterize the façades and to verify the frequency of use of solar protection elements, as well as the types of brises (vertical, horizontal and mixed) applied. Then, the most frequently found types of brises for each solar orientation were analyzed in selected buildings, based on criteria obtained in the litterature and in using solar charts as instrument of evaluation of the efficiency.

Among the results, it was verified that the number of glass façades effectively protected is small and that the various types of brises are applied regardless of the orientation. Concerning the case studies, among others conclusions, it was observed insufficient solar radiation control in some of them, due to inadequate specifications and sizing, besides other problems, such as incorrect use and lack of maintenance.

Finally, subsidies for a guideline for improving the analyzed brises and for future projects are suggested, considering the predominant solar orientations found in the field survey.

## INTRODUÇÃO

Os **edifícios públicos de escritórios** sofreram diversas alterações ao longo do tempo, como a separação das hierarquias e das funções, modificações em planta baixa e, principalmente, no tratamento de suas envoltentes, ou seja, as fachadas<sup>1</sup>.

A parede, por exemplo, perdeu a função estrutural graças às inovações surgidas no campo da construção civil, passando a exercer papel de vedação. Dessa forma, teve sua espessura reduzida e ganhou maiores superfícies em vidro, independentemente do clima em que os edifícios eram inseridos, o que foi possível devido aos sistemas de climatização artificiais, como o aparelho de ar-condicionado.

Segundo Mascaró (2005), isso acabou com grande parte dos compromissos ambientais de projeto, pois os princípios para a compensação climática por meio da envoltente do edifício tornaram-se antiquados, havendo uma maior homogeneização das formas dos edifícios e maior utilização de elementos transparentes e leves nas fachadas.

Como consequência, perdeu-se a propriedade de inércia térmica<sup>2</sup> proporcionada pelas paredes, ganhando-se maior nível de iluminação natural, e com isso, possíveis problemas de ofuscamento e contraste, perda e ganho de calor excessivo, assim como maior consumo energético.

Esses inconvenientes são relevantes especialmente em locais de trabalho, uma vez que um ambiente confortável, do ponto de vista térmico, visual e acústico, está vinculado com uma melhoria da produtividade e principalmente com a saúde e bem estar dos funcionários<sup>3</sup>. Ornstein (1996) enfatiza que os usuários passam pelo menos 80% de sua vida no interior de edifícios e que o desempenho insatisfatório destes afeta decisivamente na sua qualidade de vida.

Pode-se destacar também o fato de que, nas edificações do setor público, a diversidade de uso dos espaços é grande. Uma mesma sala pode ser ocupada por funcionários diferentes em

---

<sup>1</sup> Neste trabalho serão usados os dois termos: envoltente externa vertical e fachada.

<sup>2</sup> A inércia térmica é a propriedade dos componentes que faz com que haja atraso e amortecimento nas trocas de calor entre externo e interno, sendo função da densidade, da condutividade e da capacidade calorífica da parede.

<sup>3</sup> Esses são muitas vezes vítimas da Síndrome do Edifício Doente (SED), causada entre outros fatores pela falta de renovação de ar, tendo em vista que os projetos de arquitetura, muitas vezes, não levam em consideração as condições naturais locais, fazendo uso de sistemas artificiais, como os aparelhos de ar-condicionado, para obter conforto ambiental.

turnos alternados durante todo o dia, e até mesmo à noite. O grande número de pessoas e equipamentos nos ambientes<sup>4</sup> aumenta as cargas térmicas internas, exigindo aparelhos condicionadores de ar mais potentes, bem como uma iluminação mais eficiente que seja adequada para o desenvolvimento de tarefas, inclusive com computadores.

Em média, Roméro e Iwashita (2002) estimam que 70% do consumo em escritórios são originados pelo condicionamento ambiental e iluminação<sup>5</sup>, e Gómez et al (apud SIGNOR, 1999) destacam que edifícios com projetos adequados podem consumir em torno de 30% menos energia que outros que ofereçam níveis de conforto e utilização similares.

Nesse sentido, a arquitetura surge como uma das responsáveis por oferecer não só condições térmicas compatíveis ao conforto humano, como também menor consumo energético, devendo esses fatores serem considerados conjuntamente em escritórios<sup>6</sup> (BURTON, 2001). O bom desempenho da edificação, em termos térmicos, luminosos e energéticos, depende de variáveis como implantação, orientação, materiais e componentes construtivos, cabendo ao projetista avaliar as condições climáticas locais e adotar meios naturais de controle ambiental, sempre que possível.

Entre os meios naturais de controle ambiental, o **brise-soleil**, termo de origem francesa que significa quebra-sol, cujo design diferenciado e propagação ocorreu em meados da década de 1930, foi uma principais invenções, segundo Banham (1975). Esse elemento que tem como função controlar o ingresso de radiação solar e conseqüentemente a entrada de calor e luz visível, quando bem especificado, gera iluminação natural adequada ao ambiente interno, mantém o ângulo de visão interior-exterior, permite a ventilação, e principalmente, controla os ganhos térmicos.

Corbella (2003, p.221) cita uma pesquisa desenvolvida em Porto Alegre indicando que a utilização correta de *brise-soleils* e vegetação reduzem a energia solar recebida de 2000 kWh/dia para 820 kWh/dia, ou seja, uma redução de 59%, em um mesmo edifício. Mascaró (1991, p. 113) acrescenta que se torna muito mais econômico e eficiente o uso de superfícies

---

<sup>4</sup> Roméro e Marraccini (2003), afirmam que as cargas internas de pessoas e equipamentos foram multiplicadas em média por um fator de sete anos baseado no período de 1996 a 2003.

<sup>5</sup> Vale destacar que em edifícios públicos a manutenção dos equipamentos e das instalações em geral do edifício geralmente é escassa, ocasionando mal funcionamento e conseqüente elevação do consumo energético.

<sup>6</sup> Não há correlação entre consumo de energia e conforto, podendo este último ser alcançado mesmo com baixo consumo de energia (BURTON, 2001).

envidraçadas simples protegidas da radiação solar direta na estação quente, do que o uso de vidros especiais sem sombreamento nos climas tropicais e subtropicais úmidos<sup>7</sup>.

Mesmo diante de tantas vantagens, os brises-soleil quando utilizados geralmente não são dimensionados nem especificados corretamente<sup>8</sup>, considerando-se, muitas vezes, apenas questões estéticas (LEITE & ARAÚJO, 2004). Amorim (2004), por exemplo, faz referência aos edifícios sem controle solar em Brasília, onde observa excesso de iluminância em alguns, como o Palácio Itamaraty e o edifício da Funasa. A autora expõe também que no edifício do Departamento Nacional de Infra-estruturas de Transportes (DNIT), o excesso de brises, aliado às altas divisórias internas, impede a distribuição da luz natural no interior do edifício.

Esses problemas não deveriam ser comuns em Brasília, uma vez que a cidade apresenta potencialmente condições de conforto favoráveis em relação às 14 maiores cidades brasileiras (GOULART et al,1998). A carta bioclimática de Givoni (1992), utilizada no estudo de Goulart, indica que é possível obter-se condições de conforto para a cidade apenas através de meios passivos de controle ambiental<sup>9</sup>.

Dessa forma, coloca-se como **hipótese** que o desconforto e o alto consumo energético verificados decorrem de soluções inadequadas para o clima local; considerando-se os benefícios proporcionados pelo brise-soleil, surgem os seguintes questionamentos:

- Como se apresenta o tratamento dado às fachadas, principalmente no que diz respeito ao controle solar nos edifícios públicos de escritórios de Brasília?
- Como se manifesta a aplicação dos brise-soleils, no que se refere à quantidade e à especificação dos mesmos nos edifícios públicos de escritórios de Brasília?
- Qual a eficiência dos brises mais frequentes nos edifícios de escritórios públicos analisados, diante das orientações a que estão submetidos?

---

<sup>7</sup> Essa informação também é confirmada por Alucci et al (2006) em pesquisas realizadas em edifícios no Rio de Janeiro e em São Paulo, onde a autora compara o consumo energético da aplicação do brise-soleil com vidros diversificados e do uso da persiana com os mesmos vidros.

<sup>8</sup>Maragno (2001) explica que os arquitetos, muitas vezes não aplicam o brise-soleil com as seguintes justificativas: custo elevado, difícil manutenção dos elementos, interferência na forma arquitetônica, ceticismo quanto à eficácia real e desconhecimento dos métodos de cálculos e dimensionamento.

<sup>9</sup> Em edifícios de escritórios, devido às altas cargas térmicas internas de ocupação e equipamentos, pode ser necessário o uso de sistemas ativos, como ar-condicionado, no entanto, esses podem ser minimizados se o projeto arquitetônico for climaticamente adequado.

Brasília, por ser a capital do país e reunir a administração do mesmo, possui um número expressivo de escritórios, representando grande potencial de economia de energia<sup>10</sup>. Esses edifícios concentram-se principalmente na região central do Plano Piloto, correspondendo às Escalas Gregária e Monumental, delimitadas por Lúcio Costa na elaboração do projeto.

A Escala Monumental corresponde ao Eixo Monumental, no sentido leste-oeste, indo da praça dos Três Poderes até a Rodoferroviária e a Escala Gregária, se compõe dos quatro cantos resultantes do cruzamento dos Eixos Monumental e Rodoviário, representando o centro da cidade e concentrando os serviços.

Diante do exposto, o presente trabalho aborda o tratamento dado às fachadas, especialmente aos brise-soleils, dos edifícios públicos de escritórios localizados nas escalas Gregária e Monumental do Plano Piloto de Brasília.

## OBJETIVOS

Este trabalho tem como **objetivo geral** avaliar qualitativamente, do ponto de vista do conforto térmico e luminoso, a utilização do brise-soleil nos edifícios públicos de escritórios localizados nas escalas Gregária e Monumental do Plano Piloto de Brasília, visando oferecer subsídios para a elaboração de diretrizes de projeto para os elementos de controle solar nestes edifícios e em projetos futuros.

Quanto aos **objetivos específicos**, pretende-se:

- Realizar diagnóstico sobre o clima de Brasília e a necessidade de sombreamento;
- Verificar os conceitos relacionados ao termo “edifícios públicos de escritórios”, bem como a evolução dos mesmos, especialmente no que se refere às fachadas;
- Caracterizar os edifícios públicos de escritórios localizados nas escalas Gregária e Monumental do Plano Piloto de Brasília no que diz respeito ao tratamento das fachadas e ao uso de elementos de controle solar, priorizando o brise-soleil e suas especificações;

---

<sup>10</sup> Roméro e Iwashita (2002) afirmam que o potencial de conservação de energia em edifícios construídos chega a ordem de 30% e em edifícios novos à ordem de 50%.

- Verificar a eficiência de brise-soleils em edifícios específicos, conforme a predominância nos edifícios analisados, baseando-se nas indicações de literatura correspondente;
- Subsidiar a elaboração de diretrizes de controle solar para as orientações predominantes observadas em levantamento de campo da área em questão, que possam ser aplicadas nas edificações existentes e em futuros projetos de edifícios públicos de escritórios.

## ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

A fim de alcançar esses objetivos, o trabalho foi organizado em seis capítulos. Após a Introdução apresentada, segue-se, no primeiro capítulo, com um referencial teórico sobre conforto ambiental e as variáveis que interferem no desempenho térmico de uma edificação. Entre as variáveis, enfatiza-se o brise-soleil como elemento de controle solar, destacando suas origens, classificações e os passos para um projeto eficiente. Objetiva-se, com esse capítulo, evidenciar a importância das fachadas nos ganhos e perdas de calor em uma edificação e a relevância da presença dos brise-soleils nesse contexto.

Baseando-se nas indicações do capítulo anterior, o segundo capítulo é dedicado a caracterizar o clima de Brasília, as estratégias para projeto e a verificação dos períodos, no qual é necessário o sombreamento das superfícies através da aplicação dos brises.

No terceiro capítulo, é realizada uma revisão de literatura relacionada aos edifícios públicos de escritórios, compondo-se uma retrospectiva da evolução desses edifícios, especialmente quanto às fachadas, inclusive no Brasil. Pretende-se compreender os reflexos sensíveis na arquitetura de Brasília.

No quarto capítulo, explica-se o levantamento de campo realizado através de observação nas Escalas Gregária e Monumental do Plano Piloto, e apresenta-se os resultados obtidos para a caracterização das fachadas dos edifícios públicos em questão, no que se refere às soluções adotadas nessas e, principalmente, nos brise-soleils.

Posteriormente, no quinto capítulo, é feita uma análise de brises aplicados em edifícios específicos com o intuito de avaliar a eficiência dos mesmos, baseando-se em variáveis sugeridas na revisão de literatura. A escolha dos edifícios foi feita a partir da constatação das orientações e tipologias dos brises predominantes, apresentados no quarto capítulo, e pela

representatividade que eles possuem a nível local e nacional. Objetiva-se, com os dois últimos capítulos, observar a importância dada a proteção solar e o conhecimento técnico em relação ao brise, de acordo com a quantidade utilizada na proteção e a especificação dos mesmos.

As considerações finais, calcadas nos dados apresentados ao longo do trabalho, são feitas no sexto capítulo, onde também se explicam os subsídios para a elaboração de diretrizes para os protetores solares para projetos futuros.

Conclui-se o trabalho com o referencial bibliográfico e anexos.

## **CAPÍTULO 1 - CONFORTO TÉRMICO E AS ENVOLVENTES EXTERNAS VERTICAIS: O BRISE-SOLEIL COMO ELEMENTO DE CONTROLE SOLAR**

Neste capítulo, abordam-se as questões referentes aos ganhos térmicos em uma edificação, enfocando a participação das envolventes externas verticais nesse processo e a importância do brise-soleil como elemento de controle solar. Dessa forma, são explicados os termos e as classificações necessárias para se compreender as etapas seguintes do presente trabalho.

Utilizam-se como referência em conforto térmico, principalmente, os autores: Bustos Romero (2000), Corbella (2003), Frota & Schiffer (2000), Ferreira (1965), Lamberts et al (1997), Mascaró (1991), Olgyay (1998), Rivero (1986), Serra & Coch (1995), Vianna & Gonçalves (2001). Referente ao estudo dos brises: Atem (2003), Bittencourt (2000), Dans (1967), Evans (1991), Frota (2004), Maragno (2001) e Olgyay e Olgyay (1957).

### **1.1. A OBTENÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO ATRAVÉS DAS ENVOLVENTES EXTERNAS VERTICAIS**

Conforto é obtido quando o homem não está submetido a fadiga ou estresse, inclusive térmico. A arquitetura tem como função oferecer condições favoráveis no ambiente interno, independente das condições climáticas externas (FROTA & SHIFFER, 2000).

As condições de conforto no ambiente estão diretamente ligadas com as questões de salubridade e segurança, garantindo integridade física e mental das pessoas, assim como saúde e bem-estar<sup>11</sup>. Em caso de ambientes de trabalho, como os escritórios, um ambiente confortável melhora também a produtividade.

O conforto ambiental é uma área dentro da Arquitetura e Urbanismo que engloba alguns campos de conhecimentos, como a iluminação natural e artificial, insolação, conforto higro-térmico, ventilação natural, acústica e a ergonomia, dividindo-se assim em: conforto luminoso ou visual, o conforto térmico e conforto acústico.

---

<sup>11</sup> Evans (1991, p. 8) comenta que a fadiga climática é uma das principais responsáveis pelo lento progresso de desenvolvimento tecnológico e econômico de algumas das regiões dos trópicos e do extremo norte.

O conforto visual está relacionado com um bom nível de luz para a tarefa que se deseja realizar, de forma que haja uma boa distribuição de luz e reprodução de cor no ambiente, evitando grandes contrastes<sup>12</sup> ou ofuscamentos<sup>13</sup>.

Já o conforto térmico é obtido quando o usuário está satisfeito com o ambiente térmico que o envolve. Para Corbella (2003, p.30), uma pessoa sente conforto térmico quando atinge um nível ótimo para o fluxo de perda de calor, no qual a temperatura da pele se mantém perto de 35° graus.

Para manter constante a temperatura interna do corpo humano ocorrem vários mecanismos de controle, que comandam a redução dos ganhos ou o aumento das perdas de calor com o ambiente<sup>14</sup>. Já as condições do ambiente dependem de uma série de variáveis ou elementos climáticos, sendo que Olgyay (1998, p.16) destaca os principais que interferem na sensação de conforto: temperatura do ar, temperatura radiante média, movimento do ar e umidade. Lamberts et al (1997), Frota & Schiffer (2000) e Corbella (2003) acrescentam, além das variáveis climáticas, o papel da vestimenta e da atividade física na sensação de conforto.

Dentre as variáveis climáticas, a radiação solar pode ser considerada como uma das variáveis de maior impacto na arquitetura das regiões tropicais (FERREIRA, 1965), devido ao desconforto térmico provocado pela absorção da energia solar que atinge as superfícies.

A radiação solar chega à atmosfera na forma de radiação direta – raios solares - e de radiação difusa do céu, onde as camadas atmosféricas são responsáveis por deixar atravessar parcialmente, difundir, refratar e absorver parte da radiação. A quantidade de radiação varia em função da época do ano e da latitude do local, assim como da transparência da atmosfera com relação às nuvens e da pureza do ar quanto à poeira, dióxido de carbono e vapor d'água (BUSTOS ROMERO, 2000).

A radiação solar que chega à superfície terrestre é composta de radiação visível (comprimento de onda de 380 a 780nm), radiação ultravioleta (290 a 380nm) e radiação infravermelha (780

---

<sup>12</sup> Lamberts et al (1997, p. 46) esclarece que contraste é definido como a diferença entre a luminância (brilho) de um objeto e a luminância do entorno imediato.

<sup>13</sup> Já o ofuscamento ocorre quando o processo de adaptação não ocorre normalmente e pode ser causado pelo contraste e saturação de luz em excesso nos olhos (LAMBERTS et al, 1997, p. 47). A saturação ocorre normalmente quando a luminância média da cena excede 25.000 CD/m<sup>2</sup>.

<sup>14</sup> A manutenção da temperatura interna do corpo humano ocorre graças à termorregulação, e, entre os mecanismos de controle, estão: a vasoconstrição, o arrepios e o aumento do metabolismo revelado pelo tremor dos músculos, a vasodilatação e a exsudação. Os mecanismos de trocas térmicas entre o corpo e o ambiente envolvem as trocas secas, resultado da diferença de temperatura entre o corpo e o ambiente, e as trocas úmidas, que envolvem a mudança de estado de agregação, ou seja, o suor passa para o estado gasoso através da evaporação.

a 1mm). Os raios visíveis representam a luz em si e podem causar ofuscamento, devido ao excesso de luz. Os raios ultravioletas são responsáveis pela higienização dos ambientes, pela pigmentação e queimaduras na pele, pela síntese de vitamina D e pela fotodegradação (LABAKI et al, 2004). Já os raios infravermelhos são responsáveis pelo aquecimento dos ambientes, apresentando-se divididos em três faixas: infravermelhos de onda curta (780-1400nm), de onda média (1400-3000nm) e ondas longas (3000-1mm).

Segundo Olgyay (1998), a transferência de calor por radiação que afeta a edificação se divide em cinco tipos diferentes:

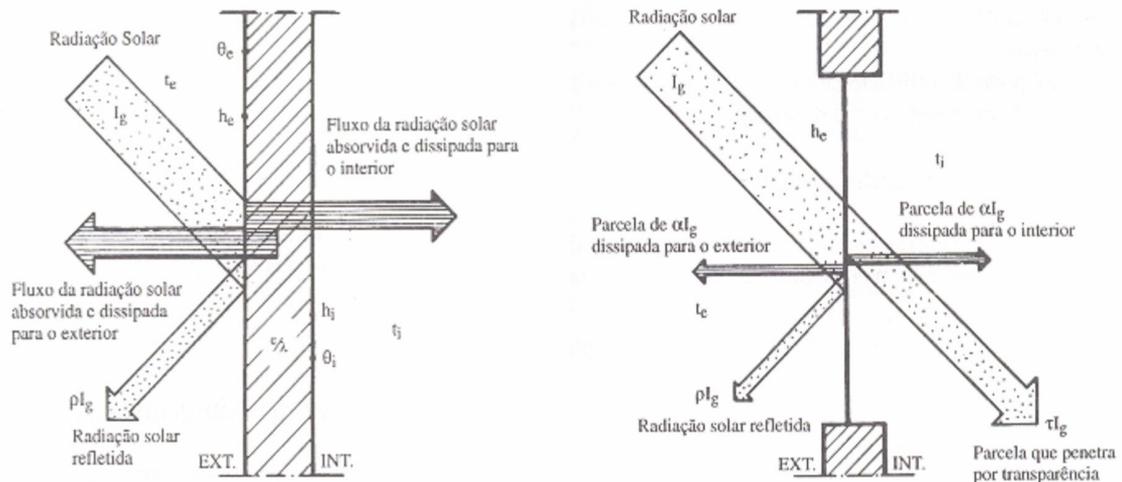
- Radiação de onda curta direta do sol;
- Radiação difusa de onda curta procedente da abóbada celeste;
- Radiação de onda curta produto da reflexão nos terrenos próximos;
- Radiação de onda longa originada do solo e dos objetos próximos cuja temperatura é elevada;
- Radiação de onda longa perdida entre o céu e o edifício.

A transferência de calor na edificação se processa através dos componentes externos do edifício: cobertura, paredes e aberturas, onde as paredes e alguns tipos de aberturas são constituintes das envoltentes externas verticais. Essas possuem fechamentos que são opacos e transparentes, de acordo com Frota & Schiffer (2000) e Rivero (1986).

Nos fechamentos opacos, parte da radiação solar incidente é refletida, ainda na forma de onda curta, e, ou volta para a atmosfera, que é relativamente transparente a ela, ou reincide sobre outras superfícies, aquecendo-as, porém menos intensamente. Simultaneamente ao fenômeno de reflexão ocorre a absorção, de forma que todo fechamento reflete uma parcela e absorve outra, que é transferida ao interior por condução. Assim, se o branco reflete 95%, absorve 5% da radiação solar (FROTA, 2004, p. 17), sendo que a transferência do calor para o interior depende da inércia térmica.

O processo nos fechamentos transparentes é semelhante, no entanto, deve-se acrescentar a parcela de radiação que penetra devido à transparência e que acaba gerando o efeito estufa, visto que os raios que penetram no interior são absorvidos por outras superfícies e transformados em calor, com comprimento de onda para o qual o vidro é opaco. Dessa forma, a radiação fica retida no ambiente, aumentando a temperatura do ar. Os fechamentos transparentes constituem-se um ponto fraco da envoltente de um edifício, pois além do

aumento da carga térmica, apresentam uma série de inconvenientes: obrigam o aumento do dimensionamento dos equipamentos condicionadores de ar para inverno e verão, incrementam as despesas de instalação e funcionamento e deixam passar facilmente os ruídos, entre outros (Figura 1-1).



**Figura 1-1- Trocas de calor através de superfícies opacas e transparentes.**

Fonte: Frota & Schiffer, 2000, p. 42/43

Rivero (1986) destaca alguns recursos para o controle de ganhos térmicos nos fechamentos opacos: a forma global do edifício, a orientação, os elementos de controle solar, a vegetação, assim como a absorvância e reflexão (cor), emissividade, condutividade, calor específico e espessura dos materiais que compõem o fechamento.

No que diz respeito aos fechamentos transparentes, o desempenho desses materiais depende da correta orientação solar, do tipo de vidro e, principalmente, da presença de elementos de proteção, que controlam a radiação solar, além de influenciar nas questões lumínicas e visuais (LAMBERTS et al, 1997).

De um modo geral, o fluxo de calor que penetra nos fechamentos depende das características das edificações expostas, as quais Mascaró (1991, p. 7) destaca:

- “- Diferença entre a temperatura interior e exterior. O ganho de calor (ou perdas) de calor radiante também está vinculado às características do material e da cor das superfícies que constituem o envoltório do edifício;
- Localização, orientação (ao sol e aos ventos), forma e altura do edifício;
- Características do entorno natural e construído;
- Ação da radiação solar e térmica e, conseqüentemente, das características isolantes térmicas do envoltório do edifício;
- Ação dos ventos sobre as superfícies interiores e fachadas e nos locais do edifício;
- Desenho e proteção das aberturas para iluminação e ventilação, assim como sua adequada proteção;

- Localização estratégica dos equipamentos de climatização artificial, tanto dentro como fora do edifício, assim como dos principais aparelhos eletrodomésticos.”

Serra & Coch (1995) compactam as idéias citadas e complementam, destacando que as decisões de projeto que podem influenciar no comportamento ambiental do edifício são: a forma geral, as características de sua pele e as de seu interior. Os autores destacam como características mais importantes do interior: a compartimentação, as conexões, as espessuras, a cor, a textura e a geometria do espaço.

A partir dos dados expostos, considera-se que as fachadas, através dos fechamentos opacos e transparentes, são uma das principais responsáveis por garantir o conforto térmico e luminoso de uma edificação, apresentando maiores possibilidades de adequação ao clima. Neste trabalho, apoiando-se nos autores citados, são consideradas no capítulo 4, portanto, como **variáveis arquitetônicas: a forma e altura, a orientação, o material de revestimento e cor** da envolvente do edifício, **tipo de aberturas e elementos de controle solar**. Essa escolha deve-se ao fato de que aquelas são características possíveis de se obter por meio de observação e fotografias dos edifícios, para uma caracterização da fachada dos mesmos.

## 1.2. VARIÁVEIS ARQUITETÔNICAS PARA CARACTERIZAÇÃO DE FACHADAS

Consideram-se variáveis arquitetônicas detalhes de projeto que podem ser especificados de acordo com as condições climáticas, contribuindo passivamente na melhoria de conforto. Nesse sentido, a importância de especificar a **forma** deve-se ao fato de que, formas desiguais, para um mesmo volume interior, originam comportamentos diferentes de acordo com as áreas expostas à radiação solar, à luz natural e aos ventos, e dos detalhes que possam sombrear, etc. Olgyay (1998, p. 90) afirma que a forma ótima é aquela onde se ganha o mínimo de calor no verão e se perde o mínimo de calor no inverno. O autor indica, para zonas frias, as formas quadradas; para as regiões temperadas, formas alongadas ao longo de um eixo leste-oeste; para regiões de clima quente-seco, planta quadrada com pátio interno e para quente-úmido, planta estreita que permita uma boa ventilação (Figura 1-2).

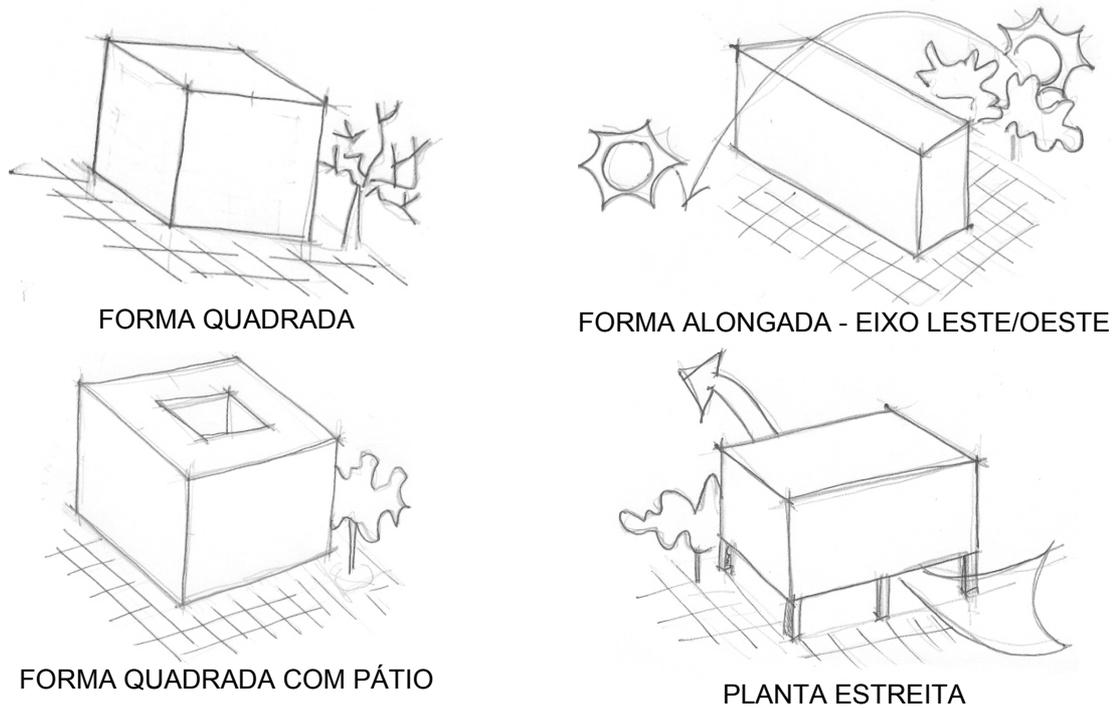


Figura 1-2- Indicações de formas segundo Olgyay (1998)

Para Serra & Coch (1995, p. 245), as plantas quadradas com pátios, de um modo geral, resolvem os inconvenientes da iluminação no interior, além de permitir ventilação, oferecendo oportunidade de criar um microclima próprio, que pode ser útil para aumentar a umidade.

Quanto à **altura**, Serra & Coch (1995, p. 247) afirmam que, quanto mais alto o edifício, menor a superfície de contato com o terreno e maior a exposição climática, resultando em maiores problemas de estratificação do ar. Para Mascaró (1991), a altura do edifício que minimiza a carga térmica recebida é uma função da latitude. De um modo geral, a autora diz que os edifícios térreos são, em todos os casos, os que recebem maior carga térmica, sendo essa a altura mais desfavorável em qualquer latitude. Esse dado é confirmado por Rivero (1986): “as edificações em altura são satisfatórias em qualquer época do ano, pois apresentam menor quantidade de superfícies horizontais<sup>15</sup> expostas à radiação”.

Tanto a altura quanto as formas sofrem influência da **orientação**, que altera sensivelmente a quantidade de calor recebida por essas superfícies, assim como os consumos de energia. Rivero (1986, p. 132) enfatiza que a orientação norte-sul dos planos principais é preferível na região quente compreendida entre o Equador e o começo da região sempre fria. A partir desse limite, a orientação mais conveniente modifica-se, inclinando-se a leste-oeste.

<sup>15</sup> As superfícies horizontais são as que mais recebem radiação solar.

A radiação solar recebida, dependente da orientação, é transferida para o interior de acordo com os **materiais de revestimento** e a **cor** aplicada nos fechamentos opacos que são responsáveis por absorver ou refletir a radiação solar, de forma que, para um mesmo material, cores mais claras absorvem menor quantidade de radiação e, portanto, transferem menos calor para o ambiente interno, ocorrendo o contrário com cores escuras (Tabela 1-1).

**Tabela 1-1-Valores de absorptância da radiação solar ( $\alpha$ ) específico de pintura.**

| COR                                      | $\alpha$ |
|--|----------|
| Branca                                   | 0,2-0,3  |
| Amarela, laranja, vermelha-clara         | 0,3-0,5  |
| Vermelha-escura, verde-clara, azul-clara | 0,5-0,7  |
| Marrom-clara, verde-escura, azul-clara   | 0,7-0,9  |
| marrom-escura, preta                     | 0,9-1,0  |

Fonte: Croiset (1972) apud Frota & Schiffer, 2000, p. 193

Outra característica importante é a capacidade do material de conduzir calor, ou seja, a condutividade térmica. Quanto maior a capacidade de conservação de calor, mais lenta será a troca de temperatura propagada através do material (BUSTOS ROMERO, 2001, p.84).

Entre os fechamentos transparentes, as **aberturas**, ou seja, as **janelas** têm como função oferecer, entre outras coisas, iluminação natural, ventilação, controle dos ruídos, contato visual interior-exterior, higiene e salubridade nos ambientes internos, assim como estanqueidade e privacidade aos usuários.

Essas são classificadas em: correr, guilhotina, projetante<sup>16</sup>, projetante deslizante, tombar, abrir, pivotante horizontal, pivotante vertical, basculante, conforme ABCI – Manual Técnico de Caixilhos/Janelas, Ed. Pini (apud VIANNA & GONÇALVES, 2001, p. 155-157).

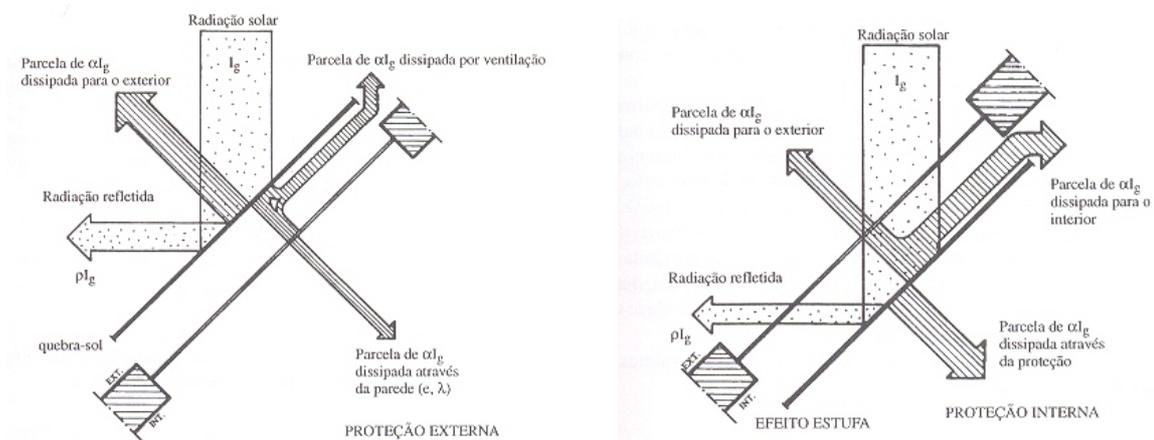
No que se refere ao tamanho das aberturas nas fachadas, Mascaró (1991) enfatiza que taxas de WWR<sup>17</sup> superiores a 0,4 comprometem o balanço térmico do edifício, mesmo em climas compostos de estação fria. De um modo geral, as aberturas e suas superfícies envidraçadas são as principais fontes de ganhos e perdas térmicas de uma edificação, devendo estar protegidas adequadamente da incidência da radiação, através de **elementos de controle solar** adequados.

Os elementos de controle solar têm a função de controlar o ingresso de radiação solar, melhorando as condições térmicas, lumínicas e visuais no interior das edificações. Esses

<sup>16</sup>Na etapa de caracterização, presente no capítulo 3, usou-se o termo máximo-ar para as janelas projetantes e projetantes deslizantes e não se fez diferença entre pivotante horizontal e vertical.

<sup>17</sup> WWR significa “*window wall ratio*” e mede a relação entre as áreas de envoltentes opacas e envoltentes transparentes.

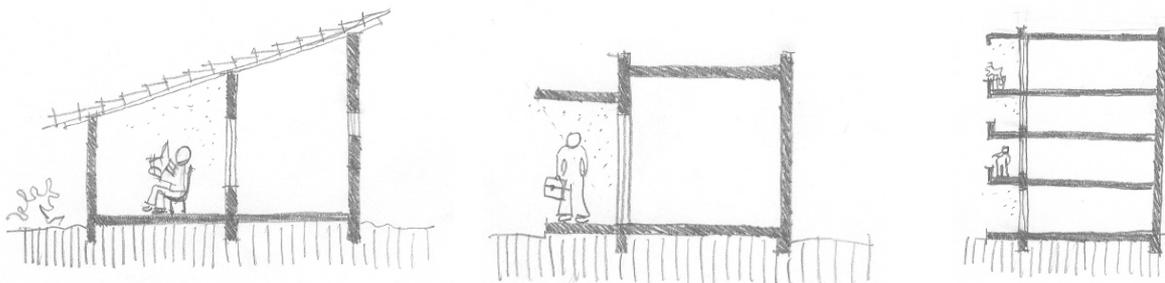
podem ser externos ou internos. No caso de elementos externos, a radiação solar é absorvida antes de penetrar no ambiente, resultando em uma pequena quantidade de calor recebida. Nos elementos internos, a radiação solar penetra pelo vidro e segue até o elemento de controle solar para ser em parte absorvida e em parte refletida no ambiente. Essa última se mantém 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 uma parcela maior dentro do local (Figura 1-3 Ga).



**Figura 1-3** Ganhos de calor através de paredes transparentes com proteção externa e interna.  
**Fonte:** Frota & Schiffer, 2000, p.47

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

A varanda é um elemento de importante papel na história da arquitetura brasileira desde o período colonial até os projetos Modernistas de Lúcio Costa, por exemplo. Além de espaço de lazer, a varanda funciona como filtro das condições externas, protegendo a edificação das chuvas e, principalmente da radiação solar, gerando sombra nas aberturas e impedindo o aquecimento das paredes. Essa, no entanto, dependendo da profundidade pode escurecer os 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 1-4).



**Figura 1-4- Representação de uma varanda, marquise e sacada**

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 (total, parcial ou nula).

Os elementos vazados, chamados cobogós<sup>18</sup>, permitem ventilação constante e são considerados por Bittencourt (2000) como brise-soleil misto em escala reduzida<sup>19</sup>. 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.

No que se refere 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 uso da luz artificial para garantir a iluminação necessária nos ambientes.

Conforme Rivero (1986, p.110), para climas que se localizam nas latitudes inferiores a 40°, as propriedades de alguns vidros, como os absorventes e refletores, simples ou duplos, não constituem uma solução satisfatória. 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).

<sup>18</sup> O termo refere-se às iniciais dos engenheiros que inventaram: co de Coimbra, mestre de obras português, bo de Boekmann, ferreiro alemão, e Go de Antonio de Góis, engenheiro (GOMES,1988).

<sup>19</sup> Neste trabalho, o cobogó também será considerado como um tipo de brise misto.

Santos et al (2004), comprovam, após uma comparação de características de materiais transparentes de mesma coloração, que todos os materiais apresentaram o Fator de Calor Solar superior à Transmitância do Visível, sendo a diferença mais elevada para a coloração cinza-fumê e bronze, o que demonstra, portanto, baixa eficiência no conforto visual e térmico para climas quentes.

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 (Figura 1-5). 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.

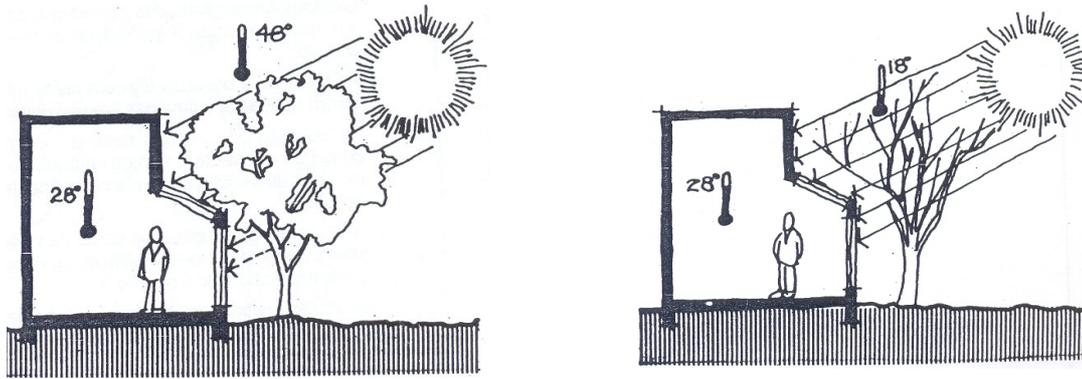


Figura 1-5- Influência da vegetação no espaço interno.  
Fonte: Mascaró, 1991, p. 39

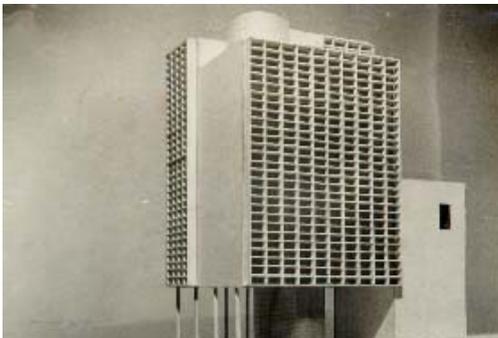
Os **brises-soleil**, por serem exemplos de protetores solares externos, apresentam-se como os mais eficientes, visto que barram o calor antes que ele penetre no ambiente. Este elemento apresenta o mais elevado percentual de redução de ganho solar entre os sistemas de controle solar em uso, variando de 75 a 90% quando aplicado sobre vidro simples transparente de 5 mm (MARAGNO, 2001), além de outras qualidades. Diante disso, segue-se neste trabalho com um aprofundamento acerca do brise-soleil e de sua eficiência, a fim de conhecer suas origens e classificações, obtendo base teórica para a análise dos elementos.

### 1.3. ELEMENTO DE CONTROLE SOLAR: O BRISE-SOLEIL

#### 1.3.1. Origens do brise-soleil

O brise-soleil, ou quebra-sol, representa um elemento 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). Olgay e Olgay (1957) também ressaltam que a composição obtida com o brise-soleil gera uma arquitetura de maior caráter plástico.

O termo brise-soleil foi criado pelo arquiteto Le Corbusier no desenvolvimento de projetos habitacionais para Argel<sup>20</sup> e Barcelona, em 1933 (Figura 1-6). A sua execução de fato só ocorreu em 1936, no edifício do Ministério da Educação e Saúde<sup>21</sup>, no Rio de Janeiro, onde Le Corbusier foi convidado a assessorar a equipe responsável<sup>22</sup> (Figura 1-7).



**Figura 1-6- Maison Locative, Argel.**  
Fonte:<http://www.fondationlecorbusier.asso.fr>



**Figura 1-7- Ministério da Educação e Saúde.**

Vale ressaltar que, embora o destaque maior tenha sido ao Ministério, em 1935, na cidade de Recife, Luis Nunes projetou a Escola para crianças excepcionais onde já havia utilizado blocos de concreto, chamados de cobogós, como brises-soleil. E também, ainda antes da

<sup>20</sup> 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, recobrimdo seus cinquenta andares.

<sup>21</sup> 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.

<sup>22</sup> Lucio Costa, Oscar Niemeyer, Carlos Leão, Ernani Vasconcelos, Jorge Moreira e Affonso Reidy.

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 (Figura 1-8).

Essa propagação deve-se ao próprio Lúcio Costa devido ao seu prestígio e influência como teórico e arquiteto. O mesmo preocupou-se em aliar as idéias Modernistas vigentes com as tradições locais, representadas pela arquitetura implantada pelos colonizadores portugueses e seus descendentes nos séculos XVI e XVII (BRUAND, 1999, p. 119).

Lúcio Costa percebeu, por exemplo, 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.



**Figura 1-8- Da esquerda para direita: Residencial Pedregulho e Parque Guinle.**

A questão plástica proporcionada pelos brises, além dos outros benefícios, é aproveitada, em muitos casos, nos projetos arquitetônicos atuais. Diante da necessidade vigente de conservação de energia e do modismo cada vez mais presente da aplicação de grandes superfícies envidraçadas, arquitetos conscientes com a realidade e preocupados com as condições ambientais oferecidas por seus projetos aliam a leveza do vidro com o jogo plástico gerado pelas lâminas de brises.

Isso é notável nos projetos de Nicholas Grimshaw, como na Sede da Rolls-Royce, Grã-Bretanha e no edifício KPMG Headquarters, Kobis Dreiek, em Berlim. O primeiro, teve seu projeto iniciado em 1998 a fim de abrigar as áreas de pesquisa, desenvolvimento de projetos, produção e escritórios da Rolls-Royce. O edifício apresenta diversas soluções que visam o conforto ambiental como clarabóias para captar iluminação natural, pátios internos com vegetação, e brises-soleil que se movimentam conforme a incidência do sol. Já no segundo projeto, concluído em 2005, o arquiteto utilizou brises em vidro azulado que contribui no caráter discreto e moderno da edificação (Figura 1-9).



**Sede da Rolls-Royce, Grã-Bretanha**



**Detalhe do brise móvel**



**KPMG Headquarters, Kobis Dreiek, em Berlim**



**Detalhe brise de vidro**

**Figura 1-9- Projetos de Nicholas Grimshaw. Fonte: <http://www.grimshaw-architects.com>.**

Vale destacar também o projeto desenvolvido por Enrique Browne e sua equipe para um edifício administrativo no Chile, cuja obra foi concluída em 2004. O edifício, premiado como a melhor obra de arquitetura e Urbanismo pela prefeitura da cidade, foi projetado respeitando a paisagem e as condições locais, fazendo uso, entre outras soluções, de superfície em vidro transparente recoberta por lâminas horizontais de madeira, que são envolvidas por vegetação (Figura 1-10).



**Figura 1-10- Edifício administrativo, Chile, Enrique Browne.**  
Fonte: <http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/arquitetura633.asp>

### 1.3.2. A evolução dos materiais

Os materiais<sup>23</sup> utilizados no brise-soleil, até o final dos anos de 1940, eram predominantemente o concreto, fibrocimento ou madeira. Surgiram na mesma época, na Europa, as primeiras lâminas metálicas em forma de asa de avião, 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, utilizadas no Hospital do Servidor Público do Estado de São Paulo. Dez anos mais tarde surgiram as lâminas “monobloco” e “auto-portantes” a partir da trefilação de tubos de alumínio usados na irrigação.

O dinamismo da construção civil resultou, em 1980, no desenvolvimento do “termobrise”, pela Hunter Douglas do Brasil, que consiste em um sistema com miolo 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<sup>24</sup>, policarbonatos ou outro material

<sup>23</sup> 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>.

<sup>24</sup> Segundo Caram & Miana (2006), os brises transparentes, quando bem dimensionados e corretamente selecionado o tipo de vidro para a sua função, contribuem positivamente no desempenho térmico da edificação.

transparente, com filtro ou translúcido, brises fotovoltaicos, que captam a energia solar e sistemas inovadores para bloqueio solar e captação de luz, como os painéis prismáticos (Figura 1-11). 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 elementos de sombreamento externo, reduzindo as temperaturas internas e custos com ar-condicionado, além de distribuir uniformemente a iluminação<sup>25</sup> (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.

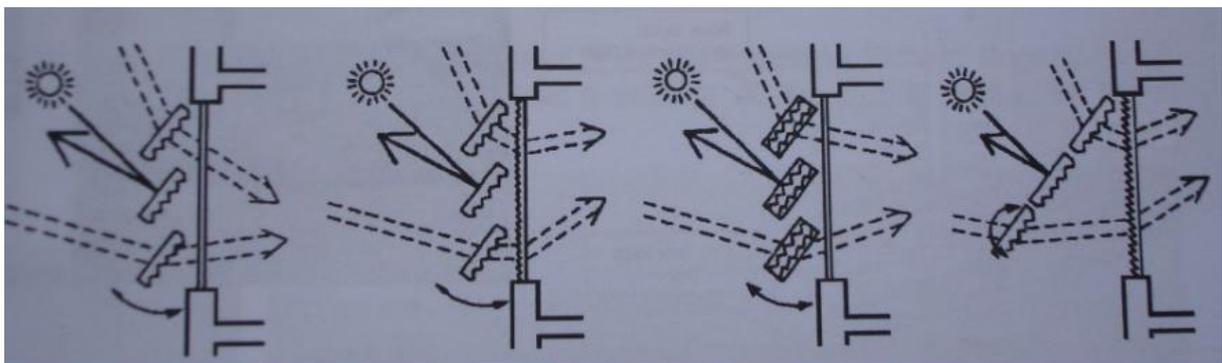
Enfim, existe uma infinidade de materiais e acabamento, assim como sistemas de abertura e modelos possíveis de serem utilizados sem comprometer a questão estética, embora os custos nem sempre sejam favoráveis<sup>26</sup>.



a) Brise de vidro



b) Brise fotovoltaico



C) Painel Prismático

**Figura 1-11- Exemplo de brise de vidro, fotovoltaico e painel prismático.**  
**Fonte: <http://www.merlo-brise-soleil.it> (A E B) e Baker et al, 1993 (C)**

<sup>25</sup> Sobre o assunto ver Baker et al, 1993.

<sup>26</sup> O custo do painel prismático varia entre 200 e 400 euros por metro quadrado (IEA, 2000).

### 1.3.3. Classificação dos brises-soleil

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 (Figura 1-12). Os brises combinados são denominados por Bittencourt (2000) e Frota (2004) de brises mistos e de composição de placas horizontais e verticais, respectivamente. Neste trabalho, adota-se a nomenclatura dada por Bittencourt (2000) por ser a mais usual.

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).

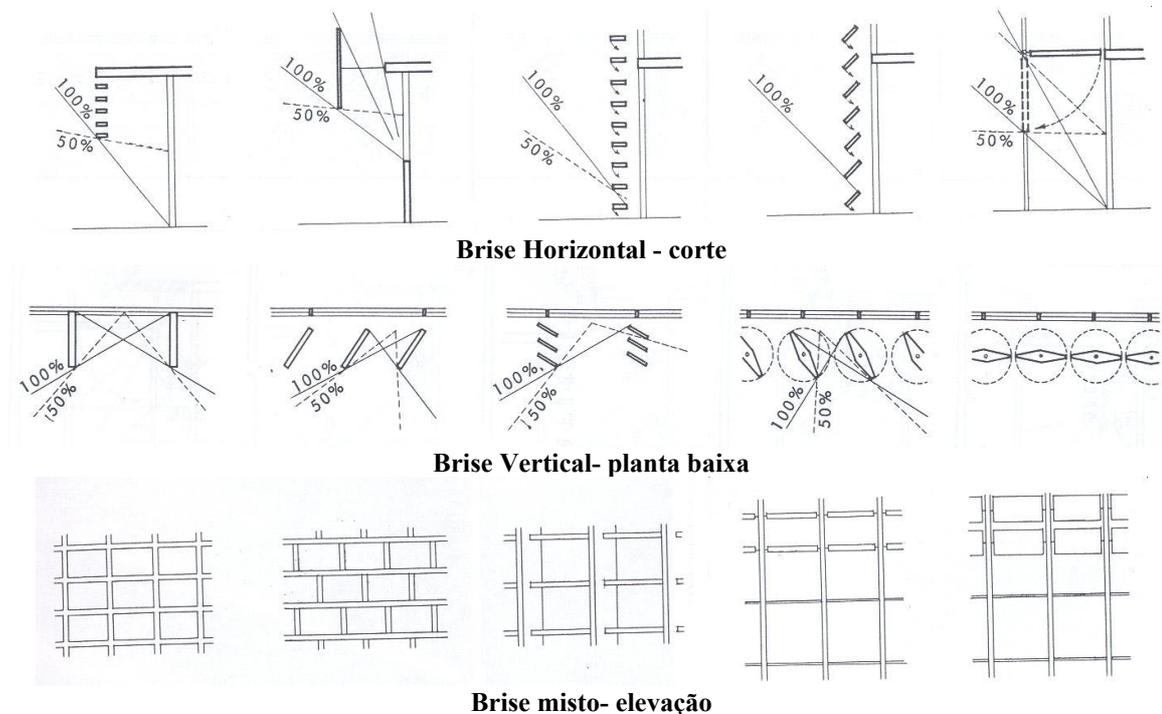


Figura 1-12- Exemplos de brises.  
Fonte: Olgyay & Olgyay, 1957, p. 90/92

Quanto à **mobilidade**, esses tipos apresentam-se fixos ou móveis. Segundo Rivero (1967; 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<sup>27</sup> 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 deve-se principalmente devido à quebra do mecanismo, causado, muitas vezes, pelo uso inadequado por parte dos usuários, que não recebem treinamento sobre o funcionamento correto. Atem (2003, p.67) exemplifica essa situação por meio do projeto para o edifício Seguradoras (1943), no Rio de Janeiro, dos Irmãos Roberto, no qual foi especificado um eficiente sistema de controle solar móvel que foi retirado em alguns locais, devido à falta de manutenção ao longo dos anos (Figura 1-13 e Figura 1-14). Outra dificuldade citada pela autora é o fato das manivelas de controle serem colocadas externas ao edifício, obrigando o usuário a pôr o corpo para fora da janela. Nesse contexto, torna-se relevante prever a questão do **uso e da manutenção** no projeto de brise-soleil.

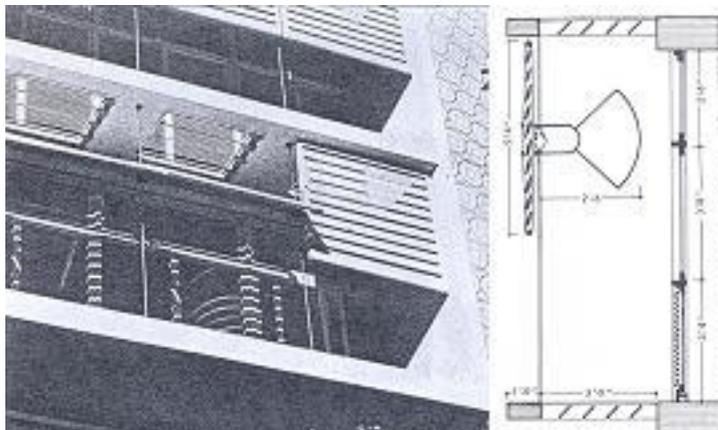


Figura 1-13- Edifício Seguradoras, vista externa e corte.  
Fonte: Olgyay & Olgyay, 1957, p.122



Figura 1-14- Situação atual do edifício.  
Fonte: Atem, 2003, p. 68

Há ainda a classificação dos brises em finito e infinito, em relação à dimensão<sup>28</sup>, 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 (Figura 1-15). Atualmente, com a

<sup>27</sup> 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).

<sup>28</sup> Esse termo foi adotado nesta pesquisa para facilitar a compreensão.

propagação da pele de vidro, o brise finito tem pouca aplicabilidade, uma vez que toda fachada deve ser protegida.

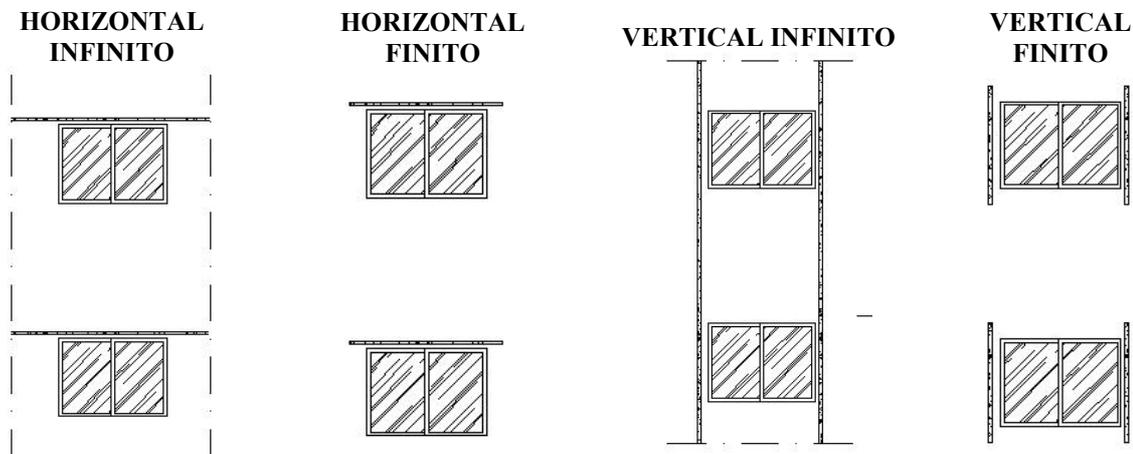


Figura 1-15- Exemplos de brises horizontais e verticais finitos e infinitos

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 absorvância à radiação solar ( $\alpha$ )<sup>29</sup>, a refletância à radiação solar ( $\rho$ )<sup>30</sup>, condutividade térmica ( $\lambda$ )<sup>31</sup> e emissividade ( $\epsilon$ )<sup>32</sup>. A absorvância e a refletância da radiação incidente pelos protetores

<sup>29</sup> Quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície (ABNT, 2005).

<sup>30</sup> Quociente da taxa de radiação solar refletida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície (ABNT, 2005).

<sup>31</sup> Propriedade física de um material homogêneo e isotrópico, no qual se verifica um fluxo de calor constante, com densidade de 1 W/m<sup>2</sup>, quando submetido a um gradiente de temperatura uniforme de 1 Kelvin por metro<sup>2</sup> (ABNT, 2005).

dependem da cor e do tratamento de sua superfície. O alumínio, por exemplo, reflete 85%, enquanto que a cor preta reflete 3% e absorve 97% de calor.

De um modo geral, a escolha adequada do tipo de brise a ser utilizado deve ser realizada em função do correto estudo através da carta solar, devendo levar em consideração além da eficiência da proteção, a plasticidade, privacidade, luminosidade, ventilação, visibilidade, durabilidade e os custos de implantação e manutenção (BITTENCOURT, 2000).

No que diz respeito à ventilação, o brise deve permitir a entrada do vento no interior da edificação, assim como sua circulação pela fachada, a fim de resfriar a superfície vertical por convecção e reduzir as temperaturas superficiais.

A questão da visibilidade, por sua vez, é estabelecida pelas normas inglesa e alemã como essenciais para a saúde dos trabalhadores, por motivos psicológicos.

#### 1.3.4. O desenho do brise-soleil com o auxílio da carta solar

A carta solar, também chamada de diagrama solar, é uma representação gráfica<sup>32</sup> do percurso do sol na abóbada celeste, em períodos distintos do dia e do ano, sendo diferenciada conforme latitude. Para isso, considera-se o percurso aparente do sol ao se deslocar numa trajetória elíptica ao redor da terra.

Desses movimentos aparentes do sol resultam os solstícios e equinócios. Os solstícios podem ser de Inverno (21/06) ou de Verão (21/12), conforme o hemisfério que o local esteja situado, correspondendo ao ponto máximo do percurso do sol no hemisfério Norte e Sul. Já os equinócios, onde o dia tem a mesma duração da noite, são denominados de Primavera (22/09) e Outono (22/03) (Figura 1-16).

Conforme a latitude em que o observador se encontra, o percurso aparente do sol será percebido de forma diferente, sendo a altura solar e o azimute as coordenadas angulares que localizam qualquer posição do sol na abóbada celeste. A altura solar é o ângulo formado pelo sol e pelo plano horizontal da direção dos raios solares, enquanto azimute é o ângulo formado pela projeção horizontal do raio solar com o Norte Geográfico (Figura 1-17).

---

<sup>32</sup> Quociente da taxa de radiação emitida por uma superfície pela taxa de radiação emitida por um corpo negro, à mesma temperatura (ABNT, 2005).

<sup>33</sup> Existem três métodos de representação do percurso do sol: métodos físicos (modelos em escala como heliodon, solarcopio, relógio solar), métodos gráficos (diagramas solares e transferidores de ângulo de sombra) e métodos computacionais (aplicativos específicos). No entanto, dentre esses instrumentos, o método gráfico, através das cartas solares, apresenta-se mais adequado por ser mais compatível com o projeto de arquitetura e disponível para vários locais (FROTA, 2004).

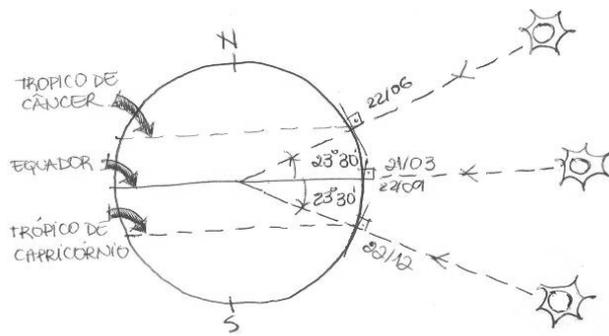


Figura 1-16- Percurso do sol nos solstícios e equinócios

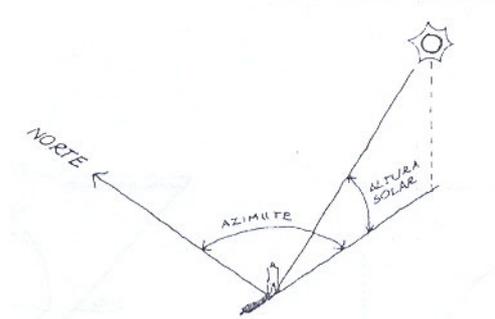


Figura 1-17- Azimute (a) e altura (h) solar  
 Fonte: Bittencourt, 2000, p.28

Além dos dias representativos citados (solstícios e equinócios), a carta apresenta: os pontos cardeais (Norte, Sul, Leste e Oeste); os azimutes, representados por linhas irradiadas do centro, que por convenção são medidos no sentido horário; as alturas solares, identificadas na linha Norte/sul, sendo o centro da carta o horário em que o sol está a pino; linhas curvas de leste a oeste, que representam o percurso do sol para cada mês e linhas horárias que interceptam as curvas, indicando as horas ao longo do dia (Figura 1-18).

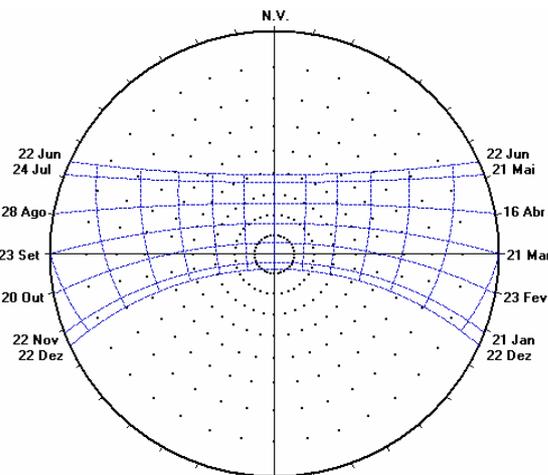
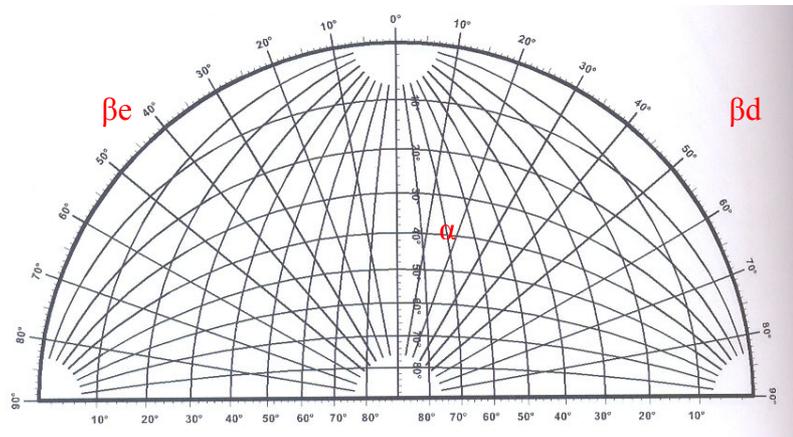


Figura 1-18- Carta solar para latitude de 15°55'.  
 Fonte: Programa Luz do Sol. Roriz, 1995

A carta é utilizada juntamente com o transferidor auxiliar, que permite a leitura de ângulos  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ . O ângulo  $\alpha$  é determinado no corte e medido a partir do plano horizontal que passa pelo observador, de  $0^\circ$  a  $90^\circ$ , correspondendo à altura solar; os ângulos  $\beta$  são determinados em planta, podendo medir de  $0^\circ$  a  $90^\circ$  para a esquerda ou direita, de acordo com a posição em relação à normal da fachada, representando os azimutes; e os ângulos  $\gamma$ , que são determinados em elevações, sendo medidos a partir do plano horizontal que passa pelo observador. Esses dois gráficos permitem o traçado de máscara, que corresponde à representação na carta solar

dos obstáculos que impedem a visão da abobada celeste por parte de um observador localizado em um determinado local (Figura 1-19).



**Figura 1-19- Transferidor auxiliar.**  $\gamma$   
Adaptado de Frota, 2004, p. 244

Bittencourt (2000) destaca algumas atribuições dadas aos gráficos ou cartas solares:

- Tomar as melhores decisões no Desenho Urbano, contribuindo para a definição do sistema viário, estudo da insolação e sombreamento proporcionado por edifícios de gabaritos específicos, além da escolha da arborização com fins de sombreamento;
- Definir a melhor orientação para as construções, analisando o tipo de incidência solar que cada fachada receberá;
- Desenhar elementos de controle solar;

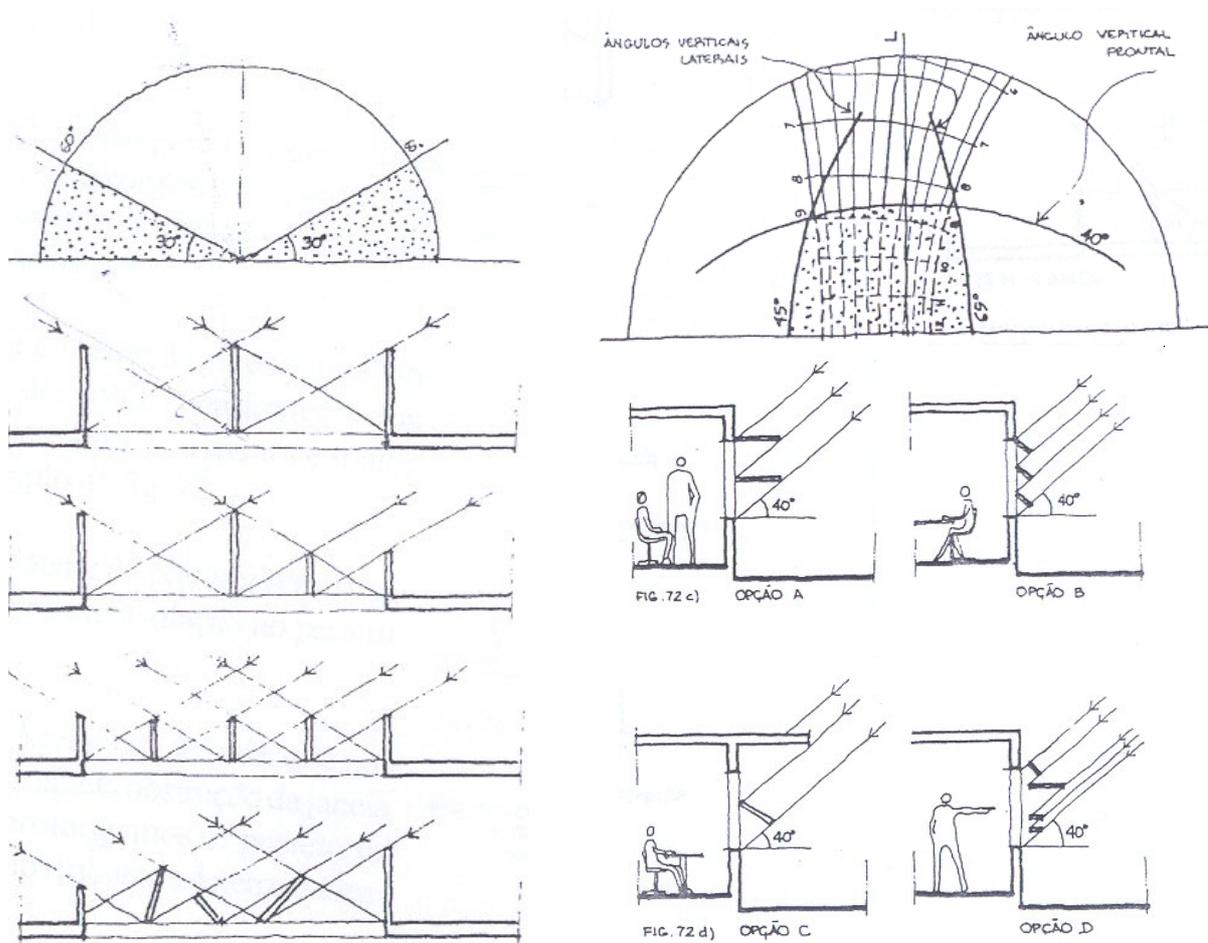
Para o desenho dos elementos de controle solar, neste caso específico dos brises, deve-se inicialmente realizar um estudo do clima local, a partir do qual se determinam os períodos de sombra necessários e a posição do sol nesses períodos. Em seqüência, estabelece-se o tipo e a posição do brise, para então realizar o projeto e o dimensionamento, com o auxílio de máscaras de sombra (OLGYAY & OLGAYAY, 1957).

O estudo do clima é importante, visto que projetos para zonas de climas diferentes possuem características peculiares próprias, que exigem soluções diferentes. Givoni (1976) destaca a necessidade de se conhecer os dados referentes à temperatura do ar, umidade, ventos e precipitações.

Segundo Evans (1991), os valores da temperatura média ao longo dos dias típicos do ano<sup>34</sup> podem ser utilizados para estabelecer a necessidade de controle solar, de acordo com as horas e dias do ano que apresentam as temperaturas indesejadas, baseando-se nas zonas de conforto.

Esses valores de temperatura são sobrepostos à carta solar, referente à latitude local, e em seguida determina-se a máscara condizente com as orientações que possuem as fachadas a serem protegidas. Pode-se então, com o auxílio do transferidor auxiliar, observar o melhor tipo de brise quanto à posição, determinando as angulações necessárias.

Uma mesma máscara possibilita diversos tipos de brises (Figura 1-20), no que diz respeito à forma e ao tamanho, devendo o profissional considerar as características do edifício como a orientação das fachadas, localização, tamanho e tipos de aberturas, uso dos espaços e a conformação do entorno, para dar continuação nas tomadas de decisões (EVANS, 1991).



**Figura 1-20-Exemplos de brises para uma mesma máscara de sombra.**  
**Fonte: Bittencourt, 2000**

<sup>34</sup> Os dias típicos apresentam um significado estatístico quanto à frequência de um determinado período de tempo, tendo em vista à dificuldade de se trabalhar com todos os dados meteorológicos. Sobre o assunto ver (GOULART et al, 1998).

Diante do exposto, a análise da eficiência dos brises realizada neste trabalho considera a capacidade do elemento em sombrear o período necessário (**controle solar**), a partir da verificação do clima e do tipo do brise-soleil quanto: à **posição**; à **mobilidade** e, portanto, ao **uso e manutenção**, à **dimensão**, ao **posicionamento do brise-soleil em relação ao alinhamento da fachada e às características dos materiais**, fazendo uso da **carta solar** como instrumento de análise. Optou-se por esse método gráfico, dentre os outros (método físico e método computacional), por ser um dos instrumentos mais realistas e condizentes com a prática cotidiana de arquitetura. Dessa forma, as conclusões alcançadas com este trabalho podem ter uma aplicação mais abrangente, tendo em vista, que o método não exige muito tempo para aprendizagem, como no caso dos softwares e medições in loco.

## CAPÍTULO 2 - CLIMA DE BRASÍLIA E A NECESSIDADE DE PROTEÇÃO SOLAR

Para se avaliar a eficiência de um brise-soleil deve-se, em primeiro lugar, ter conhecimento do clima local e determinar o período com necessidade de proteção solar para a latitude desejada. Neste capítulo, expõem-se alguns dados climáticos necessários para o entendimento do clima de Brasília e critérios adequados para projetos na cidade, bem como a definição da necessidade de sombreamento.

Para tal fim, baseou-se em Amorim (1998; 2005), Bustos Romero (2001), Ferreira (1965), Goulart et al (1998), Maciel (2002) e Normais Climatológicas (1992) para definição do clima de Brasília. Sobre as estratégias para projeto, além das indicações dos autores anteriores, empregou-se também Bittencourt (2000), Corbella (2003), Evans (1991), Frota & Schiffer (2000), Givoni (1992), Ghisi & Tinker (2001), Koenigsberger et al (1977), Leite & Araújo (2004), Olgyay (1998) e a norma ABNT 15220 (2005).

### 2.1. CLIMA DE BRASÍLIA

O Distrito Federal encontra-se a uma latitude de 15°52' Sul e 47°55' de longitude a oeste de Greenwich, com altitude de 1.100m, caracterizando-se como clima Tropical de Altitude com duas estações bem definidas: quente-úmida (de outubro a abril) e seca (de maio a setembro)<sup>35</sup>. Ferreira (1965) destaca que Brasília apresenta características do clima tropical úmido no período chuvoso, e do clima tropical seco no período seco.

O clima foi um dos itens considerados na escolha do sítio para a construção da cidade assim como na elaboração do projeto pelo arquiteto Lúcio Costa. No entanto, na execução do projeto, as máquinas de terraplanagem arrasaram as condições naturais e em consequência da urbanização acelerada percebem-se algumas diferenças no clima do sítio, conforme explica Bustos Romero (2001, p. 130):

“As temperaturas não sofreram grandes diferenças; as precipitações e a umidade diminuíram; janeiro não é o mês mais úmido (e sim dezembro) nem setembro é o mês mais seco (e sim agosto). A velocidade dos ventos

---

<sup>35</sup> Maciel (2002) afirma que se pode identificar um terceiro período dentro da estação seca, que vai de agosto a setembro, caracterizado como quente e seco, cujas temperaturas mais elevadas são entre 28° e 29,3° graus e umidade relativa baixa, entre 56° e 58°. No entanto, esses dados merecem mais tempo de observação devido as diversas alterações que podem ocorrer ao longo do tempo.

aumentou, mas suas direções mantiveram-se as mesmas. A insolação tem diminuído de um modo geral, mas tem aumentado no verão”.

A caracterização do clima de Brasília foi realizada inicialmente por Ferreira (1965), que apresentou dados referentes ao período de 1960 a 1964, e Goulart et al (1998), cuja pesquisa corresponde aos anos de 1961 a 1970. Conforme Ferreira (1965, p. 5), é necessária a revisão dos dados dentro de um período de 35 anos, correspondente ao ciclo de variações climáticas. Dessa forma, embora baseado nos estudos dos autores citados, os dados climáticos serão apresentados segundo Maciel (2002) - 1982/1997 - e as Normais Climatológicas (1992) - 1960/1990 – por serem os mais atualizados.

Neste contexto, Maciel (2002) cita que a média da temperatura do ar no período de 1982-1997 é de 21,6° C, no qual **outubro** se apresentou como **o mês mais quente**, com temperaturas médias das médias mais elevadas, cerca de 23° C, e, média das máximas de 29,2°, ocorrendo no mês de setembro.

As temperaturas acima de 30° C representam menos de 3% mensais durante a maior parte do ano. Apenas nos meses considerados mais quentes, setembro e outubro, esse percentual varia entre 5% e 6% mensais.

Os **meses mais frios, junho e julho**, apresentam cerca de 40% das temperaturas abaixo de 18°C, observando que as temperaturas entre 18° e 28°C<sup>36</sup> representam os maiores percentuais mensais para todos os meses do ano, principalmente no período quente e úmido. Isso, no entanto, não indica condições de conforto, uma vez que, a umidade relativa pode estar abaixo ou acima dos limites apresentados na carta bioclimática, 20% e 80%.

Quanto à insolação total horizontal, a média de todos os anos do período é em torno de 2.400 horas. Segundo as Normais Climatológicas (1992), **o mês com maior insolação é julho**, com 265,3 horas. Já para as condições do céu, os valores de nebulosidade se apresentam conforme a tabela abaixo (Tabela 2-1):

---

<sup>36</sup> Intervalo de temperatura situado na Zona de Conforto proposta pela carta Bioclimática de Givoni (1992). Aplicando os dados das normais climatológicas ou do TRY, Test Reference Year, à carta bioclimática desenvolvida por Givoni, é possível conhecer o comportamento da temperatura e umidade relativa do ar em cada localidade ao longo do ano, identificando os períodos com maior probabilidade de desconforto e percentual das estratégias mais indicadas para as edificações. A carta é constituída de nove zonas, com estratégias de controle ambiental: ventilação, resfriamento evaporativo, massa térmica para resfriamento, ar-condicionado, umidificação, massa térmica para aquecimento, aquecimento solar passivo e aquecimento artificial. (LAMBERTS et al, 1997)

**Tabela 2-1- Índice de nebulosidade e condições de céu para Brasília**

| MÊS       | ÍNDICE DE NEBULOSIDADE | CONDIÇÃO DO CEU      |
|-----------|------------------------|----------------------|
| Janeiro   | 7                      | Parcialmente Nublado |
| Fevereiro | 7                      | Parcialmente Nublado |
| Março     | 7                      | Parcialmente Nublado |
| Abril     | 6                      | Parcialmente Nublado |
| Mai       | 5                      | Parcialmente Nublado |
| Junho     | 3                      | Claro                |
| Julho     | 3                      | Claro                |
| Agosto    | 3                      | Claro                |
| Setembro  | 4                      | Parcialmente Nublado |
| Outubro   | 7                      | Parcialmente Nublado |
| Novembro  | 8                      | Nublado              |
| Dezembro  | 8                      | Nublado              |

Adaptado de Normais Climatológicas, 1992

Utilizando os valores da nebulosidade para cada época, obtêm-se os dados correspondentes à radiação solar ( $\text{Wh/m}^2$ ) nas superfícies horizontais e verticais (Tabela 2-2):

**Tabela 2-2- Quantidade de radiação solar ( $\text{Wh/m}^2$ ) nas superfícies verticais e horizontais, conforme a orientação.**

| Orientação das superfícies | Quantidade de radiação solar ( $\text{Wh/m}^2$ ) |                          |                              |                            |
|----------------------------|--|--------------------------|------------------------------|----------------------------|
|                            | Equinócio de Outono-22/03                        | Solstício de Verão-21/12 | Equinócio de Primavera-22/09 | Solstício de Inverno-21/06 |
| 0°                         | 2099   | 419                      | 3214                         | 7190                       |
| 90°                        | 2739   | 2420                     | 4086                         | 3360                       |
| 180°                       | 457  | 2001                     | 682                          | 611                        |
| 270°                       | 2738   | 2419                     | 4085                         | 3360                       |
| Cobertura                  | 6664   | 6200                     | 9933                         | 7842                       |
| Total                      | 14697  | 13459                    | 22000                        | 22363                      |

Adaptado de Roriz, 1995

Os valores apresentam-se maiores nas coberturas, no entanto, verificam-se também nas superfícies verticais, principalmente no solstício de inverno, na fachada norte. Observam-se elevadas iluminâncias a partir das 9h, nos solstícios e equinócios (Tabela 2-3):

**Tabela 2-3- Iluminâncias em um plano horizontal ao longo do dia.**

|     | Equinócio de Outono-22/03 (lux) | Solstício de Verão-21/12 (lux) | Equinócio de Primavera-22/09 (lux) | Solstício de Inverno-21/06 (lux) |
|-----|---------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| 9h  | 60.000                          | 15.100                         | 60.000                             | 62.100                           |
| 10h | 81.500                          | 18.100                         | 81.500                             | 80.500                           |
| 11h | 95.600                          | 20.000                         | 95.600                             | 92.100                           |
| 12h | 100.600                         | 20.600                         | 100.600                            | 96.000                           |
| 13h | 95.600                          | 20.000                         | 95.600                             | 92.100                           |
| 14h | 81.500                          | 18.100                         | 81.500                             | 80.500                           |
| 15h | 60.000                          | 15.100                         | 60.000                             | 62.100                           |
| 16h | 35.000                          | 11.100                         | 35.000                             | 38.500                           |
| 17h | 13.300                          | 6.500                          | 13.300                             | 13.400                           |
| 18h | 3.000                           | 3.000                          | 3.000                              | 8.000                            |

Fonte: Scarazzato, 1995, apud Amorim, 2005

No que diz respeito à umidade média relativa do ar, no período estudado por Maciel (2002), ela é de 70%, sendo **agosto o mês mais seco**, com umidade relativa média de 56%. Setembro apresentou umidade relativa mínima absoluta de 8%. Nestes meses, agosto e setembro, a amplitude térmica é bastante elevada, acima de 13° C, as temperaturas médias das máximas acima de 28° C e a umidade relativa média baixa, abaixo dos 60%. Os meses referentes ao período quente e úmido apresentam umidade sempre acima de 70%.

A precipitação total média tem valor em torno de 1.500mm, sendo que mais de 70% das chuvas acontecem de novembro a março, e dezembro o mês mais chuvoso, com cerca de 250 mm.

A direção predominante dos ventos é leste, na maior parte do ano, sendo a segunda maior frequência o vento de nordeste. A velocidade média mensal dos ventos é de 2 e 3 m/s em todos os meses.

Diante desses dados, Maciel (2002), baseando-se na carta bioclimática elaborada por Givoni (1992), realizou uma análise do clima de Brasília, onde identificou o ano de 1987 como o Ano Climático de Referência<sup>37</sup> (TRY). A carta apresentou uma porcentagem de 41,2% de conforto e 58,8% de desconforto, sendo esse último causado 36,61% pelo frio<sup>38</sup>, ou seja, a maior parte, e 22,2% de desconforto por calor. Em seguida, a carta sugere cada estratégia apropriada, considerando as intersecções, onde se observa em uma pequena porcentagem a necessidade de técnicas artificiais, como ar-condicionado (Tabela 2-4).

**Tabela 2-4- Estratégias bioclimáticas (%).**

| CONFORTO    |               | 41,2                          |      |
|-------------|---------------|-------------------------------|------|
| DESCONFORTO | FRIO – 36,6%  | Massa térmica p/ aquecimento  | 31,3 |
|             |               | Aquecimento solar passivo     | 4,37 |
|             |               | Aquecimento artificial        | 0,99 |
|             | CALOR – 22,2% | Ventilação                    | 21,2 |
|             |               | Resfriamento evaporativo      | 8,38 |
|             |               | Massa térmica p/ resfriamento | 8,29 |
|             |               | Ar condicionado               | 0,08 |
|             |               |                               |      |

**Adaptada de Maciel, 2002**

Maciel (2002) conclui que o horário de desconforto por calor vai de 11h às 17h no período quente - úmido e quente – seco. No restante dos meses, o desconforto por calor representa menos de 6% e só ocorre entre 13h e 16h (Tabela 2-5).

<sup>37</sup> Ano Climático de Referência (ACR) ou TRY (test reference year) para um local específico é baseado na eliminação de dados que contenham temperaturas médias mensais extremas, altas ou baixas, até que reste somente um ano (GOULART et al, 1998).

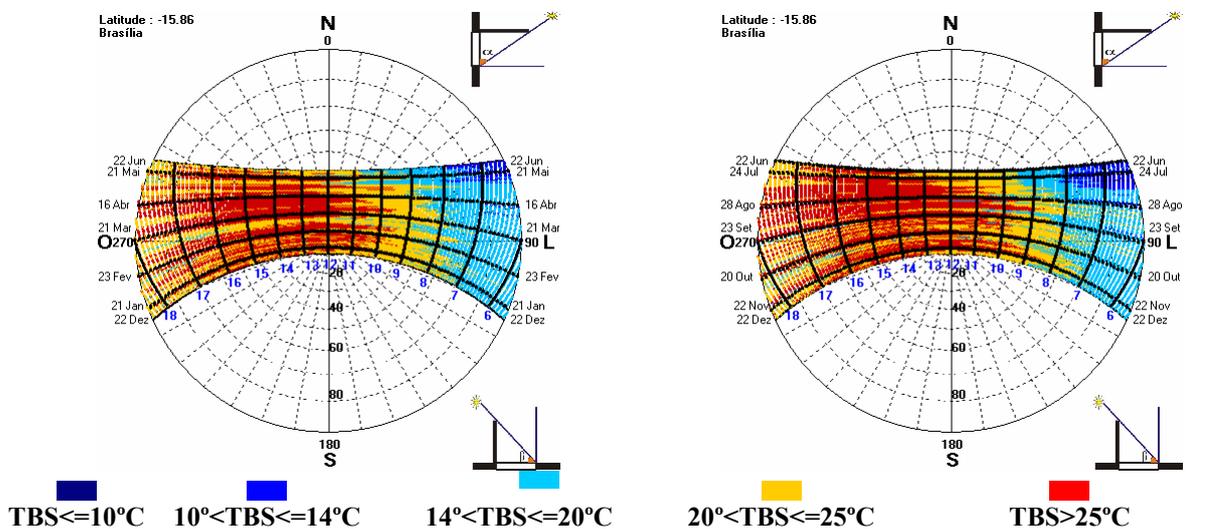
<sup>38</sup> São considerados como desconforto por frio os intervalos com temperaturas abaixo dos 18° C.

**Tabela 2-5- Horários de desconforto por calor e frio por mês.**

| MESES     | HORAS-DESCONFORTO FRIO | HORAS-DESCONFORTO CALOR |
|-----------|------------------------|-------------------------|
| Janeiro   | 0 às 7h                | 11h às 17h              |
| Fevereiro | 0 às 7h                | 11h às 17h              |
| Março     | 0 às 7h                | 11h às 17h              |
| Abril     | 0 às 7h                | 11h às 17h              |
| Maio      | 0 às 9h                | 13h às 16h              |
| Junho     | 0 às 9h                | 13h às 16h              |
| Julho     | 0 às 9h                | 13h às 16h              |
| Agosto    | 0 às 9h                | 12h às 17h              |
| Setembro  | 0 às 7h                | 11h às 17h              |
| Outubro   | 0 às 7h                | 11h às 17h              |
| Novembro  | 0 às 6h                | 11h às 17h              |
| Dezembro  | 0 às 7h                | 11h às 17h              |

Adaptado de Maciel, 2002

Estes dados podem ser observados também através do programa Analysis Sol-Ar 6.1.1<sup>39</sup>. O programa produz uma carta solar com os intervalos de temperatura anuais correspondentes às trajetórias solares ao longo do ano e do dia (Figura 2-1), mostrando que as maiores temperaturas ocorrem à tarde, principalmente a partir de 21 de junho. Vale ressaltar que na carta solar são representadas apenas as temperaturas, portanto as áreas em vermelho são representadas a partir das 9h e antes das 17h.



**Figura 2-1- Carta solar com horários de insolação, à esquerda no período até 21 de junho e, à direita após 21 de junho.**

Fonte: Programa Analysis Sol-Ar 6.1.1. Lamberts & Maciel, 2006

<sup>39</sup> Disponível em <http://www.labee.ufsc.br/software/analysisSOLAR.htm>. Acesso em 04 de março de 2006.

## 2.2. ESTRATÉGIAS PARA PROJETOS EM BRASÍLIA

Apoiando-se nos dados climáticos apresentados e nas estratégias sugeridas pela carta bioclimática de Givoni, citam-se outros autores que abordam o assunto, levando em consideração as variáveis referentes às fachadas, apresentadas no capítulo 1.

A princípio, Ferreira (1965, p. 56) comenta que um edifício nessa região, no que diz respeito ao conforto térmico, deve oferecer proteção contra as temperaturas mais elevadas que ocorrem durante o dia, em consequência da forte radiação solar, assim como atenuar as perdas noturnas de calor pela edificação no período de seca, quando se verificam as temperaturas mais baixas.

Para isso, a própria Ferreira (1969) juntamente com Rivero (1986), Amorim (1998), Frota & Schiffer (2000), Bittencourt (2000), Ghisi & Tinker (2001), Bustos Romero (2001), Corbella (2003) e a norma ABNT 15220, apresentam sugestões para as edificações locais:

- A **forma** deve ser medianamente compacta, para possibilitar menor superfície exposta à radiação, de modo a atender aos requisitos das diferentes estações;
- Os edifícios devem ser preferencialmente agrupados em pavimentos, priorizando a **altura** ao invés de edifícios térreos, pois se diminui a quantidade de superfícies horizontais, onde se incide uma maior radiação solar;
- A **orientação** mais adequada para fachadas é Norte e Sul, visto que na Leste e Oeste incide maior quantidade de radiação solar. Sabe-se que Leste é a orientação predominante do vento e que a orientação norte-sul não o aproveitaria diretamente, no entanto, o vento tangenciará as superfícies acelerando as perdas de calor por convecção e indiretamente pode favorecer o efeito chaminé, da face sul para a norte;
- As paredes devem ser pesadas, com **materiais** que apresentem transmitância térmica (U) menor ou igual a 2,20 W/m<sup>2</sup>K, atraso térmico (φ) maior ou igual a 6,5h, fator solar (F<sub>so</sub>) de 3,5 e revestida com **cor** clara. Dessa forma, o calor acumulado nas paredes durante o dia é liberado à noite para o ambiente interno e o fato da parede ser clara permite que a radiação solar seja em maior parte refletido;
- As **aberturas (janelas)** devem ser médias, de 15% a 25%, para permitir a ventilação seletiva<sup>40</sup> quando necessária, principalmente no período úmido. A fachada oeste deve

---

<sup>40</sup> A ser utilizada nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa.

ter a menor proporção (22%) e a fachada sul a maior (42%) proporção de área de janela, no caso de edifícios em forma laminar, com proporção de 2:1 e índice do ambiente<sup>41</sup> (K) igual a 5,00;

- Os **elementos de controle solar** devem ser externos para barrar entrada de calor antes que esse atravesse o vidro, podendo utilizar protetores internos, como cortinas para regular a iluminação quando necessário.

No caso da aplicação de brise-soleil, sugere-se que o brise seja especificado e dimensionado conforme a orientação e a necessidade de controle solar, podendo ser móvel ou fixo. Para um melhor aproveitamento do brise móvel, é indicado treinamento para os usuários, a fim de conscientizá-los sobre o correto uso.

É ideal que o brise-soleil esteja afastado das vedações, a fim de transmitir menos calor por condução e facilitar as trocas de calor entre os protetores e o ar, assim como apresentar cores claras.

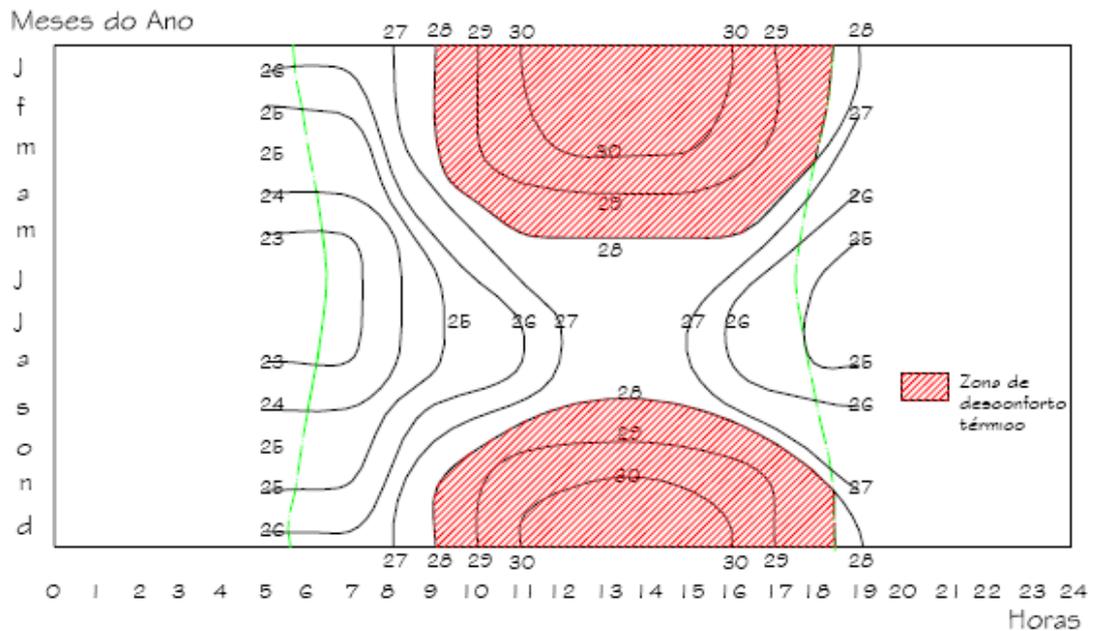
### 2.3. NECESSIDADE DE SOMBREAMENTO PARA BRASÍLIA

O período de desconforto por calor foi apresentado por Maciel (2002), que se baseou na carta de Givoni (1992), relacionando temperatura e umidade. Conforme a autora, os horários de desconforto ocorrem a partir das 11h da manhã, no entanto, percebe-se, a partir das 9h, o excesso de iluminância global no plano horizontal nos solstício de inverno e nos equinócios (Tabela 2), o que pode significar problemas térmicos e de iluminação.

Dessa forma, é necessário realizar uma verificação através de outros métodos. Sobre a necessidade de sombreamento, Evans (1991) e Koenigsberger et al (1977) sugerem a utilização de diagramas de *isopletas de temperatura* para observar a variação anual e diária da mesma, constatando o período de calor excessivo (Figura 2-2).

---

<sup>41</sup> K representa  $[K = (LP) / (h(L + P))]$ , onde L é a largura da sala, P, a profundidade e h, a altura de montagem entre a superfície de trabalho e o teto (GHISI et al, 2001).



**Figura 2-2- Isopleta de Temperatura para Natal (RN).**  
**Fonte: Leite & Araújo, 2004**

O diagrama consiste em um gráfico no qual cada fila apresenta um mês e cada coluna uma hora, resultando, em cada intersecção, a temperatura média correspondente. A união dos pontos com mesma temperatura origina a zona de calor excessivo, onde segundo Evans (1991):

**Tabela 2-6- Relação entre temperatura e condições de conforto.**

| Temperatura                   | Condições de conforto                                |
|-------------------------------|--|
| $< 13^{\circ}$                | Muito frio   |
| $13^{\circ} < t < 18^{\circ}$ | Frio, conforto possível com radiação solar           |
| $18^{\circ} < t < 23^{\circ}$ | Conforto no inverno, roupa normal                    |
| $23^{\circ} < t < 28^{\circ}$ | Conforto ou ligeiramente quente no verão, roupa leve |
| $> 28^{\circ}$                | Quente   |

Fonte: Evans, 1991, p.31

Seguindo os passos indicados por Evans (1991), construiu-se a isopleta de temperatura para Brasília, utilizando os dados de temperatura máxima e mínima para cada mês, correspondente ao intervalo de 1982-1997, apresentados por Maciel (2002). No diagrama são representados apenas os horários com presença de sol, com intervalo de hora em hora (Figura 2-3).

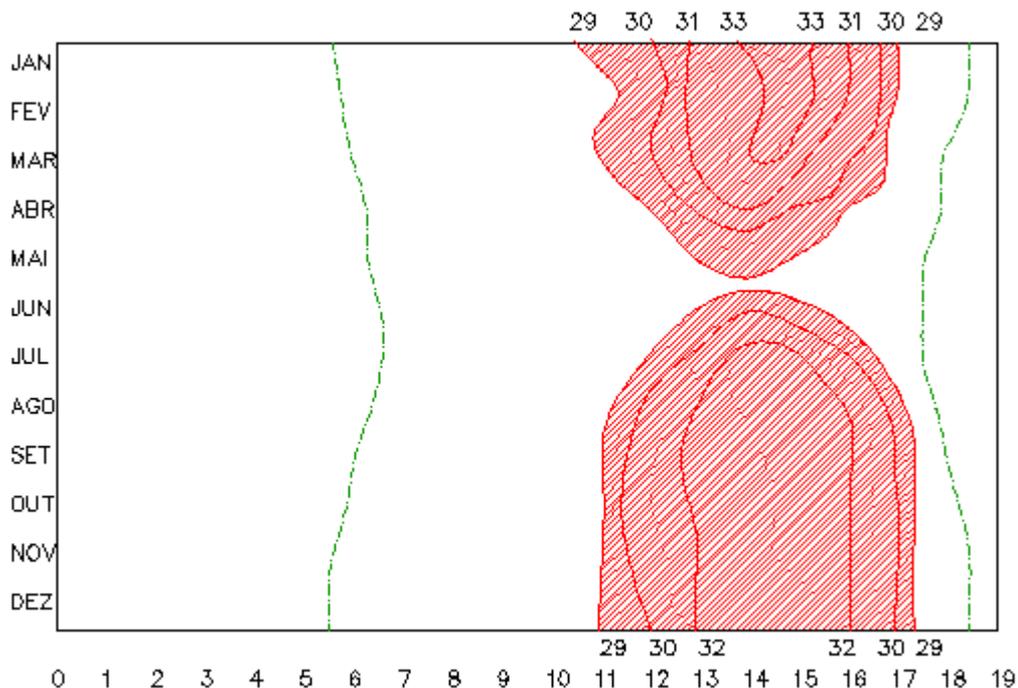


Figura 2-3- Isopleta de temperatura para Brasília, com horário de desconforto em vermelho

Pode-se observar que o horário de desconforto manifesta-se a partir das 11h da manhã na maior parte do ano, indo até às 17h, conforme apresentado abaixo (Tabela 2-7):

Tabela 2-7- Horários de desconforto por calor, de acordo com a isopleta de temperatura

| Meses     | Desconforto- calor | Meses    | Desconforto- calor |
|-----------|--------------------|----------|--------------------|
| Janeiro   | 11h às 17h         | Julho    | 12h às 17h         |
| Fevereiro | 11h às 17h         | Agosto   | 12h às 17h         |
| Março     | 11h às 17h         | Setembro | 11h às 17h         |
| Abril     | 12h às 17h         | Outubro  | 11h às 17h         |
| Maiο      | 14h às 16h         | Novembro | 11h às 17h         |
| Junho     | 13h às 16h         | Dezembro | 11h às 17h         |

Comparando a tabela de isopleta com os dados de Maciel (2002), verificou-se diferença apenas nos meses de abril, maio e julho (Tabela 2-8). Serão, portanto, considerados os horários extremos de cada um dos valores apresentados, resultando no período de sombreamento representado na carta solar, para o qual é necessário brise-soleil (Figura 2-4).

Tabela 2-8- Comparativo entre os horários de desconforto apresentados pela isopleta de temperatura e por Maciel (2002)

| MESES | Desconforto por calor   |               |
|-------|-------------------------|---------------|
|       | Isopleta de temperatura | Maciel (2002) |
| Abril | 12h às 17h              | 11h às 17h    |
| Maiο  | 14h às 16h              | 13h às 16h    |
| Julho | 12h às 17h              | 13h às 16h    |

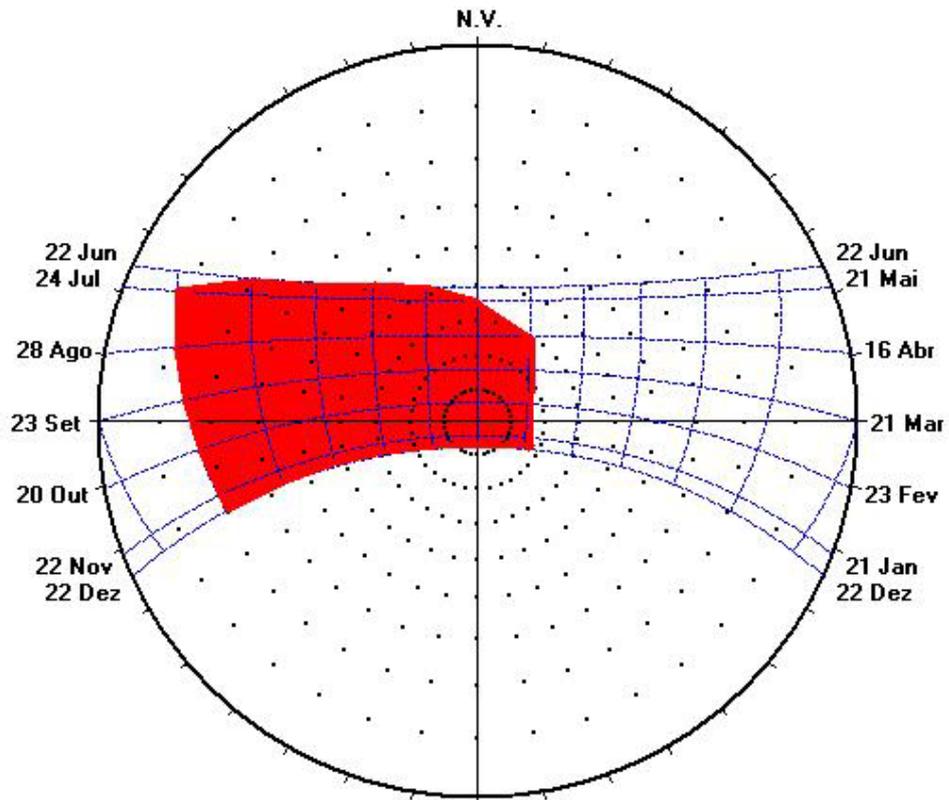


Figura 2-4- Carta solar para Brasília com período de sombreamento necessário para garantir conforto térmico, em destaque na cor vermelha.  
Adaptado do Programa Luz do Sol (RORIZ, 1995)

## **CAPÍTULO 3 - EDIFÍCIOS PÚBLICOS DE ESCRITÓRIOS: CONCEITOS E HISTÓRICO**

Sendo os edifícios públicos de escritórios o objeto de estudo deste trabalho, segue-se com conceitos relacionados e um breve histórico da evolução dos mesmos, principalmente no que se refere à caracterização das fachadas e o processo tecnológico que envolveu as mudanças.

Pretende-se facilitar a compreensão dos edifícios estudados neste trabalho e exemplificar o tratamento arquitetônico dado a essa tipologia ao longo do tempo, amparando-se, principalmente, nos seguintes autores: Argan (2004), Graeff (1986), Gregotti (1975) e Pevsner (1979) para a conceituação; Banham (1975), Benévolo (1998), Giedion (2004) e Le Corbusier (2004) sobre a evolução dos edifícios públicos de escritórios em geral; Bruand (1999), Holston (1993), Reis Filho (2004) e Vasconcellos (1979) no que se refere aos edifícios em questão no Brasil.

### **3.1. DEFINIÇÃO DO TERMO “EDIFÍCIOS PÚBLICOS DE ESCRITÓRIOS”**

O edifício, segundo Graeff (1986, p. 13), constitui:

“o produto mais característico da arquitetura. É através dele que a arquitetura se relaciona com a vida dos homens em suas diversas manifestações. (...) o homem atravessa o tempo da sua existência trabalhando, repousando, cultivando divindades e memórias, brincando e sofrendo, no abrigo dos edifícios construídos para proteger e favorecer o exercício das atividades que a vida requer”.

O comentário de Graeff é comprovado pelo número cada vez maior de edifícios construídos para atender a novos programas, graças ao desenvolvimento acelerado das sociedades e às suas novas necessidades. Esse processo iniciou-se com a Revolução Industrial, durante a segunda metade do século XVIII e ao longo do século XIX, no qual os edifícios religiosos perderam sua relevância para as indústrias, escritórios e grandes edifícios, que representavam as novas possibilidades de construção.

Nesse contexto, a multiplicação dos edifícios gerou, em primeiro plano, a necessidade prática de esquematizar os conhecimentos cada dia mais complexo e colocou, ainda, o problema de

uma sistemática dos tipos<sup>42</sup> (GREGOTTI, 1975, p. 155). Tornou-se inadequada, por exemplo, a classificação tradicional dos mesmos em edifícios religiosos, edifícios militares e edifícios civis, visto que os dois primeiros tiveram pouca alteração ao longo dos tempos em seus programas. Surgiu, então, na segunda metade do século XIX, uma tipologia classificatória de acordo com as funções práticas, como esquemas típicos de hospitais, escolas, igrejas, etc. (ARGAN, 2004, p. 67). Tal classificação é chamada por Gregotti (1975, p. 151) de “tipo construtivo”, ou seja, um conjunto de funções estavelmente delimitadas que constituem um ou vários serviços unidos entre si por relações de continuidade espacial.

Entre os tipos construtivos da classificação de Pevsner (1979), o autor apresenta como *edifícios governamentais* os parlamentos, ministérios, escritórios, tribunais e prefeituras. Esses podem ser denominados também de edifícios públicos, onde por **públicos** entendem-se aqueles que pertencem a uma pessoa jurídica de direito público e que abrigam tanto os serviços do Estado como os dominicais. Predominam nesses edifícios ambientes de **escritório**, ou seja, “onde se faz expediente relativo a qualquer administração, obra, etc., se tratam negócios, se recebem clientes, etc. (FERREIRA, 2004, p. 75)”.

A partir disso, denomina-se neste trabalho como **edifícios públicos de escritórios** aqueles cuja edificação se destina principalmente às atividades de escritório, como os bancos e os edifícios governamentais apresentados por Pevsner (1979), assim como as autarquias que não são citadas na classificação. Nestes, condições de conforto ambiental são bastante requeridas, uma vez que se necessita de níveis eficientes de iluminação para o desenvolvimento das atividades realizadas, como leitura e uso de computadores, assim como condições térmicas adequadas.

### 3.2. EDIFÍCIOS PÚBLICOS DE ESCRITÓRIOS: A EVOLUÇÃO ARQUITETÔNICA

Apoiando-se na classificação de Pevsner (1979), segue-se com um breve resgate histórico dos edifícios públicos de escritórios, com o intuito de compreender e apresentar uma evolução, especialmente no tocante ao tratamento externo dos mesmos. Este histórico é resultado de um apanhado em alguns livros de História da Arquitetura, visto que não foi encontrada literatura

---

<sup>42</sup> Num sentido genérico, Gregotti (1975, p. 147) define o tipo como: a) modelo de onde extrair cópias e esquemas de comportamento (enquanto resume os traços característicos de um grupo de fenômenos); b) conjunto de traços característicos, cuja descoberta, num fenômeno determinado, nos permite sua classificação. Argan (2004, p. 66) complementa que o nascimento de um tipo é, portanto, condicionado ao fato de já existir uma série de edifícios que têm entre si uma evidente analogia formal e funcional.

específica sobre edifícios públicos de escritórios. Dessa forma, os principais acontecimentos e personagens são apenas mencionados no trabalho uma vez que não se pretende aprofundar nem criticar os fatos.

### 3.2.1. O contexto histórico na Europa e nos principais centros dos acontecimentos arquitetônicos

O contexto histórico dos edifícios públicos de escritórios está diretamente ligado com as mudanças ocorridas nas sociedades ao longo do tempo, sendo sua configuração uma representação das tecnologias e estilos arquitetônicos de época, numa busca da qualidade total dos bens e serviços oferecidos.

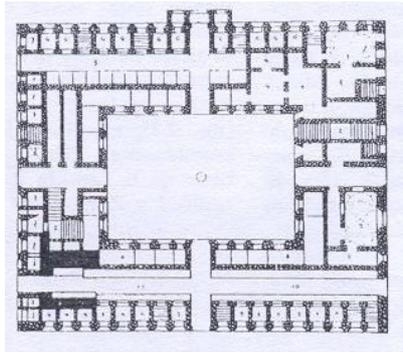
No período medieval a sociedade voltava sua atenção para a construção de edifícios religiosos, não havendo uma separação das outras funções, que se aglomeravam em uma mesma edificação. Do século IV ao XVI na Europa, por exemplo, a administração em geral e a administração da justiça ficavam no palácio do imperador, do rei ou do bispo, conforme o período (Alta ou Baixa Idade Média), assim como boa parte das outras funções<sup>43</sup> (PEVSNER, 1979).

Os edifícios nesse período possuíam, principalmente, planta baixa com pátio central e alas ao redor do mesmo (Figura 3-1), onde as salas, chamadas de gabinetes, eram espaços individualizados com aspecto associado ao das pessoas que os ocupavam. As edificações seguiam o estilo românico<sup>44</sup> (séc. X ao XII). Este é marcado pelo caráter pesado, maciço, de linhas simples, cujo traço predominante é a horizontalidade. As paredes eram grossas e feitas em pedra, resultando em uma elevada inércia térmica. As aberturas eram pequenas, gerando ambientes escuros e mal ventilados, que ameaçavam a qualidade do ar, devido à fumaça proveniente do fogo das luminárias e chaminés (Figura 3-2).

---

<sup>43</sup> Com exceção dos bancos e do edifício dos Uffizi (1560-1580, destinado apenas para escritórios). As primeiras lojas destinadas aos bancos datam de 1382 e 1383, em Bolonha e Barcelona, respectivamente, sendo construído somente em 1408 o primeiro banco público da Europa na França, difundindo-se a partir do fim do século XVI (PEVSNER, 1979, p. 234). Os primeiros edifícios eram como casas particulares, com o espaço para os negócios no térreo e a casa do diretor no piso superior.

<sup>44</sup>Estilo referente ao período da história marcado por invasões, poder centralizado na igreja e sociedade calcada no feudalismo.



**Figura 3-1-Planta baixa do Conselho da Cidade, Torun, Polônia, 1250-1603.  
Fonte: Pevsner, 1979, p. 30**



**Figura 3-2-Palazzo del Vecchio, Florença, 1299-1314.  
Fonte: <http://www.home.no/mosma/medici.html>**

Percebe-se também a aplicação do Gótico (séc. XII ao XIV) e Renascimento (séc. XV ao XVI) nas fachadas, cujas plantas baixas permaneceram praticamente inalteradas. O primeiro estilo originou construções mais leves e iluminadas, que refletiam o conhecimento técnico de seus idealizadores na redução das espessuras das paredes, que passaram a ser ocupadas por vitrais e aberturas (Figura 3-3). O segundo se manifesta como cubos sólidos, de tendência horizontal e com não mais de três andares, articulados, tanto externa quanto internamente, por colunas e pilares de inspiração clássica, onde a parede externa costumava receber um tratamento rústico.

A separação das hierarquias e funções dos edifícios se tornou clara ao longo do século XVIII<sup>45</sup>, surgindo edifícios isolados para cada uma delas, onde a existência de janelas para o exterior e de lareiras constituíam signos de importância. Exemplos de edifícios nesse período são: o Parlamento Irlandês (1728), os edifícios de Whitehall (Ministérios, 1723), na Inglaterra, e os edifícios governamentais de Washington (PEVSNER, 1979, p. 38). As feições dos edifícios são caracterizadas por pedras coloridas nas fachadas, cúpulas iluminadas, grandes colunas de inspiração clássica e janelas simétricas, que dão destaque à malha das paredes estruturais, denominando-se Neoclassicismo<sup>46</sup> (Figura 3-4).

<sup>45</sup> Surgiu também o termo burocracia consignando o poder crescente dos serviços administrativos, públicos ou privados, introduzidos pela burguesia, que nascia como classe eminentemente ligada aos negócios (CALDEIRA, 2005).

<sup>46</sup> Neoclassicismo denota o estilo artístico próprio da Europa entre 1770 e 1830 influenciado pela Antigüidade grega (KOCH, 1998, p. 59).



**Figura 3-3-Palácio da Justiça, Rouen, 1543.**  
Fonte: <http://www.francerama.com>



**Figura 3-4-Congresso dos Estados Unidos, Washington, 1793.**  
Fonte: <http://www.artehistoria.com>

Até então, as paredes eram em pedra ou tijolos e tinham função estrutural, limitando os projetos a variações de decoração nas fachadas. Esse cenário começou a se transformar com a Revolução Industrial e a necessidade de novos programas, assim como o avanço nos estudos das possibilidades das novas invenções. Muitas dessas foram apresentadas na Exposição Universal de Paris, em 1855, conforme destaca Benévolo (1998, p. 134):

“As máquinas de construir, guindastes e escavadeiras que tornam possível o trabalho de Hans-Smann; vigas de fundação batidas com ar comprimido inventado em 1841 por Trigier; as laminas onduladas para coberturas, já usadas por Flachet em 1853 na *Garages merchandises de l'ouest*; as coberturas de zinco, as telhas feitas em estampanaria; as lajes de pedra serradas mecanicamente na pedreira; os pisos de madeira fabricados em série expostos na seção canadense; as instalações de calefação por circulação de água quente ou de vapor; as instalações de ventilação já adotadas em vários teatros e hospitais”.

Entre as inovações, foi de grande importância a invenção da maquinaria para a produção do ferro laminado<sup>47</sup> e das barras de aço, que permitiram vencer vãos maiores. A estrutura metálica eliminou a função estrutural da parede, que passou a funcionar apenas como vedação, permitindo a construção de edifícios mais altos. Antes disso, para resistir à pressão do peso dos andares superiores, as paredes deveriam ser bastante espessas na base, ocupando uma grande proporção da área utilizável, além de trazer problemas de iluminação.

---

<sup>47</sup> O ferro foi utilizado pela primeira vez em uma construção na cobertura para substituir a madeira, que era altamente inflamável. Depois, foi aplicado durante todo o século XIX em uma infinidade de fins arquitetônicos na forma de coluna, sendo, em 1871, construído o primeiro edifício verdadeiramente com arcabouço estrutural na Europa (GIEDION, 2004).

A altura dos edifícios tornou-se maior com a criação do elevador<sup>48</sup> (1853) e a necessidade de utilizar o máximo dos terrenos devido à especulação imobiliária e aos altos preços dos mesmos, dando início à construção dos arranha-céus.

Nesse contexto, ocorreu em Chicago<sup>49</sup>, entre os anos de 1880 e 1890, a construção progressiva de edifícios de doze a vinte pavimentos, em sua maioria com planta quadrada, revestimento de pedra e a aplicação da chamada “janela de Chicago”, a janela horizontalmente alongada (GIEDION, 2004). Os vidros passaram a predominar nas fachadas, devido à produção em grande escala, que facilitou a aplicação, e ao surgimento do discurso higienista, que, decorrente do rápido processo de urbanização causado pela Revolução Industrial, exigia uma melhor iluminação dos ambientes internos e uma melhor qualidade do ar.

A qualidade do ar foi conseguida, também, com a invenção da iluminação artificial em 1879, que eliminou a fumaça proveniente da iluminação dos candelabros e dos odores do gás, além de gerar menos calor e facilitar a manutenção (BANHAM, 1975). A iluminação artificial levou, por sua vez, ao prolongamento da jornada de trabalho, obrigando o desenvolvimento de técnicas mecânicas de ventilação, assim como o estudo sobre o assunto (SERRA & COCH, 1995, p. 150).

Ressalta-se, como consequência da Revolução Industrial, o surgimento da primeira teoria administrativa científica: o Taylorismo, 1856-1915. Esse se afirma como o principal critério norteador da organização do trabalho, definindo o perfil de um novo tipo de escritório de grande porte, fisicamente separado da fábrica, mas com parâmetros de organização espacial que lembram a planta industrial: espaço único para o escalão dos funcionários inferiores, mesas em filas paralelas disposta numa mesma direção, sob as vistas de um supervisor instalado em frente (CALDEIRA, 2005).

Tais inovações, surgidas até então, e a ampliação do uso do concreto armado a partir de 1910, que permitia liberdade na elaboração da planta baixa<sup>50</sup>, impulsionou um novo fluxo de

---

<sup>48</sup>O primeiro elevador seguro foi inventado por Elisha Graves Otis, de Nova York em 1853, que foi apresentado no Palácio de Cristal na Exposição de Nova York do mesmo ano. Somente em 1857 foi instalado o primeiro elevador de passageiros em uma loja de departamentos (GIEDION, 2004, p. 235).

<sup>49</sup>Nesse período iniciou-se um processo de eliminação dos ornamentos das fachadas que logo foi interrompido por um movimento historicista. De acordo com Koch, Historicismo é o movimento de reação contra o Racionalismo e o Neoclassicismo surgido na Inglaterra, nos fins do século XVIII.

<sup>50</sup>Uma das contribuições de August Perret, que foi o primeiro arquiteto a empregar o concreto armado como meio de expressão arquitetônica, em 1903, no edifício de apartamentos da Rua Franklin, em Paris. A planta baixa permite a livre disposição das divisórias e cada pavimento podia ser planejado como uma unidade independente (GIEDION, 2004, p. 358).

construções dos arranha-céus, que teve seqüência em Nova York. Segundo Banham (1975, p. 75), os altos edifícios geraram mudanças nas condições meteorológicas externas, ao suportar a pressão do vento e sombrear o solo.

Com isso, a grande altura alcançada pelos edifícios levou, a partir de 1916, a elaboração de uma lei regulamentando-a a fim de garantir a iluminação das ruas no solo, obrigando o afastamento superior da fachada, através de recuos sucessivos (HESBAQUE, 1962).

Desenvolveram-se, paralelamente a esse fato, os primeiros estudos sobre insolação no final da década de 1920 e nas duas décadas seguintes (YÁÑES, 1988, p.25). O autor destaca os trabalhos de Rey e Pidaux, em Paris, que estudaram a radiação solar recebida em superfícies verticais para distintas orientações, a distância necessária entre os edifícios para assegurar a insolação na superfície e estabeleceram o conceito de orientação heliotérmica, além da construção das cartas solares.

Nesse contexto de preocupação com a iluminação nos edifícios e de todas as inovações provenientes da Revolução Industrial, surgiram os arquitetos modernistas e suas idéias, que dominaram a tecnologia da época e aplicaram-nas, entre outras construções, nos edifícios públicos de escritórios. Entre os arquitetos, destaca-se Le Corbusier, cujos escritos exerceram tanta influência quanto seus edifícios, não só na Europa e nos Estados Unidos, mas também na América Latina (GIEDION, 2004, p. 568).

O arquiteto defendeu a padronização das construções como uma necessidade econômica e social, em defesa do uso da técnica disponível. Como resultado, obteve-se a idéia da casa como “Máquina de Morar”, defendida em “Por uma Arquitetura”, em 1921, e o pensamento do escritório como máquina de trabalhar.

E para garantir o padrão, o arquiteto elaborou “Os cinco pontos para a nova arquitetura”: o terraço jardim, os pilotis, a planta livre, a fachada livre e a janela horizontal, que foram aplicados em diversos países e tipologias construtivas, inclusive nos edifícios públicos de escritórios, independentemente do clima, como uma receita do moderno. Em relação aos pilotis, o arquiteto demonstrou a preocupação com a higiene e com a iluminação da construção, além de torná-la mais integrada com os jardins e espaços públicos (LE CORBUSIER, 2004b, p.53).

Já a planta livre proporcionou fluidez ao ambiente, com divisórias separando os espaços e, portanto, uma maior flexibilidade nos escritórios, que podiam adaptar os espaços às suas

necessidades. Obtiveram-se também fachadas livres, que, não tendo função estrutural, foram ocupadas por janelas sem limite de tamanho, sobre as quais o arquiteto comentava:

“(…) uma janela é feita para iluminar, não para ventilar! Se for para ventilar, usaremos aparelhos de ventilação (…) a janela comum é uma obra de ferro ou madeira, isto é algo infinitamente delicado (…) o que se precisa é ‘panos de vidro’, hermeticamente vedados. Quanto ao arejamento, pensaremos numa solução!”(LE CORBUSIER, 2004b, p. 65).

Os panos de vidro foram defendidos também por Mies Van de Rohe, que disse: “colunas e vigas eliminam as paredes portantes. Trata-se de uma construção de pele e osso” (GIEDION, 2004, p. 615). A utilização dos panos de vidro prosperou com o desenvolvimento dos condicionadores artificiais, que se tornaram mais acessíveis a partir de 1950.

O brise-soleil foi então aplicado como um instrumento para a proteção da radiação e iluminação excessiva. Entre os edifícios públicos de escritórios o Ministério da Educação e Saúde, no Rio de Janeiro (Figura 3-5), foi o pioneiro na execução do brise, que depois foi aplicado em outros edifícios.



**Figura 3-5- Ministério da Educação e Saúde, Rio de Janeiro, 1936.**

**Fonte: <http://www.vitruvius.com.br>**

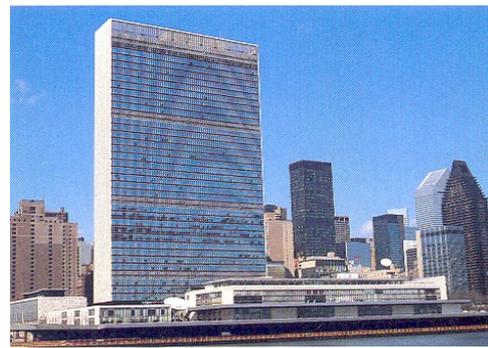
Muitos edifícios de escritórios, de um modo geral, foram construídos próximos uns dos outros, apresentando geralmente volumes semelhantes, como resultado da influência do pensamento modernista, que dentre outras coisas defendeu também a predominância da organização vertical, pois assim haveria liberação do solo e garantia de sol, espaço e vegetação (LE CORBUSIER, 2004a, p. 77).

As idéias modernistas foram adotadas como o estilo estabelecido para os edifícios oficiais do governo (GIEDION, 2004, p. 558), não sendo aplicável em todos os países no período entre guerras, como alguns da Europa, por exemplo. Nesses, devido ao regime político, houve uma rejeição ao estilo, sendo aplicado o Historicismo, como se observa na Chancelaria do Reich

(Figura 3-6), em Berlim, 1936-1939. Já nos Estados Unidos, o modernismo, recebendo o nome de Estilo Internacional, prosperou principalmente após a Segunda Guerra em 1945, onde houve a construção intensificada dos arranha-céus modernistas, como a do Secretariado das Nações Unidas que rompia claramente com as concepções anteriores. A planta apresenta a forma de um retângulo alongado e as fachadas são duas imensas cortinas de vidro, que asseguram ao interior uma visibilidade total e uma insolação máxima, orientadas para leste e oeste (Figura 3-7).

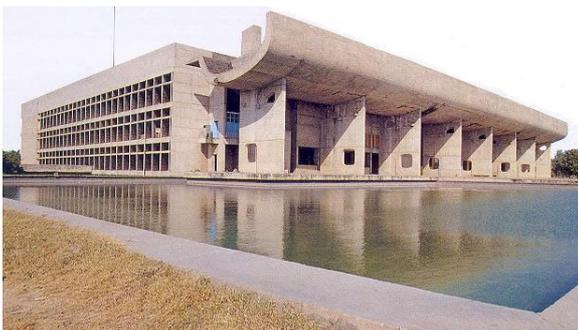


**Figura 3-6- Chancelaria do Reich, Berlim, 1936-1939. Fonte: Tietz, 2000, p.53**



**Figura 3-7- Edifício das Nações Unidas, Nova York, 1950. Fonte: Tietz, 2000, p. 60**

Observa-se também a aplicação dos princípios modernistas em Chandigarh, através dos edifícios da Assembléia, 1955-1956 (Figura 3-8), do Supremo Tribunal, 1952-1956, e do Secretariado, 1952-1956, projetos de Le Corbusier, e em várias cidades do Brasil, inclusive em Brasília, 1960, onde o modernismo é evidente no urbanismo e nas edificações (Figura 3-9).



**Figura 3-8- Assembléia, Chandigarh (1955-1956). Fonte: Glancey, 2001, p. 188**



**Figura 3-9- Palácio da Justiça, Brasília (1960).**

Os ideais modernistas propagaram-se e são utilizados até hoje, sendo, em alguns casos, adaptados às novas tecnologias, como os avançados sistemas de controle energético, referentes à iluminação e elevadores, por exemplo, assim como os diversos tipos de vidros especiais.

No que diz respeito à configuração interna, a partir da década de 1960, a Alemanha fazia uso da idéia do escritório panorâmico, onde foi proposta a convivência de funcionários de escalões diversos, eliminando o isolamento das chefias e gerências e também as separações físicas. Os funcionários eram agrupados em ilhas multifuncionais em função da complementaridade de suas tarefas, com a aplicação de divisórias autoportantes e móveis, com alturas variáveis de acordo com a necessidade de privacidade.

Na atualidade, em termos de layout, resgatam-se as salas individuais ou para pequenos grupos, com divisórias fixas onde se incorporam grandes painéis de vidro complementados de persianas ou outro tipo de proteção, para originar privacidade. Outra marca é o uso alternado de um mesmo posto de trabalho por diferentes pessoas em horários distintos, graças, entre outros fatores, à versatilidade do computador.

### 3.2.2. O Brasil e o Modernismo como a arquitetura oficial dos governos

A arquitetura brasileira, como resultado da colonização, sempre buscou inspiração na produção européia<sup>51</sup>, apresentando características similares em todos os períodos. No entanto, por motivos econômicos, políticos ou sociais, essas características foram aplicadas, em determinados momentos, com certo atraso temporal.

As características das construções portuguesas, por exemplo, marcavam os primeiros edifícios públicos de escritórios no Brasil durante o período colonial, 1500-1822. Esses se apresentavam separados por funções, embora houvesse exceções como a Casa de Câmara e Cadeia. Os edifícios eram, em geral, construídos com paredes em taipa de pilão<sup>52</sup>, pau-a-pique<sup>53</sup>, adobe ou alvenaria de pedra (REIS FILHO, 2004). O pé-direito era alto, facilitando a circulação do vento, que também era conseguida através de pequenas aberturas circulares (óculos) e das janelas e portas. Essas, por sua vez, eram trabalhadas, entre outros elementos, com veneziana e treliças, possuindo bandeiras em vidro ou vazadas. Era comum a presença de

---

<sup>51</sup>Segundo Bruand (1999, p. 23) a influência da Europa era tanta que a educação das crianças da elite não raro era feita em francês e nas artes, a Escola Nacional de Belas Artes ministrava uma formação acadêmica calcada no modelo francês. Dessa forma, por questões de língua e afinidade espiritual, os contatos com a França eram mais fáceis do que com qualquer outro país.

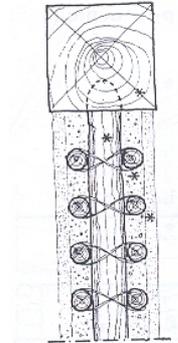
<sup>52</sup>Sistemas em que as paredes são maciças, constituídas apenas de barro socado, tornando-se monolíticas, por assim dizer, depois de terminadas e raramente incluindo em sua espessura reforços longitudinais de madeira (VASCONCELLOS, 1979, p. 19).

<sup>53</sup>Tipo de vedação que consiste em paus colocados perpendicularmente entre os baldrames e frechais, neles fixados por meio de furos ou pregos, cujos espaços são preenchidos com barro. Chama-se também de Tipa de mão ou taipa de sebe (VASCONCELLOS, 1979, p. 45).

um pátio central ladeado por galerias arqueadas e nas fachadas predominavam os fechamentos opacos (Figura 3-10 e Figura 3-11).



**Figura 3-10- Casa de Câmara e Cadeia, Mariana (1768-98).**  
Fonte: Revista Arquitectura Panamericana, 1996, p. 23



**Figura 3-11- Parede em pau-a-pique.**  
Fonte: Vasconcellos, 1979, p. 49

O padrão colonial foi preservado durante o primeiro e segundo Império, sendo modificado com a vinda da Missão Artística Francesa<sup>54</sup>, na qual os arquitetos franceses divulgaram o Neoclassicismo (Figura 3-12), que se manteve restrito aos meios oficiais e às camadas mais abastadas do litoral (REIS FILHO, 2004, p.113). Esse teve seus traços alterados a partir da segunda metade do século XIX, pois com o fim da escravidão, a instalação das ferrovias e a aberturas de indústrias locais, facilitou-se a importação de equipamentos para as construções e permitiu-se a vinda de muitos imigrantes. A partir de então, testemunhou-se um extraordinário crescimento horizontal dos centros urbanos e, logo a diante, uma tendência à verticalização dos edifícios, principalmente com o desenvolvimento do concreto armado<sup>55</sup>. No entanto, as paredes estruturais em tijolos foram utilizadas com frequência até a Segunda Guerra Mundial (BRUAND, 1999).

Nesse contexto de crescimentos horizontal e vertical, os edifícios seguiram o Historicismo<sup>56</sup>, com fachadas e interiores bastante decorados, inclusive com grandes vitrais coloridos que conferiam uma iluminação diferenciada aos mesmos (Figura 3-13).

<sup>54</sup>Trazida ao Brasil por D. João VI, em 1816.

<sup>55</sup>Por volta de 1900, São Paulo já possuía edifício em concreto armado (FICHER, 1994), cuja difusão ocorreu principalmente após a Primeira Guerra Mundial, 1914-1918 (BRUAND, 1999, p. 38).

<sup>56</sup>Tal estilo é chamado de Eclétismo por Reis Filho (2004). Bruand (1999) denomina de Eclétismo o estilo que justapõe todos os estilos que utilizam colunas, cornijas e frontões, da Renascença italiana ao Segundo Império francês, passando pelo classicismo, pelo barroco e pelo verdadeiro neoclássico de fins do século XVIII e primeira metade do século XIX.



**Figura 3-12-Palácio dos Leões, São Luis (Fim do século XVIII).**



**Figura 3-13- Palácio do governo, Salvador (Reforma em 1912).**

Acompanhando os acontecimentos arquitetônicos mundiais, o rompimento com os estilos passados ocorreu a partir de 1930, durante o governo de Getúlio Vargas. No seu governo houve a proliferação dos edifícios públicos, graças ao desenvolvimento do país, que foi acompanhado de um aumento correlato de serviços públicos e dos interesses políticos em aumentar o prestígio junto ao povo (BRUAND, 1999, p. 27).

Os novos edifícios públicos sofreram influência determinante do arquiteto Le Corbusier, pois segundo Bruand (1999, p. 22):

“As preocupações democráticas de Gropius, relacionando a arte ao conjunto das atividades sociais do indivíduo e ao nível das classes produtoras, não poderiam exercer qualquer influência numa sociedade de oligarquia rural, indiferente a este assunto (...) Da mesma forma, a obra de Mies Van der Rohe (...) fundamentada numa concepção nitidamente mais aristocrática da arquitetura, cujo valor decorreria de um acabamento perfeito, obtido pelo emprego de mão-de-obra altamente qualificada e pela utilização de produtos industriais impecáveis, não podia encontrar repercussão num país onde nenhum desses princípios poderia ser resolvido satisfatoriamente”.

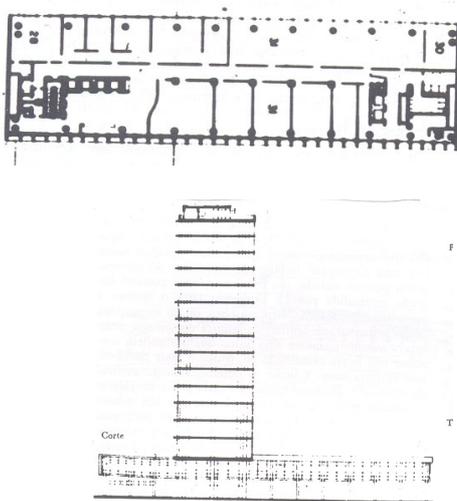
O Ministério da Educação e Saúde, 1936, se tornou símbolo do modernismo no Brasil. A partir de um projeto elaborado por Le Corbusier<sup>57</sup> a equipe brasileira elaborou um novo projeto para o edifício, que segundo Bruand (1999, p. 92):

“(...) o edifício construído por certo guardou uma pureza de concepção e um senso de proporções dignos do classicismo estrito; em compensação, devido ao desenvolvimento em altura e á resultante confrontação dos dois blocos, o conjunto assumiu um inegável dinamismo, que é explorado nas etapas posteriores da composição, através de recursos dos mais simples.”

<sup>57</sup>O arquiteto foi convidado, pelo Ministro Gustavo Capanema, a vir ao Brasil para assessorar a equipe responsável pelo projeto do ministério, tornando-se um episódio de grande importância na formação dos arquitetos da época.

Entre os recursos, Bruand (1999) cita: o jogo de volumes verticais e horizontais (Figura 3-14); os panos de vidro da fachada sul (Figura 3-15) que correspondem ao dinamismo dos brises-soleil móveis da fachada norte; a ênfase dada à leveza do conjunto, devido a aplicação dos delgados pilotis; e a aplicação de materiais diferenciados, assim como obras de arte.

Cabe destacar a grande preocupação da equipe em criar um edifício integrado com a paisagem. Neste sentido, os arquitetos buscaram aproveitar a vista para a baía de Guanabara, direcionando a construção no sentido norte e sul; deslocaram o edifício do limite do terreno, já prevendo a construção e conseqüente interferência de futuros prédios e criaram uma grande esplanada no térreo, gerando continuidade espacial e valorização do terreno.



**Figura 3-14-Planta baixa e corte do MEC, 1936. Fonte: Bruand, 1999, p. 86**



**Figura 3-15-Fachada em vidro MEC, 1936.**

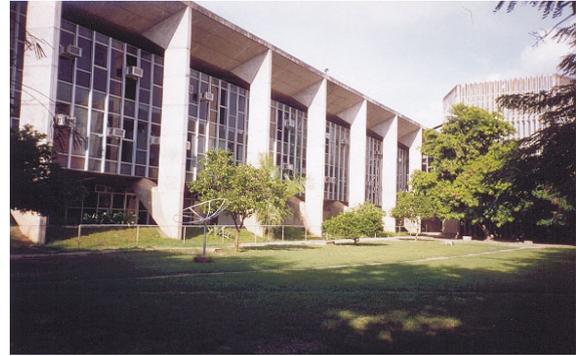
Pouco depois de sua inauguração, o novo Ministério obteve uma grande repercussão internacional, sendo denominado, em 1942, por Philip Goodwin como o “edifício mais avançado da América”. Goodwin, no catálogo *Brazil Builds*, destacava também o domínio do calor e da luz como a principal contribuição brasileira à arquitetura moderna (TINEM, 2002).

Holston (1993, p.102/103) comenta que a arquitetura modernista brasileira passou a ser saudada como símbolo mais visível do progresso, da industrialização, da independência e identidade nacional do Brasil como uma nação em via de se modernizar, sendo adotada pelos governos nos níveis federal, estadual e municipal. Constata-se isso na carreira política de Juscelino Kubitschek que, em 1960, inaugurou Brasília, cujos edifícios públicos de escritórios da época seguem as premissas modernistas. Com Brasília, houve a afirmação plena do movimento modernista (ACAYABA & FICHER, 1982, p.48) e o triunfo da plástica, principalmente através da obra de Oscar Niemeyer (BRUAND, 1999).

O modernismo foi aplicado em edifícios públicos de escritórios em várias cidades do Brasil a partir de 1960, e muitos princípios continuam sendo utilizados atualmente, como o *brise-soleil* (Figura 3-16) e as fachadas envidraçadas (Figura 3-17), utilizadas, muitas vezes, independentemente da orientação solar das superfícies.



**Figura 3-16-Edifício Petrobrás, Rio de Janeiro, 1968.**



**Figura 3-17- Centro administrativo, Teresina, década de 70.**

## **CAPÍTULO 4 - OS EDIFÍCIOS PÚBLICOS DE ESCRITÓRIOS DO PLANO PILOTO DE BRASÍLIA: CARACTERIZAÇÃO DAS FACHADAS E ELEMENTOS DE CONTROLE SOLAR**

Observou-se que o Brasil sofreu influência direta da Europa na concepção das fachadas dos edifícios públicos de escritórios, sendo Brasília o apogeu do Modernismo no Brasil. A cidade, por ser uma capital recente, não apresenta estilos variados em seus edifícios públicos de escritórios e, portanto, observam-se poucas variações nas fachadas.

Neste propósito, discorre-se, inicialmente, sobre a organização da cidade, a fim de se compreender a localização dos edifícios estudados, uma vez que são organizados segundo os princípios modernistas. A partir de então, tem-se seqüência com a explicação do procedimento de levantamento de campo e os dados obtidos para caracterização das fachadas e, especialmente, dos elementos de controle solar.

### **4.1. PROCEDIMENTOS DE ESTUDO**

#### **4.1.1. A localização dos edifícios públicos de escritórios no Plano Piloto de Brasília**

A criação de Brasília foi um processo lento que durou mais de duzentos anos e teve início a partir da necessidade de interiorização da capital durante o Período Colonial, por motivos de segurança e, principalmente, econômicos. O projeto de construção da nova capital iniciou-se somente no governo de Juscelino Kubitschek (1955), por fazer parte de seu plano de metas. O concurso para a elaboração do plano urbanístico da cidade foi ganho por Lúcio Costa e os edifícios públicos, do eixo Monumental, foram confiados ao arquiteto Oscar Niemeyer.

O projeto do Plano Piloto nasceu de um gesto primário, através do cruzamento de dois eixos, onde buscou adaptar-se à topografia, seguindo a melhor orientação e escoamento das águas (COSTA, 1995). A intenção era criar algo novo, diferente do existente, conferindo um caráter monumental, que o arquiteto considerava como necessário para uma capital.

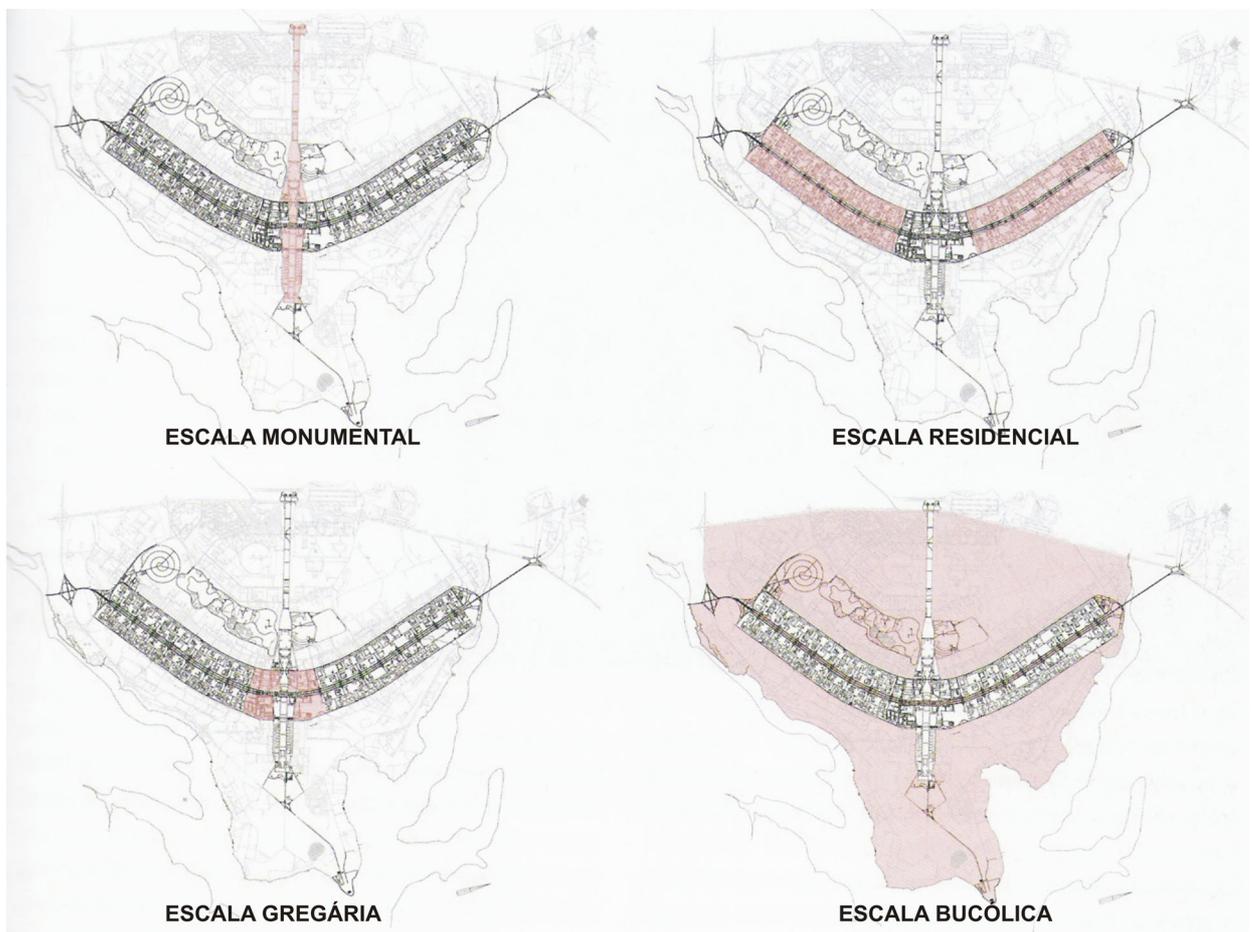
Para isso, adotaram-se as diretrizes da Carta de Atenas<sup>58</sup> (1933), privilegiando o automóvel, realizando o zoneamento funcional, limitando o tamanho das construções, concentrando-as

---

<sup>58</sup> Documento redigido por Le Corbusier, que continha as idéias discutidas no CIAM - Congresso Internacional de Arquitetura Moderna.

em cinturões verdes, eliminando a idéia de rua-corredor e criando vias de circulação sem cruzamentos com mudanças de níveis, etc.

Essas, dentre outras diretrizes, foram organizadas em quatro escalas (Figura 4-1): Residencial, Bucólica, Monumental e Gregária (COSTA, 1995). A escala Residencial é definida por 12 km no sentido norte-sul e abriga a superquadra, com gabarito uniforme. A escala Bucólica é marcada pela presença da área livre e verde, com o objetivo de oferecer um espaço de contemplação aos cidadãos. Já a escala Monumental corresponde ao Eixo Monumental, no sentido leste-oeste, indo da praça dos Três Poderes até a Rodoferroviária. Por fim, a escala Gregária, se compõe dos quatro cantos resultantes do cruzamento dos Eixos Monumental e Rodoviário, representando o centro da cidade e concentrando os setores de serviço.



**Figura 4-1- Escalas Monumental, Residencial, Gregária e Bucólica.**  
Adaptado de Pessoa, 2005, p. 83

A escala Residencial absorve o Setor de Habitação Coletiva Norte e Sul (SHCN/SHCS). Já a escala Monumental e a escala Gregária concentram, entre outras funções, os setores onde estão localizados os edifícios públicos de escritórios, conforme verificado em levantamento *in*

*loco*: Praça dos Três Poderes, Esplanada dos Ministérios, Praça Municipal, Setor Bancário Sul e Norte (SBS e SBN), Setor de Autarquias Sul e Norte (SAUN e SAUS), Setor Comercial Sul e Norte (SCS e SCN), Setor de Rádio e Televisão Sul (SRTVS), Setor Hoteleiro Sul (SHS) e Setor de Administração Federal Sul<sup>59</sup> (SAFS). Nos demais setores existem edifícios públicos, mas que não se destinam às atividades de escritórios ou que apresentam atividade de comércio no pavimento térreo.

Muitos desses edifícios foram projetados por Oscar Niemeyer, no período de inauguração da cidade, ou por arquitetos influenciados pelas idéias modernistas. Dessa forma, os edifícios públicos de escritórios apresentam uma leitura visual semelhante, onde através de um levantamento fotográfico, buscou-se caracterizar as fachadas e brise-soleils dos mesmos.

#### 4.1.2. Os edifícios analisados

Fez-se um levantamento fotográfico e quantitativo das fachadas dos 138 edifícios<sup>60</sup> públicos de escritórios (Figura 4-2) localizados nos setores apresentados anteriormente na escala Gregária e Monumental (Tabela 4-1), durante o mês de novembro de 2005, a fim de se obter informações para a caracterização das fachadas e brise-soleils utilizados.

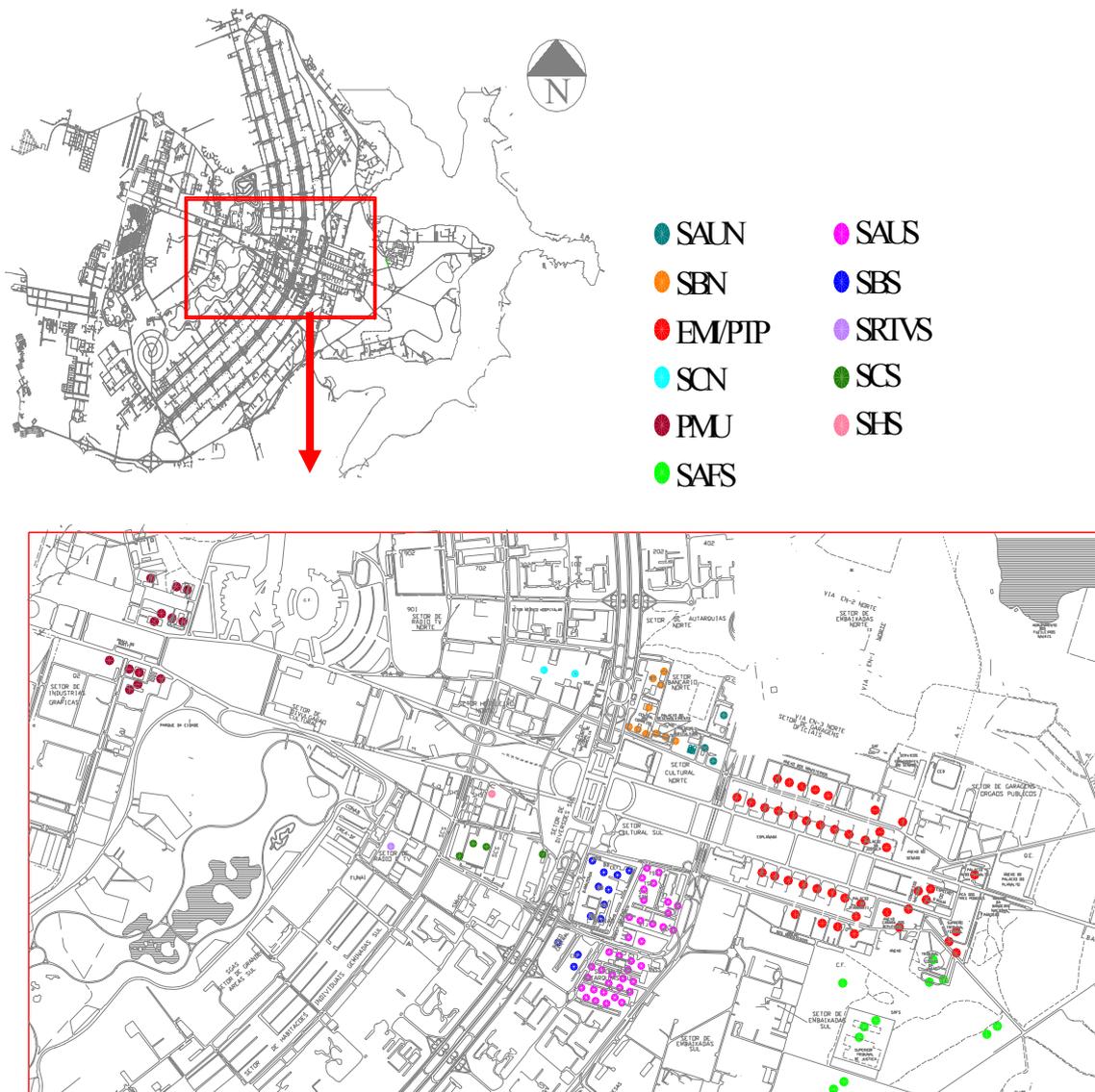
---

<sup>59</sup>Este setor na verdade localiza-se na Escala Bucólica, mas foi acrescentado à pesquisa pela proximidade com os demais e por seus edifícios serem representativos na cidade.

<sup>60</sup>Os 138 edifícios não representam a totalidade de edifícios existentes nas escalas Monumental e Gregária e sim o total escolhido para análise. O levantamento por meio de observação não foi possível em alguns edifícios, como os anexos do Senado e Palácio do Planalto, por exemplo.

**Tabela 4-1- Relação do número de edifícios públicos de escritórios estudados nos setores situados nas Escalas Gregária e Monumental do Plano Piloto de Brasília**

| SETOR   | Nº DE EDIFÍCIOS | SETOR                                  | Nº DE EDIFÍCIOS |
|---|-----------------|--|-----------------|
| Setor de Autarquias Norte (SAUN)                            | 4               | Setor de Autarquias Sul (SAUS)         | 38              |
| Setor Bancário Norte (SBN)                                  | 10              | Setor Bancário Sul (SBS)               | 12              |
| Praça dos Três Poderes/ Esplanada dos Ministérios (PTP/EMI) | 42              | Setor de Rádio e Televisão Sul (SRTVS) | 1               |
| Setor Comercial Norte (SCN)                                 | 2               | Setor Comercial Sul (SCS)              | 4               |
| Praça Municipal (PMU)                                       | 13              | Setor Hoteleiro Sul (SHS)              | 1               |
| Setor de Administração Federal Sul (SAFS)                   | 11              | <b>TOTAL</b>                           | <b>138</b>      |



**Figura 4-2- Localização dos edifícios estudados nas Escalas Gregária e Monumental, identificados por cores, conforme o setor no qual estão inseridos.**

#### 4.1.3. Obtenção dos dados

Considerando as variáveis arquitetônicas que interferem no conforto térmico e luminoso da edificação, apresentadas no capítulo 2, buscaram-se os seguintes dados:

- A **forma do edifício**, sendo consideradas as formas: quadrada, retangular, circular e irregular (que corresponde ao formato de H, cruz, curvada, etc.);
- **Orientação**, tomada como a orientação das fachadas envidraçadas de maior comprimento, coincidindo com a fachada principal no caso dos edifícios de forma quadrada. Essa foi obtida com o auxílio de uma bússola e em seguida feita a correção do Norte magnético. Considerou-se para cada ponto cardeal, um limite de abrangência de 22,5 graus do sentido horário e anti-horário<sup>61</sup>, como na figura abaixo (Figura 4-3):

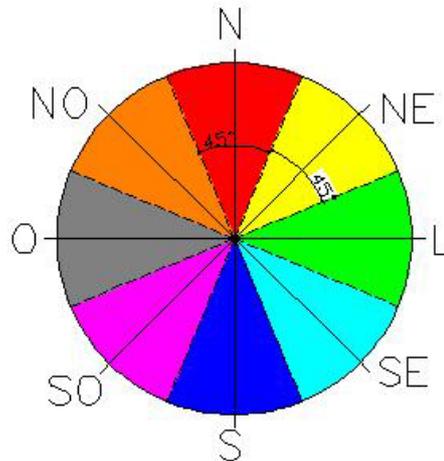


Figura 4-3- Limite de abrangência para cada orientação solar.

- **Altura** do edifício, considerando apenas os pavimentos expostos à radiação solar, sendo excluídos os subsolos;
- Os **materiais de revestimentos** dos fechamentos opacos, que foram acrescentados na tabela à medida que eram observados nas edificações.
- O **tipo de abertura** das esquadrias, classificando-as em: basculante, máximo-ar, guilhotina, correr e pivotante. Como o levantamento de campo é baseado na observação das fachadas, não foram medidas as angulações das aberturas;
- Os tipos de **elementos de proteção**, sendo considerados apenas os externos, que foram classificados em: *brise-soleils*, marquises<sup>62</sup> e coloração nos vidros<sup>63</sup>, uma vez que não

<sup>61</sup>Essa solução foi baseada em Ghisi et al (2005).

<sup>62</sup>Referindo-se às marquises, varandas e sacadas quando existentes.

se observaram nos edifícios os outros tipos, como os toldos e telas especiais. Nessa etapa de caracterização não se levou em consideração a vegetação;

- Observou-se também a presença de aparelhos de ar-condicionado nas fachadas, com o objetivo de exemplificar a utilização dos mesmos nos edifícios e a poluição visual gerada através da aplicação, muitas vezes, aleatória.

A fim de complementar as informações sobre os brise-soleils, elaborou-se uma planilha, baseando-se na classificação apresentada no capítulo 1. No entanto, devido à quantidade de edifícios, à dificuldade em se obter alguns dados através da observação e à necessidade de uma caracterização mais generalizada, parte dos itens não foi utilizada nessa etapa.

Inicialmente, indicou-se a quantidade de fachadas envidraçadas<sup>64</sup>, especificando quantas e qual a **orientação** das fachadas com os elementos de controle solar. Em seguida, especificou-se o tipo quanto à: **posição** do *brise-soleil* (horizontal, vertical ou misto), à sua **mobilidade** (fixo ou móvel), **dimensão** (finito e infinito) e a **cor**<sup>65</sup>.

A partir dos resultados do levantamento de campo foram calculados os percentuais indicativos da caracterização das fachadas e gerados os gráficos, através do programa Microsoft Excel.

## 4.2. CARACTERIZAÇÃO DAS FACHADAS DOS EDIFÍCIOS PÚBLICOS DE ESCRITÓRIOS DO PLANO PILOTO DE BRASÍLIA

### 4.2.1. Forma da edificação

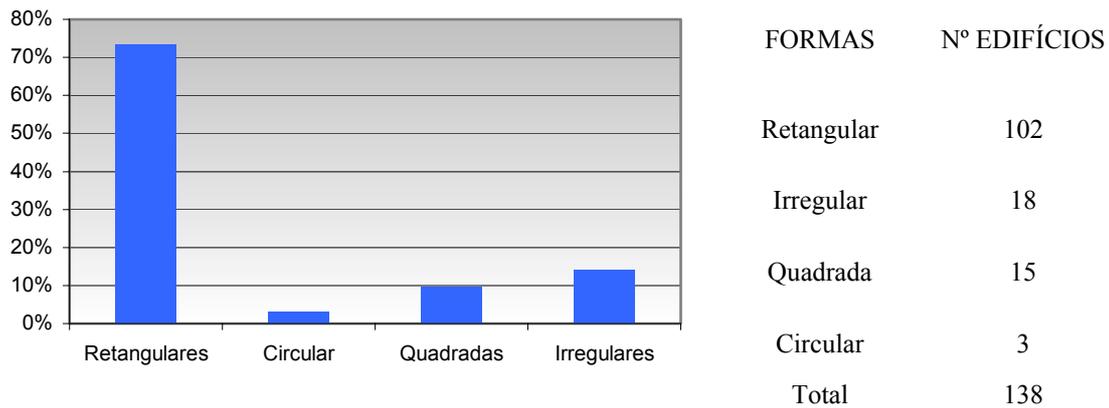
Na amostra estudada, predomina a forma retangular, representando 74% (102) dos casos, apresentando as fachadas maiores expostas à radiação. Aparecem em menor proporção as irregulares (13%-18), as quadradas (11%-15), onde algumas possuem um vão central, e as circulares (2%-3) (Figura 4-4).

---

<sup>63</sup> Não se fez distinção entre películas aplicadas no vidro ou vidro colorido devido à dificuldade encontrada no acesso às informações nas edificações, razão pela qual também não é especificada a cor predominante.

<sup>64</sup> Não foram consideradas como áreas envidraçadas as aberturas referentes aos banheiros e circulações, presentes nas empenas laterais dos edifícios de formato retangular.

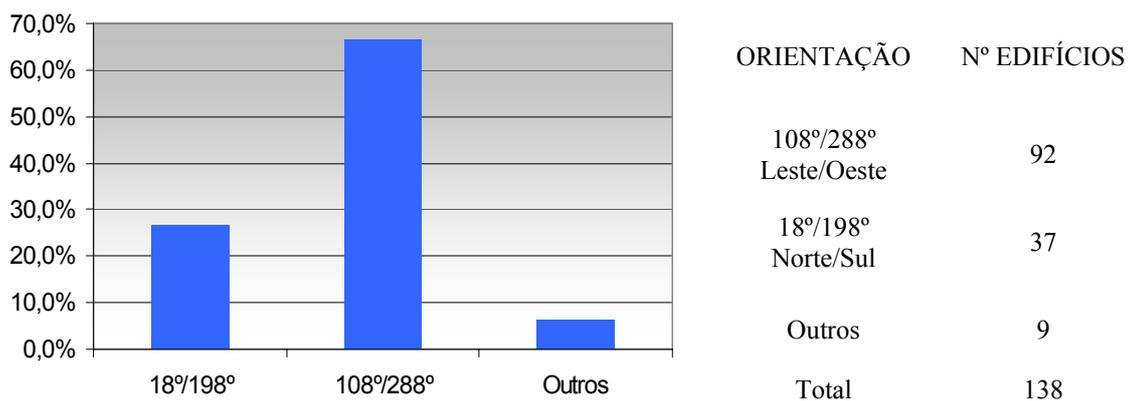
<sup>65</sup> Acrescentadas à tabela de acordo com a presença nos edifícios.



**Figura 4-4- Formas predominantes das edificações estudadas**

#### 4.2.2. Orientação solar

A orientação é uma variável de grande influência nas primeiras etapas da composição de um projeto, decidindo muitas vezes o partido ou a idéia arquitetônica a ser adotada. Os edifícios estudados, em sua maioria, foram implantados isoladamente e de forma paralela ou perpendicular ao Eixo Rodoviário e Monumental, não seguindo uma regra nem na Asa Sul nem na Asa Norte. Neste sentido, verificou-se a predominância de edifícios retangulares com fachadas opostas cujas orientações são: 108°/288° (Leste/Oeste) e 18°/198° (Norte/Sul), equivalendo a 66,7% (92) e 26,8% (37) dos casos estudados, respectivamente, e 6,5% (9) correspondendo às outras orientações, que se manifestam em exemplares unitários (Figura 4-5).



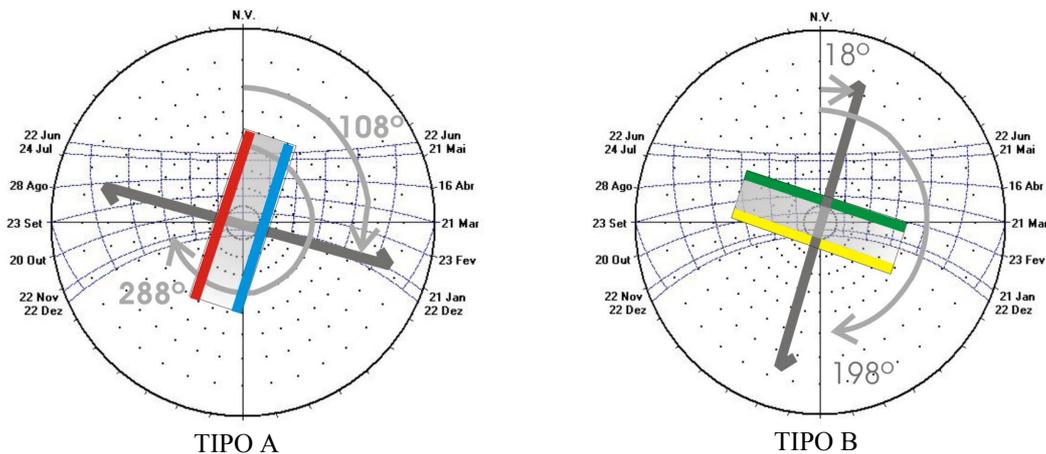
**Figura 4-5-Orientações predominantes nas edificações analisadas**

Desse modo, sobrepondo a forma da edificação predominante à carta solar<sup>66</sup>, conforme as orientações observadas (Figura 4-6), verifica-se que nos edifícios com orientação 108°/288°<sup>67</sup>

<sup>66</sup>Utilizou-se a carta solar produzida pelo Programa Luz do Sol (RORIZ, 1995).

<sup>67</sup>Denominaram-se os edifícios com fachadas opostas de orientações 108°/288° e 18°/198° de Tipo A e Tipo B, respectivamente, por serem os tipos predominantes e a fim de facilitar a compreensão.

(aproximadamente Leste/Oeste, denominado Tipo A), a fachada leste ( $108^\circ$ ) recebe a insolação durante toda a manhã ao longo do ano, sendo mais intensa nos meses de dezembro a fevereiro, onde o sol incide diretamente das 05h30min às 12h, aproximadamente. A fachada oeste ( $288^\circ$ ) recebe o sol da tarde durante todo o ano, principalmente nos meses mais frios, a partir das 11h.



**TIPO A** **TIPO B**  
**Figura 4-6- Orientações predominantes nos edifícios existentes.**  
 Adaptado do Programa Luz do Sol (RORIZ, 1995)

Já nos edifícios com orientação  $18^\circ/198^\circ$  (aproximadamente Norte/Sul, denominado Tipo B), na fachada sul ( $198^\circ$ ) a radiação difusa atinge as superfícies o dia inteiro durante o solstício de verão, recebendo radiação direta principalmente durante à tarde. A fachada norte ( $18^\circ$ ) se beneficia com a insolação nos meses mais frios do ano, mas, no entanto, no equinócio de outono recebe sol até às 15h.

Comparando os ganhos térmicos das edificações segundo suas orientações (Tabela 4-2), observa-se que no Equinócio de Outono (22/03), no Solstício de Verão (21/12) e no Equinócio de Primavera (22/09), o edifício Tipo A é o que recebe maior carga térmica. As fachadas daquele apresentam-se mais expostas à radiação direta, não acontecendo o mesmo com o edifício Tipo B, em cuja fachada sul ( $198^\circ$ ) a incidência de radiação é em grande parte do dia difusa. Somente no solstício de inverno acentua-se a radiação no edifício Tipo B, devido ao fato de que na fachada norte ( $18^\circ$ ) incide radiação solar o dia inteiro.

**Tabela 4-2- Radiação solar recebida nas fachadas dos edifícios nas orientações predominantes<sup>68</sup>**

| Orientação das fachadas |      | Quantidade de radiação solar (Wh/m <sup>2</sup> ) |                          |                              |                            |
|-------------------------|------|---|--------------------------|------------------------------|----------------------------|
|                         |      | Equinócio de Outono-22/03                         | Solstício de Verão-21/12 | Equinócio de Primavera-22/09 | Solstício de Inverno-21/06 |
| TIPO A                  | 108° | 2391  | 2574                     | 3556                         | 2327                       |
|                         | 288° | 2899  | 2085                     | 4338                         | 4360                       |
| TIPO B                  | 18°  | 2255  | 420                      | 3424                         | 6868                       |
|                         | 198° | 693   | 1926                     | 1016                         | 611                        |

Fonte: Programa Luz do Sol (RORIZ, 1995)

#### 4.2.3. Altura dos edifícios

O número de pavimentos apresenta-se de forma diversificada, com edifícios de 2 a 28 pavimentos. Predominam edifícios com 10 pavimentos, que correspondem a 17,4%, ou seja, 24 dos 138 edifícios estudados. Em seguida, destacam-se com 16,7% (23) os anexos constituídos de 2 pavimentos; já os edifícios com maior altura aparecem em menor quantidade, como os de 21 a 28 pavimentos, dos quais existem no máximo 3 exemplares (Tabela 4-3).

**Tabela 4-3- Porcentagem do número de pavimentos**

| Nº PAVIMENTOS | Nº EDIFÍCIOS | %    | Nº PAVIMENTOS | Nº EDIFÍCIOS | %   |
|---------------|--------------|------|---------------|--------------|-----|
| 2             | 23           | 16,7 | 14            | 1            | 0,7 |
| 3             | 14           | 10,1 | 15            | 3            | 2,2 |
| 4             | 7            | 5,1  | 16            | 2            | 1,4 |
| 5             | 19           | 13,8 | 18            | 1            | 0,7 |
| 6             | 2            | 1,4  | 19            | 3            | 2,2 |
| 7             | 2            | 1,4  | 20            | 2            | 1,4 |
| 8             | 4            | 2,9  | 21            | 1            | 0,7 |
| 9             | 2            | 1,4  | 22            | 1            | 0,7 |
| 10            | 24           | 17,4 | 24            | 3            | 2,2 |
| 11            | 8            | 5,8  | 25            | 1            | 0,7 |
| 12            | 9            | 6,5  | 26            | 1            | 0,7 |
| 13            | 3            | 2,2  | 28            | 2            | 1,4 |

#### 4.2.4. Materiais de revestimento

Entre os materiais de acabamentos utilizados, 60,1% (83) dos edifícios apresentam o concreto aparente em suas fachadas, principalmente nos volumes de circulação vertical e nas empenas laterais. Constatou-se também a aplicação de outros materiais como: cerâmica (23,2%-32), pastilha (13%-18), pintura (18,1%-25), pedras (39,9%-55), cobogós cerâmicos ou em concreto (2,2%-3) e chapas de alumínio (2,2%-3). Estes são, em alguns casos, mesclados com o concreto aparente ou entre si (Figura 4-7). Portanto, um mesmo edifício pode apresentar vários tipos de acabamento.

<sup>68</sup>Foram consideradas as nebulosidades indicadas pelo INMET para cada mês.

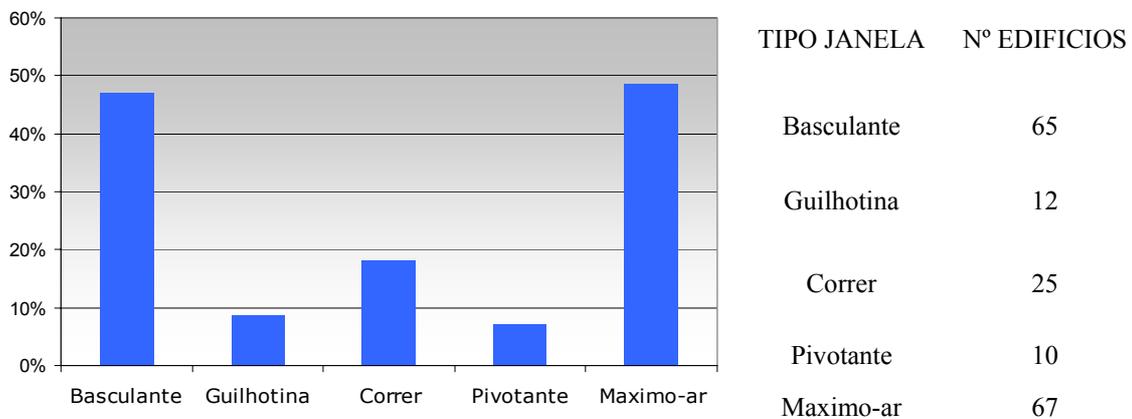
Com esses dados, verifica-se também que predomina a cor de concreto nas fachadas.



**Figura 4-7- Exemplo de materiais de acabamento- Anexo 4 da Câmara dos Deputados e Tribunal de Contas de DF, em concreto e mármore, respectivamente.**

#### 4.2.5. Tipos de aberturas

Quanto ao sistema de abertura, predominam as janelas com rotação em torno do eixo horizontal do tipo basculante e máximo-ar, em 47% e 49% dos edifícios, respectivamente, sendo fixa a maior parte envidraçada das fachadas. Alguns edifícios apresentam mais de um tipo de janela, que são orientadas principalmente para Leste/Oeste (Figura 4-8). Não foram observados outros tipos de aberturas.



**Figura 4-8-Tipos de aberturas predominantes**

#### 4.2.6. Elementos de controle solar

No levantamento, observou-se que, dos 138 edifícios estudados, 60,9% (84) possuem duas fachadas envidraçadas e 34,1% (47) apresentam quatro fachadas, de acordo com a forma adotada. Do total, 73,2% (101) possuem algum tipo de controle solar, brise (58%- 80) ou marquise (20,3%- 28) e, entre esses, 5% (7) apresentam os dois tipos de proteção.

Considerando-se o total de fachadas envidraçadas (369 fachadas), **57,2% (211 fachadas) encontram-se protegidas por marquises (30,3% - 64) e brises (69,7%- 147).** Porém, em

alguns casos, a eficiência das marquises é comprometida, uma vez que as mesmas estão colocadas no último pavimento ou até o segundo, não tendo efeito sobre os pavimentos inferiores e superiores, respectivamente.

Entre as fachadas resguardadas por brises, a oeste apresenta a maior porcentagem de utilização de elementos de controle solar (Figura 4-9), com 45,6% (67), sendo a sul a fachada menos protegida, com 10,2% (15).

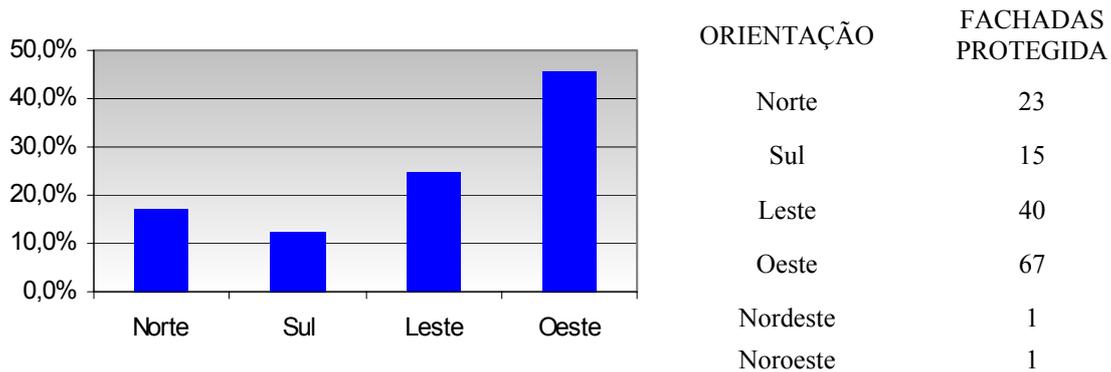


Figura 4-9- Orientação das fachadas protegidas

**Prevaecem os brises verticais (55,1% - 81)** (Figura 4-10), seguidos pelos mistos (32% - 47) e horizontais (12,9%- 19) (Figura 4-11). **O brise vertical é utilizado em grande proporção em todas as orientações, com exceção da leste, onde predomina o brise misto.** Isso se deve aos anexos dos ministérios considerados em formato de “H”, que apresentam duas fachadas orientadas para leste e duas para oeste, influenciando bastante os valores percentuais.

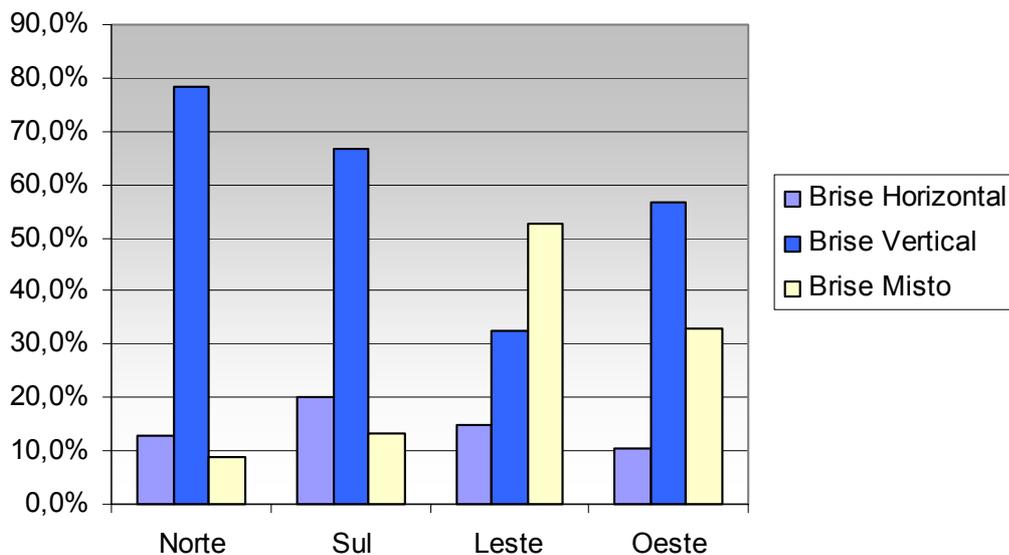


Figura 4-10- Predominância dos brises de acordo com a orientação da fachada

**Do total, 47,6% dos brises são móveis (70) e 52,4% fixos (77).** Entre os brises, a cor concreto se sobressai, com 41,5% (61), correspondente aos brises fixos, pois os móveis apresentam cores variadas, sendo a cor alumínio mais frequente, com 21,1% (31). É importante notar que o concreto aparente desgasta-se e escurece com o tempo, aumentando sua absorvância e, portanto, a absorção de calor.



**Figura 4-11-Exemplos dos tipos de brises dos edifícios estudados - vertical, horizontal e misto**

Os brises em sua maioria são infinitos (42%-58) e em menor escala finitos (15%-21).

Observou-se que, para a proteção das fachadas que possuem ou não protetores solares, existem ainda, em 84,8% dos edifícios (117), diversas colorações nos vidros<sup>69</sup>.

#### 4.2.7. Outras observações

Nota-se ainda a presença de aparelhos de ar-condicionado, onde 52,2% dos edifícios apresentam aparelhos de janela ou condensadores de split em suas fachadas. Assim como a aplicação de papelão, papel alumínio e outros materiais aplicados pelo usuário (Figura 4-12), inclusive nos edifícios dos Ministérios.



**Figura 4-12- Aparelhos de ar-condicionado e improvisado nas fachadas**

<sup>69</sup>Nos edifícios cujas fachadas encontram-se totalmente encobertas por brises, como o MEC, BRB e CEF no Setor Bancário Sul, não foi possível verificar a coloração nos vidros, pois os brises permaneceram fechados durante o levantamento, impedindo a visão.

#### 4.3. CONSIDERAÇÕES SOBRE A CARACTERIZAÇÃO DOS EDIFÍCIOS PÚBLICOS DE ESCRITÓRIOS DO PLANO PILOTO DE BRASÍLIA

Com este levantamento, traça-se um breve perfil dos edifícios públicos de escritórios no Plano Piloto de Brasília, no que diz respeito ao tratamento externo dos mesmos, e verificam-se alguns resultados indesejados diante das estratégias indicadas no capítulo 2.

Pode-se observar que o gabarito de 10 pavimentos domina a estatura das edificações, reduzindo as superfícies horizontais que recebem maior carga térmica. No entanto, a forma encontrada com maior frequência é a retangular, cujas fachadas maiores são orientadas, predominantemente, para leste/oeste, acarretando em maiores ganhos térmicos.

Esses são realçados também com o uso excessivo de vidro nas envoltentes verticais. Embora se verifique uma significativa porcentagem de edifícios com algum tipo de controle solar, o número de fachadas envidraçadas protegidas apresenta-se pequeno, diante dos efeitos térmicos e luminosos negativos produzidos pelo uso do vidro<sup>70</sup>.

Entre as fachadas protegidas, os brises são os elementos de controle solar mais utilizados. No entanto, são aplicados independentemente da orientação. O brise vertical, por exemplo, é dominante em quase todas as orientações o que constitui um ponto negativo, uma vez que o mesmo pode ser inadequado. Este fato é agravado pela ocorrência de brises fixos em sua maioria, impedindo a interação do usuário e o controle da radiação indesejada.

Percebe-se também uma grande aplicação de coloração nos vidros, seja por questões lumínicas ou térmicas, acarretando, com o uso muitas vezes inadequado da cor, o aumento das temperaturas internas e da necessidade de iluminação artificial.

Diante dos dados expostos, essa caracterização mostra a necessidade de proteção das fachadas e justifica as intenções deste trabalho no que diz respeito ao brise-soleil, de modo a contribuir com subsídios para diretrizes para os projetos existentes e futuros, melhorando as condições de conforto ambiental nos espaços de trabalho.

---

<sup>70</sup> Como o efeito estufa, contrastes, ofuscamentos, etc.

## CAPÍTULO 5 - A EFICIÊNCIA DO BRISE-SOLEIL: ESTUDO DE CASOS

A fim de verificar a eficiência dos brises predominantes para as orientações observadas, Leste/Oeste (108°/288°) e Norte/Sul (18°/198°), conforme o capítulo anterior, neste capítulo é realizada uma análise de alguns edifícios específicos selecionados para isto.

Inicialmente, faz-se uma breve explicação sobre os procedimentos adotados na escolha dos edifícios e dados observados nos mesmos.

### 5.1. PROCEDIMENTO DE ESTUDO

#### 5.1.1. A escolha dos edifícios para análise – Estudo de caso

Os edifícios foram selecionados pela representatividade arquitetônica para a cidade de Brasília e para o Brasil e pela repetição do tipo de brise-soleil aplicado<sup>71</sup>, que, dependendo da especificação, pode comprometer a produtividade e a qualidade de vida de grande número de funcionários, assim como provocar maior consumo energético. Levou-se em consideração também a facilidade em se obter as informações e materiais necessários. Desta maneira, foram selecionados quatro edifícios, que são apresentados na Tabela 5-1:

**Tabela 5-1-Os edifícios selecionados para estudo de casos segundo a orientação e os brises predominantes**

| FACHADA      | EDIFÍCIO                         | BRISE PREDOMINANTE | REPETIÇÃO <sup>72</sup> (%) |
|--------------|----------------------------------|--------------------|-----------------------------|
| 18° - Norte  | Anexo I do Senado                | Vertical           | 78,3                        |
| 198° - Sul   | Anexo II da Câmara dos Deputados | Vertical           | 66,7                        |
| 288° - Oeste | Ministério do Meio Ambiente      | Vertical           | 55,9                        |
| 108° - Leste | Anexo do Ministério da Saúde     | Misto              | 51,2                        |

#### 5.1.2. Obtenção dos dados

Foram realizadas visitas aos edifícios escolhidos em horários e dias diferentes, onde se buscou informações<sup>73</sup> por meio:

<sup>71</sup> Os brises são muitas vezes copiados com as mesmas dimensões e aplicados em prédios distintos.

<sup>72</sup> A porcentagem representa o total do brise predominante com relação aos outros tipos de brise aplicados naquela orientação, por exemplo, dos 100% dos brises existentes na fachada sul, 66,7% são verticais.

<sup>73</sup> Segue em anexo a planilha detalhada com os dados buscados.

- Dos usuários, por entrevistas informais em cada edifício com uma média de catorze pessoas em duas salas distintas, inclusive em pavimentos diferentes, para que não houvesse interferência nas respostas;
- Da equipe de manutenção, para recolher informações sobre os problemas mais freqüentemente verificados nos brises, assim como a própria freqüência da manutenção;
- De observações e medidas in-loco das dimensões dos brises existentes, com as quais se procurou caracterizá-los segundo: controle solar, à posição, à mobilidade, ao uso e manutenção, à dimensão, ao posicionamento em relação ao alinhamento da fachada e às características dos materiais, fazendo uso de fotografias para auxiliar nas dúvidas surgidas;
- De desenhos arquitetônicos originais (quando existentes) e digitalizados, para observar as medidas e especificações e conferir com as medidas in-loco.

### 5.1.3. Instrumento de análise<sup>74</sup>

Neste capítulo faz-se uso da carta solar como instrumento de análise, avaliando a eficiência de controle solar dos brises de acordo com a necessidade de sombreamento de cada orientação das fachadas.

Vale ressaltar que, no caso dos brises móveis, foram consideradas para efeito de análise apenas três angulações: 90° em relação à fachada, que corresponde ao brise totalmente aberto; 45° inclinado no sentido horário e 45° no sentido anti-horário.

São consideradas as interferências do entorno, tais como elementos da estrutura, no sombreamento do edifício.

Os demais dados com relação aos brises são avaliados baseando-se no referencial bibliográfico sobre o assunto, como as características dos materiais.

---

<sup>74</sup> Baseou-se em vários trabalhos sobre o assunto, como Atem (2003).

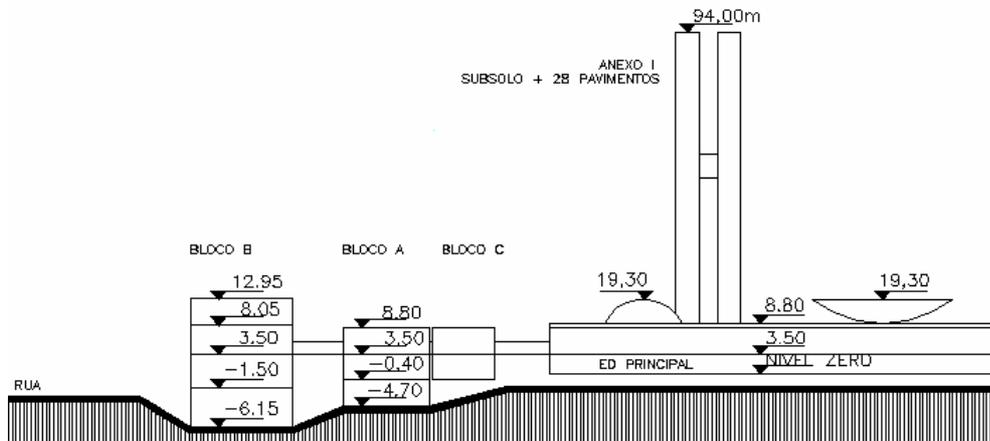
## 5.2. ESTUDO DE CASOS

### 5.2.1. Estudo de caso 1: Anexo I do Senado - Fachada Norte e brise-soleil vertical

#### 5.2.1.1. Caracterização do edifício e elemento de controle solar

O Anexo I do Senado, uma das torres do Palácio do Congresso, foi projetado pelo arquiteto Oscar Niemeyer e inaugurado em 1960, junto com a nova capital. Para conceber o conjunto, o arquiteto visitou os edifícios no Rio de Janeiro com o objetivo de obter um programa de necessidades, uma vez que os prazos para inauguração da cidade exigiam uma elaboração rápida do projeto, dificultando um estudo detalhado. As áreas existentes foram multiplicadas por três, estimando a proporção do futuro Congresso (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2005).

Como resultado, o Anexo I do Senado, juntamente com o anexo I da Câmara, rompem a horizontalidade marcante no Eixo Monumental por meio dos seus 28 pavimentos acima do nível do solo totalizando 94 m de altura (Figura 5-1). O edifício foi executado com estrutura metálica e as superfícies de vedação são revestidas com mármore branco nas orientações leste e oeste e vidro na direção norte e sul.



**Figura 5-1- Esquema das alturas do Congresso Nacional**

Essas duas últimas possuem 45 m de comprimento, onde foi aplicado vidro comum transparente de 6 mm com perfil metálico na cor cinza. As janelas existentes são do tipo basculante para dentro e para fora, na parte inferior e superior (70 cm de altura), respectivamente. A fachada sul (Figura 5-2) possui o Anexo I da Câmara dos Deputados como anteparo à radiação solar, ao passo que a superfície norte (Figura 5-3), onde estão distribuídos os escritórios, não possui obstruções no entorno (Figura 5-4).



Figura 5-2- Fachada sul do Anexo I do Senado:  
Anexo I da Câmara como anteparo



Figura 5-3- Fachada Norte (18°)

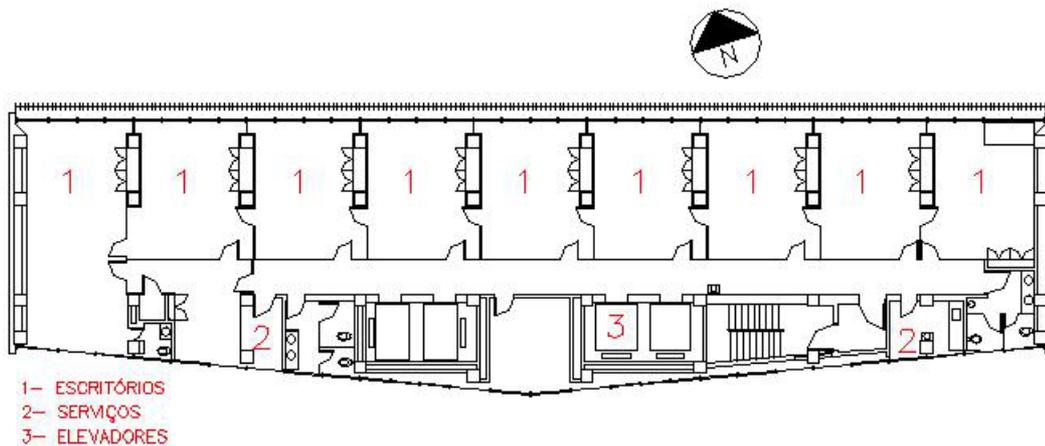
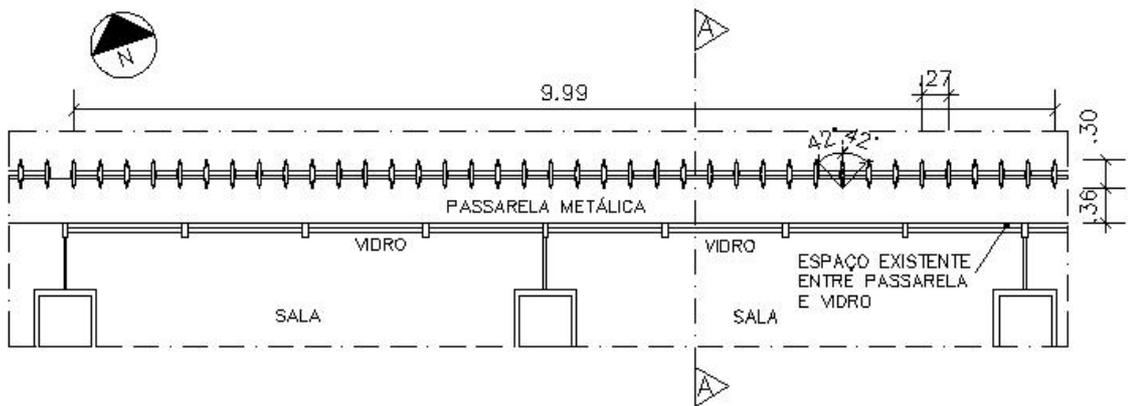


Figura 5-4- Planta baixa pavimento tipo

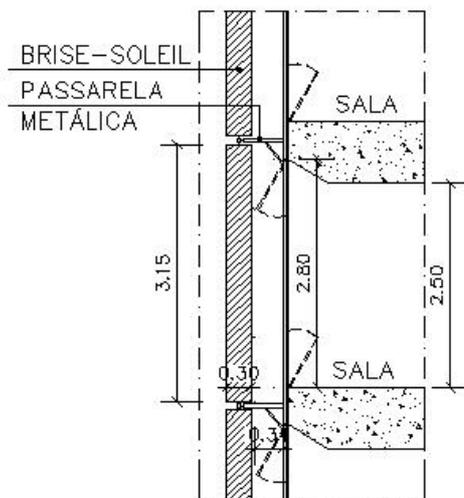
Ao longo do tempo, a radiação solar que atingia a fachada norte fez com que multiplicassem de forma indiscriminada os aparelhos de ar-condicionado, que apresentam manutenção onerosa e seqüelas indesejáveis na estética do edifício, além de afetar a segurança do mesmo devido à sobrecarga de suas instalações elétricas. Dessa forma, em 1985, foi acrescentado um sistema de brise-soleil, que havia sido cogitado na época da construção, mas foi descartado em virtude dos prazos e verbas.

O produto foi fornecido pela empresa Hunter Douglas e consiste em um sistema de brises em alumínio, incluindo passarelas metálicas a cada pavimento com 45 cm de profundidade e 36 cm de espaço livre quando as lâminas encontram-se totalmente abertas. Entre as passarelas e a superfície envidraçada, existe um espaço de 5 cm referente à estrutura metálica na qual a primeira é fixada (Figura 5-5).

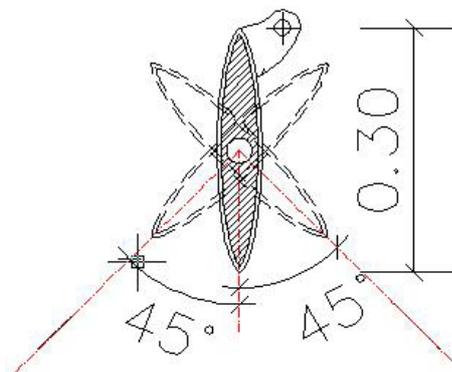
O sistema proposto, denominado Termobrise, é constituído por conjuntos de lâminas verticais móveis de seção elíptica, construídas com finas chapas de alumínio estruturadas por um miolo compacto em poliuretano expandido. As lâminas, pintadas na cor cinza gray, possuem 30 cm de largura e 3,15 m de altura, distinguindo-se como brise infinito (Figura 5-6). O movimento ocorre em um conjunto de 37 lâminas, agrupadas em um perfil horizontal, onde a angulação possível é de até 45° à direita e à esquerda da normal com a fachada (Figura 5-7).



**Figura 5-5- Planta baixa representativa da distribuição dos brises**



**Figura 5-6- Corte esquemático da posição dos brises verticais**



**Figura 5-7- Detalhe do perfil e possibilidade de movimento**

A grande inovação introduzida na obra do Congresso foi o acionamento automático por intermédio de células fotoelétricas, orientando automaticamente as lâminas segundo o nível de incidência solar. Existe também a opção de controle elétrico, na qual os motores são controlados manualmente através de uma caixa de comando localizada no interior do edifício,

em um total de cinco por pavimento<sup>75</sup>. A caixa mede 16x14 cm e está a 1.10m do piso (Figura 5-8 e Figura 5-9).



**Figura 5-8- Caixa de comando fixa na estrutura metálica**



**Figura 5-9- Botões de controle da caixa de comando**

A empresa responsável pela manutenção possui uma sala no edifício, realizando reparos diariamente, tais como em pinos de movimento desgastados, além da revisão do motor e sistema elétrico, que sofrem com o processo de oxidação. Já a limpeza e lubrificação das peças são realizadas mensalmente. As células fotoelétricas, por sua vez, deixaram de ser produzidas pela Hunter Douglas, gerando dificuldades para as substituições.

Na parte interna, as divisórias e o forro são brancos, o piso é de granito cinza andorinha, os móveis são na cor creme e as persianas verticais variam de cor (cinza ou creme) conforme a localização da sala (Figura 5-10). O edifício possui central de ar-condicionado, com controles individuais, onde os funcionários muitas vezes desligam por estar muito frio, abrindo a janela para circulação de ar. A iluminação artificial, ao contrário, permanece acesa o dia inteiro, independentemente da iluminação natural disponível.

<sup>75</sup> Existe uma caixa de comando para cada duas salas, referente ao espaço ocupado pelas 37 lâminas.

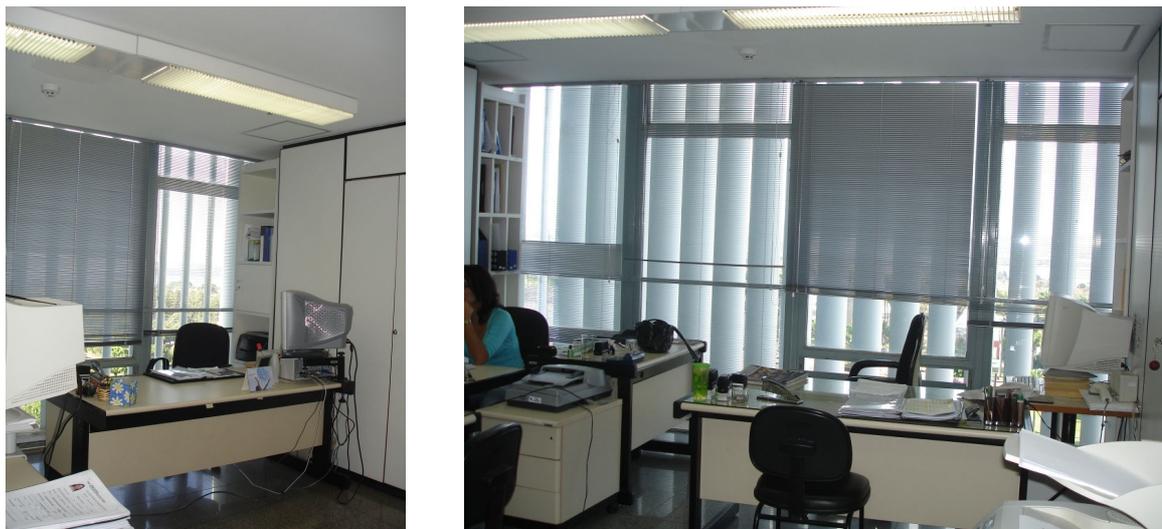


Figura 5-10- Imagens internas

#### 5.2.1.2.A eficiência do brise-soleil

##### A. Controle solar

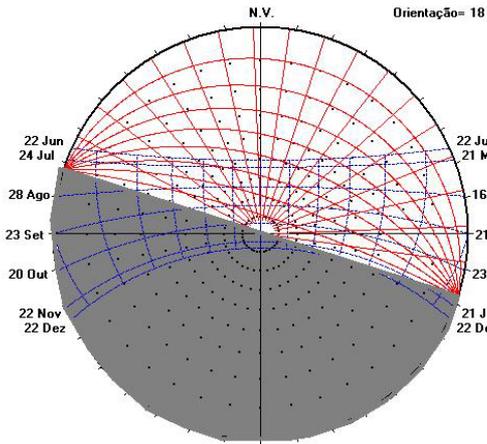
A fachada norte ( $18^\circ$ ) recebe radiação solar durante todo o dia, principalmente no solstício de inverno (21/06), correspondente à época mais fria. Nos equinócios (22/03 e 22/09), o sol incide do início da manhã até às 14h30min e no solstício de verão a fachada recebe apenas 2 h de radiação direta pela manhã (Figura 5-11). Dessa forma, os maiores ganhos térmicos registram-se no solstício de inverno (21/06) e equinócio de primavera (22/09) (Tabela 5-2). A radiação solar incidente, apresentada na tabela 5-2, foi calculada pelo programa Luz do Sol, utilizando-se os valores de nebulosidade apresentados pelas Normais Climatológicas (1992).

De acordo com o confronto realizado através das isopleias de temperatura e os dados de Maciel (2002), o período onde há necessidade de sombreamento corresponde ao intervalo de 11h da manhã às 17h, com exceção do meses de maio a julho, quando se inicia a partir das 12h, devido às baixas temperaturas pela manhã e a necessidade de aquecimento solar passivo (Figura 5-12).

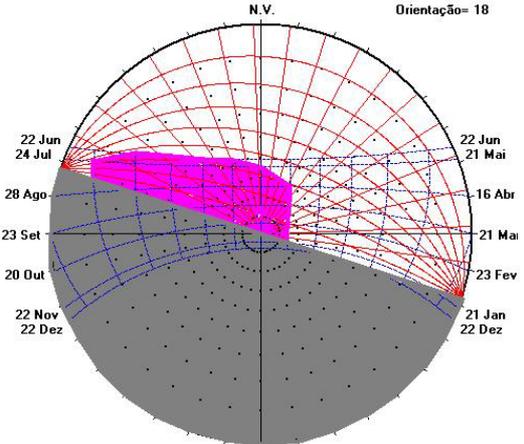
Tabela 5-2- Radiação solar ( $\text{Wh/m}^2$ ) no plano vertical orientado para Norte

| Fachada sul<br>$18^\circ$ | Radiação solar ( $\text{Wh/m}^2$ ) |                               |                                   |                                 |
|---------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
|                           | Equinócio de outono<br>(22/03)     | Solstício de verão<br>(21/12) | Equinócio de primavera<br>(22/09) | Solstício de inverno<br>(21/06) |
|                           | 2255                               | 420                           | 3429                              | 6868                            |

Fonte: Programa Luz do Sol (RORIZ, 1995)



**Figura 5-11- Carta solar para a fachada norte.**  
Adaptado do Programa Luz do Sol (RORIZ,  
1995)



**Figura 5-12- Sobreposição da necessidade de sombreamento à carta solar.**  
Adaptado do Programa Luz do Sol (RORIZ,  
1995)

O brise vertical estende-se em 100% da fachada norte, uma vez que ocupa toda sua superfície, permitindo um movimento milimétrico que pode ser definido pelo usuário. Dessa forma, segue-se com a análise:

#### *Brise-soleil com abertura total*

O brise vertical exerce controle da radiação solar a partir das 12h30min nos equinócios, entre 11h e 12h no mês de janeiro e novembro e após as 13h no solstício de inverno. O intervalo de 11h às 12h30min, aproximadamente, permanece sem proteção solar de meados de fevereiro a setembro (Figura 5-13 e Figura 5-14). Neste intervalo de tempo, a passarela metálica também protege a superfície envidraçada do sol, mas somente no mês de fevereiro e outubro (Figura 5-15 e Figura 5-16).

O brise também bloqueia a radiação solar do início da manhã no solstício de inverno, época em que as temperaturas são baixas e ocorre o desconforto por frio, sendo essa proteção, portanto, desnecessária e inadequada.

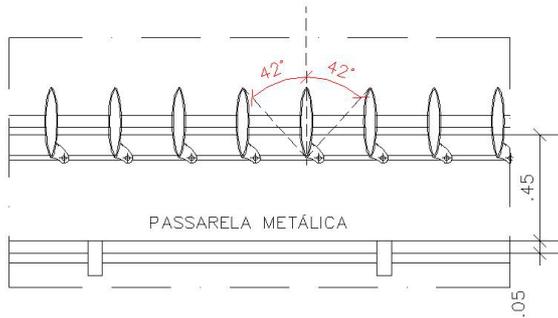


Figura 5-13- Brise vertical com abertura total,  $\beta_d = \beta_e = 42^\circ$

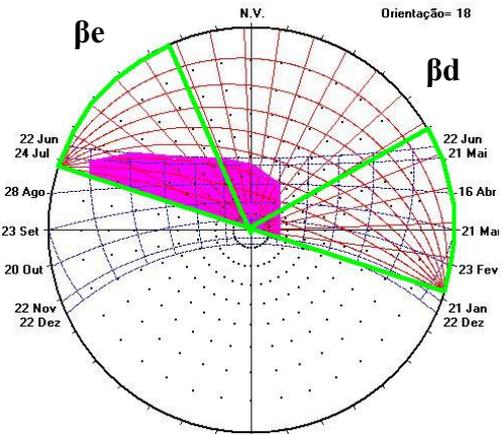


Figura 5-14- Máscara de sombra obtida pelo brise vertical com abertura total. Adaptado do Programa Luz do Sol (RORIZ, 1995)

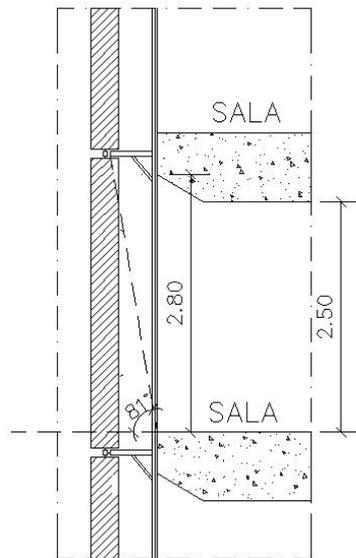


Figura 5-15- Proteção solar exercida pela passarela

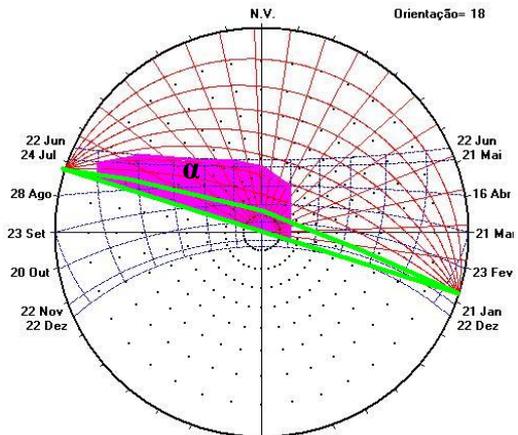
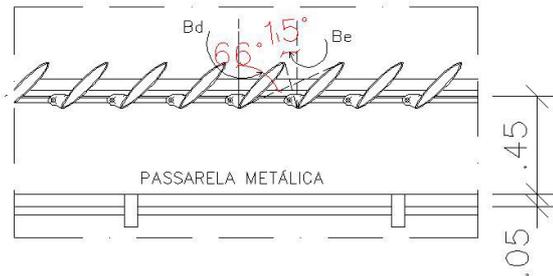


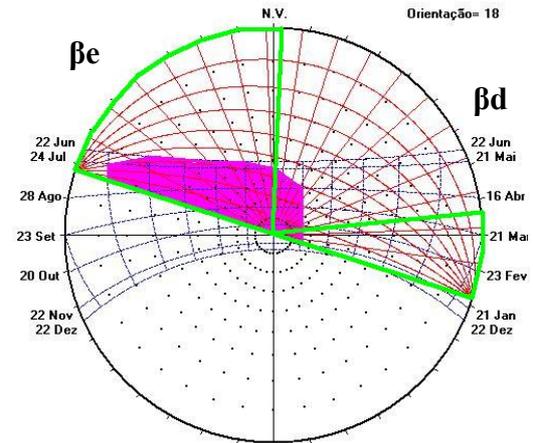
Figura 5-16- Máscara de sombra gerada pela passarela horizontal, onde  $\alpha = 81^\circ$ . Adaptado do Programa Luz do Sol (RORIZ, 1995)

*Inclinação de 45° no sentido horário*

Nessa situação, onde  $\beta_d = 66^\circ$  e  $\beta_e = 15^\circ$ , tem-se proteção integral à tarde, a partir das 12h em todos os meses onde há incidência direta do sol. No entanto, o período de 11h às 12h, no qual foi identificado necessidade de sombreamento, praticamente permanece sem bloqueio dos raios solares (Figura 5-17 e Figura 5-18). Diante disso, as persianas internas são fechadas, conforme verificado e também descrito pelos usuários, exigindo o uso da iluminação artificial.



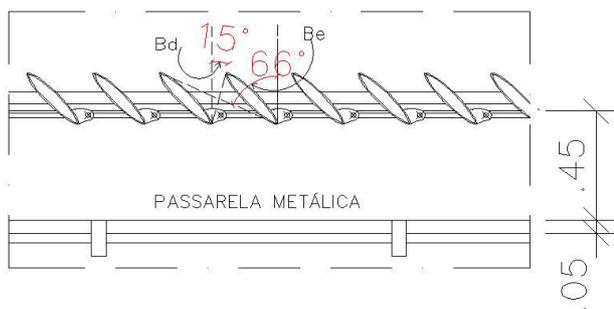
**Figura 5-17- Brise vertical com abertura no sentido horário, onde  $\beta_d= 66^\circ$  e  $\beta_e= 15^\circ$**



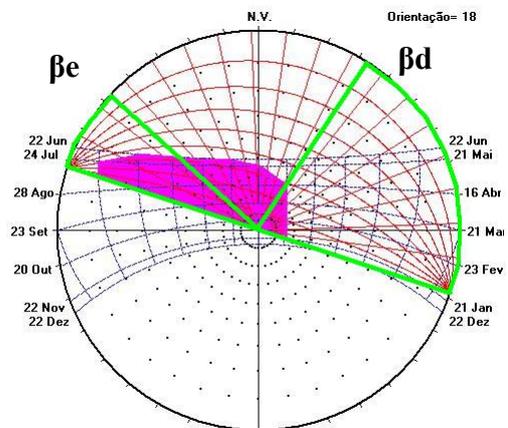
**Figura 5-18- Máscara de sombra gerada pelo brise vertical inclinado no sentido horário. Adaptado do Programa Luz do Sol. (RORIZ, 1995)**

*Inclinação de 45° no sentido anti-horário*

No sentido anti-horário, onde  $\beta_d=15^\circ$  e  $\beta_e=66^\circ$ , o brise vertical bloqueia o sol no solstício de inverno do início da manhã até 10h30min aproximadamente, impedindo o aquecimento dos ambientes quando as temperaturas são baixas. Já no intervalo de 13h às 15h, quando necessita-se de proteção, essa é inexistente, ocorrendo o mesmo nos equinócios entre 11h e 13 h (Figura 5-19 e Figura 5-20).



**Figura 5-19- Brise vertical com abertura no sentido anti-horário, onde  $\beta_d= 15^\circ$  e  $\beta_e= 66^\circ$**



**Figura 5-20- Máscara de sombra gerada pelo brise vertical inclinado no sentido horário. Adaptado do Programa Luz do Sol (RORIZ, 1995)**

**B. Posição e dimensão**

Pode-se observar, dentre as angulações estudadas, que o brise vertical infinito aplicado neste edifício não cumpre adequadamente sua função, tendo em vista que sempre existirá um horário no período desejado e necessário no qual não ocorre o sombreamento, mesmo com o auxílio do controle solar exercido pela passarela. O usuário tem que orientar o brise em várias

direções ao longo do dia e ainda utilizar a persiana interna, a fim de barrar ou receber o sol conforme esteja frio ou quente.

### C. Mobilidade, uso e manutenção

Houve, neste edifício, um grande interesse em oferecer um brise flexível e de bom desempenho. No entanto, devido à existência de muitas células fotoelétricas com problemas o sistema automático de controle solar não atende adequadamente à necessidade de sombreamento, conforme os usuários entrevistados nas visitas ao local (Figura 5-21). Observam-se também lâminas danificadas e sem manutenção, impossibilitadas de movimento (Figura 5-22).

Neste contexto, os usuários preferem o sistema elétrico pela facilidade de controlar a radiação solar conforme a frequência necessária, movendo as lâminas até três vezes ao dia.



**Figura 5-21- Célula fotoelétrica danificada**



**Figura 5-22- Lâmina quebrada**

Outra dificuldade encontrada e apontada pelos funcionários locais é a movimentação de 37 lâminas simultaneamente, pois correspondem a duas salas distintas. Nesse sentido, uma solução adotada por uma sala com determinado layout, por exemplo, tem interferência em outra sala, cujas necessidades dos usuários podem ser díspares. Como consequência, muitas vezes o brise permanece sem movimento, enquanto as persianas internas são fechadas ou abertas (Figura 5-23).

No que se refere à manutenção, deve-se destacar a dificuldade de acesso aos brises, uma vez que esse é feito pela janela basculante inferior e pela passarela, cujo espaço livre para circulação é de apenas 36 cm, quando os brises estão abertos (Figura 5-24).



**Figura 5-23- Persianas fechadas principalmente pela manhã**



**Figura 5-24- Passarela para manutenção**

Embora reclamem dos problemas freqüentes, inclusive no sistema elétrico e na demora da manutenção, os usuários entrevistados, em sua maioria, declaram-se satisfeitos com o sistema de brise existente, inclusive no que diz respeito à integração interior-exterior. É possível obter-se uma magnífica vista do lago e do horizonte até mesmo de alguns ângulos quando as lâminas estão fechadas, devido ao espaçamento de 14 cm que fica entre as lâminas.

#### D. Posicionamento do brise em relação ao alinhamento da fachada

Embora o brise-soleil esteja afastado 36 cm da superfície envidraçada (quando o brise-soleil encontra-se totalmente aberto), a passarela metálica existente apresenta-se distante apenas 5 cm da mesma, dificultando a circulação do ar entre os pavimentos e o possível resfriamento do plano vertical.

No interior das salas não existem aberturas para saídas de ar, mas os dutos de ar-condicionado funcionam como exaustores e é possível sentir ventilação no local.

#### E. Características dos materiais<sup>76</sup>

O brise existente foi pintado na cor cinza que possui absorvância de 0,40, representando um valor aceitável se comparado com uma superfície branca, cuja absorvância é entre 0,2 e 0,30. Vale ressaltar a contribuição dessa cor na iluminação interna, uma vez que o brise cinza reflete luz para o interior, que é distribuída uniformemente devido às cores claras aplicadas nas paredes, no mobiliário e no forro.

No que se refere à emissividade ( $\epsilon$ ), como a tinta é automotiva o valor é semelhante a do alumínio fosco que corresponde ao intervalo entre 0,20 e 0,30, que confrontado ao concreto aparente, cuja emissividade ( $\epsilon$ ) é 0,9, apresenta-se adequado, visto que, emite pouca radiação infravermelha.

A radiação absorvida é conduzida através do alumínio cuja condutividade térmica é 230W/mK e pelo poliuretano, cujo valor é 0,03W/mK.

#### F. Sugestões corretivas

Concluída a análise, percebe-se que o brise vertical infinito, apresenta-se deficiente no sombreamento necessário, mesmo com a movimentação freqüente ao longo do dia. O intervalo entre 11h e 12h, por exemplo, na maior parte do ano não é protegido, sendo imprescindível o uso das persianas internas.

Para um melhor desempenho térmico do brise-soleil existente, propõe-se investir no prolongamento da passarela ou de alguma estrutura horizontal<sup>77</sup>, cujo ângulo  $\alpha$  seja de 50°, a fim de complementar o sombreamento gerado pelo brise vertical (Figura 5-25, Figura 5-26 e Figura 5-27). Com isso, tem-se o espaçamento entre as lâminas e a superfície envidraçada aumentado, sendo necessário ajuste no motor para adaptá-lo às novas distâncias. Essa alternativa, por sua vez, talvez não fosse adequada do ponto de vista lumínico e estético.

---

<sup>76</sup> Os valores foram obtidos por meio de Frota & Schiffer (2000) e Corbella (2003).

<sup>77</sup> Existiu um estudo no Congresso Nacional sobre a possibilidade de afastar o brise da fachada e acrescentar um escada de incêndio no espaço gerado.

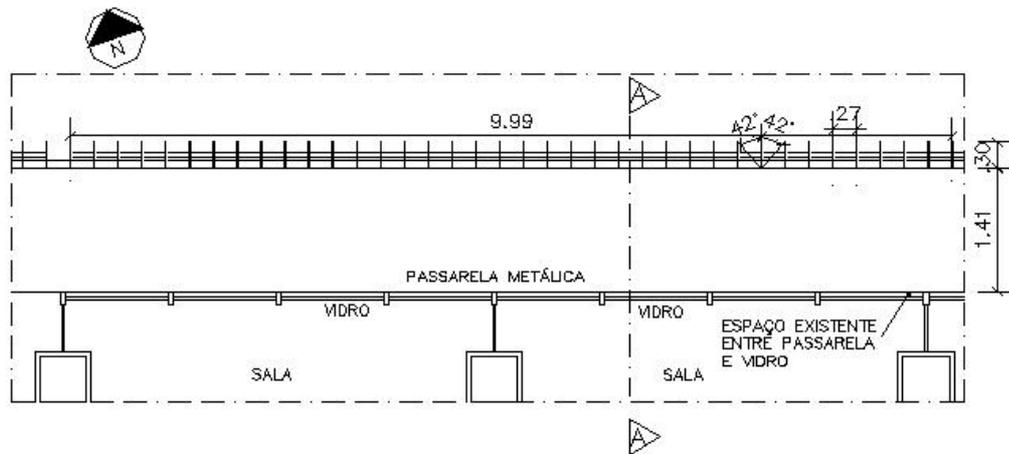


Figura 5-25- Proposta para correção do brise existente

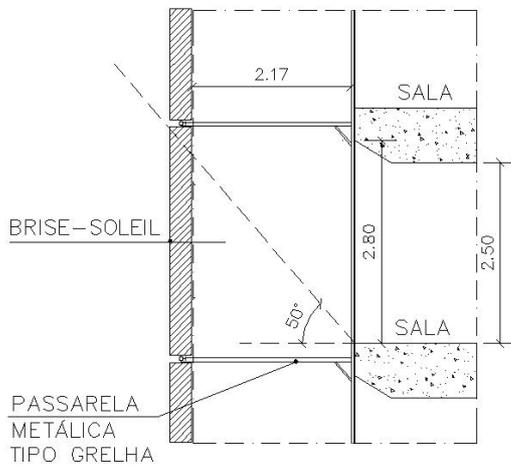


Figura 5-26- Corte AA com indicações para a passarela metálica

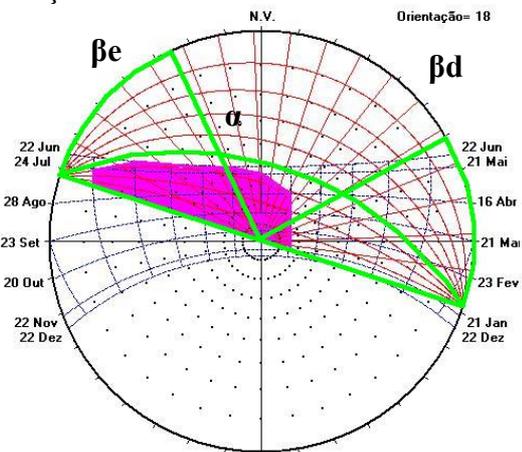
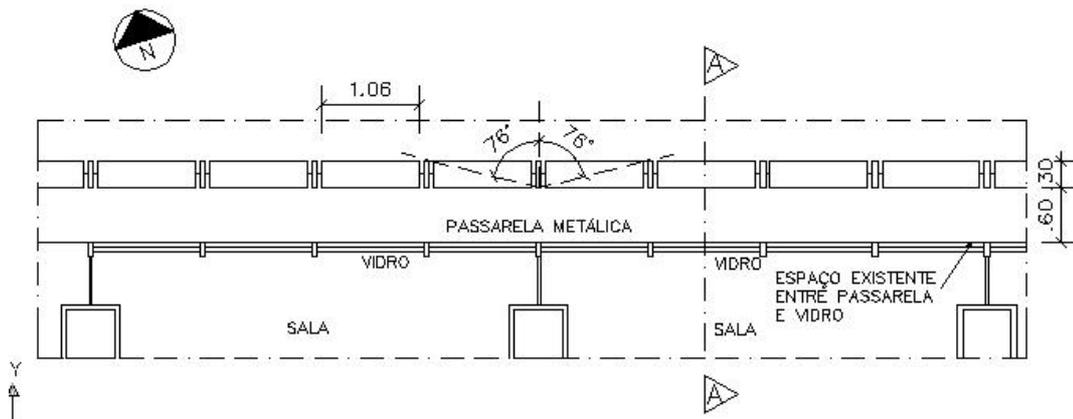
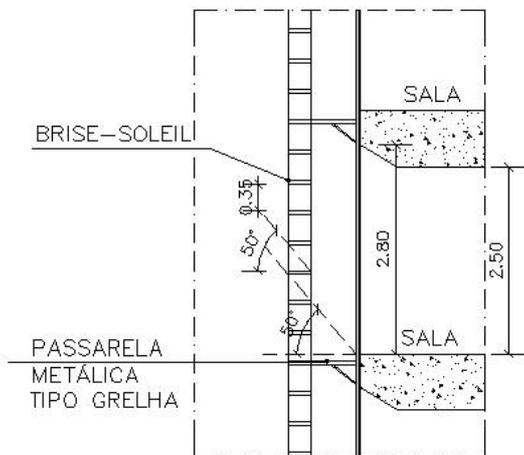


Figura 5-27- Máscara de sombra oferecida pela nova solução ( $\alpha=50^\circ$ ,  $\beta d=\beta e=42^\circ$ ). Adaptado do Programa Luz do Sol (RORIZ, 1995)

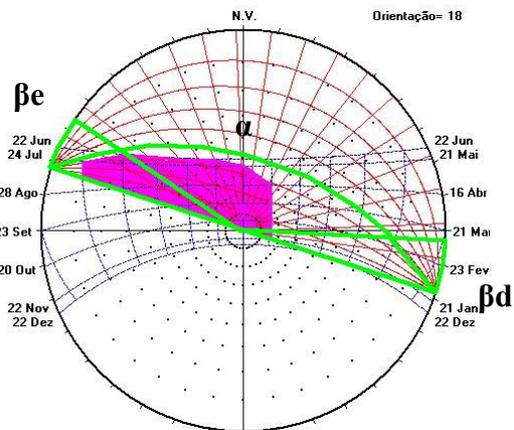
O ideal para a circunstância é a aplicação de um brise-soleil horizontal (Figura 5-28), cujo ângulo  $\alpha$  seja de  $50^\circ$  com complementação da proteção através da estrutura de fixação vertical ( $\beta e=\beta d=76^\circ$ ). Dessa forma, há o controle solar no período em que o sombreamento é realmente necessário e também pela manhã nos equinócios e solstício de verão, permitindo a entrada da radiação solar no solstício de inverno, quando é indispensável o aquecimento passivo (Figura 5-29 e Figura 5-30). Com essa solução, o espaçamento entre as lâminas é aumentado, melhorando a distribuição da iluminação natural e também a visão interior-exterior.



**Figura 5-28- Proposta para um novo brise-soleil horizontal**



**Figura 5-29- Corte AA com indicações para o novo brise-soleil**



**Figura 5-30- Máscara de sombra oferecida pela nova solução ( $\alpha=50^\circ$ ,  $\beta d=\beta e=76^\circ$ ). Adaptado do Programa Luz do Sol (RORIZ, 1995)**

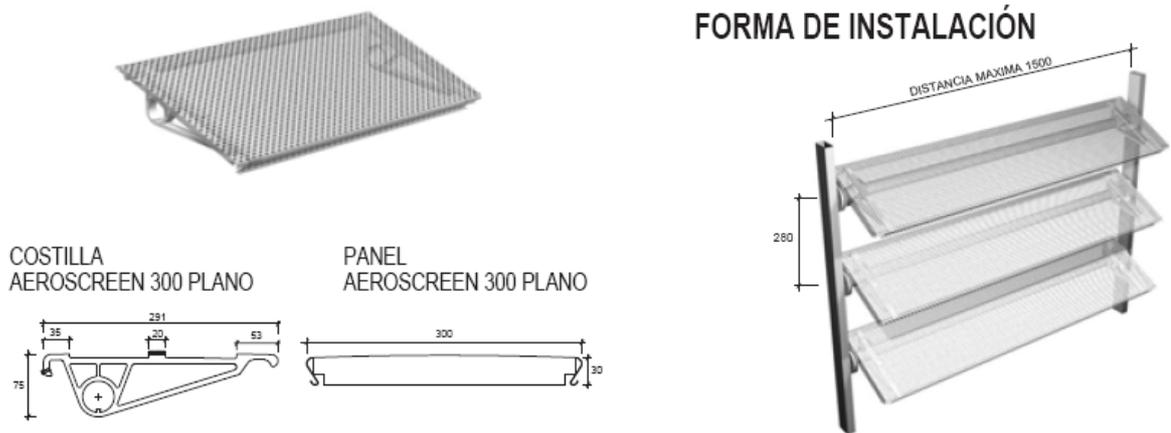
Com esta configuração os brises podem ser fixos, com utilização de persianas internas para auxiliar nos ajustes conforme desejado. Com isso, o cotidiano dos funcionários torna-se mais tranqüilo, uma vez que não é necessário o freqüente ajuste dos brises, assim como torna-se maior a vida útil do mesmo, já que a movimentação e o risco de danos são diminuídos.

Outro recurso a ser adotado consiste em aumentar o espaço da passarela e substituí-la por uma peça tipo grelha, para facilitar a manutenção e permitir a circulação do ar, respectivamente.

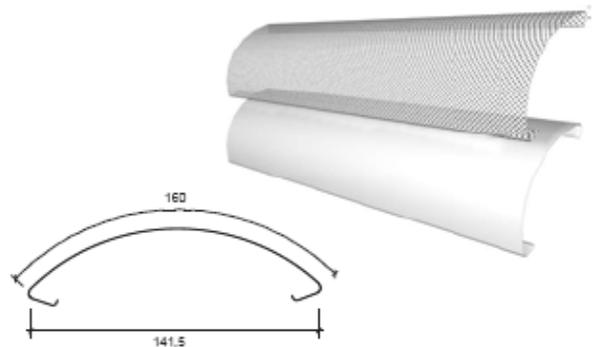
Com relação ao material e a cor, sugere-se mantê-los, tendo em vista que possuem um bom desempenho térmico, além de contribuir na iluminação interna.

Pode-se também aplicar algum tipo de lâmina perfurada, pois com a mesma ocorre o controle dos efeitos do sol, permite-se a livre circulação dos ventos através das lâminas, diminuem-se os riscos de ofuscamento e mantém-se a visão interior-exterior.

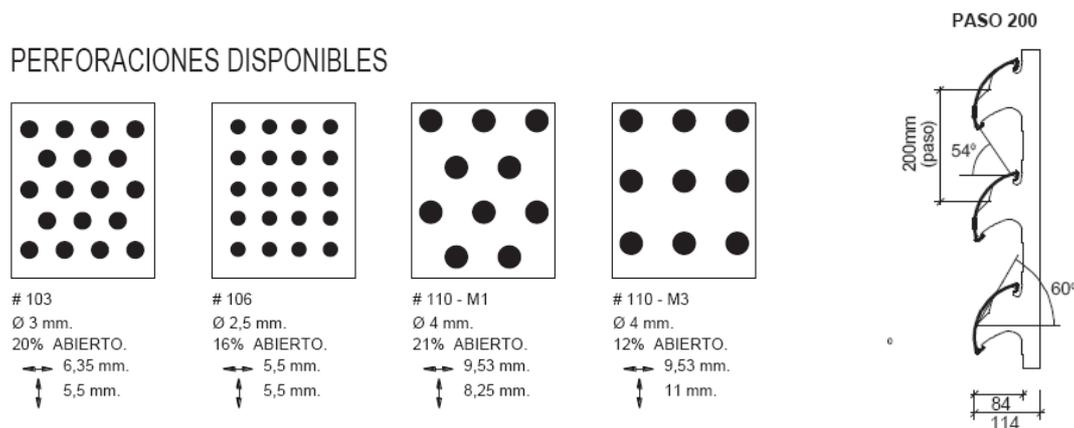
Esse tipo de brise encontra-se disponível no mercado, como por exemplo os modelos aeroscreen e celoscreen da empresa Hunter Douglas (Figura 5-31 e Figura 5-32). Há inclusive a possibilidade de se trabalhar com perfurações diferentes conforme a prioridade. No campo de visão do usuário, por exemplo, os furos podem ser maiores enquanto que na altura do peitoril seriam menores ou não existiriam, tendo em vista que a iluminação neste nível interfere pouco na qualidade geral do ambiente e não há necessidade de visão (Figura 5-33).



**Figura 5-31- Brise-soleil aeroscreen, Hunter Douglas: lâmina perfurada.**  
**Fonte: <http://www.hunterdouglas.com.br>**



**Figura 5-32- Brise-soleil celoscreen, Hunter Douglas: lâminas lisas ou perfuradas**  
**Fonte: <http://www.hunterdouglas.com.br>**



**Figura 5-33- Celoscreen: variedade de perfurações e umas das possíveis angulações**  
<http://www.hunterdouglas.com.br>

Portanto, verifica-se que, apesar de todo investimento em um brise mais avançado tecnologicamente para este edifício, na prática o mesmo não é tão funcional e a dificuldade em obter as peças impede uma manutenção mais eficaz. A correção implicaria em mudanças significativas na fachada e no sistema do brise.

## 5.2.2. Estudo de caso 2: Anexo II da Câmara dos Deputados - Fachada Sul e brise-soleil vertical

### 5.2.2.1. Caracterização do edifício e elemento de controle solar

O projeto para o Palácio do Congresso não foi suficiente para o número de funcionários, uma vez que foram incorporados ao edifício do Congresso os serviços relacionados das antigas sedes do Rio de Janeiro, que, simultaneamente com a demanda das comissões parlamentares, exigiram a construção de novos anexos. Nesse contexto, no que se refere à Câmara dos Deputados, em 1966 conclui-se a obra do anexo II, em 1973, o anexo III, e, em 1981, o anexo IV (Figura 5-34).

O edifício do Anexo II apresenta um caráter discreto na paisagem, não exercendo muita influência na mesma. A edificação apresenta volume prismático e formato retangular, com dois pavimentos expostos à radiação solar e um subsolo, ao longo dos quais se distribuem escritórios e plenários (Figura 5-35).

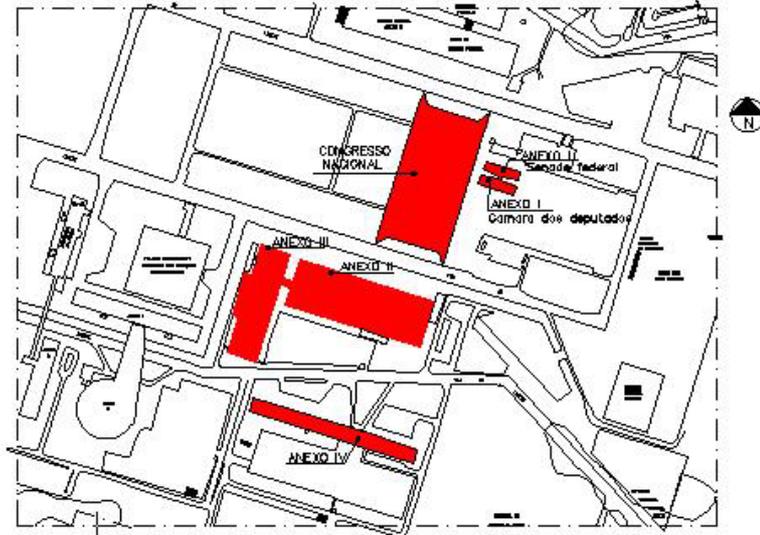


Figura 5-34- Localização do Anexo II da Câmara dos Deputados

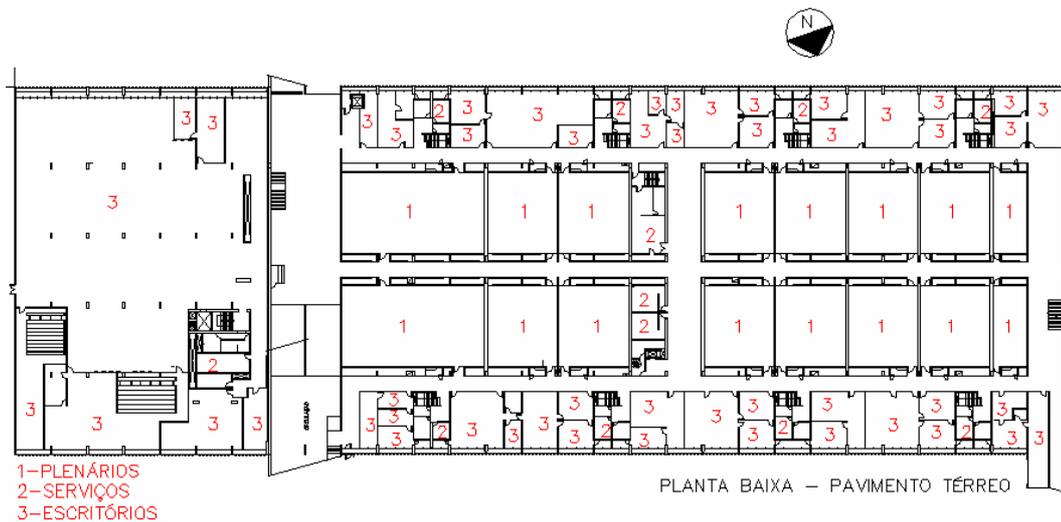


Figura 5-35- Planta baixa pavimento térreo

Na estrutura do edifício foi utilizado o concreto aparente, sendo as empenas cegas, leste e oeste, revestidas com cerâmica em cor clara. Já as fachadas maiores, orientadas para norte e sul, possuem 174,45 m de comprimento e são vedadas com pele de vidro.

Na pele de vidro foi aplicado vidro comum bronze de 6 mm e janelas do tipo basculante com perfil de alumínio anodizado preto que abrem para dentro da sala e ficam localizadas na parte inferior do plano envidraçado (Figura 5-36). As duas fachadas são protegidas por brise-soleil que correspondem a toda superfície exposta e dominam a leitura visual geral do edifício (Figura 5-37).



Figura 5-36- Detalhe da janela com abertura para o interior da sala



Figura 5-37- Fachada sul e a predominância dos brises

Os brises, originalmente, só existiam na fachada sul e eram do tipo misto, em concreto aparente com dimensões de 50x50x50 cm. Os anexos III e IV já haviam sido construídos e neles aplicado o brise-soleil vertical, quando no início da década de 1990 o edifício do Anexo II sofreu uma reforma. Nesta, o arquiteto Oscar Niemeyer propôs substituir o brise existente por lâminas verticais, tipo “Asa de avião”, para manter uma continuidade visual com os outros anexos.

O brise-soleil foi executado pela empresa local Gradebras<sup>78</sup> em chapa de aço galvanizada e pintura automotiva na cor verde colonial. As lâminas verticais possuem 30 cm de profundidade, 5 cm de largura na parte intermediária do perfil e altura variável de acordo com o pavimento (1º ou 2º), caracterizando-se como brise infinito (Figura 5-38).

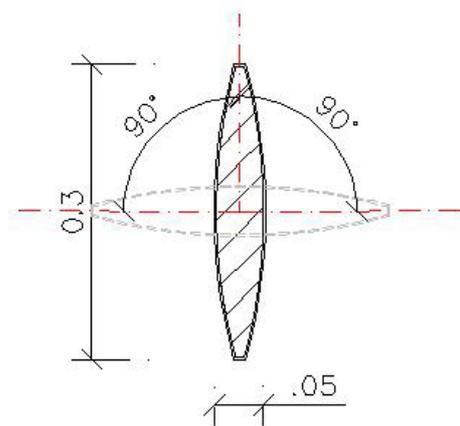


Figura 5-38- Detalhe do perfil do brise-soleil e a angulação de abertura

<sup>78</sup> As alterações com relação ao projeto original foram apenas em pequenos detalhes nas dimensões.

As lâminas verticais são agrupadas de onze em onze em uma longarina metálica horizontal, compondo a modulação possível de movimento, cuja angulação é de até, aproximadamente, 90 graus (Figura 5-39). Dois grupos de 11 lâminas ficam dispostos entre pilares, sendo o movimento dos mesmos distribuído aleatoriamente, de modo que alguns giram 90 graus no sentido horário e outras 11 no sentido anti-horário. A barra de comando é fixada na oitava e décima lâmina, a 70 cm de altura, projetando-se em direção ao plano da pele de vidro, onde através da esquadria pode-se interagir com a mesma (Figura 5-40 e Figura 5-41). O espaço entre a pele de vidro e a longarina é de 1,11 m, existindo uma pequena abertura de 12 cm na parte superior entre o brise e o último pavimento. Esse sistema é distribuído em dois grupos, totalizando 22 lâminas entre pilares.

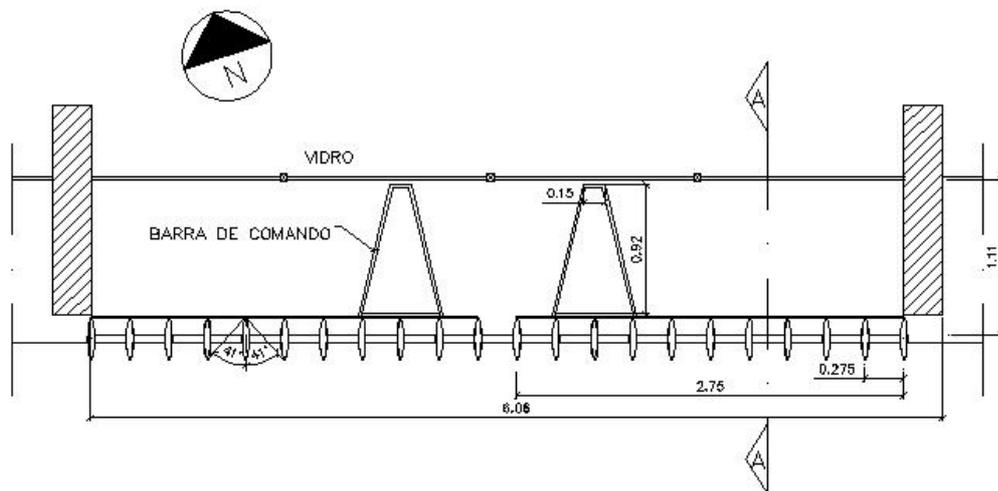


Figura 5-39- Planta baixa representativa da distribuição dos brises

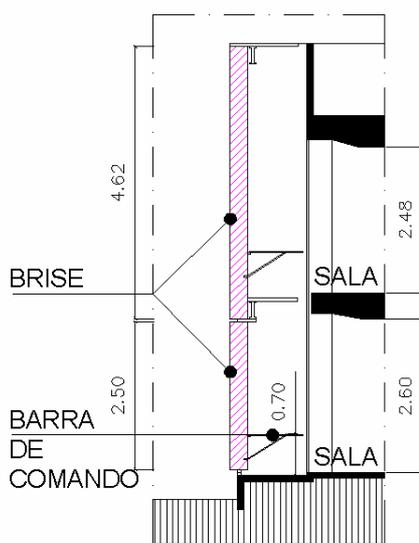


Figura 5-40- Corte AA esquemático



Figura 5-41- Barra de comando dos brises

A manutenção do brise é periódica de acordo com a finalidade: a cada dois anos são feitos ajustes como pintura, troca de peças e reparos; de seis em seis meses realiza-se uma lavagem com jatos de água; no intervalo de quatro em quatro meses o edifício em geral, incluindo os brises, é detetizado e diariamente é feita uma limpeza com espanador. Uma das principais causas para o desgaste e danificação dos brises é a presença de pombos no local, pois a acidez de seus excrementos corrói a estrutura metálica (Figura 5-42).

Internamente as divisórias de ambientes e o mobiliário apresentam-se na cor creme, que predomina no espaço. Não existem persianas ou cortinas, o forro é branco e o piso vinílico na cor verde Itamaraty. O edifício possui ar-condicionado central e iluminação artificial, com lâmpadas fluorescentes, que funcionam em tempo integral (Figura 5-43).



**Figura 5-42-Excrementos de pombos na estrutura metálica dos brises**



**Figura 5-43-Vista interna das salas existentes no Anexo II**

#### 5.2.2.2.A eficiência do brise-soleil

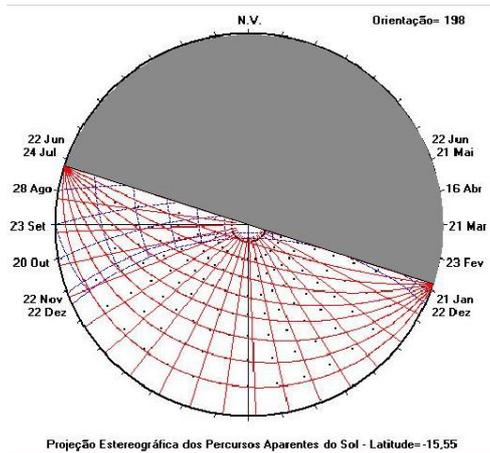
##### A. Controle solar

Na fachada sul, de fevereiro a meados de julho, não há incidência direta do sol pela manhã e em alguns períodos à tarde. Este incide com maior frequência à tarde e apenas em alguns meses do ano, sendo intenso, principalmente, de novembro a janeiro, quando a insolação se inicia a partir das 11h. Já nos meses de agosto e abril, por exemplo, a fachada é atingida pela radiação solar somente após as 16h (Figura 5-44). De acordo com a necessidade de sombreamento, observada no capítulo 3, a proteção deve ser feita das 11h às 17h em todos os meses do ano, com exceção de maio, junho e julho, correspondente aos meses mais frios e de menores ganhos térmicos (Figura 5-45 e Tabela 5-3).

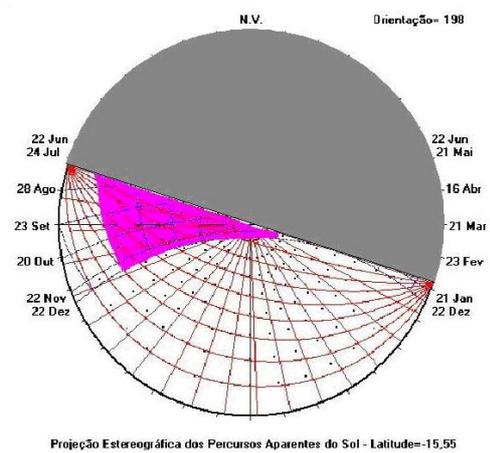
**Tabela 5-3 - Radiação solar (Wh/m<sup>2</sup>) no plano vertical orientado para sul**

| Radiação solar (Wh/m <sup>2</sup> ) <sup>79</sup> |                                   |                               |                                      |                                 |
|---|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| Fachada sul<br>198°                               | Equinócio de<br>outono<br>(22/03) | Solstício de verão<br>(21/12) | Equinócio de<br>primavera<br>(22/09) | Solstício de inverno<br>(21/06) |
|   | 693                               | 1925                          | 1016                                 | 611                             |

Fonte: Programa Luz do sol (RORIZ, 1995)



**Figura 5-44- Carta solar para fachada sul (198°). Adaptado do Programa Luz do Sol (RORIZ, 1995)**



**Figura 5-45- Sobreposição da necessidade de sombreamento à carta solar. Adaptado do Programa Luz do Sol (RORIZ, 1995)**

O brise vertical existente no edifício se estende por 100% da fachada, oferecendo diversos ângulos de proteção, que podem ser definidos pelo usuário. Dessa forma, segue-se com a análise:

*Brise-soleil com abertura total*

O controle solar no edifício ocorre de meados de julho a abril, no intervalo necessário. A proteção dá-se durante toda a manhã, no solstício de verão, interrompendo-se às 12h e com continuação após as 13h. Como conseqüência, pode-se ter um escurecimento da sala no período matinal e no fim do dia, obrigando o uso de iluminação artificial frequentemente (Figura 5-46 e Figura 5-47).

<sup>79</sup> A radiação solar incidente foi calculada pelo programa Luz do Sol, utilizando-se os valores de nebulosidade apresentados pelas Normais Climatológicas (1992).

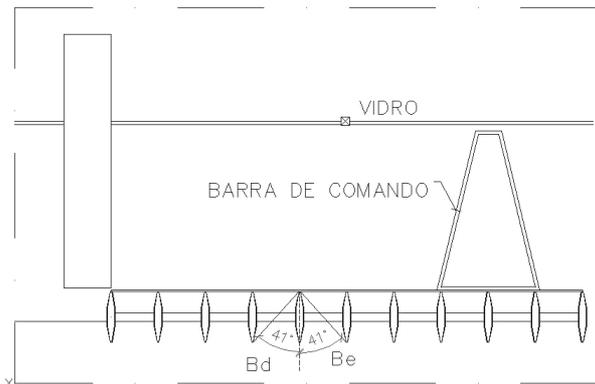


Figura 5-46- Brise vertical com abertura total-  $\beta_d$  e  $\beta_e=41^\circ$

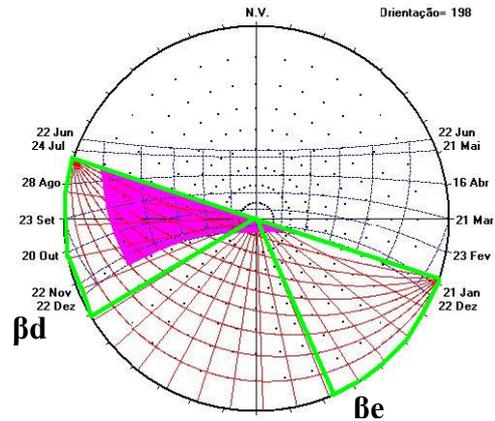


Figura 5-47- Máscara de sombra obtida pelo brise vertical com abertura total. Adaptado do Programa Luz do Sol (RORIZ, 1995)

A radiação solar que atinge o edifício no horário de 12h às 13h é bloqueada pelo elemento metálico horizontal utilizado como estrutura e de apoio à manutenção existente entre os pavimentos (Figura 5-48 e Figura 5-49). Este sombreamento gerado surtirá efeito inclusive nas outras angulações que também são analisadas.

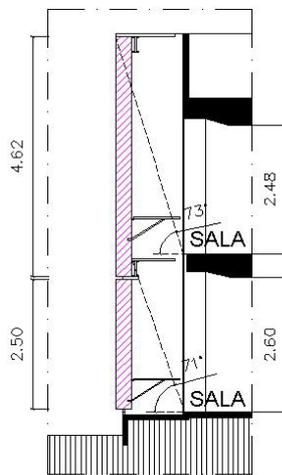


Figura 5-48- Proteção do elemento horizontal da estrutura

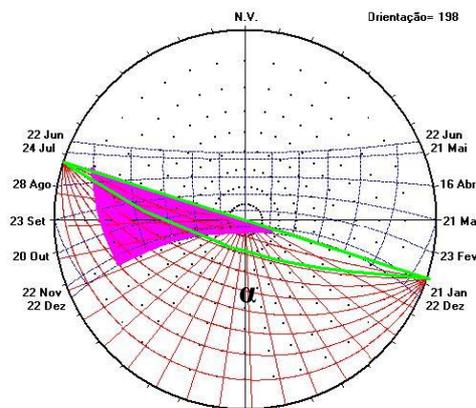
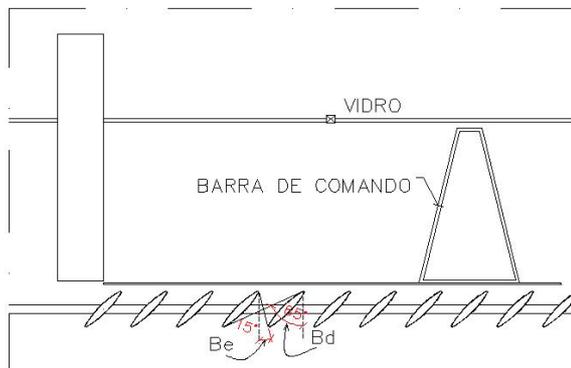


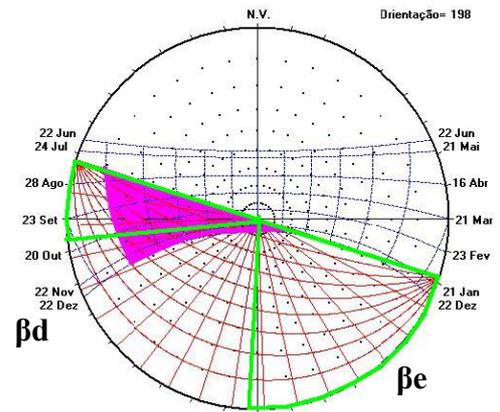
Figura 5-49- Máscara de sombra com  $\alpha=71^\circ$  e  $73^\circ$  (mesma representação para os dois ângulos por serem muito próximos). Adaptado do Programa Luz do Sol (RORIZ, 1995)

*Inclinação de 45° no sentido horário*

Nessa situação, onde  $\beta_d=65^\circ$  e  $\beta_e=15^\circ$ , ocorre proteção demasiada pela manhã e insuficiente à tarde, tendo em vista que não há controle da radiação solar recebida a partir das 12h, no solstício de verão por exemplo, período de maiores ganhos térmicos nas superfícies verticais (Figura 5-50 e Figura 5-51).



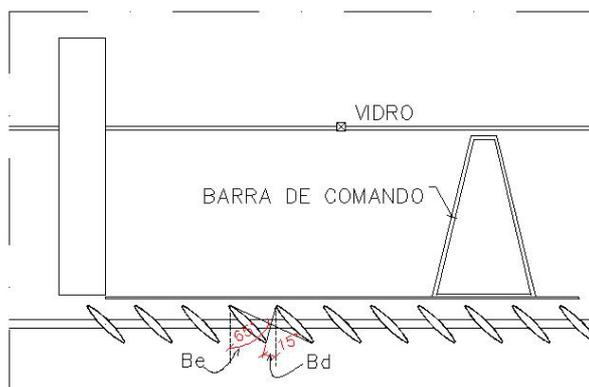
**Figura 5-50- Brise vertical inclinado 45° no sentido horário-  $\beta d=65^\circ$  e  $\beta e=15^\circ$**



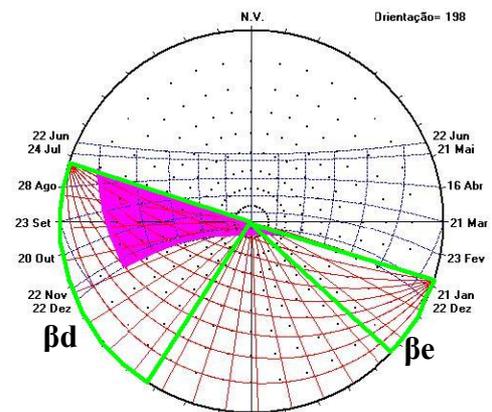
Projeção Estereográfica dos Percursos Aparentes do Sol - Latitude=15,55  
**Figura 5-51- Máscara de sombra obtida pelo brise vertical inclinado 45° no sentido horário.**  
 Adaptado do Programa Luz do Sol (RORIZ, 1995)

Inclinação de 45° no sentido anti-horário

Na posição contrária, sentido anti-horário onde  $\beta d=15^\circ$  e  $\beta e=65^\circ$ , o brise resguarda de modo exagerado a fachada com relação à radiação solar, podendo reduzir a iluminação natural no interior do edifício, principalmente no fundo das salas, que chegam a ter 9,50m de profundidade (Figura 5-52 e Figura 5-53).



**Figura 5-52- Brise inclinado 45° no sentido anti-horário-  $\beta d=15^\circ$  e  $\beta e=65^\circ$**



Projeção Estereográfica dos Percursos Aparentes do Sol - Latitude=15,55  
**Figura 5-53- Máscara de sombra obtida pelo brise vertical inclinado 45° no sentido anti-horário.**  
 Adaptado do Programa Luz do Sol (RORIZ, 1995)

**B. Posição e dimensão**

Dessa forma, dentre as angulações estudadas, observa-se que o brise vertical infinito aplicado neste edifício, com exceção da angulação de 45° no sentido horário, atende a necessidade de

sombreamento exigida, protegendo inclusive quando não se tem radiação direta. Isso, no entanto, acarreta no escurecimento da sala devido ao bloqueio excessivo da iluminação natural, obrigando o uso de iluminação artificial.

### C. Mobilidade, uso e manutenção

O brise-soleil, apesar de ser móvel e oferecer diversidade de uso, apresenta-se pesado e de difícil manuseio, fato atestado pelos próprios usuários. A barra de comando une onze lâminas que, de acordo com a altura, com o desgaste das engrenagens e a falta de óleo nas mesmas, dificultam o movimento do sistema.

Outro fator que interfere no uso são as barras de comando danificadas, seja pelo peso que suportam ou pela corrosão do material (Figura 5-54). A barra possui ainda um difícil acesso, uma vez que esse é feito através de uma basculante que abre para o interior a sala ou, em alguns casos, há impossibilidade de acesso, visto que os armários são dispostos ao longo da pele de vidro (Figura 5-55). Dessa forma, além do peso, o usuário tem o problema da distância com relação à barra de comando, quando essa possibilidade existe.



Figura 5-54- Barra de comando danificada



Figura 5-55- Armários impedindo o acesso à barra de comando

Todos esses inconvenientes fazem com que o uso do mesmo seja eventual, adicionando ainda o fato de que alguns funcionários desconhecem o que seja brise-soleil ou quebra-sol, sendo esse visto como elemento para se oferecer apenas privacidade. Nas salas do térreo, por exemplo, fecha-se o brise quando se deseja evitar a visão pelos transeuntes, principalmente na sala dos diretores. Inclusive, foi comentado pelos entrevistados que a aplicação de cortinas internas seria melhor e de manuseio mais fácil.

Esses usuários revelam-se preocupados com a falta de escape pelas janelas em caso de incêndio, visto que a existência dos brises impede o acesso ao exterior. Por outro lado sentem-se protegidos no caso de manifestações contra o edifício, como pedras em direção à superfície envidraçada, como ocorreu recentemente na invasão pelo Movimento de Liberação dos Sem-Terra (Figura 5-56).



**Figura 5-56- Ataque dos sem-terra à Câmara dos Deputados, 06/06/2006.**  
**Fonte: <http://noticias.uol.com.br/ultnot/2006/06/06/ult23u236.jhtm>.**

#### D. Posicionamento do brise em relação ao alinhamento da fachada

O brise-soleil aplicado no edifício do Anexo II mantém um afastamento de 1.11 m da superfície envidraçada. Esse distanciamento é favorável, uma vez que oferece espaço para manutenções e principalmente por permitir uma possível ventilação por convecção que pode retirar parte do calor que atravessou o brise, assim como resfriar a parede. No entanto, a ventilação é dificultada, tendo em vista que entre o brise inferior e superior existe uma base metálica que fica afastada apenas 12 cm da parede, obstruindo a circulação do ar (Figura 5-57).

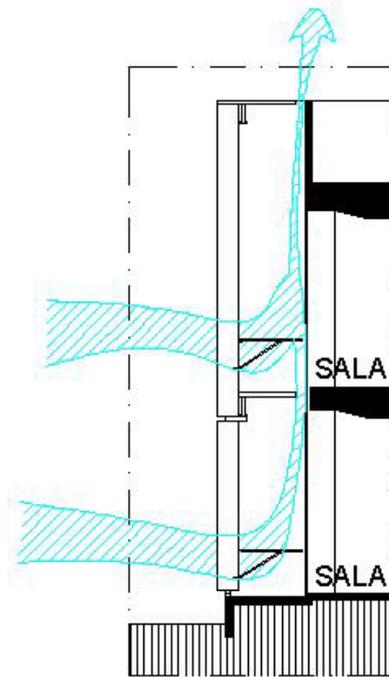


Figura 5-57- Circulação do ar dificultada pela estrutura metálica horizontal do brise

No que diz respeito à ventilação no interior das salas, essa é praticamente inviável, devido a ausência de saídas de ar.

#### E. Características dos materiais<sup>80</sup>

O brise possui acabamento na cor verde colonial<sup>81</sup> que apresenta absorvância ( $\alpha$ ) de 0,75, ou seja, a cor absorve 75% do calor recebido e reflete 25%. Dessa forma, o coeficiente representa um valor alto se comparado com uma superfície branca, por exemplo, cuja absorvância é entre 0,20 e 0,30, além de contribuir pouco na iluminação interna, visto que, a capacidade de reflexão é baixa.

A emissividade ( $\epsilon$ ) de 0,95 também manifesta valor elevado quando confrontada com o alumínio cujo valor é entre 0,40 e 0,60.

A radiação absorvida é conduzida através do aço, cuja condutividade térmica é 52W/mK, representando um valor alto se comparado ao concreto, cuja condutividade é 1,50 W/mK, e um valor baixo, comparando-se ao alumínio (230 W/mK).

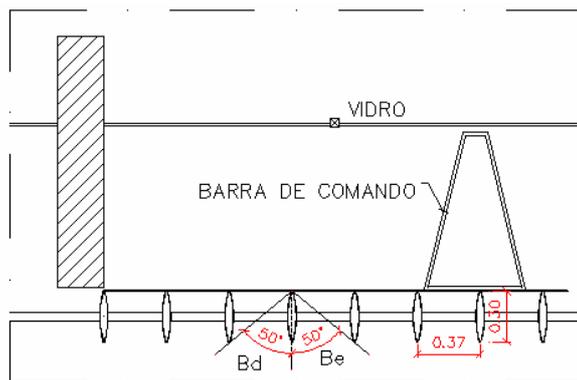
<sup>80</sup> Valores dos coeficientes obtidos de Frota & Schiffer (2000) e Corbella (2003).

<sup>81</sup> Como não foram encontrados coeficientes para esta cor específica adotou-se os valores da cor verde escura.

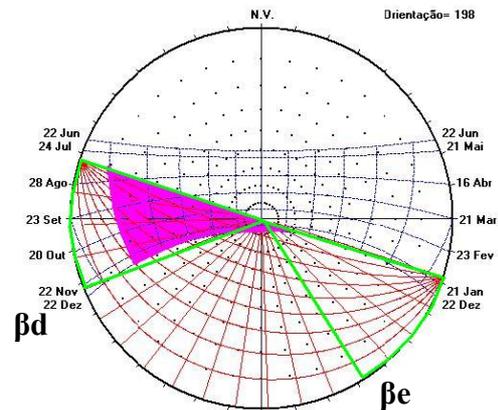
## F. Sugestões corretivas

Concluída a análise, percebe-se que o brise vertical infinito atende à necessidade de sombreamento na maior parte do tempo necessário, podendo permanecer aberto em tempo integral, até mesmo à tarde quando os ganhos térmicos são maiores.

Para um melhor desempenho térmico e luminoso do brise-soleil, sugere-se colocar todas as lâminas com mesmo sentido de rotação<sup>82</sup> (anti-horário), aumentando aproximadamente 10 cm entre as mesmas, a fim de amortizar o sombreamento nos horários desnecessários e aumentar a luminosidade no fundo das salas (Figura 5-58 e Figura 5-59). Com isso, obtém-se também um aumento da visão interior-exterior que já é adequada (Figura 5-60), assim como uma diminuição do número de lâminas por longarina (passariam de 11 para 8 lâminas) e, conseqüentemente, a redução do peso do sistema.



**Figura 5-58- Sugestão para distanciamento entre as lâminas ( $\beta_d = \beta_e = 50^\circ$ )**



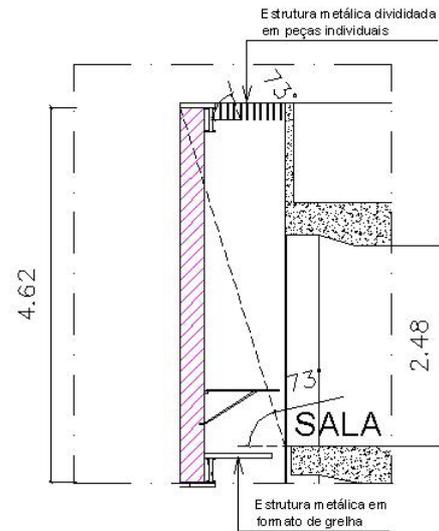
**Figura 5-59- Máscara de sombra obtida pela nova disposição dos brises verticais ( $\beta_d = \beta_e = 50^\circ$ ).**  
Adaptado do Programa Luz do Sol (RORIZ, 1995)

A estrutura metálica horizontal de apoio ao brise-soleil vertical pode ser substituída por pérgulas no pavimento superior, a fim de manter o controle solar existente e permitir uma maior fluidez para a circulação dos ventos. Já para a estrutura intermediária sugere-se a permuta por uma peça em formato de grelha (vazada), que permite a circulação do ar, conservando a função de apoio à manutenção (Figura 5-61).

<sup>82</sup> Os brises poderiam ser fixos, no entanto, devido a necessidades dos usuários em se proteger e obter privacidade sugere-se deixá-los móveis.



**Figura 5-60- Visão interior-exterior existente: Anexo IV e o brise-soleil amarelo**



**Figura 5-61- Recomendações para a estrutura metálica de apoio**

No que se refere às características dos materiais, a cor não apresenta condições aceitáveis. Recomenda-se a substituição da pintura existente por uma cor mais clara, que absorva menor quantidade de calor, podendo ser inclusive a cor amarela utilizada no Anexo IV, cuja absorvância é entre 0,3 e 0,5. Com essa solução, o brise-soleil passa a oferecer um melhor controle solar, com maior distribuição de luminosidade para o interior, além de manter o diálogo com a edificação existente. A iluminação no interior pode ser melhorada também com a substituição do vidro bronze por um incolor, pois o vidro comum com proteção solar tem melhor desempenho (MASCARÓ, 1991).

É de extrema importância ainda a conscientização dos usuários quanto ao funcionamento adequado do brise-soleil. Tal ação pode ser efetivada, entre outros caminhos, através da revista eletrônica informativa existente e em vigor na Câmara dos Deputados ou com um manual específico, tipo cartilha, a ser deixado permanentemente nas salas e disponível no site.

No site, inclusive, há uma seção de ouvidoria para reclamações e sugestões destinados aos funcionários que é lido e respondido diariamente pela própria diretoria da Câmara dos Deputados.

Quanto à manutenção das peças danificadas, como as barras de comando, os funcionários devem informar o setor responsável o quanto antes, para agilizar o processo de conserto e não ter que esperar o prazo de dois anos, que deve ser reduzido.

Para um bom uso, também é imprescindível liberar, através de um bom layout, as aberturas por onde se tem acesso às barras de comando, que hoje se encontram, em algumas salas, obstruídas por mobiliário.

Portanto é possível obter melhores condições de conforto através de modificações viáveis no sistema de controle solar existente e na capacitação de manuseio do usuário.

### 5.2.3. Estudo de caso 3: Ministério do Meio Ambiente - Fachada Oeste e brise-soleil vertical

#### 5.2.3.1. Caracterização do edifício e elemento de controle solar

No projeto da Praça dos Três Poderes, o arquiteto Oscar Niemeyer buscou simplicidade e ao mesmo tempo uma riqueza formal para o conjunto, transformando-a no ápice do Eixo Monumental. Dessa forma, as construções ao longo do Eixo Monumental, embora devessem manter também essas qualidades, não podiam ter uma expressão forte, de modo a não fazer desaparecer a escala hierárquica prevista e prejudicar o resultado final.

Nesse contexto, o projeto da esplanada dos ministérios, que originalmente previa edifícios sobre pilotis em forma de losango (BRUAND, 1999), foi substituído por uma forma prismática sem pilotis, uma vez que aqueles não assumiriam um papel tão claro na delimitação do eixo e não gerariam o contraste necessário com os edifícios mais representativos. Todos os ministérios, apresentando mesma conformação<sup>83</sup>, foram então dispostos simetricamente ao longo do Eixo Monumental (Figura 5-62).

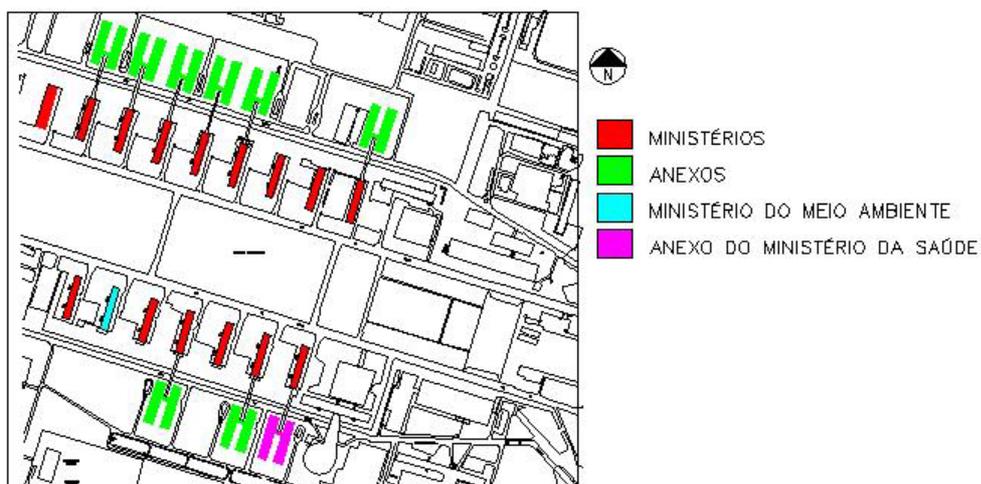
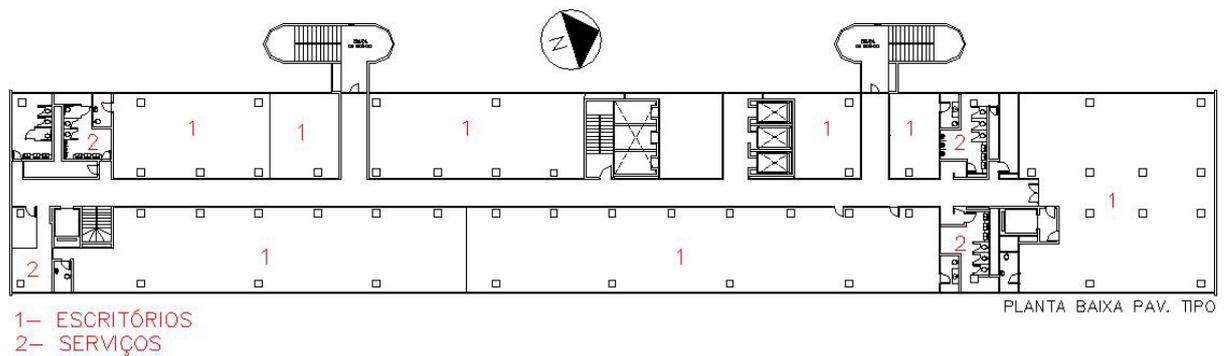


Figura 5-62- Localização da Esplanada dos Ministérios

<sup>83</sup> Somente o Palácio do Itamaraty e Palácio da Justiça apresentam projeto diferente.

O Ministério do Meio Ambiente foi construído em 1958, juntamente com 11 edifícios de outros ministérios, sendo somente depois concluídos os outros edifícios. O projeto apresenta volume prismático com 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 5-63).

A circulação vertical ocorre através de elevadores e escadas internas e pela escada de incêndio, em concreto aparente, acrescentada posteriormente por medidas de segurança.



**Figura 5-63- Planta baixa de um 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 e janelas do tipo basculante, com 70 cm de altura. As bacias 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 5-64), recentemente, foi padronizada a película de controle solar aplicada nos vidros. Essa, antes em diversas tonalidades, agora se apresenta espelhada. Já na fachada oeste, ainda é possível observar películas fumês, espelhadas e opacas verdes. No que se refere aos brises, somente no fim da década de 1970 foram acrescentados na fachada oeste, pela empresa Irmãos Gravia (Figura 5-65).

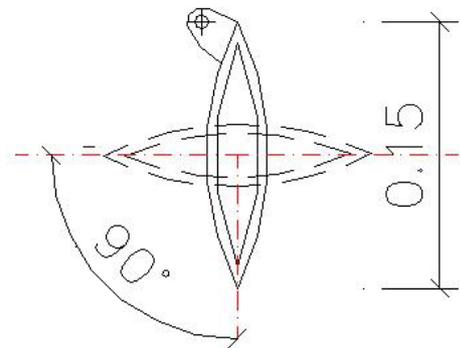


**Figura 5-64- Fachada leste (108°): película espelhada**



**Figura 5-65- Fachada oeste (288°): brise-soleil vertical**

O brise-soleil vertical foi executado com chapa de aço galvanizada e pintura automotiva na cor verde nilo, onde as lâminas verticais possuem 15 cm de profundidade, 3.5 cm de largura na parte intermediária do perfil e altura variável<sup>84</sup> de acordo com o pavimento, caracterizando-se como brise finito (Figura 5-66).



**Figura 5-66- Detalhe do perfil do brise-soleil vertical e a angulação de abertura**

As lâminas verticais são agrupadas de doze em doze em uma longarina metálica horizontal, compondo 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 5-67e Figura 5-68).

O movimento é feito através do contato do usuário com as próprias lâminas verticais, via basculante inferior (Figura 5-69). A distância entre o brise, quando totalmente aberto, e o plano envidraçado é de 27,5 cm.

<sup>84</sup> 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.

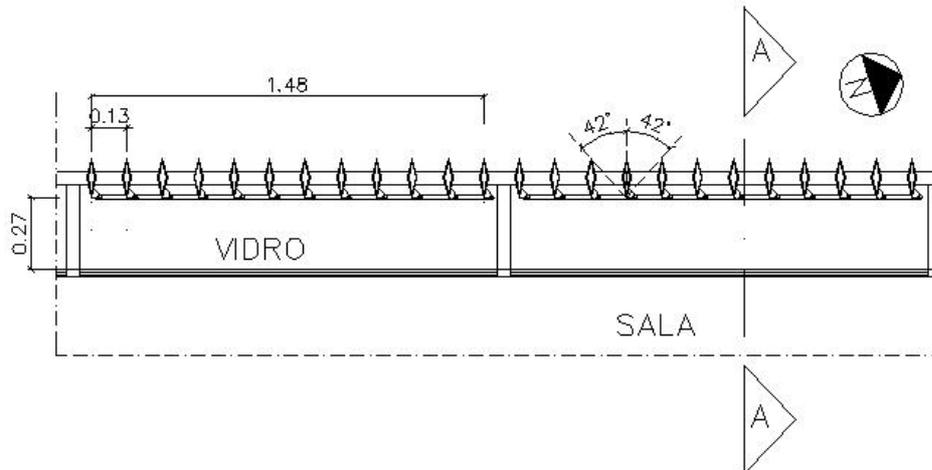


Figura 5-67- Planta baixa representativa da distribuição dos brises verticais

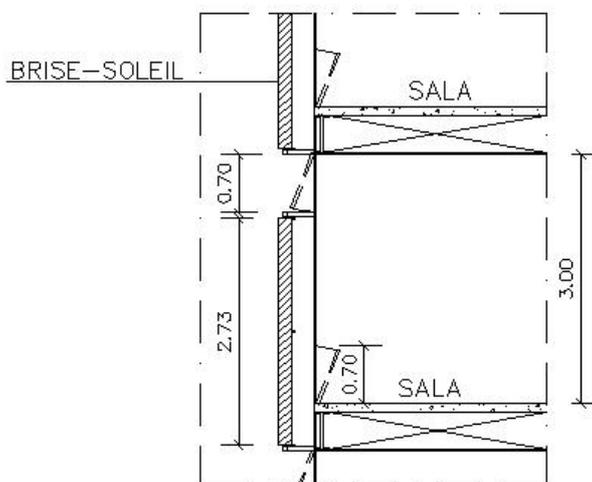


Figura 5-68- Corte AA do 3º ao 10º pavimento<sup>85</sup>



Figura 5-69- Acesso aos brises pela janela

A manutenção do brise<sup>86</sup> é realizada pela empresa Ipanema, que lava e lubrifica mensalmente o sistema de controle solar. Assim como no Anexo II da Câmara dos deputados, uma das principais causas para o desgaste e danificação dos brises é a presença de pombos no local, pois a acidez de seus excrementos corrói a estrutura metálica.

No que diz respeito ao ambiente interno, o mobiliário e as divisórias dos ambientes apresentam-se na cor branco gelo, onde essas últimas possuem aberturas em vidro (1,20 m de peitoril) direcionadas para o corredor principal, que são fechadas por persianas horizontais na cor azul roial (Figura 5-70). Já na fachada leste e oeste, as persianas são verticais na cor cinza e permanecem fechadas boa parte do tempo (Figura 5-71). O forro é branco e o piso vinílico na cor verde claro.

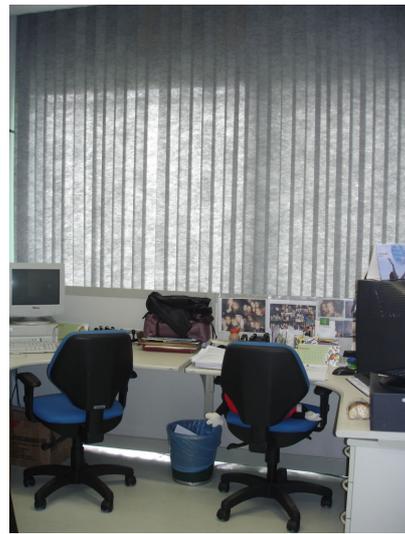
<sup>85</sup> O térreo e sobreloja são contados como 1º e 2º pavimento.

<sup>86</sup> Os brises foram pintados no início de 2006.

O edifício encontra-se em reforma e o sistema de refrigeração está sendo renovado. Portanto, é possível encontrar alguns splits, ar-condicionado central convencional e um de tecnologia mais avançada, com saída de ar individual, que são controladas por sistemas de computador. A iluminação artificial é obtida com lâmpadas fluorescentes, que funcionam em tempo integral (Figura 5-72 e Figura 5-73).



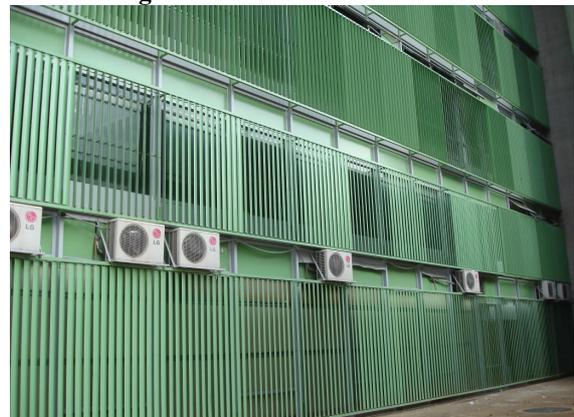
**Figura 5-70- Divisória do corredor central**



**Figura 5-71- Mobiliário interno**



**Figura 5-72- Ar-condicionado central, iluminação artificial e persiana cinza**



**Figura 5-73- Condensadores dos splits na fachada**

#### 5.2.3.2.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 (Figura 5-74).

Embora no solstício de verão a fachada receba mais horas de radiação solar à tarde, os maiores ganhos térmicos ocorrem no equinócio de primavera e solstício de inverno, visto que

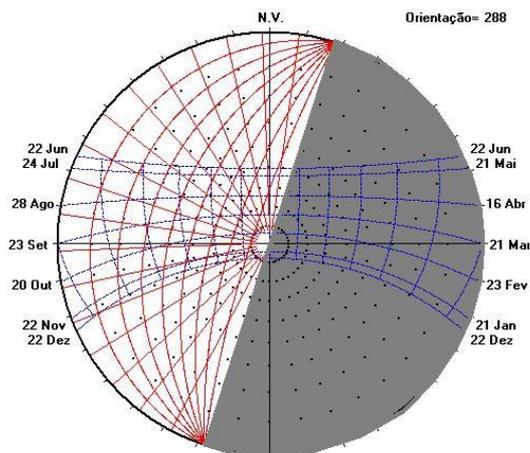
as fachadas recebem radiação a partir das 11h, quando as temperaturas são mais elevadas do que as do fim da tarde (Tabela 5-4).

**Tabela 5-4- Radiação solar ( $\text{Wh/m}^2$ ) no plano vertical orientado para oeste**

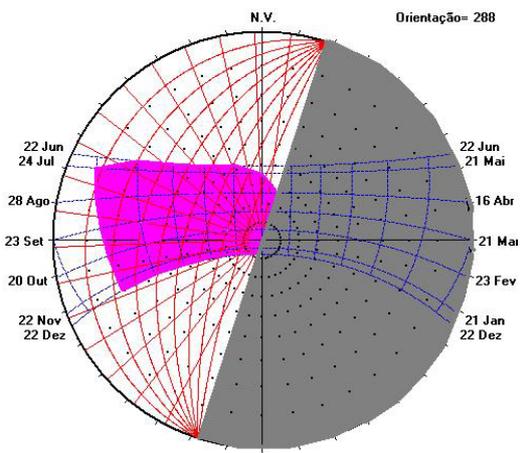
| Radiação solar ( $\text{Wh/m}^2$ ) <sup>87</sup> |                                |                               |                                   |                                 |
|--|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| Fachada oeste<br>288°                            | Equinócio de outono<br>(22/03) | Solstício de verão<br>(21/12) | Equinócio de primavera<br>(22/09) | Solstício de inverno<br>(21/06) |
|  | 2.899                          | 2.085                         | 4.338                             | 4.360                           |

Fonte: Programa Luz do sol (RORIZ, 1995)

Conforme foi verificado, 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 5-75). Dessa forma, para avaliar a eficiência do brise-soleil diante do período desejado, considera-se a influência da edificação vizinha a oeste (75m de afastamento) no primeiro e quinto pavimento (Figura 5-76 a 5-80), além da apreciação do décimo pavimento, onde não há proteção de sombra.



**Figura 5-74- Carta solar para fachada oeste (288°).  
Adaptado do Programa Luz do Sol (RORIZ, 1995)**



**Figura 5-75- Sobreposição da necessidade de sombreamento à carta solar.  
Adaptado do Programa Luz do Sol (RORIZ, 1995)**

<sup>87</sup> A radiação solar incidente foi calculada pelo programa Luz do Sol, utilizando-se os valores de nebulosidade apresentados pelas Normais Climatológicas (1992).

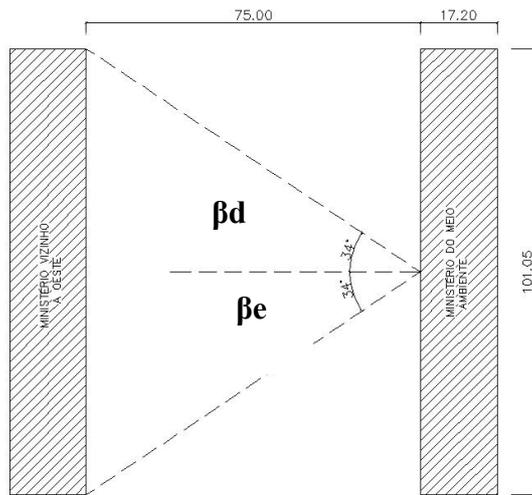


Figura 5-76- Planta baixa representando ângulo  $\beta d$  e  $\beta e$  para um observador no centro do edifício



Figura 5-77- Sombreamento gerado pelo edifício vizinho a oeste.

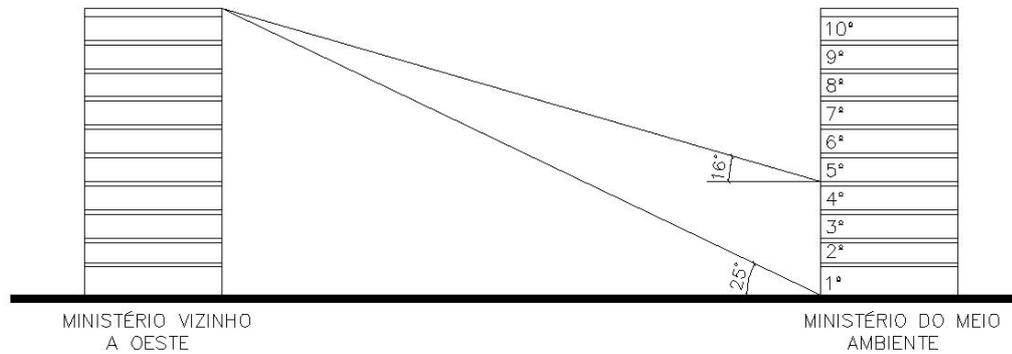


Figura 5-78- Corte esquemático com ângulo  $\alpha$  para um observador no primeiro e quinto pavimento

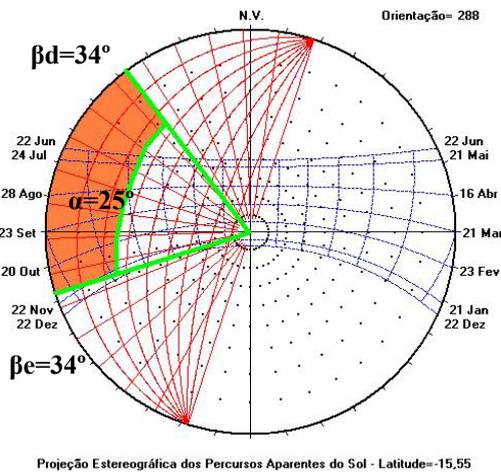


Figura 5-79- Máscara de sombra produzida pelo edifício vizinho no primeiro pavimento da edificação estudada. Adaptado do Programa Luz do Sol (RORIZ, 1995)

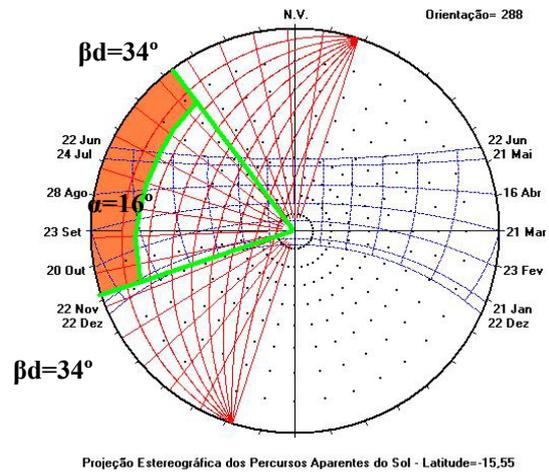


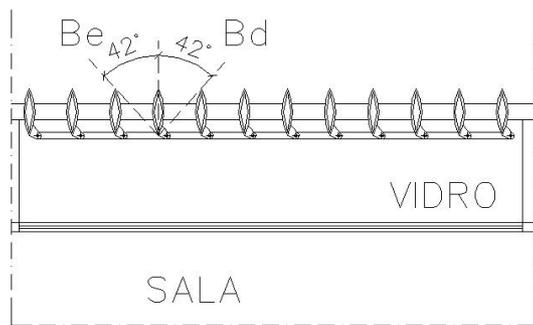
Figura 5-80- Máscara de sombra produzida pelo edifício vizinho no quinto pavimento da edificação estudada. Adaptado do Programa Luz do Sol (RORIZ, 1995)

### Análise do brise-soleil no primeiro pavimento

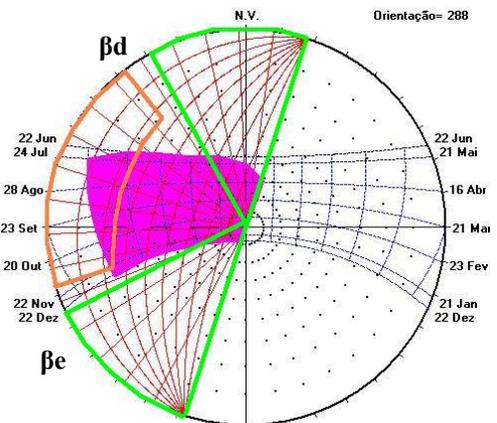
#### *Brise-soleil totalmente aberto*

No térreo, 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<sup>88</sup>, 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 5-81 Figura 5-82).



**Figura 5-81-** Brise vertical com abertura total:  $\beta_e$  e  $\beta_d = 42^\circ$



**Figura 5-82-** Máscara de sombra obtida pelo brise vertical com abertura total. Adaptado do Programa Luz do Sol (RORIZ, 1995)

Além da atuação exercida pelas lâminas frontais, a superfície envidraçada também é protegida pelas lâminas superiores (Figura 5-83). O horário de proteção sobre a janela alta ocorre desde o início 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. Já sobre toda a superfície de vidro, a influência das peças superiores é praticamente nula, existindo somente nas proximidades ao meio-dia (Figura 5-84). Essa proteção se repete em todos os pavimentos, com exceção do último.

<sup>88</sup> A análise do brise vertical finito considera  $\delta=0^\circ$  para a parte inferior da janela, portanto, a representação os desenhos é referente a proteção parcial. A janela superior é analisada isoladamente.

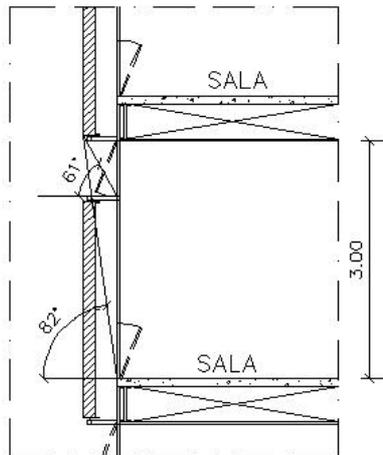


Figura 5-83- Influência das lâminas superiores na esquadria do pavimento inferior às mesmas

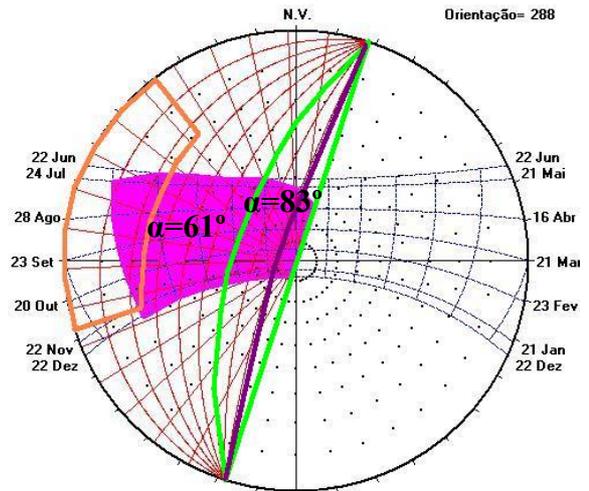


Figura 5-84- Máscara de sombra obtida pelas lâminas superiores: em verde, a proteção sobre a janela alta ( $\alpha=61^\circ$ ) e em roxo, o controle solar sobre todo vidro ( $\alpha=82^\circ$ ).

Adaptado do programa luz do sol (RORIZ, 1995)

Nota-se, portanto, que o brise com abertura total, mesmo com o auxílio do sombreamento do edifício vizinho e das lâminas superiores, não exerce o controle solar adequado. A fachada permanece sem proteção durante um bom período, sendo imprescindível o uso de cortinas internas e o uso da iluminação artificial.

*Inclinação de 45° no sentido horário*

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, excluindo 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 5-85 e Figura 5-86).

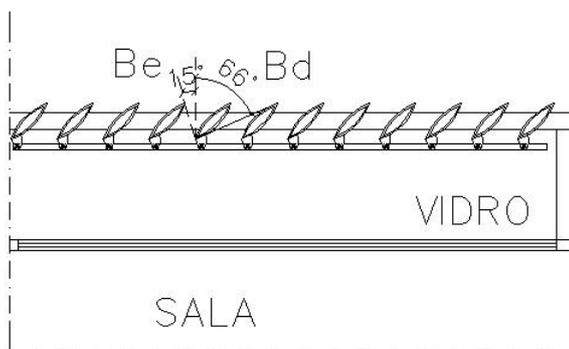


Figura 5-85- Brise vertical inclinado 45° no sentido horário:  $\beta d=66^\circ$  e  $\beta e=15^\circ$

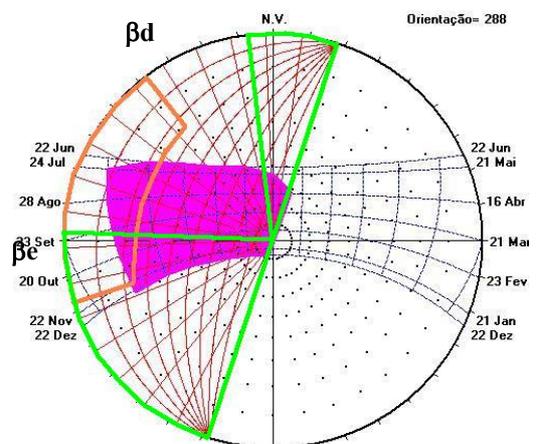
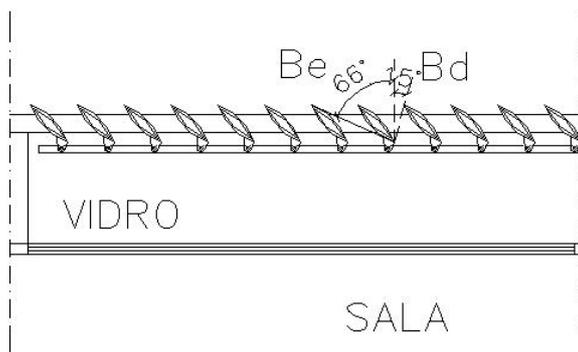


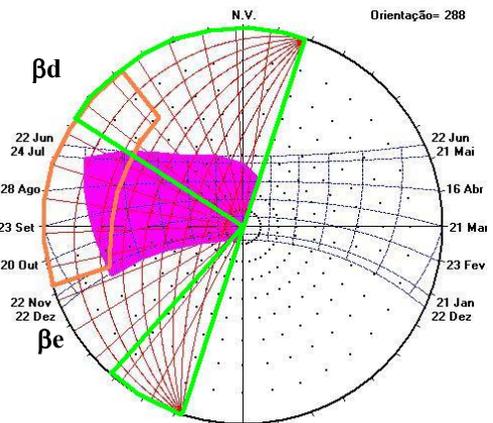
Figura 5-86- Máscara de sombra obtida pelo brise vertical inclinado 45° no sentido horário. Adaptado do Programa Luz do Sol (RORIZ, 1995)

### *Inclinação de 45° no sentido anti-horário*

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. Nos equinócios, o brise funciona bem até 13h30min, permanecendo, aproximadamente três horas sem controle solar, quando inicia o sombreamento pelo edifício a oeste (Figura 5-87 e Figura 5-88).



**Figura 5-87-** Brise vertical inclinado 45° no sentido anti-horário:  $\beta d=15^\circ$  e  $\beta e=66^\circ$

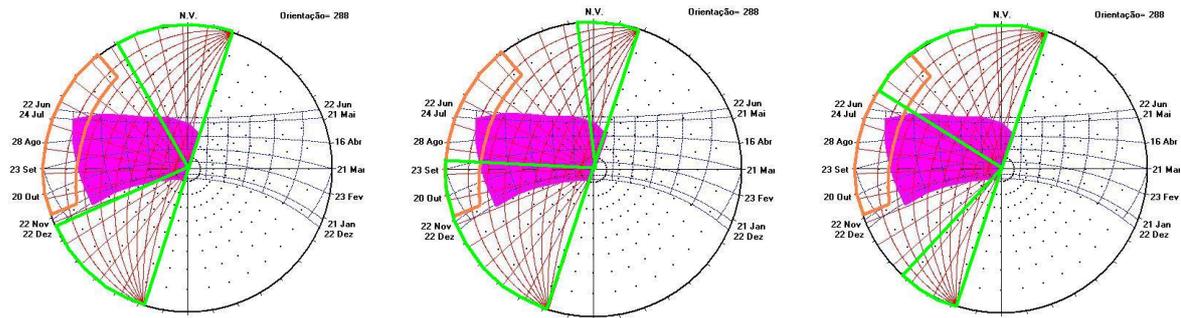


**Figura 5-88-** Máscara de sombra obtida pelo brise vertical inclinado 45° no sentido horário Adaptado do Programa Luz do Sol (RORIZ, 1995)

### Análise do brise-soleil no quinto pavimento

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.

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 aclimação artificiais, visto que os brises permanecem fechados para bloquear a excessiva radiação solar (Figura 5-89).



**Figura 5-89- Máscaras de sombra obtidas pelo brise vertical com: abertura total, inclinação de 45° no sentido horário e 45° no sentido anti-horário, respectivamente. Em laranja, o sombreado gerado pela edificação vizinha a oeste.**  
 Adaptado do Programa Luz do Sol (RORIZ, 1995)

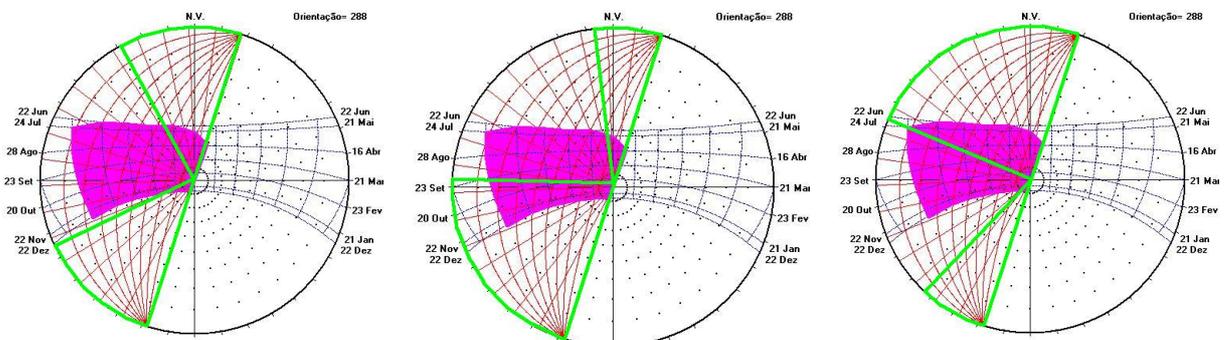
Análise do brise-soleil no décimo pavimento

A edificação vizinha não exerce nenhuma interferência no décimo pavimento, vigorando apenas a proteção do brise-soleil. Esta, como foi visto nas análises dos outros pavimentos, não é adequada em alguns intervalos onde a radiação solar é intensa (Figura 5-90).

Com a abertura total dos brises, o período sem controle solar inicia-se a partir do meio dia em outubro e fevereiro; depois de 13h em janeiro, abril, março, agosto, setembro e novembro; e a partir de 13h30min, aproximadamente, em maio, junho, julho e dezembro.

Com inclinação de 45° no sentido horário, dos meses de março a setembro não há obstrução à radiação solar a partir de 12h, havendo proteção somente a partir das 14h30min do mês de outubro e fevereiro e durante e toda tarde em novembro, dezembro e janeiro.

Movendo as lâminas no sentido anti-horário, o período sem controle solar corresponde, principalmente, ao intervalo das 15 h às 17h em todo ano, com exceção de maio, junho e julho.



**Figura 5-90- Máscaras de sombra obtidas pelo brise vertical com: abertura total, inclinação de 45° no sentido horário e 45° no sentido anti-horário, respectivamente.**  
 Adaptado do Programa Luz do Sol (RORIZ, 1995)

Os funcionários que ocupam este pavimento, portanto, sofrem mais com problemas de desconforto térmico e lumínico, devido também à abertura superior que não apresenta nenhum anteparo solar, como nos demais pavimentos. O fato de não haver resguardo acima permite a entrada de sol na superfície envidraçada deste pavimento quando o sol está mais alto (Figura 5-91 e Figura 5-92).

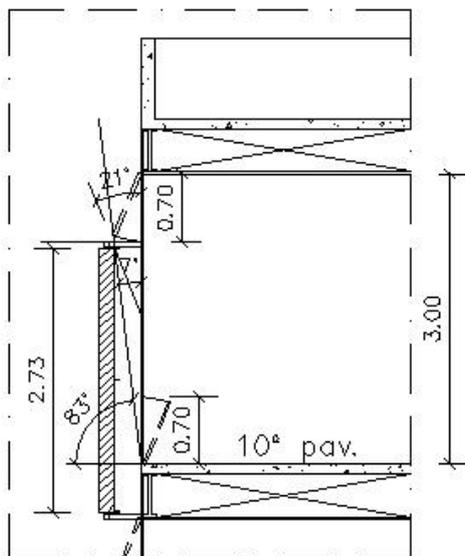


Figura 5-91- Corte 10º pavimento:janela superior sem proteção

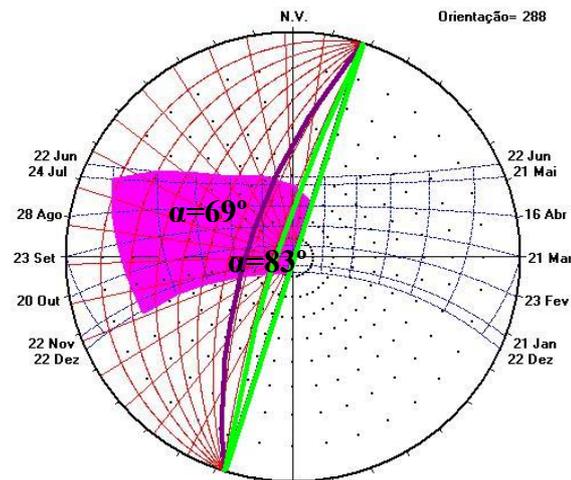


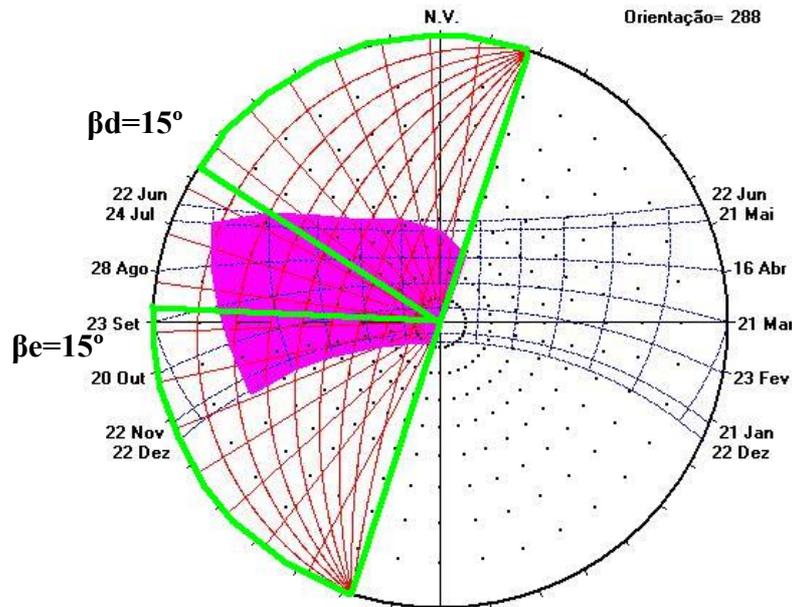
Figura 5-92- Intervalo em que não há proteção no piso do 10º pavimento (83°) e na metade da superfície envidraçada (69°), respectivamente. Adaptado do Programa Luz do Sol (RORIZ, 1995)

## 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, maio, julho, agosto e setembro (Figura 5-93).

Esse episódio agrava-se principalmente no décimo pavimento, onde o brise vertical permite a incidência da radiação solar na janela superior e no plano de vidro do pavimento.

O fato de o brise ser finito permite que o décimo pavimento seja prejudicado com maior incidência de radiação solar.



**Figura 5-93- Sobreposição da máscara de sombra dos brises rotacionados no sentido horário, durante o solstício de verão, e no sentido anti-horário, no solstício de inverno.**  
Adaptado do Programa Luz do Sol (RORIZ, 1995)

### 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 o sistema, a própria janela, em muitos casos, apresenta-se encoberta por armários ou painéis componentes do mobiliário (Figura 5-94 e Figura 5-95). 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. Essa 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.



**Figura 5-94- Acesso ao brise obstruído pelo mobiliário em frente à janela inferior**



**Figura 5-95- Armários impedindo o acesso à barra de comando**

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 e, portanto, o resfriamento da superfície por convecção e a retirada do calor antes que esse atinja o plano vertical (Figura 5-96).

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, 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 novo mobiliário, que torna inviável a utilização da manivela de comando da janela e a conseqüente abertura para ventilação.



Figura 5-96- Vista através da janela do quinto pavimento para o nível da rua: desobstrução entre os brises e a superfície envidraçada

#### E. Características dos materiais<sup>89</sup>

O brise possui acabamento em esmalte sintético na cor verde nilo<sup>90</sup> que apresenta emissividade ( $\epsilon$ ) de 0,95 e absorvância ( $\alpha$ ) entre 0,5 e 0,70. Neste âmbito, como a pintura está conservada, a cor absorve 50% do calor recebido e reflete 50%, representando um valor aceitável se comparado com uma superfície verde escura, por exemplo, cuja absorvância é 0,75; e elevada porcentagem de emissividade, se confrontada com o alumínio, cujo valor é entre 0,4 e 0,6.

A alta emissividade é atenuada pelo espaçamento existente entre brise e superfície envidraçada, que permite a circulação do vento, dissipando o calor irradiado pelas lâminas.

O aço, como já apresentado no Anexo II da Câmara, apresenta condutividade térmica aceitável.

#### F. 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

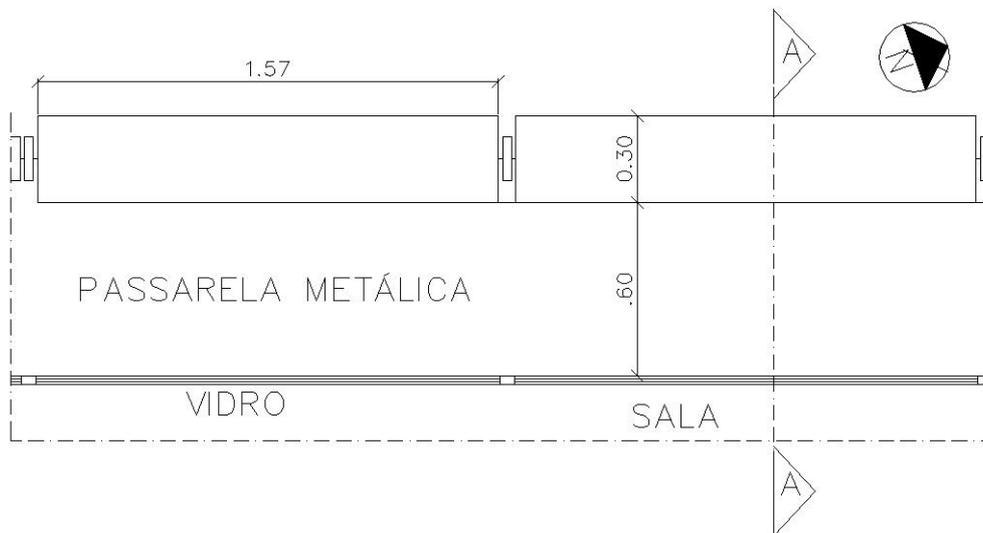
<sup>89</sup> Os valores dos coeficientes foram obtidos por meio de Frota (2000) e Corbella (2003).

<sup>90</sup> Como não foram encontrados valores para a cor específica, adotou-se os valores da cor verde claro.

cortinas internas para evitar a radiação solar e conseqüentemente os ganhos térmicos e problemas de iluminação excessiva.

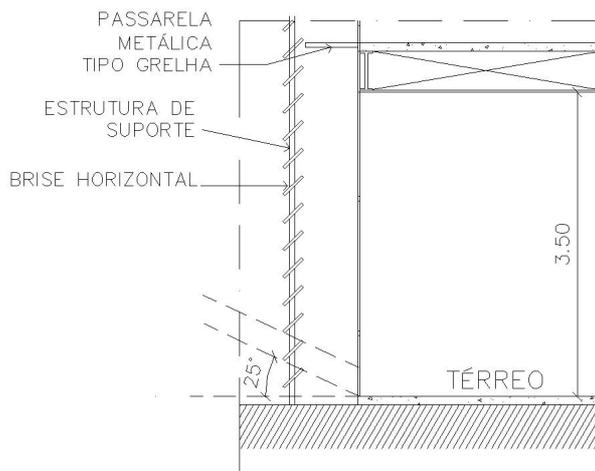
O brise horizontal apresenta-se como a tipologia mais adequada para o controle solar da fachada, devendo-se considerar a interferência da edificação vizinha sobre o edifício estudado.

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 5-97). 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.

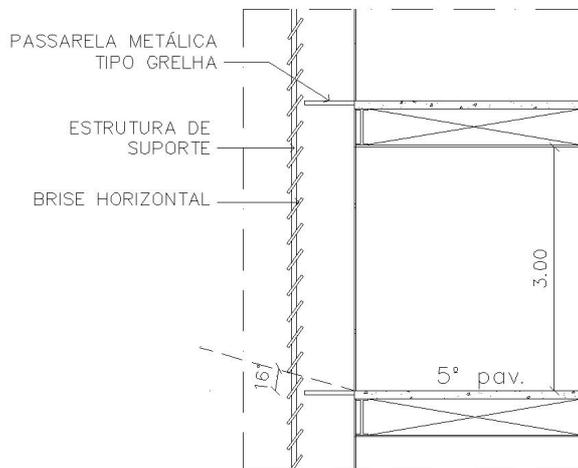


**Figura 5-97- Planta baixa com representação do brise horizontal, afastado 60 cm da fachada**

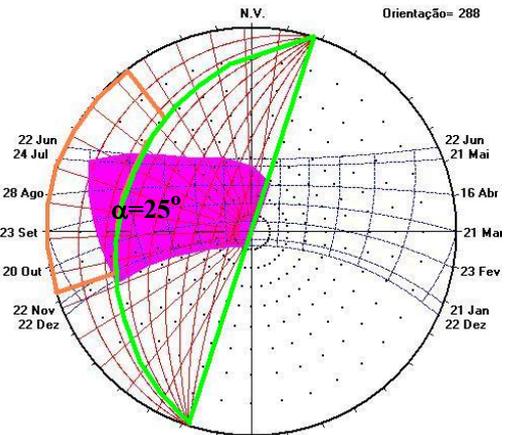
Propõe-se o brise-soleil móvel devido aos raios solares serem praticamente perpendiculares à fachada e a dificuldade em protegê-la à tarde, uma vez que pela manhã a radiação é difusa. Neste sentido, no térreo, onde o sombreamento do prédio vizinho é maior, as lâminas devem ser posicionadas com uma angulação de  $25^\circ$  entre as mesmas e a superfície envidraçada (Figura 5-98 e Figura 5-98), devendo-se reduzir para  $16^\circ$  no quinto pavimento (Figura 5-100 e Figura 5-101).



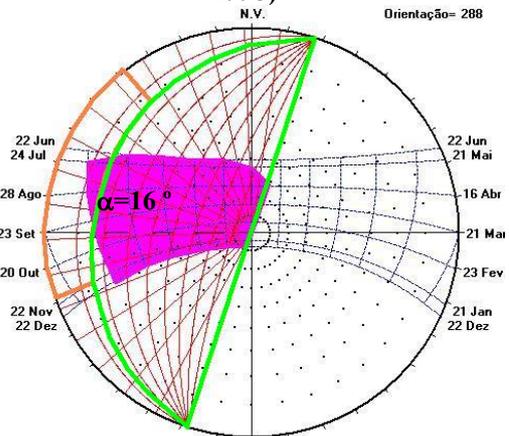
**Figura 5-98- Corte AA no térreo, representando a angulação adequada para as lâminas do brise-soleil**



**Figura 5-100- Corte AA no 5º pavimento, representando a angulação adequada para as lâminas do brise-soleil**

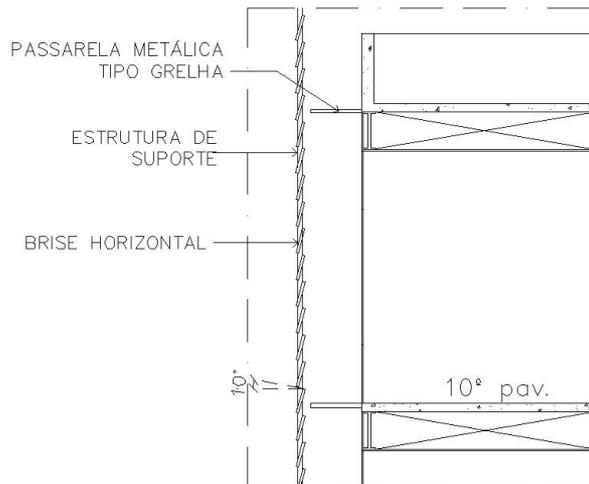


**Figura 5-99- Máscara de sombra gerada pelo brise horizontal proposto para o térreo Adaptado do Programa Luz do Sol (RORIZ, 1995)**

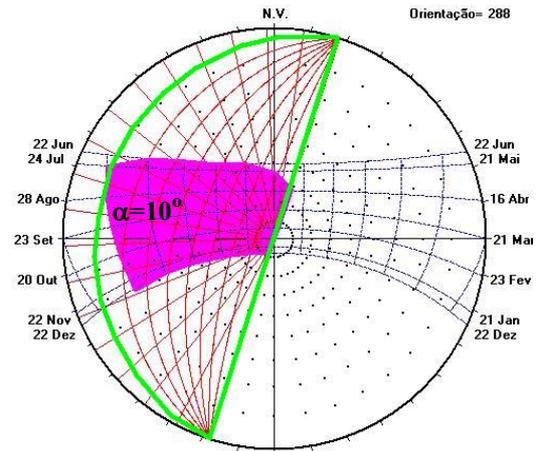


**Figura 5-101- Máscara de sombra gerada pelo brise horizontal proposto para o 5º pavimento Adaptado do Programa Luz do Sol (RORIZ, 1995)**

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  $\alpha$  de  $10^\circ$  entre as lâminas e a superfície envidraçada, visto que, não sofrem influência do edifício vizinho (Figura 5-102 e Figura 5-103).



**Figura 5-102- Corte AA no 10º pavimento, representando a angulação adequada para as lâminas do brise-soleil**



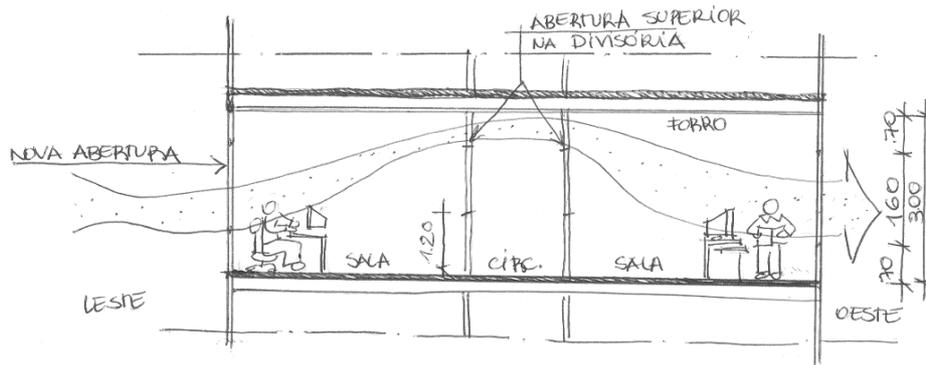
**Figura 5-103- Máscara de sombra gerada pelo brise horizontal proposto para o térreo Adaptado do Programa Luz do Sol (RORIZ, 1995)**

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 característica dos materiais, 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, como indicado no edifício do Anexo I do Senado.

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 as janelas em vidro temperado oferecidas pela empresa Reiki<sup>91</sup>, que são bastante discretas. 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 5-104 e 5-105).

<sup>91</sup> <http://www.reiki-indl.com.br/>. Acesso em 28/11/2006.



**Figura 5-104- Corte esquemático representando possibilidade de ventilação cruzada**



**Figura 5-105- Sistema Screen glass, Reiki**  
 fonte: <http://www.reiki-indl.com.br/index.php>

A ventilação cruzada torna-se possível com aberturas superiores nas divisórias ao longo do corredor central, para aproveitar nas salas de oeste os ventos predominantes vindos do leste. Essa solução pode acarretar problemas acústicos.

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 retirada das diversas películas existentes e a aplicação de persianas internas em cor clara para auxiliar nas questões lumínicas.

#### 5.2.4. Estudo de caso 4: Anexo do Ministério da Saúde - Fachada Leste e brise-soleil misto

##### 5.2.4.1. Caracterização do edifício e elemento de controle solar

O Anexo do Ministério da Saúde teve seu projeto elaborado pelo arquiteto Oscar Niemeyer em 1976. O edifício apresenta formato de “H”, cujas fachadas maiores (101.30m de

comprimento) são orientadas para leste e oeste. Nessas encontram-se distribuídos os escritórios que possuem acesso pelos corredores centrais, onde as separações são feitas por divisórias de piso a teto (Figura 5-106).

A estrutura do edifício em concreto se apresenta revestido de mármore branco, nas fachadas norte e sul, e aparente na orientação leste e oeste, constituindo o brise existente. Nestas últimas, o concreto domina a leitura visual do edifício juntamente com vidro (Figura 5-107). Foi utilizado vidro temperado de 8 mm com película fumê e pequenas janelas pivotantes (0.40 x 1.56m) nos vãos envidraçados, localizadas a 84 cm do piso pronto (Figura 5-108).



Figura 5-106- Planta baixa de um pavimento tipo



Figura 5-107- Fachada leste (108°): brise misto e vidro fumê



Figura 5-108- Detalhe da janela

O brise é composto de peças verticais e horizontais distribuídas em formato de colméia, de modo que os vãos de abertura afunilam de 3.30m para 2.15m (de cima para baixo) e de 3.59m para 2.50m (da superfície externa para a interna), respectivamente, nas proximidades da superfície envidraçada. As peças possuem 1,00m de profundidade e estão a 58 cm do plano das esquadrias (Figura 5-109 a 5-111).

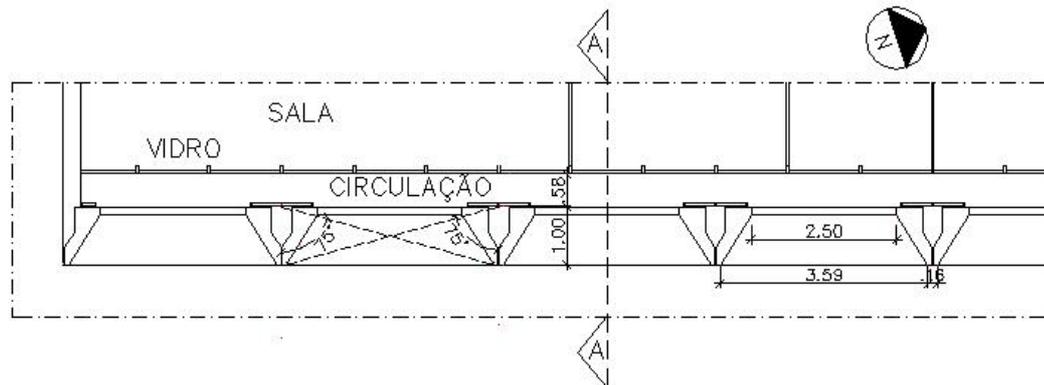


Figura 5-109- Planta baixa, representando a distribuição dos brises

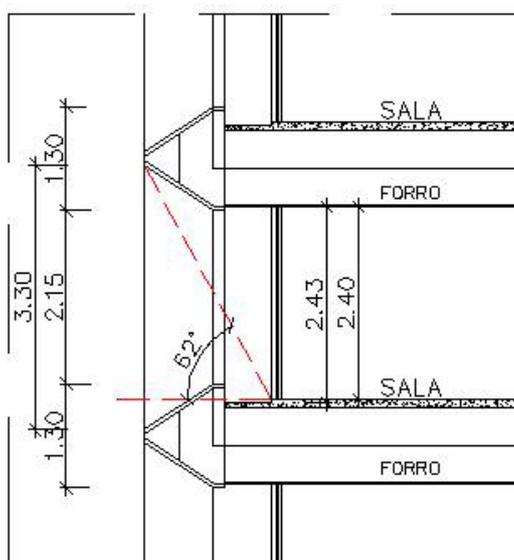


Figura 5-110- Corte AA



Figura 5-111- Detalhe do brise-soleil misto

Não existe uma manutenção periódica do brise, ocasionando o desgaste das propriedades térmicas do concreto, no decorrer do tempo.

No que diz respeito ao ambiente interno, o mobiliário e as divisórias internas apresentam-se na cor branco gelo, o forro é branco, o piso vinílico na cor bege e as cortinas são em tecido, na cor creme (Figura 5-112 e Figura 5-113). O resfriamento é feito com central de ar-condicionado e split, e a iluminação com lâmpadas fluorescentes, que funcionam o dia inteiro.



**Figura 5-112-Divisória do corredor central**



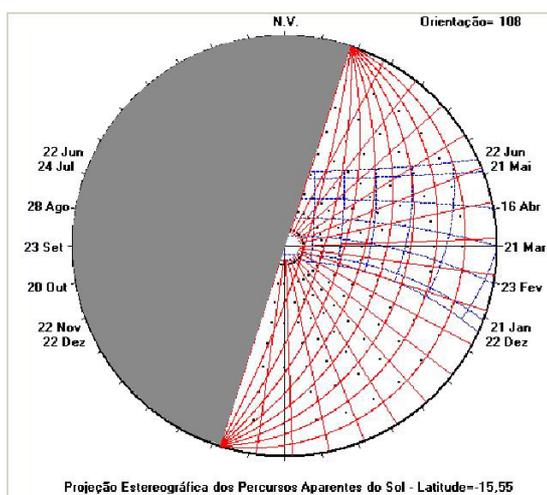
**Figura 5-113-Mobiliário interno, forro e cortinas**

5.2.4.2.A eficiência do brise-soleil

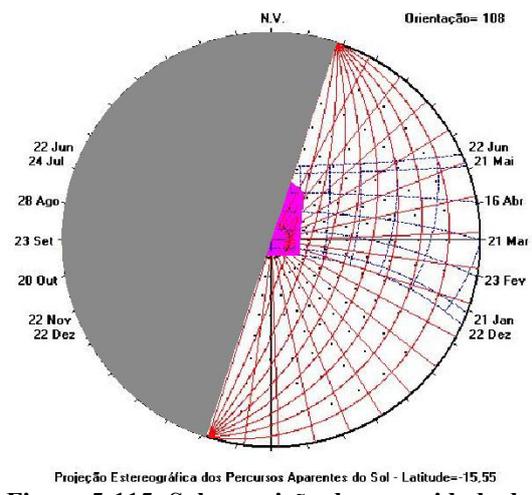
A. Controle solar

Na fachada leste, o sol incide por toda manhã das 6h30min às 11h no solstício de inverno; de 6h às 11h40min no equinócio e de 5h30min às 12h, aproximadamente, no solstício de verão (Figura 5-114). Os maiores ganhos térmicos são verificados no equinócio de primavera e no solstício de verão (Tabela 5-5).

As temperaturas são mais amenas pela manhã e, portanto, a necessidade de sombreamento ocorre a partir das 11h, principalmente, conforme constatado no capítulo 2 (Figura 5-115).



Projeção Estereográfica dos Percursos Aparentes do Sol - Latitude=-15,55  
**Figura 5-114- Carta solar para fachada leste (108°). Adaptado do Programa Luz do Sol (RORIZ, 1995)**



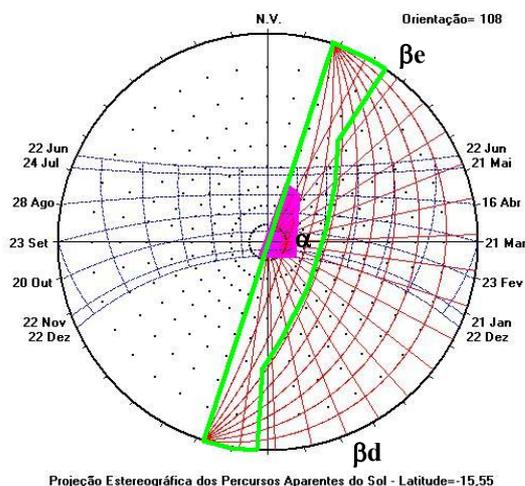
Projeção Estereográfica dos Percursos Aparentes do Sol - Latitude=-15,55  
**Figura 5-115- Sobreposição da necessidade de sombreamento à carta solar. Adaptado do Programa Luz do Sol (RORIZ,1995)**

**Tabela 5-5- Radiação solar (Wh/m<sup>2</sup>) no plano vertical orientado para leste**

| Radiação solar (Wh/m <sup>2</sup> ) <sup>92</sup> |                                |                               |                                   |                                 |
|---|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| Fachada leste<br>108°                             | Equinócio de outono<br>(22/03) | Solstício de verão<br>(21/12) | Equinócio de primavera<br>(22/09) | Solstício de inverno<br>(21/06) |
|   | 2.391                          | 2.574                         | 3.556                             | 2.327                           |

Fonte: Programa Luz do sol (RORIZ, 1995)

O brise misto ocupa 100% da fachada leste e por ser fixo não oferece diversidade de uso, devendo o usuário utilizar as cortinas internas para atender as suas necessidades. A proteção efetiva do elemento de controle solar ocorre das 9h40min às 11h no solstício de inverno, a partir das 9h50min nos equinócios e depois de 10h no solstício de verão (Figura 5-116).



**Figura 5-116- Máscara de sombra obtida pelo brise misto, onde  $\beta d = \beta e = 75^\circ$  e  $\alpha = 62^\circ$ . Adaptado do Programa Luz do Sol (RORIZ, 1995)**

**B. Posição e dimensão**

O elemento vertical que compõe o sistema de brise misto não exerce muita influência na proteção solar, de modo que apenas o horizontal já seria suficiente para atender a necessidade de sombreamento exigida. No entanto, como o sol é praticamente perpendicular à fachada, a radiação solar a partir das 9h pode ocasionar problemas de iluminação excessiva<sup>93</sup>, devendo existir uma proteção extra para esse horário.

<sup>92</sup> A radiação solar incidente foi calculada pelo programa Luz do Sol, utilizando-se os valores de nebulosidade apresentados pelas Normais Climatológicas (1992).

<sup>93</sup> A partir desse horário são verificados altos valores de iluminâncias.

### C. Mobilidade, uso e manutenção

Devido ao fato de o brise ser fixo, não são constatados problemas de uso, apenas com relação à manutenção, uma vez que não é freqüente a limpeza da fachada. Isso ocasiona o desgaste do concreto aparente devido ao acúmulo de sujeiras e, portanto, as alterações das suas características e propriedades térmicas.

Verificou-se entre os funcionários, inclusive engenheiros e arquitetos, o desconhecimento sobre a função do elemento como protetor solar. O mesmo é considerado apenas componente estético da fachada.

### D. Posicionamento do brise em relação ao alinhamento da fachada

O brise-soleil existente apresenta-se afastado 58 cm da superfície envidraçada, no entanto, o prolongamento da laje impede a circulação dos ventos entre os pavimentos (Figura 5-117).



**Figura 5-117- Circulação existente entre o brise e a superfície envidraçada: prolongamento da laje**

A ventilação interna também é dificultada devido à ausência de aberturas para saída do ar nas divisórias de piso a teto.

### E. Características dos materiais

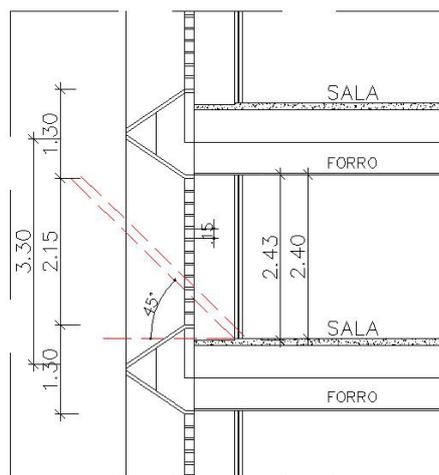
O brise foi executado em concreto aparente que apresenta emissividade ( $\epsilon$ ) de 0,90 e absorvância ( $\alpha$ ) entre 0,70 e 0,80. Neste âmbito, a cor absorve 70% do calor recebido, representando um valor alto se comparado com uma superfície branca, por exemplo, cuja

absortância é 0,30; e elevada porcentagem de emissividade se confrontada com o alumínio, cujo valor é entre 0,4 e 0,6.

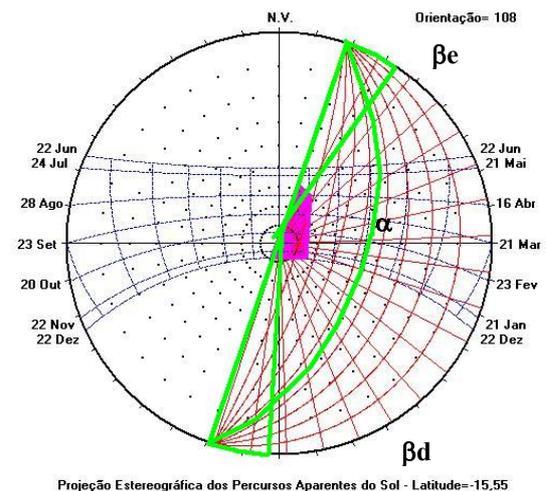
O concreto, no entanto, apresenta baixa condutividade térmica ( $\lambda$ ), 1.50 W/mK, e, portanto, um atraso na condução do calor, principalmente devido a espessura das peças.

#### F. Sugestões corretivas

Constatou-se que o brise misto atende a necessidade de sombreamento exigida. Mesmo diante disso, almejando oferecer a melhor qualidade ambiental possível, sugere-se a aplicação de lâminas horizontais, em vidro refletivo<sup>94</sup> metalizado prata, com 15 cm de largura, a serem encaixadas nas colméias<sup>95</sup> (Figura 5-118 e Figura 5-119), a fim de reduzir os possíveis inconvenientes de iluminação excessiva, principalmente nos meses em que a nebulosidade é menor e o céu está mais claro.



**Figura 5-118- Lâminas em vidro refletivo metalizado prata, onde  $\alpha=45^\circ$**



**Figura 5-119- Máscara de sombra gerada pelo brise horizontal proposto. Adaptado do Programa Luz do Sol (RORIZ, 1995)**

Propõe-se também a substituição do vidro fumê por um vidro refletivo, devido ao melhor desempenho das propriedades térmicas e lumínicas (SANTOS et al 2004; CARAM & MIANA, 2006), e as cortinas por persianas, a fim proporcionar ao usuário uma maior interação no ambiente de trabalho, respectivamente, e assim alcançar seu conforto com mais facilidade.

<sup>94</sup> O vidro refletivo metalizado à vácuo prata apresentou bons resultados nos teste realizados por Caram & Miana (2006), comparando-se a outros brises de materiais transparentes.

<sup>95</sup> Outra solução seria aplicação de painéis prismáticos que contribuiriam para uma melhor distribuição da luminosidade no interior das salas.

Outra solução para o conforto ambiental seria a existência de ventilação cruzada, conforme foi proposta para o Ministério do Meio Ambiente, também aplicável neste edifício, tanto no que diz respeito à opção de abertura do vidro como as novas esquadrias nos corredores.

E por fim, enfatiza-se a importância da limpeza da fachada almejando manter as características do concreto aparente e, conseqüentemente, um melhor desempenho térmico.

## CAPÍTULO 6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 6.1. CARACTERIZAÇÃO DAS FACHADAS

Conforto é obtido quando o homem não está submetido a fadiga ou estresse, inclusive térmico, mesmo diante de diversas variáveis. Entre essas, a radiação solar é considerada a de maior impacto, devido à capacidade de aquecer mais ou menos a edificação, conforme o acabamento superficial da mesma ou outros fatores, como orientação, área de envidraçados, etc.

Nesse contexto, as superfícies horizontais e as envolventes verticais, por meio de seus fechamentos opacos e transparentes, são os responsáveis imediatos pela sensação de conforto do usuário no ambiente. Uma maior porcentagem de fechamento transparente na fachada, por exemplo, acarreta maiores ganhos térmicos, problemas acústicos, luminosidade excessiva, além de obrigar o aumento do dimensionamento do ar-condicionado e, conseqüentemente, maior consumo energético. Cabe ressaltar que o entorno tem uma importante participação nesse processo, de acordo com a absorção e reflexão dos materiais utilizados nos edifícios vizinhos, pavimentação do solo, etc.

A fim de evitar esses inconvenientes, devem-se respeitar as condições climáticas locais, decidindo sobre a melhor forma, altura, orientação, material de revestimento das fachadas, tipo de aberturas e os elementos de controle solar que sejam mais adequados ao lugar.

Dentre as variáveis arquitetônicas citadas, os elementos de controle solar têm a função de controlar, barrar e/ou distribuir a radiação, melhorando as condições térmicas, lumínicas e visuais no interior do edifício. Caso esses elementos sejam externos, o desempenho é mais favorável, uma vez que a radiação é absorvida antes de penetrar no recinto, resultando em menor quantidade de calor recebido.

Um exemplo de elemento de controle externo é o brise-soleil, que, embora seja utilizado muitas vezes por questões estéticas, reduz significativamente os ganhos térmicos quando bem especificados. Para o projeto de um brise-soleil eficiente, considera-se o clima, assim como o período de sombreamento necessário, por meio do estudo da carta solar, para então definir a posição, dimensão, mobilidade, forma de uso e manutenção, posicionamento em relação à fachada e os melhores materiais a serem utilizados.

No caso de Brasília, cujo clima é caracterizado como Tropical de Altitude, após um estudo do mesmo, verificou-se que utilizando apenas técnicas passivas obtém-se conforto, de modo que o período em que o sombreamento é exigido estende-se somente das 11h às 17h em janeiro, fevereiro, março, abril, agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro; e das 12h às 17h em maio e julho, e das 13h às 16h em junho, meses mais frios do ano.

Mesmo diante desses dados favoráveis em relação ao clima, muitos usuários sofrem com problemas de desconforto, seja por excesso de frio ou calor. Isso se deve as transformações sofridas nos edifícios, de um modo geral, ao longo dos anos, como a substituição das paredes de alvenaria por peles de vidro, com função apenas de vedação, possibilitada graças aos avanços tecnológicos. A aplicação do vidro em grande escala, dentre outras soluções, passou a ser aplicada independente do clima em que os edifícios estivessem inseridos.

Isso pôde ser constatado através do levantamento realizado nos 138 edifícios de escritórios públicos localizados nas escalas Gregária e Monumental do Plano Piloto de Brasília, no qual se verificou a adoção de mesmas soluções em diversos edifícios, que são, em alguns casos, inadequadas.

Os problemas iniciam-se pela orientação das edificações, cujas fachadas maiores do volume retangular predominante são orientadas para leste e oeste, onde são registrados os maiores ganhos térmicos e mais difíceis de controlar.

Esse fato é acentuado pela utilização excessiva de vidros nas superfícies externas, mesclados em pequenas partes com concreto e pedras, que apresentam muitas vezes coloração como artifício para controle solar, impedindo a passagem de luz natural e aumentando as temperaturas internas.

No que diz respeito ao controle solar, um número significativo de edifícios apresenta algum tipo de elemento, no entanto, como a maioria apresenta mais de duas fachadas envidraçadas, observou-se que um pouco mais da metade dessas fachadas apresentam algum tipo de controle solar.

É importante destacar que a fachada oeste é a mais protegida e o brise-soleil é o elemento mais utilizado. Contudo, esse é aplicado independentemente da orientação da superfície, apresentando-se impróprios em muitas situações. O brise vertical, por exemplo, predomina em todas as orientações, com exceção da fachada leste.

A situação agrava-se com a ausência de mobilidade nos brises, em sua maioria, pois onde essa existe, os usuários têm a possibilidade de fechá-los nos horários mais incômodos. Em

contrapartida, com isso há a utilização constante da iluminação artificial e aparelhos de ar-condicionado como forma de controle ambiental.

Todavia, os dispositivos artificiais são utilizados frequentemente de forma independente dos brises devido a vários motivos, tais como: as janelas existentes não contribuem muito para o aproveitamento da ventilação, já que as tipologias predominantes (basculante e máximo-ar) apresentam pequenas porcentagens de abertura; a organização do layout com divisórias que, muitas vezes, impedem que a iluminação natural chegue a algumas salas; e também devido à questões como reflexos nos computadores que obrigam o usuário a fechar as cortinas, etc.

Nota-se que na amostra observada, em muitos casos, faltou um estudo sobre o que seria mais adequado para as fachadas, considerando as questões climáticas e os requisitos para obtenção de conforto ambiental para o usuário.

## 6.2. ESTUDO DE CASOS

Tomando-se os edifícios específicos, cujos brises foram avaliados individualmente, verifica-se a similaridade entre as especificações. As dimensões e espaçamentos combinados resultam em ângulos de proteção semelhantes, mesmo as orientações sendo díspares, como no caso das fachadas sul, norte e oeste, que apresentam brise-soleil vertical.

Dessa forma, com a dita especificação, o brise na fachada sul do Anexo II da Câmara dos Deputados cumpre sua função no período de sombreamento desejado, embora a configuração pudesse ser diferente para facilitar o manuseio e melhorar a iluminação natural no interior. Na fachada norte do Anexo I do Senado, no entanto, mesmo que o usuário modifique a posição das lâminas ao longo do dia, ainda existirão horários sem a devida proteção.

Isso é comum também ao brise vertical aplicado na fachada oeste do Ministério do Meio Ambiente, mesmo com o sombreamento gerado pela edificação vizinha. Já na fachada leste do Anexo do Ministério da Saúde, o brise misto atende o intervalo de controle solar exigido. Apesar disso, como a radiação é praticamente perpendicular à fachada, torna-se necessário um elemento extra que atue num intervalo mais extenso.

No que diz respeito à mobilidade desses elementos, no Anexo II da Câmara e no Ministério do Meio Ambiente, os mesmos apresentam-se pesados e de difícil manuseio, devido à grande quantidade de peças danificadas ou à impossibilidade de uso, graças à disposição do

mobiliário. No Anexo I do Senado, além das peças danificadas, acrescenta-se a ausência de peças para repor as células fotoelétricas. Vale ressaltar também os inconvenientes causados pela movimentação de 37 lâminas simultaneamente, uma vez que corresponde ao espaço de duas salas distintas e, portanto, necessidades diferentes.

Os usuários dos edifícios estudados reclamam da demora na manutenção, que é dificultada pelos acessos às lâminas que se dá pela janela basculante inferior, por onde se chega a uma passarela muitas vezes estreita, como no caso do edifício do Anexo I do Senado, ou inexistente, como no Ministério do Meio Ambiente. Esse caso torna perigoso inclusive a interação do usuário com as lâminas.

Referindo-se ao posicionamento do brise em relação à fachada, todos os elementos apresentam-se afastados com espaçamento mínimo de 27,5 cm e máximo de 110 cm, que são preenchidos por passarelas, com exceção do Ministério do Meio Ambiente. Essas, no entanto, são sólidas, sejam metálicas ou em concreto, impossibilitando a livre circulação do ar ao longo da fachada e o resfriamento da mesma, por meio da retirada do calor que atravessou o brise.

Quanto ao calor absorvido pelos brises, verificou-se que no Anexo II da Câmara a cor utilizada contribui para uma maior absorção do calor, devido a sua alta absorção. O mesmo não ocorre com os brises do Anexo I do Senado e Ministério do Meio Ambiente, cujas propriedades da cor e do material contribuem até mesmo na iluminação interna. O brise-soleil do Anexo do Ministério da Saúde tem um melhor ou pior desempenho dependendo da manutenção de limpeza do material.

Partindo da análise e das deficiências encontradas foram feitas propostas para melhoria dos brises existentes, que são apresentadas na tabela abaixo:

**Tabela 6-1- Propostas sugeridas para os estudos de caso**

| <b>EDIFÍCIO</b>   | <b>PROPOSTAS</b>   | <b>BENEFÍCIOS</b>   |
|-------------------|--|---|
| ANEXO I DO SENADO | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aplicar brise-soleil horizontal fixo</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Controla a radiação solar no período necessário</li> <li>▪ Permite a incidência da radiação solar no Solstício de Inverno, onde as temperaturas são mais baixas e necessita-se de aquecimento solar passivo</li> <li>▪ Amplia o espaçamento</li> </ul> |

| EDIFÍCIO                            | PROPOSTAS   | BENEFÍCIOS  |
|-------------------------------------|---|---|
|                                     |   | entre as lâminas, melhorando a distribuição da iluminação interior, assim como a visão interior-exterior  |
|                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Substituir a passarela existente por uma metálica, tipo grelha, com 60 cm de profundidade</li> </ul>                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Facilita a manutenção dos brises</li> <li>▪ Possibilita a ventilação vertical ao longo da fachada e a retirada do calor das superfícies por meio da convecção</li> </ul>   |
|                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Manter o material existente ou utilizar chapa de aço perfurada</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Permite o controle da radiação solar, a ventilação através da lâmina, a visão interior-exterior, assim como a diminuição de riscos de ofuscamentos</li> </ul>  |
| ANEXO II DA CÂMARA<br>DOS DEPUTADOS | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Manter brise-soleil vertical móvel, aumentando o espaçamento entre as lâminas e fixando a rotação no sentido anti-horário</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Permite uma melhor distribuição da iluminação natural no fundo das salas, assim como a aumenta a visão interior-exterior</li> <li>▪ Ocorre a redução do número de lâminas de 11 para 8 em uma mesma longarina, diminuindo o peso do sistema</li> </ul> |
|                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Substituir a estrutura metálica superior por pérgulas e a estrutura intermediária por um tipo grelha</li> </ul>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Colabora no controle solar</li> <li>▪ Permite a circulação dos ventos no sentido vertical e a retirada do calor das superfícies externas por convecção</li> </ul>  |
|                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Substituir a cor verde colonial dos brises pelo amarelo utilizado no Anexo IV da Câmara dos Deputados</li> </ul>                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reduz a absorção da radiação solar e aumenta a reflexão</li> <li>▪ Melhora a distribuição da iluminação no interior e mantém diálogo com a construção existente</li> </ul>   |
|                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Substituir o vidro fumê por vidro transparente</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Melhora a iluminação no interior das salas</li> </ul>  |

| EDIFÍCIO                            | PROPOSTAS   | BENEFÍCIOS   |
|-------------------------------------|---|--|
| ANEXO II DA CÂMARA<br>DOS DEPUTADOS | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Elaborar cartilha informativa sobre os brises</li> </ul>                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conscientiza os funcionários sobre o correto uso do brise e consequente diminuição dos riscos de danos por mal uso</li> </ul>   |
|                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reduzir o prazo de manutenção</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Facilita o manuseio</li> </ul>  |
|                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Melhorar layout</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Desobstrui as janelas de acesso à manivela dos brises</li> </ul>  |
| MINISTÉRIO DO MEIO<br>AMBIENTE      | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aplicar brise-soleil horizontal móvel, extendendo-se por toda fachada</li> </ul>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Permite que os brises fiquem aberto pela manhã, quando a radiação é difusa e sejam posicionados nas angulações indicadas à tarde, quando a radiação é praticamente perpendicular a fachada</li> <li>▪ Controle solar eficiente em toda superfície envidraçada, inclusive no décimo pavimento</li> </ul> |
|                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Utilizar passarela metálica, tipo grelha, com 60 cm de profundidade</li> </ul>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Oferece segurança ao usuário</li> <li>▪ Facilita a manutenção dos brises</li> <li>▪ Permite a ventilação vertical ao longo da fachada e a retirada do calor das superfícies por convecção</li> </ul>  |
|                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aplicar chapa de aço perfurada nas lâminas</li> </ul>                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Possibilita ventilação através da lâminas</li> <li>▪ Permite visão interior-exterior mesmo quando as lâminas estão fechadas</li> </ul>  |
|                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Substituir janela basculante inferior por janela pivotante em vidro temperado</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Melhora a ventilação na altura de conforto dos funcionários</li> <li>▪ Oferece segurança e facilidade no acesso aos brises</li> </ul>   |
|                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Executar aberturas superiores nas divisórias de acesso ao corredor principal</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Permite ventilação cruzada, aproveitando nas salas de oeste os ventos vindos de leste</li> </ul>  |

| EDIFÍCIO                  | PROPOSTAS  | BENEFÍCIOS  |
|---------------------------|--|---|
|                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Melhorar layout</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Desobstrui as janelas de acesso à manivela dos brises</li> </ul>   |
| ANEXO MINISTÉRIO DA SAÚDE | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aplicar lâminas horizontais em vidro refletivo metalizado prata</li> </ul>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reduz os possíveis inconvenientes de iluminação excessiva, principalmente nos meses em que a nebulosidade é menor e o céu está mais claro</li> </ul> |
|                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Substituir o vidro fumê por vidro transparente</li> </ul>                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Melhora a iluminação no interior das salas</li> </ul>  |
|                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Executar aberturas superiores nas divisórias de acesso ao corredor principal</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Permite ventilação cruzada, aproveitando nas salas de oeste os ventos vindos de leste</li> </ul>   |
|                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Limpar contantemente a fachada</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Garante a manutenção das características do concreto aparente</li> </ul>   |

Cabe advertir que as sugestões para melhoria dos brises são apenas idéias do que pode ser feito, tendo em vista que, uma mesma máscara de sombra pode resultar em diversas configurações de brise-soleil, sendo importante apenas manter os ângulos de controle solar indicados. As propostas tentaram, onde foi possível, não fugir da idéia inicial do arquiteto, no que diz respeito as cores e materiais, que foram alterados somente quando não apresentaram bons resultados.

Buscou-se limitar as propostas apenas ao brise-soleil, visto que esse é o foco do trabalho. Foram feitas breves observações sobre outros assuntos apenas quando foi extremamente necessário e possível, como a questão da ventilação<sup>96</sup> no Ministério do Meio Ambiente e a substituição do vidro fumê no Anexo do Ministério da Saúde, devido ter um baixo desempenho diante de outros vidro.

<sup>96</sup> No edifício do Anexo I do Senado e Anexo II da Câmara dos Deputados não foi possível apresentar propostas de ventilação cruzada devido ao layout interno existente.

### 6.3. SUBSÍDIOS PARA ELABORAÇÃO DE DIRETRIZES DE NOVOS BRISE-SOLEILS

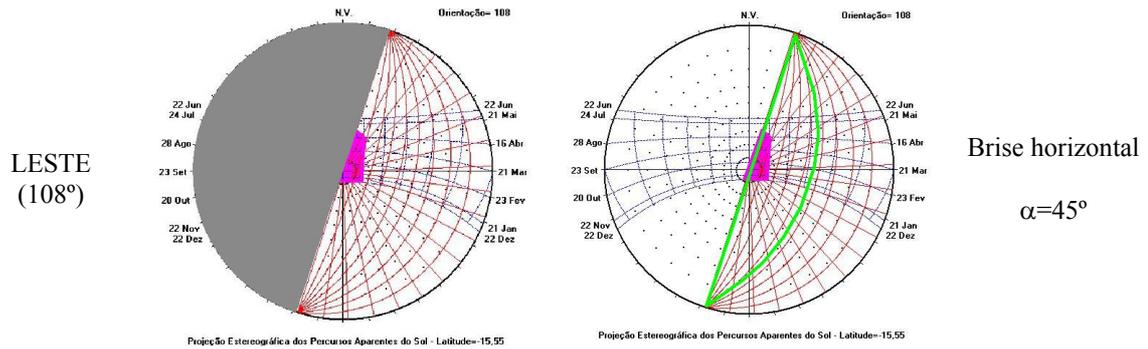
Nesse contexto, baseando-se nos estudo de casos, sugerem-se alguns subsídios a fim de se obter um brise-soleil eficiente para o contexto climático de Brasília, considerando que diversos edifícios apresentam as mesmas orientações estudadas.

Para o controle solar e posição do brise<sup>97</sup>, seguem-se os dados da tabela abaixo:

**Tabela 6-2- Subsídios para elaboração de especificações para brises**

| FACHADA      | NECESSIDADE DE SOMBREAMENTO  | CONTROLE SOLAR   | POSIÇÃO DO BRISE   |
|--------------|--|--|--|
| SUL (198°)   | <p>Projeção Estereográfica dos Percursos Aparentes do Sol - Latitude= -15,55<br/>Orientação= 198</p> | <p>Projeção Estereográfica dos Percursos Aparentes do Sol - Latitude= -15,55<br/>Orientação= 198</p> | <p>Brise vertical, com auxílio de um anteparo horizontal (passarela)</p> <p><math>\beta_d = \beta_e = 50^\circ</math><br/><math>\alpha = 85^\circ</math></p> |
| NORTE (18°)  | <p>Projeção Estereográfica dos Percursos Aparentes do Sol - Latitude= -15,55<br/>Orientação= 18</p>  | <p>Projeção Estereográfica dos Percursos Aparentes do Sol - Latitude= -15,55<br/>Orientação= 18</p>  | <p>Brise misto ou horizontal</p> <p><math>\beta_d = \beta_e = 76^\circ</math><br/><math>\alpha = 50^\circ</math></p>   |
| OESTE (288°) | <p>Projeção Estereográfica dos Percursos Aparentes do Sol - Latitude= -15,55<br/>Orientação= 288</p> | <p>Projeção Estereográfica dos Percursos Aparentes do Sol - Latitude= -15,55<br/>Orientação= 288</p> | <p>Brise horizontal</p> <p><math>\alpha = 10^\circ</math></p>  |

<sup>97</sup> Os brises propostos são considerados infinitos, visto que, as fachadas dos edifícios, geralmente e conforme verificado no levantamento, possuem grandes superfícies envidraçadas.



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.

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<sup>98</sup> para contribuir em melhores condições térmicas e na distribuição homogênea da luz natural no interior. Entre os materiais dos brises estudados, pode-se citar o brise com preenchimento em poliuretano na cor cinza, que retarda a condução do calor absorvido através da lâmina, graças às suas propriedades. A chapa perfurada é outra opção interessante, visto que também barra a radiação, permite ainda a ventilação através das lâminas e mantém a visão interior-exterior, mesmo quando fechadas.

<sup>98</sup> Evitar branco devido aos possíveis problemas, como o ofuscamento.

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.

#### 6.4. CONCLUSÕES

Embora alguns exemplos aqui explorados não tenham apresentado resultados satisfatórios diante do sombreamento exigido, é importante ressaltar que não se deve atribuir os problemas de imediato ao arquiteto, uma vez que o mesmo encontra, muitas vezes, obstáculos como verbas e prazos curtos para elaboração do projeto.

Vale enfatizar que, após a realização do levantamento de campo, verificou-se que alguns edifícios localizados nas áreas estudadas tiveram brises acrescentados nas suas fachadas, como o edifício da Petrobrás. Nesse foi adotado, nas fachadas norte e sul, o celoscreen, comercializado pela Hunter Douglas.

Descobriu-se também uma nova função para o brise-soleil, além das já citadas, incluindo a função estética: a utilização do brise-soleil como elemento de propaganda, segundo foi observado no edifício do Banco de Brasília, do Setor Bancário Sul (Figura 6-1).



**Figura 6-1- Edifício do Banco de Brasília e a comemoração pelos 40 anos.**

Nota-se, portanto, que as informações contidas neste trabalho devam passar por atualizações constantes, uma vez que as modificações nas fachadas e nos elementos de controle solar, como acréscimo ou até substituições dos mesmos, podem ocorrer a qualquer momento, desde que haja intenção em melhorar as condições de conforto ou apenas visuais.

Além de atualizações dos dados, este trabalho pode ter seqüência com simulações computacionais sobre a realidade dos brises avaliados, no que diz respeito às questões térmicas e lumínicas. É conveniente também o desenvolvimento de estudos sobre o desempenho de possíveis materiais a serem aplicados nos brises, diante de tantas inovações tecnológicas para equilibrar o ingresso de luz natural e calor solar nas edificações.

Outro caminho a ser seguido é referente a um estudo mais aprofundado com os usuários e a percepção dos mesmos diante das condições de conforto no ambiente de trabalho, inclusive no que diz respeito ao funcionamento dos brises. Esses estudos podem abranger outras cidades desde que considerem as condições climáticas locais e as especificações mais adequadas à realidade de cada região.

Pesquisas com esse contexto são o ponto de partida para alertar a sociedade e incutir nela um interesse em melhorar a situação existente e proporcionar ambientes mais agradáveis. A qualidade ambiental e a boa produtividade no ambiente de trabalho podem andar juntas desde que sejam tomadas decisões adequadas ao clima e que haja um interesse do usuário em aprender a utilizar o edifício e seus equipamentos da melhor forma, zelando por eles.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACAYABA, Marlene, FICHER, Sylvia. *Arquitetura Moderna Brasileira*. São Paulo: Projeto, 1982.

ALUCCI, Márcia Peinado; BENEDETTO, Gisele Severino de; BUORO, Anarrita Bueno. Impacto da proteção solar de fachadas no consumo de energia elétrica versus custo da solução. In: Seminário Internacional Nutau 2006- Inovações tecnológicas e sustentabilidade, 2006, São Paulo. *Anais...* São Paulo: NUTAU, 2006. CD.

AMORIM, Cláudia Naves David. Desempenho térmico de edificações e simulação computacional no contexto da arquitetura bioclimática. Estudo de caso na região de Brasília. 1998. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Curso de Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade de Brasília, Brasília. 1998.

\_\_\_\_\_. Arquitetura não residencial em Brasília: desempenho energético e ambiental. In: I Conferência Latino Americana de Construção Sustentável, 10, Entac-Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2004, São Paulo. *Anais...* São Paulo: Clacs/Entac, 2004. CD.

\_\_\_\_\_. Iluminação natural e eficiência energética no projeto de arquitetura. In: *Apostila da disciplina Estudos Especiais em Tecnologia*. Brasília: Universidade de Brasília, 2005.

\_\_\_\_\_. 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](http://www.unb.br/fau/posgraduacao/cadernos_eletronicos/edicao2002.htm). Acesso em: 02 de jul. 2006.

ARGAN, Giulio Carlo. *Projeto e destino*. São Paulo: Ed. Ática, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) – NBR 15220-1- *Desempenho térmico de edificações. Parte 1: Definições, símbolos e unidades*. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático Brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

ATEM, Camila Gregório. *Apropriação e eficiência dos dispositivos de proteção solar utilizados na arquitetura moderna: o caso de Londrina (PR)*. 2003. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2003.

BAKER, N., FANCHIOTTI, A., STEEMERS, K. *Daylighting in architecture: a European reference book*. London: James & James editors, 1993.

BANHAM, Reiner. *La arquitectura del entorno bien climatizado*. Buenos Aires, Infinito, 1975.

- BENÉVOLO, Leonardo. *História da Arquitetura Moderna*. São Paulo: Ed. Perspectiva, 1998.
- BITTENCOURT, Leonardo. *Uso das cartas solares - diretrizes para arquitetos*. Maceió: EDUFAL, 2000.
- BRUAND, Yves. *Arquitetura Contemporânea no Brasil*. 3ª ed. São Paulo: Ed. Perspectiva, 1999.
- BURTON, Simon. *Energy Efficient Office refurbishment*. London: James&James, 2001.
- BUSTOS ROMERO, Marta Adriana. *Princípios bioclimáticos para o desenho urbano*. 2ª ed. São Paulo: Proeditores, 2000.
- BUSTOS ROMERO, Marta Adriana. *A arquitetura Bioclimática do espaço público*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2001.
- CALDEIRA, Vasco. (Coord). Histórico da evolução do brise-soleil. *Idéias de Arquitetura*. Nº 1. Disponível em: <http://www.luxalon.com.br/> Acesso em: 30 de mai. 2005.
- CALDEIRA, Vasco. (Coord). A arquitetura de escritórios. *Idéias de Arquitetura*. Nº 9. Disponível em: <http://www.luxalon.com.br/> Acesso em: 15 de jun. 2006.
- CAMARA DOS DEPUTADOS. *Arte e Arquitetura na Câmara dos Deputados*. Brasília: Coordenação de Publicações, 2005.
- 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.
- CORBELLA, Oscar. Em busca de uma arquitetura sustentável para os tópicos – conforto ambiental. Rio de Janeiro: Revan, 2003.
- CORONA, Eduardo; LEMOS, C. A. C. *Dicionário da arquitetura brasileira*. São Paulo: Edart, 1972.
- COSTA, Lucio. *Registro de uma vivência*. São Paulo: Empresa das Artes, 1995.
- DANS, Ernest. *La arquitectura y el sol - proteccion de los edificios*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili S.A., 1967.
- DILONARDO, L. P.; ROMERO, M. A. Dinamic computer simulation with ESP-r in a building model in São Paulo. In: The 18<sup>th</sup> International Conference on Passive and Low Energy Architecture, 2001, Florianopolis. *Anais...* Florianopolis, Brasil, 2001, p. 725-728.
- EVANS, Martin; SCHILLER, Silvia de. *Diseño bioambiental y arquitectura solar*. 2ª ed. Buenos Aires: Facultad de Arquitectura, diseño y urbanismo, 1991.
- FERREIRA, A. B. H. *Novo dicionário Aurélio de Língua Portuguesa*. 3ª ed. Curitiba: Positivo, 2004.

- FERREIRA, Philomena Chagas. *Alguns dados sobre o clima para a edificação em Brasília*. 1965. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade de Brasília, Brasília. 1965.
- FROTA, Anésia Barros, SCHIFFER, Sueli Ramos. *Manual do conforto térmico*. São Paulo: Nobel, 2000.
- FROTA, Anésia Barros. *Geometria da insolação*. São Paulo: Geros, 2004.
- FICHER, Sylvia. Edifícios altos no Brasil. *Espaço & Debate 37- Cidade brasileira, século XX*. São Paulo: Annablume, 1994.
- GHISI, E.; TINKER, J. . Optimising energy consumption in offices as a function of window area and room size. In: Seventh International IBPSA Conference, 2001, Rio de Janeiro. *Anais....* Rio de Janeiro: Building Simulation 2001.
- GHISI, Eneidir; LAMBERTS, Roberto; MINKU, Priscila Mei; SANTANA, Marina Vasconcelos. Tipologias construtivas de edifícios de escritórios localizados em Florianópolis-SC. In: VIII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído e IV Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, 2005, Maceió. *Anais....* Maceió: ENCAC/ ELACAC, 2005. CD.
- GIEDION, S. Espaço, tempo e arquitetura: o desenvolvimento de uma nova tradição. São Paulo: Martins Fontes, 2004.
- GIVONI, B. Comfort, climate analyses and building design guidelines. *Energy and building*. Lausanne, v. 18, nº 1, p. 18/23, 1992.
- GIVONI, B. *Man, climate and architecture*. Londres: Applied Science Publishers, 1976.
- GOMES, Geraldo. Marcos da Arquitetura Moderna em Pernambuco. In: *Arquiteturas no Brasil/ Anos 80*. São Paulo: Projeto, 1988.
- GOULART, Solange V. G.; LAMBERTS, Roberto; FIRMINO, Samanta. *Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras*. 2ª ed. Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção/UFSC, 1998.
- GRAEFF, Edgar Albuquerque. Edifício. *Cadernos Brasileiros de Arquitetura*. 3ª ed. V. 7. São Paulo: Projeto, 1986.
- GREGOTTI, Vittorio. *Território da arquitetura*. São Paulo: Ed. Perspectiva, 1975.
- HESBAQUE, Guy. *A evolução do arranha-céu*. Tradução de Andréa de Vasconcellos. Belo Horizonte: Escola de Arquitetura da Escola de Minas Gerais, 1962.
- HOLSTON, James. *Cidade Modernista - uma crítica de Brasília e sua utopia*. São Paulo: Companhia das letras, 1993.
- INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. *Normais Climatológicas (1961-1990)*. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, Brasília, 1992.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). *Daylight in buildings a source book on day lighting systems and components*. Washington, USA: IEA/SHC/ Task 21/ ECBCS, 2000.

KOCH, Wilfried. *Dicionário dos estilos arquitetônicos*. 2ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

KOENIGSBERGER, O. H.; INGERSOLL, T. G.; MAYHEW, A.; SZOKOLAY, S. V. *Viviendas y edificios*. Madrid: Paraninfo, 1977.

LABAKI, L. C. ; CASTRO, Adriana Petito de Almeida Silva ; CARAM, Rosana Maria ; MICHELATO, Rubia. Desempenho térmico de vidros comuns: avaliação em protótipos. In: I Conferência Latino Americana de Construção Sustentável, 10, Entac-Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2004, São Paulo. *Anais...* São Paulo: Clacs/Entac , 2004. CD.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. *Eficiência energética na arquitetura*. São Paulo: PW Editores, 1997.

LAMBERTS, R.; MACIEL, A. A. *Analysis Sol- Ar*. Versão 6.1.1. Florianópolis: Universidade de Santa Catarina, 2006.

LE CORBUSIER. *Planejamento Urbano*. 3ª ed. São Paulo: Ed. Perspectiva, 2004a.

LE CORBUSIER. *Precisões sobre um estado presente da arquitetura e do urbanismo*. São Paulo: Cosac & naify, 2004b.

LEITE, Juliano S. V.; ARAÚJO, Virginia M. D. Análises de elementos arquitetônicos de proteção solar em edificações institucionais na cidade de Natal/RN - diretrizes projetuais. In: I Conferência Latino Americana de Construção Sustentável, 10, Entac-Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2004, São Paulo. *Anais...* São Paulo: Clacs/Entac, 2004. CD.

MACIEL, Alexandra A. *Projeto Bioclimático em Brasília: estudo de casos em edifícios de escritórios*. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2002.

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.

MASCARÓ, Lúcia R. de. *Energia na edificação - estratégias para minimizar seu consumo*. São Paulo: Ed. Projeto, 1991.

MASCARÓ, Lúcia R. de. *Iluminação e arquitetura - sua evolução através do tempo*. *Arquitextos*, São Paulo, n. 063, agosto 2005. Disponível em: <http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq000/esp324.asp>. Acesso em: 04 de mar. 2006.

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

OLGYAY, Victor. *Arquitectura y clima, manual de diseño bioclimático para arquitectos e urbanistas*. Barcelona: Ed. Gustavo Gili S.A., 1998.

ORNSTEIN, Sheila W. Desempenho do ambiente construído, interdisciplinaridade e arquitetura. São Paulo: FAU/USP, 1996.

PESSOA, José. Reflected by low: the superquadra's historic modernity. In: *Lucio Costa, Brasilia's superquadra*. London: Havard Desgn School-Prestel, 2005.

PEVSNER, Nikolaus. *Historia de las tipologias arquitectonicas*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili S.A., 1979.

REIS FILHO, Nestor Goulart. *Quadro da arquitetura no Brasil*. 10ª ed. São Paulo: Perspectiva, 2004.

REVISTA ARQUITECTURA PANAMERICANA. *Arquitetura no Brasil: depoimentos*. Nº 4. Santiago de Chile: Federacion Panamericana de Asociaciones de Arquitectos, 1996.

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

RIVERO, Roberto. Parasoles 1: estudo comparativo de la eficácia de los parasoles fijos ante la radiacion solar. Montevideo: SC4, 1967.

ROMÉRO, Marcelo de Andrade; IWASHITA, Juliana. Eficiência energética e sustentabilidade na arquitetura de edifícios comerciais. In: Seminário Internacional NUTAU'2002, sustentabilidade, arquitetura, desenho urbano, 2002, São Paulo. *Anais...*São Paulo: NUTAU, 2002.

ROMÉRO, Marcelo de Andrade; MARRACCINI, Cláudio. Eficiência energética em torre de escritórios para São Paulo (protótipo 3). *Revista Climatização*. São Paulo: fev. 2003, p. 26-29.

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.

SIGNOR, R. Análise de regressão do consumo de energia elétrica frente a variáveis arquitetônicas para edifícios comerciais climatizados em 14 capitais. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 1999.

TIETZ, Jürgen. *História da arquitetura do século XX*. [S.1]: Könemann, 2000.

TINEM, Neuci. O alvo do olhar estrangeiro: o Brasil na Historiografia da Arquitetura Moderna. João Pessoa: Ed. Manufatura, 2002.

VASCONCELLOS, Sylvio de. *Arquitetura no Brasil: sistemas construtivos*. Belo Horizonte: Rona Editora, 1979.

VIANNA, Nelson S.; GONÇALVES, Joana Carla S. *Iluminação e Arquitetura*. São Paulo: Virtus S/A Ltda, 2001.

YÁÑES, Guillermo. *Arquitectura solar: aspectos pasivos, bioclimatismo e iluminación natural*. Madrid: MOPU, 1988.

**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.vitruvius.com.br/arquitextos/arq000/esp324.asp>. Acesso em: 04 de mar. 2006.

<http://www.labeee.ufsc.br/software/analysisSOLAR.htm>. Acesso em: 04 de mar. 2006.

<http://www.francerama.com>. Acesso em: 10 de jun 2006.

<http://www.home.no/mosma/medici.html>. Acesso em: 10 de jun. 2006.

<http://www.artehistoria.com>. Acesso em: 10 de jun. 2006.

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

[http://www.unb.br/fau/posgraduacao/cadernos\\_eletronicos/edicao2002.htm](http://www.unb.br/fau/posgraduacao/cadernos_eletronicos/edicao2002.htm). Acesso em: 02 de jul. 2006.

<http://www.inmet.gov.br>. Acesso em: 06 de jul. 2006.

<http://www.reiki-indl.com.br/>. Acesso em: 28 de nov. 2006.

<http://www.grimshaw-architects.com>. Acesso em: 13 de abr. 2007.

<http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/arquitetura633.asp>. Acesso em: 13 de abr. 2007.

## ANEXOS

### ▪ LISTA DOS EDIFÍCIOS ESTUDADOS:

#### 1. ESCALA MUNUMENTAL

##### 1.1 Esplanada dos Ministérios

A- Ministério do Desenvolvimento/do Esporte e das Cidades

B- Ministério do Meio Ambiente e Cultura

C- Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão

D- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

E- Ministério da Integração Nacional/ da Ciência e Tecnologia

F- Ministério da Previdência Social/ do Trabalho e Emprego

G- Ministério da Saúde

H - Itamaraty

H1- Anexo I - Itamaraty

H2- Anexo II- Itamaraty

I- Congresso Nacional

I1- Senado Federal

I1-Anexo I- Câmara dos Deputados

I2-Anexo II- Câmara dos Deputados

I3- Anexo III- Câmara dos Deputados

I4- Anexo IV- Câmara dos Deputados

J- Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio Exterior

K- Ministério do Planejamento

L- Ministério da Educação

M- Ministério da Defesa Aérea Brasileira

N- Ministério da Defesa Marinha

O- Ministério do Exército

P- Ministério da Fazenda

Q- Ministério da Defesa

R- Ministério da Comunicação/ Transporte

U- Ministério Minas e Energia/ Turismo

D1- Anexos Ministérios

F1- Anexos Ministérios

G1-Anexos Ministérios

L1- Anexos Ministérios

M1- Anexos Ministérios

N1- Anexos Ministérios

O1- Anexos Ministérios

P1- Anexos Ministérios

U1- Anexos Ministérios

Supremo Tribunal Federal (STF)

Anexo I- STF

Anexo II- STF

Palácio do Planalto

Palácio da Justiça (PJ)

Anexo I- PJ

Interlegis

Total: 42

1.2 Setor de Administração do Distrito Federal  
Tribunal de Contas do Distrito Federal  
Anexo I  
Palácio do Jaburu  
Anexo I  
Terracap  
Codeplan  
Procuradoria Geral do Df  
Tribunal Regional Eleitoral  
Tribunal de Justiça do Distrito Federal e Territórios  
Anexo I- Fórum Des. Milton Sebastião Barbosa  
Tribunal de Justiça do Distrito Federal  
Anexo  
Ministério Público do Distrito Federal e Territórios  
Total: 13

## 2. ESCALA GREGÁRIA

2.1 Setor de Autarquias Sul (SAUS)  
Tribunal Superior do Trabalho (TST)  
Anexo I- TST  
Tribunal Superior Eleitoral (TSE)  
Anexo I- TSE  
Superior Tribunal Militar  
Tribunal Regional Federal  
Previdência Social (PS)  
Anexo I-PS  
Controladoria Geral da União  
Previdência Social (PS)  
Anexo I- PS  
Departamento Regional de Registro do Comercio/Ministério de Desenvolvimento e Indústria  
Procuradoria Geral da União  
Tribunal Regional Federal  
Justiça Federal (JF)  
Anexo 1-JF  
Ministério Público Militar  
Ministério da Fazenda  
Justiça Federal  
Confederação Nacional dos Trabalhadores em Estabelecimentos de Educação e Cultura  
Ministério Público do Trabalho  
Ministério da Previdência Social  
Ministério da Saúde  
Previdência Social  
Associação Brasileira dos Municípios  
Ministério Público Federal  
Caixa Econômica Federal  
Ministério Público do Distrito Federal e Territórios  
Conselho Federal de Química

Conselho Federal de Contabilidade  
Ordem dos Advogados do Brasil  
Polícia Federal  
Anatel  
Anexo I- Anatel  
Anexo II- Anatel  
Anexo III- Anatel  
Ministério da Integração Nacional  
Confederação Nacional dos Transportes  
Total: 38

2.2 Setor de Administração Federal Sul (SAFS)  
Procuradoria Geral da República (PGR)  
Anexo I- PGR  
Superior Tribunal de Justiça (STJ)  
Anexo I- STJ  
Anexo II- STJ  
Instituto Rio Branco  
Tribunal Superior do Trabalho (TST)  
Anexo- TST  
Tribunal de Contas da União (TCU)  
Anexo I-TCU  
Anexo II- TCU  
TOTAL: 11

2.2 Setor Bancário Sul (SBS)  
Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social  
Caixa Econômica Federal  
Banco Brasil  
Banco de Brasília  
Banco Brasil (BB)  
Anexo I - BB  
Banco do Brasil  
Ministério da Educação e Cultura  
Tribunal Regional Federal  
Banco Central  
Caixa Econômica Federal (CEF)  
Anexo - CEF  
Total: 12

2.3 Setor de Rádio e Televisão Sul (SRTVS)  
Juizado Central Criminal  
Total: 1

2.4 Setor Hoteleiro Sul (SHS)  
Correios  
Total: 1

2.5 Setor Comercial Sul (SCS)  
Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Habitação (SEDUH)

Banco do Brasil  
Banco de Brasília  
Ministério da Fazenda  
Total: 4

2.6 Setor Comercial Norte (SCN)  
Empresa Brasileira de Turismo (Embratur)  
Conselho Administrativo de Defesa Econômica (Cade)  
Total: 2

2.7 Setor de Autarquias Norte (SAUN)  
Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transporte  
Petrobrás  
Fundação Athos Bulcão/Anexo Secretaria da Cultura do Governo do Distrito Federal (GDF)  
Departamento Nacional de Produção Mineral  
Total: 4

2.8 Setor Bancário Norte (SBN)  
Secretaria Fiscal de Atividades Urbanas - GDF  
Associação Nacional dos Fiscais da Previdência Social  
Palácio da Agricultura  
Inbra  
Correios  
Secretaria da Fazenda – GDF  
IPHAN  
Previdência Social  
Confederação Nacional do Comércio  
Confederação Nacional das Instituições Financeiras  
Total: 10

Total 138 edifícios

▪ ITENS OBSERVADOS NAS VISTAS AOS EDIFÍCIOS ANALISADOS:

| <b>1. DADOS GERAIS</b>                                   |                      |
|--|----------------------|
| 1.1 Arquiteto responsável                                |                      |
| 1.2 Ano de construção                                    |                      |
| 1.3 Informações sobre reformas/acréscimos de brises, etc |                      |
| 1.4 Planta baixa   | Obter pavimento tipo |

| <b>2. ENTORNO</b>         |         |            |
|---------------------------|---------|------------|
| 2.1 Presença de árvores   |         |            |
| 2.2 Presença de edifícios | Altura: | Distância: |

| <b>3. CARACTERÍSTICAS DA EDIFICAÇÃO</b>                  |  |
|--|--|
| 3.1 Orientação   |  |
| 3.2 Forma  |  |
| 3.3 Pavimentos   |  |
| 3.4 Materiais de revestimento                            |  |
| 3.5 Tipo de esquadria/especificar tipo de vidro/caixilho |  |
| 3.6 Proteção solar                                       |  |
| 3.7 Alterações nas fachadas: película/AC/Papelão, etc    |  |

| <b>4. INTERIOR</b>   |  |
|--|--|
| 4.1 Observar percurso do sol manhã e tarde                   |  |
| 4.2 Iluminação natural e artificial (funciona todo o tempo?) |  |
| 4.3 Visão interior/exterior                                  |  |
| 4.4 Existência de cortinas                                   |  |

| <b>5. BRISE SOLEIL</b> |   |          |       |
|------------------------|---|----------|-------|
| 5.1 Posição            | Horizontal  | Vertical | Misto |
| 5.2 Mobilidade         | Móvel   | Fixo     |       |
| 5.3 Uso e manutenção   | Posição da manivela:  |          |       |
|                        | Frequência de manutenção de peças (trocas e reparos, como pintura)/limpeza/danifica muito ou não: |          |       |

|   |   |          |
|---|---|----------|
|   | Interação com usuário:<br>1-Sabe usar o brise?<br>2- Usa com frequência?<br>3-Acha satisfatório?<br>4-É pesado?<br>5- É fácil de usar?<br>6- Acha importante tê-lo? |          |
| 5.4 Dimensão  | Finito  | Infinito |
| 5.5 Alinhamento com a fachada/ distancia/abertura ou fechamento superior e inferior |   |          |
| 5.6 Características do material   | Material:   |          |
|   | Cor:  |          |

## 6. DIMENSÕES NECESSÁRIAS

|  |  |
|--|--|
|  |  |
| 6.1 Largura da peça individual e do módulo |  |
| 6.2 Profundidade                           |  |
| 6.3 Ângulos de rotação                     |  |
| 6.4 Peitoril da janela                     |  |
| 6.5 Largura da sala                        |  |
| 6.6 Largura da janela                      |  |
| 6.7 Altura da janela                       |  |