

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO

ANA LÍGIA DE CAMPOS MENDES

**Estudo para reforma do Heliodon e elaboração de
procedimentos para o seu uso**

São Carlos

2009

ANA LÍGIA DE CAMPOS MENDES

**Estudo para reforma do Heliodon e elaboração de
procedimentos para o seu uso**

Relatório Final apresentado à Universidade de São Paulo, USP, para o Programa
Ensinar com Pesquisa.

Orientadora: Profa. Dra. Karin Maria Soares Chvatal

São Carlos

Março de 2010

Orientadora: Prof. Dra. Karin Maria Soares Chvatal

Orientanda: Ana Lígia de Campos Mendes

Relatório Final apresentado à Universidade de São Paulo, USP, para o Programa
Ensinar com Pesquisa.
Departamento de Arquitetura e Urbanismo,
Escola de Engenharia de São Carlos,
Universidade de São Paulo

Sumário

Resumo.....	6
1 Introdução.....	7
2 Revisão bibliográfica.....	9
2.1 Estudos da Insolação.....	9
2.1.1 Conceitos básicos sobre o movimento aparente do sol.....	10
2.1.2 Cartas Solares.....	12
2.1.3 Construção da Carta Solar.....	16
2.1.4 Utilização das Cartas Solares.....	18
2.1.5 Tipos de Protetores.....	19
2.1.6 Traçado de Máscaras.....	25
2.1.6.1 Máscara produzida por placa horizontal finita: Protetores Verticais	26
2.1.6.2 Máscara produzida por placa vertical finita:Protetores Horizontais	32
2.1.6.3 Máscara produzida por associação de placas horizontais e verticais: Associação entre Protetores Verticais e Horizontais.....	35

2.2 Estudo dirigido sobre insolação, utilizando o heliodon.....	38
2.3 Levantamento bibliográfico de estudos que utilizaram o heliodon.....	43
2.4 Levantamento de modelos de heliodon disponíveis em outros laboratórios e Empresas.....	46
3 Levantamento das dimensões do heliodon.....	48
4 Escolha dos tipos de análises a serem estudadas.....	53
5 Avaliação da precisão do Heliodon presente em nosso departamento.....	56
5.1 Tabela de Ângulos Solares.....	56
5.2 Aferições do Equipamento.....	57
6 Projeto de Reforma do Heliodon.....	61
7 Exercícios Propostos.....	62
8 Atividades complementares.....	70
9 referências bibliográficas.....	71
10 Anexos.....	72

Resumo

O trabalho a ser apresentado tem por finalidade investigar as possibilidades de otimização dos procedimentos de análise de insolação no Laboratório de Conforto Ambiental do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da EESC. Para tal focaremos na elaboração de um plano de reforma do Heliodon. Esse aparelho que permite a visualização da incidência solar em diferentes latitudes, o mapeamento de sombreamento e a elaboração de estratégias para corrigir a insolação indesejada, como foi concluído em pesquisa anterior (Regolão, 2009), tem seu uso restrito por apresentar dificuldades no seu manuseio e pouco conhecimento por parte dos alunos de suas reais possibilidades. Numa primeira etapa da pesquisa foi feito um estudo sistemático através de Revisão Bibliográfica e visualização no próprio laboratório de Conforto dos mecanismos de incidência de raios solares, isto é a Geometria da Insolação. Posteriormente foi feito um levantamento das dimensões do heliodon existente, a fim de se viabilizar a sua posterior reforma. E finalmente, foram selecionados 2 tipos de análise que podem ser feitas nesse equipamento, e que serão detalhadas na segunda metade desta pesquisa. Além disso, são também apresentadas as atividades complementares à bolsa e as atividades futuras.

1 Introdução

Tendo em vista a importância de estudo laboratorial em qualquer área do conhecimento universitário, como complementar do conhecimento teórico, pretende-se com esse trabalho, incrementar essa forma de conhecimento experimental no curso de Arquitetura e Urbanismo da EESC, bem como testar possibilidades de expandi-lo para além das disciplinas de Conforto Ambiental. Para tal apresentaremos um estudo que traçará diretrizes para a reforma do Heliodon. Aparelho presente no Laboratório de Conforto Ambiental do departamento de Arquitetura e Urbanismo da EESC, que possibilita o ensaio laboratorial, através de maquetes, da insolação em edifícios e ambientes urbanos.

Segundo o cronograma apresentado abaixo, na primeira etapa do trabalho foi feito um estudo teórico, através de revisão bibliográfica, a fim de que se aprofundasse o conhecimento no tema da Insolação. Nela se estudaram os mecanismos pelos quais se dão a incidência dos raios solares em nosso planeta, através do estudo geométrico da insolação. Foram apresentados estudos de Cartas Solares, Máscaras de Sombreamento e mecanismos de proteção para aberturas em edifícios. Terminado esse estudo teórico, foi feito um levantamento das características físicas do Heliodon e como ele se encontra hoje, a fim de ter meios para a identificação de seus problemas e de possíveis soluções. E finalmente, com as informações obtidas na revisão bibliográfica, foram escolhidos dois tipos de análises que serão posteriormente explorados na segunda etapa desta pesquisa, quando então será elaborado um manual para viabilizar a condução desses procedimentos no equipamento pelos alunos.

Cronograma:

Atividade	2010										2011	
	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	10	11	12	01	02
1-Revisão Bibliográfica												
2 Levantamento das dimensões do heliodon.												
3 Escolha dos tipos de análises a serem estudados.												
4 Elaboração do relatório parcial.												
5 Estudo sobre as possibilidades de alteração do heliodon.												
6 Detalhamento dos procedimentos.												
7 Teste dos procedimentos.												
8 Elaboração da versão final dos procedimentos.												
9 Elaboração de relatório final e de artigo científico.												

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Estudo da Insolação¹²

A radiação solar é a principal fonte de energia do planeta, pois fornece luz e calor. Se bem aproveitada pode gerar uma significativa economia no gasto energético ao edifício, mas para isso a implantação da construção no terreno deve buscar aproveitar ao máximo a incidência de luz. Além disso, as aberturas também devem ser muito estudadas para estarem na correta localização e com o correto tamanho. É preciso lembrar que uma máxima exposição à luz não é sempre a melhor solução arquitetônica para a construção; por exemplo, em locais mais quentes é preciso proteger a construção da exposição direta de luz, principalmente no verão.

O estudo da localização do sol e a incidência dos raios solares nestes locais fazem parte de algumas noções sobre a Geometria da Insolação. Para um arquiteto, é importante entendê-la a fim de que possa determinar a incidência dos raios solares nos ambientes e dessa forma evitá-los ou permití-los, de acordo com as necessidades em questão.

2.1.1 Conceitos básicos sobre o movimento aparente do sol

¹ O texto sobre insolação foi escrito tomando-se como base o texto escrito primeiramente pela graduanda de Arquitetura e Urbanismo Maiara Fuzatti Nicolau em sua pesquisa intitulada *Conforto ambiental e projeto arquitetônico: estudo de metodologias de apoio*; o qual em seguida foi modificado pela aluna Rosilene Regolão, cuja pesquisa tem o nome de *Estudo do potencial de utilização do heliodon em projetos arquitetônicos*, e em seguida, pela aluna, Paula Jansen Gandara Mendes (*Estudo de eficiência energética de um edifícios de escritórios: Proposta de melhorias e recomendações para projeto*). As três desenvolveram iniciação científica, a primeira sob apoio da Universidade de São Paulo, através do programa Ensinar com Pesquisa, a segunda sob o apoio da FIPAI – Fundação para o Incremento da Pesquisa e Inovação, de São Carlos, SP e a terceira sob apoio da Bolsa Pibic, CNPQ.

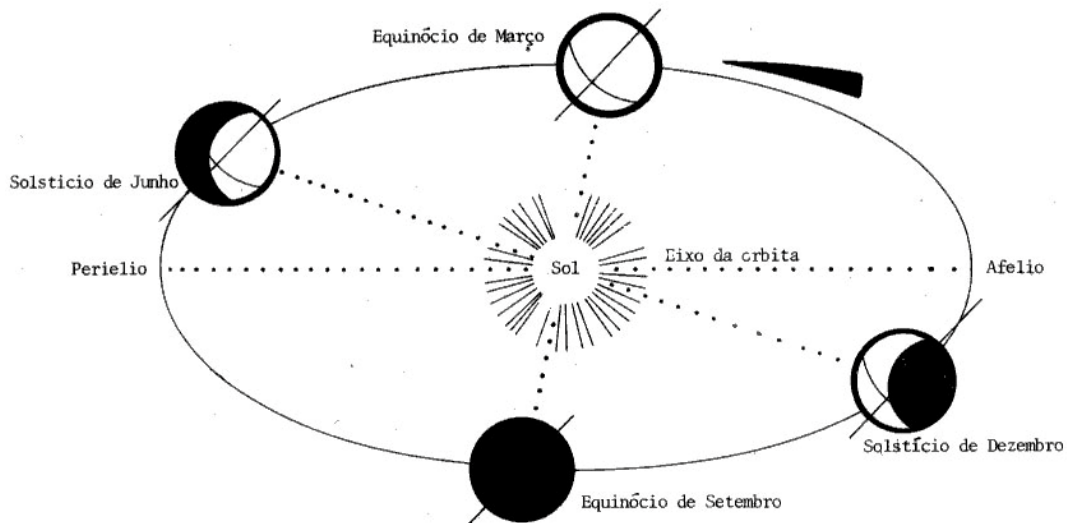


Figura 2.1: Movimento de translação terrestre

Fonte: Domingues (1976), p 10.

Sabemos que a incidência de raios solares para os dois hemisférios é diferente ao longo do ano, isso ocorre devido à inclinação do eixo da Terra, em relação ao eixo

da esfera celeste. Isto é, em relação à Eclíptica(círculo imaginário formado pela projeção do movimento anual aparente do Sol na esfera celeste). Essa inclinação da eclíptica é de $23^{\circ}37'$ em relação ao plano do equador, o qual define a posição dos trópicos; definindo as quatro estações do ano. Assim, enquanto é verão entre 22 de dezembro a 23 de março no hemisfério sul (onde o ângulo de incidência solar é maior), no hemisfério norte é inverno (onde o ângulo de incidência solar é menor).

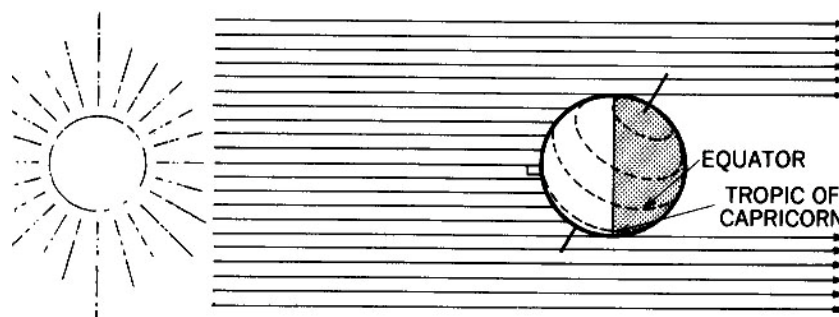


Figura 2.2 : Solstício de Verão (hemisfério sul)

Fonte: Lechner (1991), p. 92.

O oposto ocorre em junho, quando o ângulo de incidência é maior no hemisfério norte (verão).

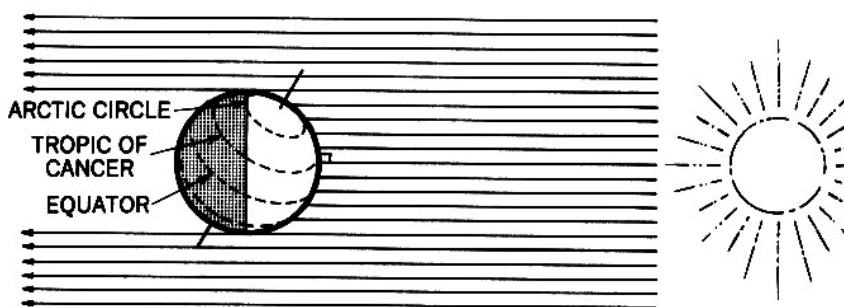


Figura 2.3: Solstício de Inverno (hemisfério sul)

Fonte: Lechner (1991), p. 92.

A distância maior dos raios solares pouco influencia na determinação das estações do ano, estas se dão devido a diferença nos ângulos de incidência dos raios em

relação a superfície terrestre, quanto mais próximos à perpendicularidade (“sol a pino”) em relação a esta, maior o calor que será irradiado.

Em setembro e março, ocorrem os equinócios, nos quais a duração dos dias é igual à das noites, pois há uma distribuição homogênea dos raios solares.

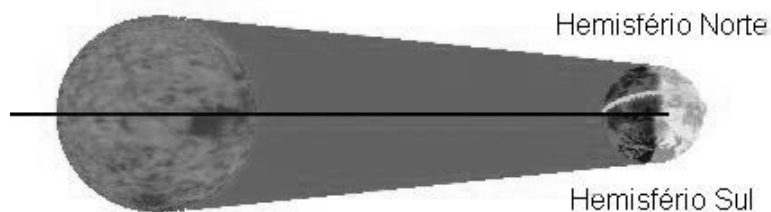


Figura 2.4: Equinócio

Fonte: Marques e Vieira, Introdução às Cartas Solares, versão 1.02.

2.1.2 Cartas Solares

As Cartas Solares são a representação gráfica da trajetória aparente do Sol projetada no plano do horizonte em uma determinada latitude.

Um observador localizado em qualquer ponto da superfície da Terra tem a impressão de que o Sol se movimenta ao redor dela; a esse efeito dá-se o nome de Movimento Aparente do Sol. Com relação a um determinado ponto, situado numa determinada latitude, o sol estará se movimentando em uma superfície esférica. O centro dessa superfície é o ponto em questão, e caso este ponto movimente-se, esta superfície esférica também o seguirá. Esta superfície imaginária chama-se Abóbada Celeste, e ao encontrar-se com o plano do observador determina a linha do horizonte.

Abóbada Celeste

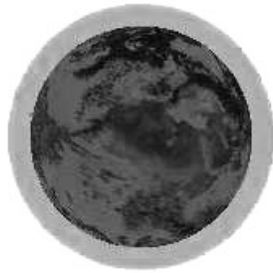


Figura 2.5: Abóbada Celeste



Figura 2.6: Plano do Observador

Fonte: Marques e Vieira, Introdução às Cartas Solares, versão 1.02.

A localização de um corpo celeste (x) é dada pela altura (h), medida a partir do plano do horizonte e indica quantos graus acima deste plano ele é visível, e pelo azimute (a) que é o ângulo que indicará quantos graus à direita do observador (A), a partir do N geográfico, passa a projeção da estrela. É o que mostra Frota e Schiffer (1995) na figura 8.

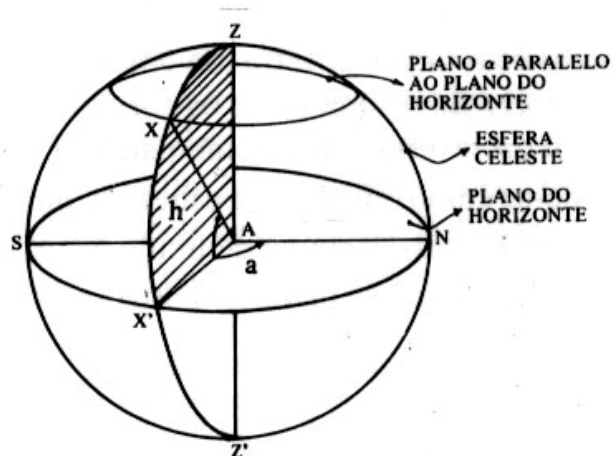


Figura 2.7: Altura e azimute de um corpo celeste

Fonte: Frota e Schiffer (1995), p.79.

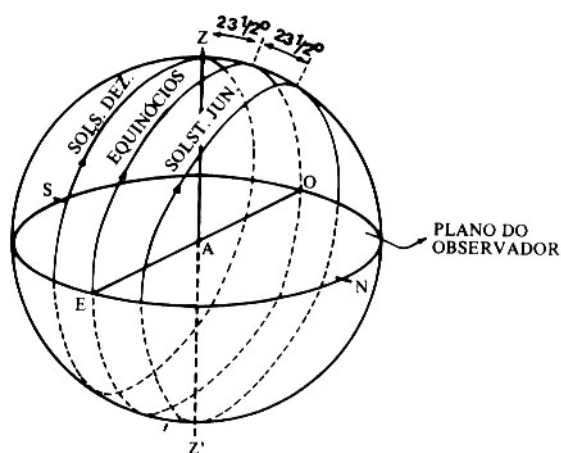


Figura 2.8: Trajetórias aparentes do Sol para latitudes $23 \frac{1}{2} \text{ °S}$ ($23 \text{ °}37'$)

Fonte: Frota e Schiffer (1995), p.83.

Ou seja, o movimento aparente do sol varia de acordo com a latitude que é definida, dependendo da localização do observador (deve-se lembrar que a localização do observador determina o centro da abóboda celeste), pelo ângulo entre o plano do equador e uma reta que parte do centro da Terra. Assim, podemos desenhar as possíveis trajetórias do sol.

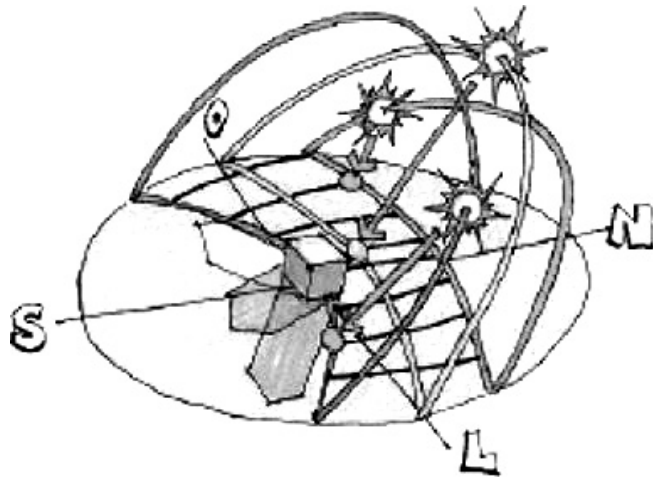


Figura 2.9: As curvas solares
 Fonte: Lamberts (1997), p. 30.

A posição do Sol na abóbada celeste, como apresenta Lamberts (1997) na figura 10, pode ser definida através dos ângulos de altitude solar (γ), ângulo entre o sol e a projeção do sol no plano do observador, de azimute solar (α), ângulo entre a projeção do sol e o vetor N geográfico (α) variando de 0° a 360° , e de incidência solar (θ), ângulo entre o sol e a normal ao observador.

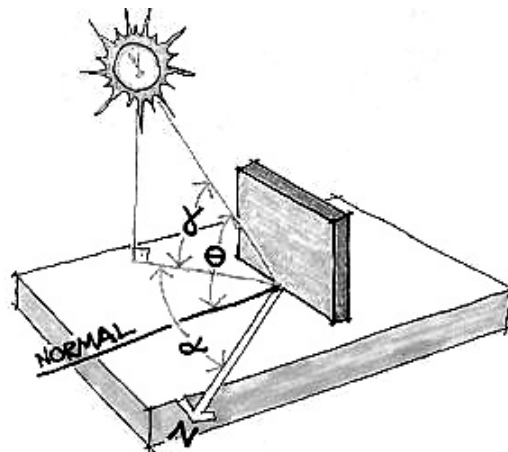


Figura 2.10: Ângulos de altitude solar (γ), azimute solar (α) e incidência (θ)
 Fonte: Lamberts, Dutra e Pereira (1997), p.30

2.1.3 Construção da Carta Solar

O primeiro a se observar é a inclinação do plano do observador de acordo com o local escolhido desenhando as altitudes solares e os azimutes de 10° em 10° .



Figura 2.11: Plano inclinado e altitudes solares.

Fonte: Marques e Vieira, Introdução às Cartas Solares, versão 1.02.

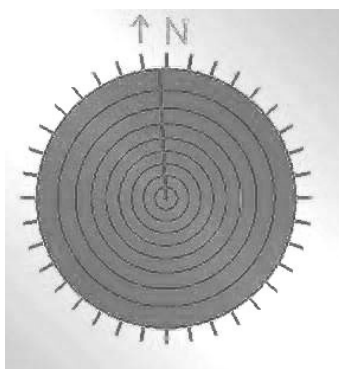


Figura 2.12: Azimutes

Fonte: Marques e Vieira, Introdução às Cartas Solares, versão 1.02.

Então, acrescenta-se a projeção das curvas solares desde o solstício de inverno até o solstício de verão e as horas solares (iguais às horas Legais), que são obtidas como se a abóbada celeste estivesse de perfil, formando um “relógio” no semicírculo da trajetória solar.

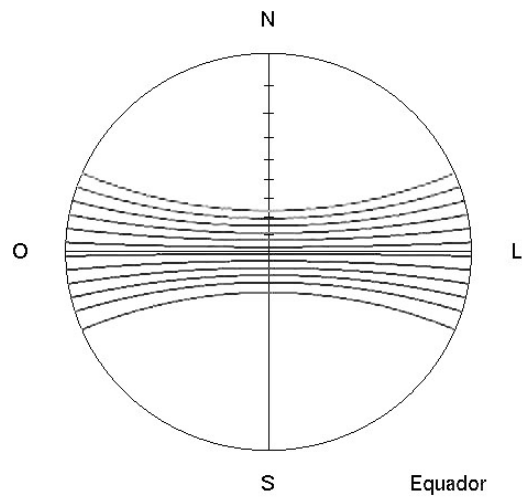


Figura 2.13: As curvas solares na carta solar.

Fonte: Marques e Vieira, Introdução às Cartas Solares, versão 1.02.

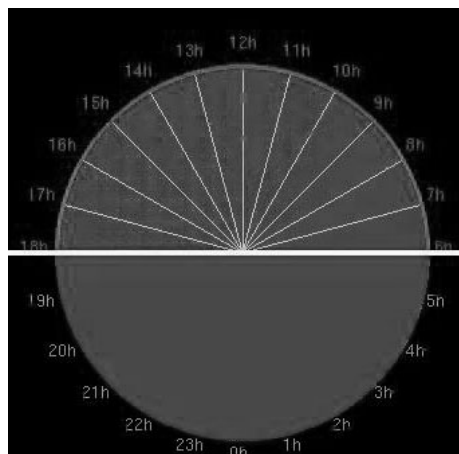


Figura 2.14: As horas solares

Fonte: Fonte: Marques e Vieira, Introdução às Cartas Solares, versão 1.02.

Finalmente, se obtém o desenho da Carta Solar, um exemplo, a de latitude 24°Sul:

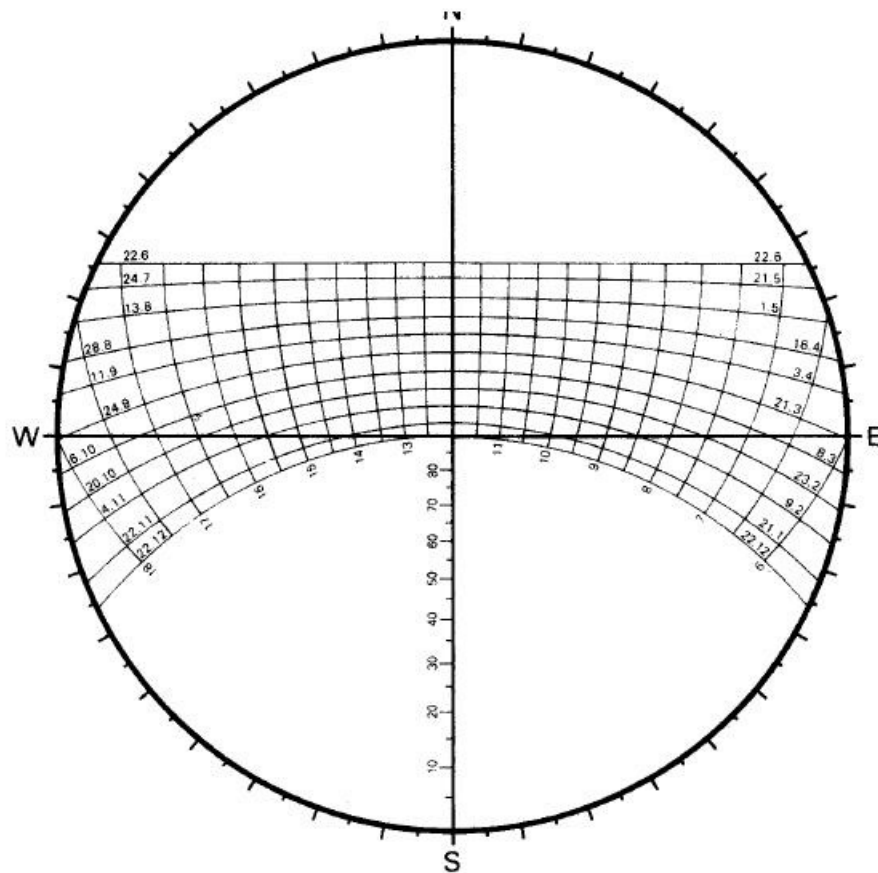


Figura 2.15: Carta Solar latitude 24°Sul

Fonte: Frota e Schiffer (1995), p.203.

2.1.4 Utilização das Cartas Solares

As Cartas Solares podem ser utilizadas para muitas finalidades, como a de identificar a incidência solar em determinadas aberturas e em quais momentos do dia ao longo do ano ela se dá, podendo portanto auxiliar na escolha da orientação da edificação no terreno e na escolha de possíveis proteções solares para determinadas aberturas. Podemos pensar também a utilização das Cartas Solares em uma escala urbana, como por exemplo, para prever qual será a incidência de

luz solar em edificações de grandes centros urbanos que possuam muitos prédios altos próximos, ou para determinar quais as melhores áreas de uma cidade que poderiam receber parques e praças com determinados tipos de vegetação, também para determinar as melhores rotas e direções de ruas e avenidas, para que os veículos não sejam direcionados no sentido direto ao da incidência solar, o que, além de muito desconfortável, poderia causar acidentes.

2.1.5 Tipos de protetores

Os tipos de protetores existentes são sempre tipos de superfícies ou associações de superfícies dispostas horizontalmente e/ou verticalmente em relação a abertura, tendo pelo menos as dimensões da desta. Alguns ultrapassam essas dimensões, tornando-se assim dispositivos mais eficientes.

- Protetores verticais fixos: placas fixas situadas perpendicularmente em relação ao plano horizontal. São mais eficientes nas fachadas onde a maior parte da incidência se afasta da perpendicular à fachada, principalmente nas horas próximas ao amanhecer e entardecer do sol. Para o desenho destes protetores, precisam-se definir os ângulos necessários ao mascaramento da insolação de cada uma das fachadas que deverão ser protegidas. A partir dessa definição, há inúmeras possibilidades de construção do protetor desejado.

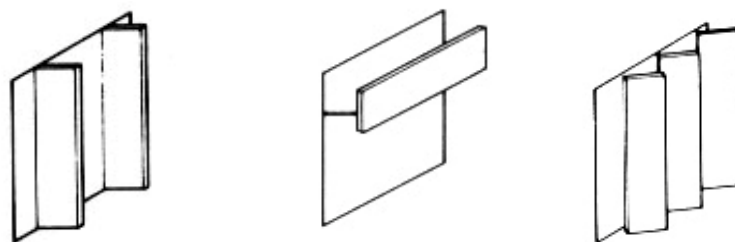


Figura 2.16: Protetores verticais fixos

Fonte: Lechner (1991), p. 140.

- Protetores horizontais fixos: placas cujos eixos horizontais estão paralelos ao plano horizontal. São mais eficientes em grandes alturas solares. Sua utilização pode obstruir a visibilidade ao exterior, redução da luminosidade e ventilação que atravessariam a abertura a ser sombreada. Por isso, deve-se definir o menor ângulo vertical necessário do período que se quer mascarar e o limite lateral (com o Medidor de ângulos verticais laterais) do protetor horizontal para garantir a barragem de toda insolação no período definido.

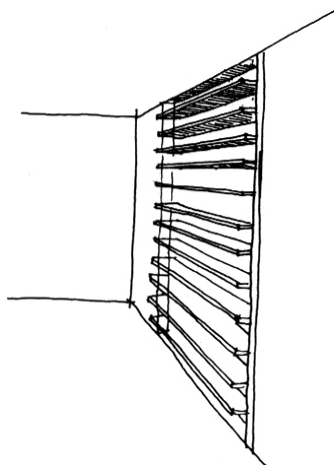


Figura 2.17: Protetor horizontal fixo

Fonte: Machado (1996), p. 160.

- Protetores mistos: são combinações dos protetores citados anteriormente, se combinados corretamente têm um desempenho muito eficiente.

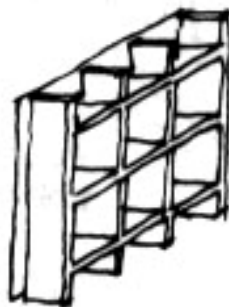


Figura 2.18: Protetor misto

Fonte: Mascaró (1991), p. 125.

- Protetores móveis: são ajustáveis às necessidades de proteção solar em determinado período do dia. Assim, bastaria verificarmos a máscara de sombra necessária para cobrir a insolação indesejada, considerando as várias posições de deslocamento dos protetores móveis.

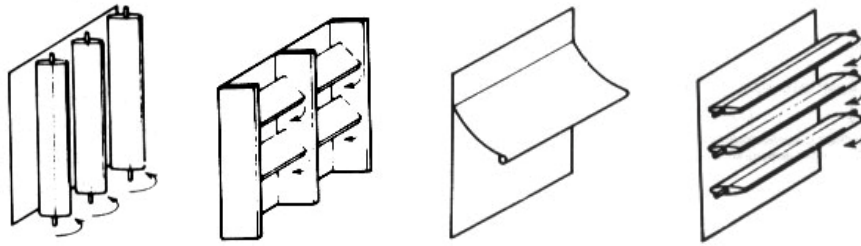


Figura 2.19: Protetores móveis

Fonte: Lechner (1991), p.144.

- Pérgulas: (pergolados) são utilizados principalmente onde há a necessidade de circulação de ar.

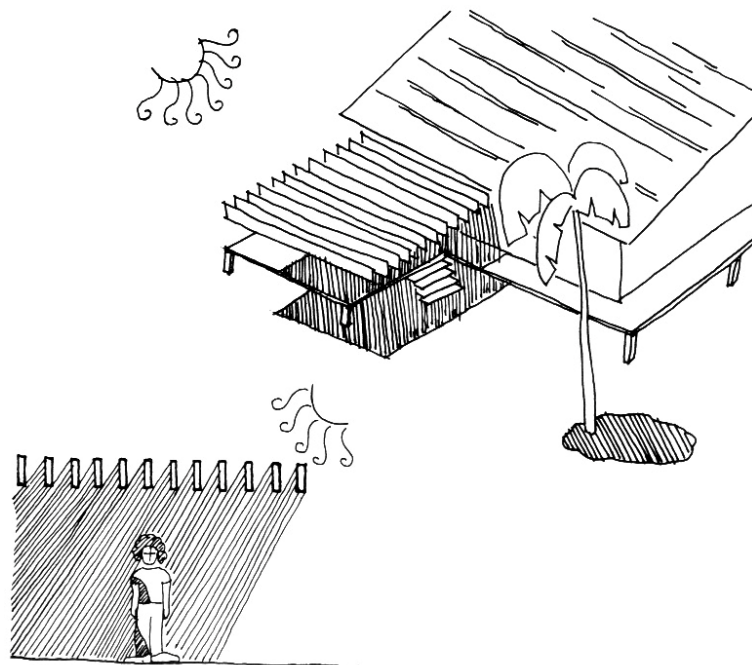


Figura 2.20: Pérgulas

Fonte: Machado (1996), p. 91. N

- Cobogós: são, essencialmente, protetores mistos, mas de menor dimensão, que diminuem o excesso de iluminação sem barrar a ventilação. Existem cobogós de formas não ortogonais e sua eficiência é verificada fazendo a máscara de sombra de cada um, obtendo seu desempenho nas diversas orientações dos locais onde serão usados.

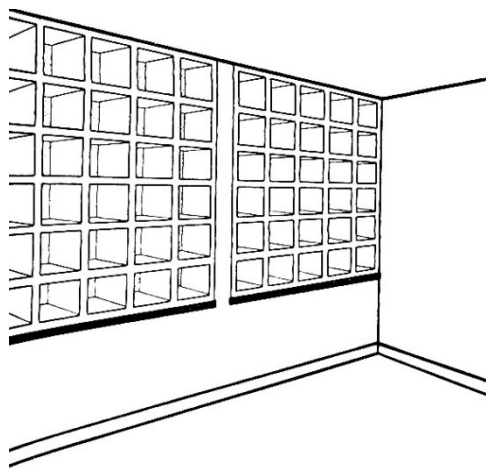


Figura 2.21: Cobogó

Fonte: Hopkinson (1975), p. 615.

- Venezianas: são pequenos protetores horizontais, que permitem o máximo de ventilação e iluminação, sem a penetração direta dos raios solares, com incidência controlada.

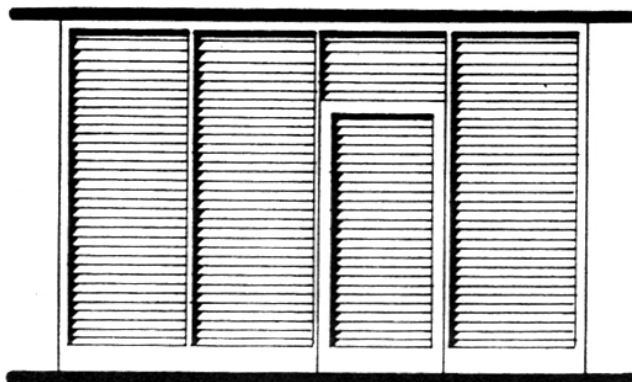


Figura 2.22: Veneziana

Fonte: Rivero (1986), p. 123.

- Toldos: funcionam como protetores horizontais, confeccionados geralmente com lona e perfis metálicos, fixos ou móveis.

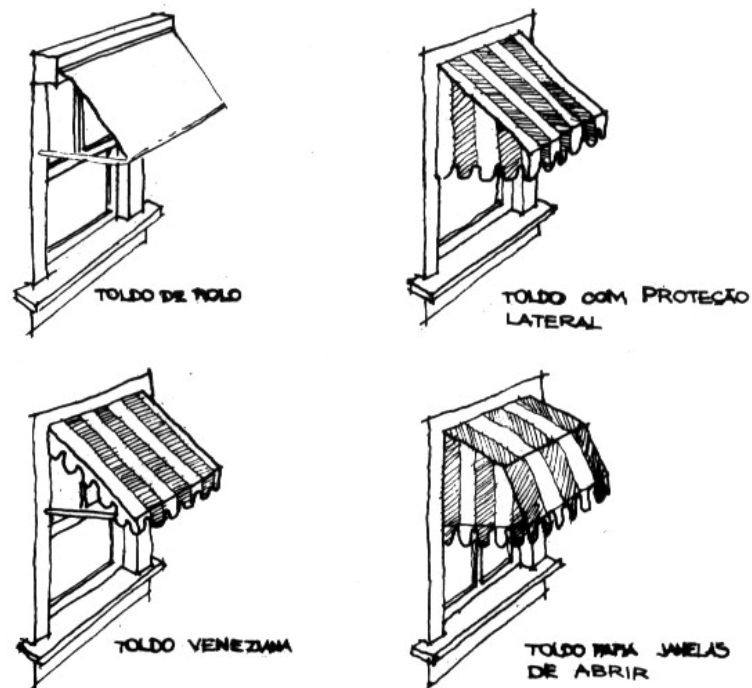


Figura 2.23: Toldos

Fonte: Mascaró (1991), p. 126.

- “brises-soleils” ou quebra-sóis: barram os raios solares não impedindo a ventilação e a visão. Foram elementos trazidos pela arquitetura moderna para reduzir o excesso de luz no ambiente.

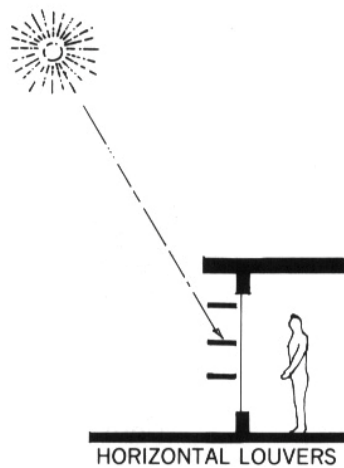


Figura 2.24: Exemplo de brises-soleils

Fonte: Lechner (1991), p. 142.

- Light shelf: é um elemento que divide a abertura em duas porções horizontais, destina a superior à iluminação e a inferior à visão e ventilação. Reduz o ganho de calor e uniformiza a distribuição da luz natural nos interiores interceptando a radiação solar direta redirecionando-a para o teto.

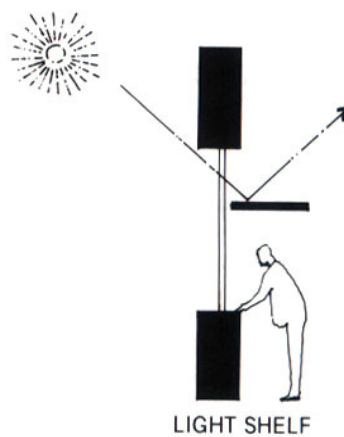


Figura 2.25: Exemplo de light shelf

Fonte: Lechner (1991), p. 169.

Na instalação de coletores solares podemos usar o gráfico solar das sombras causadas pelo entorno e determinar a melhor orientação, de forma que o mesmo receba o máximo de insolação possível, aumentando seu rendimento energético.

2.1.6 Traçado de Máscaras

Entende-se por Máscara a sombra produzida em um plano pela incidência dos raios solares sobre determinada superfície. Essa máscara pode ser traçada segundo a projeção de pontos e retas sobre os planos horizontais e verticais. Podemos chegar a traçados de máscaras observando o que ocorre na realidade ou então utilizando-se do traçado da trajetória do Sol nas Cartas Solares para a latitude em questão.

Como citado acima, é possível prever qual será a incidência solar em determinadas aberturas de uma dada edificação, posto que, em alguns casos essa insolação direta é prejudicial e/ou desconfortável. Para o traçado das máscaras utilizaremos então a Carta Solar e Gráfica Auxiliares para o Traçado de Máscaras. Estes gráficos em forma de transferidor apresentarão os ângulos formados pelas extremidades da abertura e a obstrução. Por obstrução entendemos qualquer objeto que impeça a visão de um observador de dentro do edifício da abóboda celeste, em uma determinada área, sendo que essa impede a visão parcial do exterior, por analogia entendemos que ela bloqueará a incidência dos raios solares no interior do edifício nesta mesma área. Essas angulações são medidas segundo a planta, o corte e a elevação da abertura e da obstrução, que pode ser um outro edifício, um brise, etc. Com o traçado destas máscaras torna-se possível o desenvolvimento e o teste de proteções solares para diminuir ou barrar por completo a incidência de luz solar, sendo possível ainda determinar em quais horários do dia e em que período do ano se deseja efetivar essa proteção. Para tal, utiliza-se o método do traçado de máscaras apresentado a seguir:

2.1.6.1 Máscara produzida por placa horizontal finita: Protetores horizontais.

Considera-se uma abertura numa superfície vertical, sobre ela é colocada uma placa horizontal de comprimento AB. O observador, no peitoril, não enxergará uma parte do céu, pois este será mascarado a partir do limite dos ângulos α e γ . A parte de eficiência total representa o sombreamento produzido pela parte da placa horizontal que ultrapassa os limites da abertura. No gráfico a área de eficiência total é a área de intersecção entre as marcações dos ângulos alfa e gama.

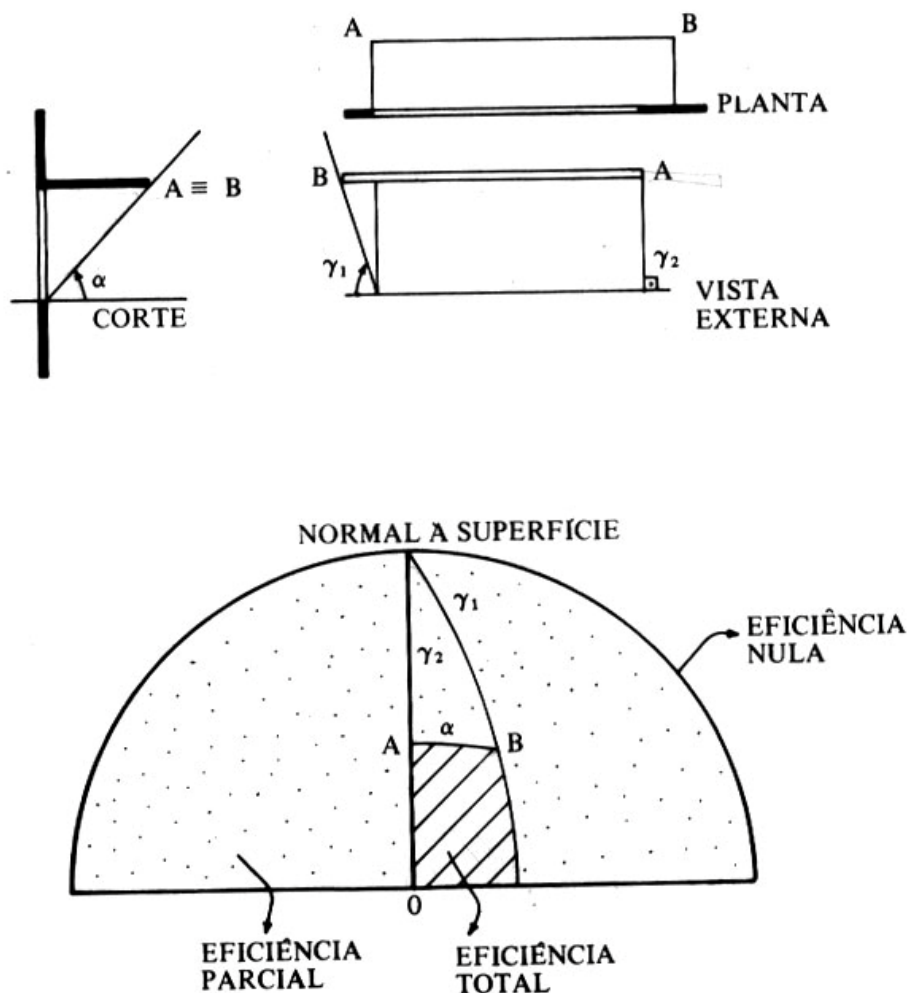


Figura 2.26: Máscara produzida por uma placa horizontal finita sobre abertura em superfície vertical.

Fonte: Frota e Schiffer (1995), p.100.

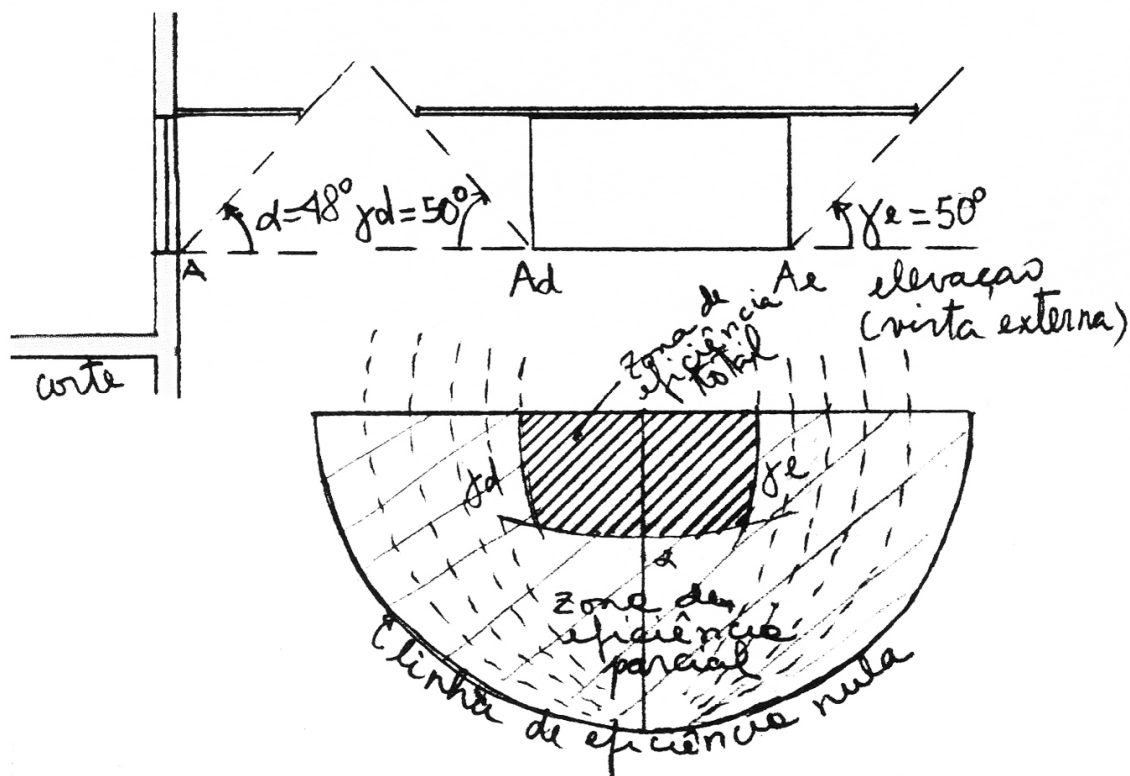


Figura 2.27: Ângulos alfa e gama medidos em corte e elevação, respectivamente. Máscara produzida por uma placa horizontal finita sobre abertura em superfície vertical.

Fonte: Frota, 2004.

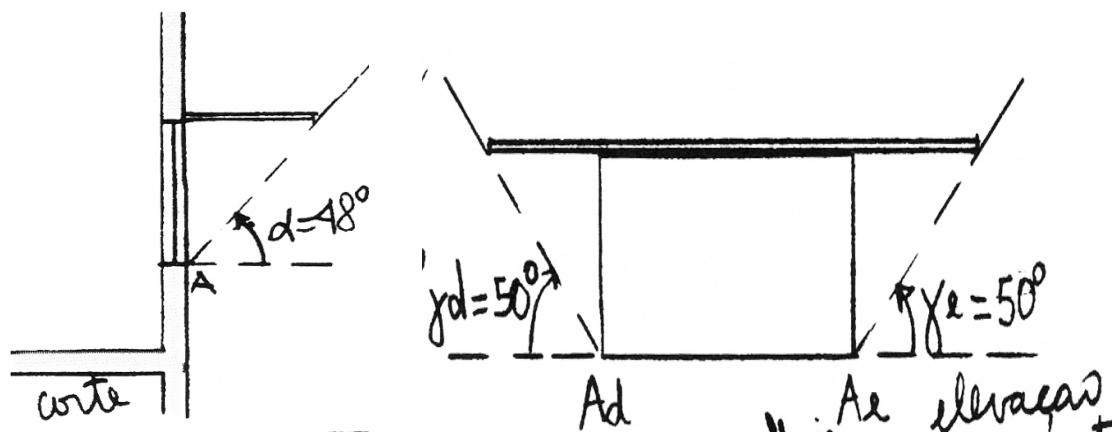


Figura 2.28: Ângulos alfa e gama entre placa horizontal finita e abertura em superfície vertical, segundo corte e elevação da abertura.

Fonte: Frota, 2004.

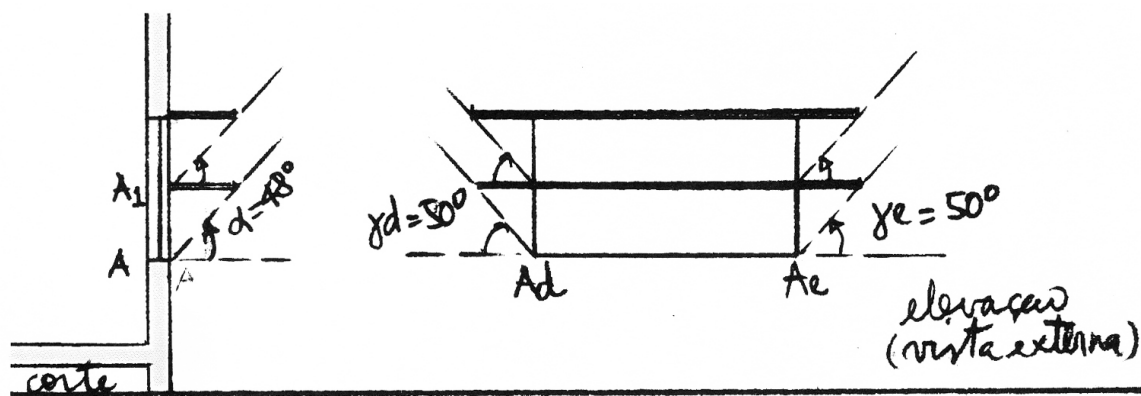


Figura 2.29: Ângulos alfa e gama entre 2 placa horizontal finitas e abertura em superfície vertical, segundo corte e elevação da abertura.

Fonte: Frota, 2004.

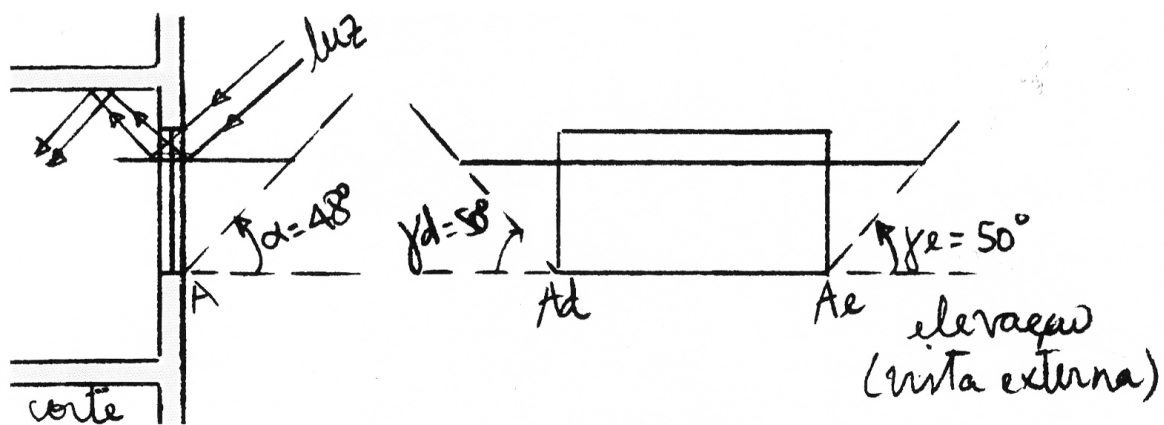


Figura 2.30: Ângulos alfa e gama entre placa horizontal finita e abertura em superfície vertical, segundo corte e elevação da abertura respectivamente.

Fonte: Frota, 2004.

Outros exemplos de máscaras de proteções horizontais:

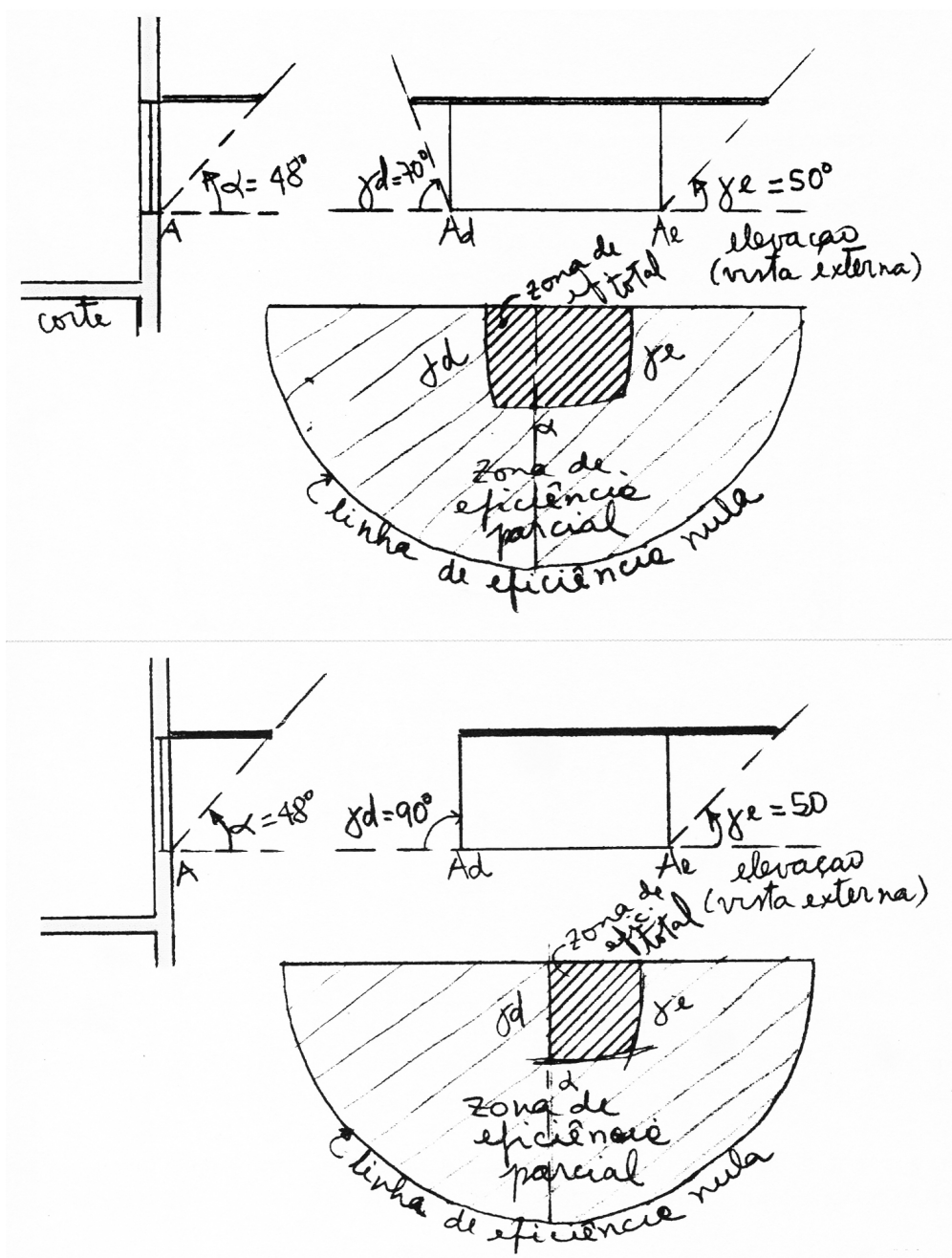


Figura 2.31: Máscaras produzida por uma placa horizontal finita sobre abertura em superfície vertical.

Fonte: Frota, 2004.

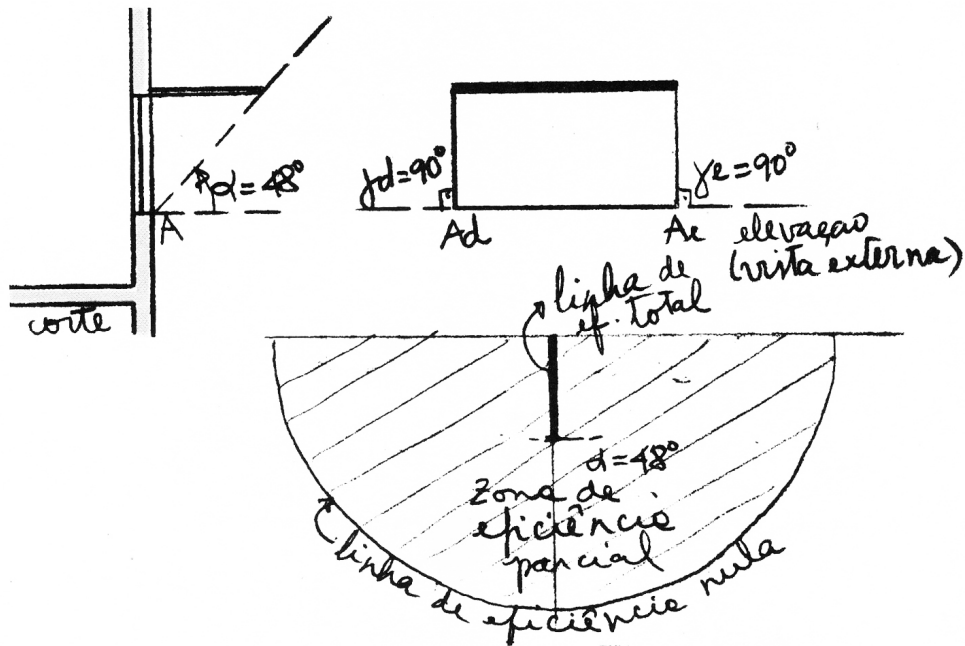


Figura 2.32: Máscara produzida por uma placa horizontal finita sobre abertura em superfície vertical.

Fonte: Frota, 2004.

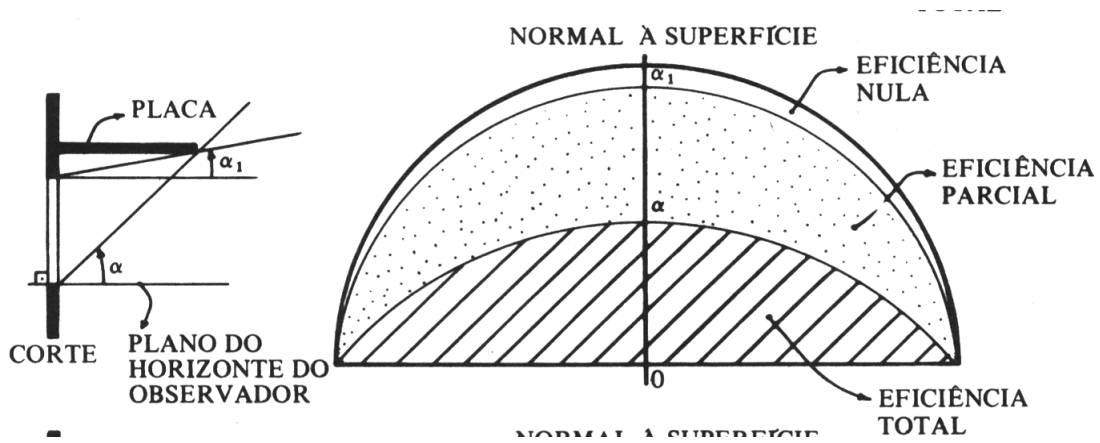


Figura 2.33: Máscara produzida por uma placa horizontal finita sobre abertura em superfície vertical.

Fonte: Frota, 2004.

2.1.6.2 Máscara produzida por placa vertical finita: Protetores verticais.

Considera-se uma placa vertical. A máscara será produzida pelo ângulo de sombra horizontal β com relação a um observador localizado no outro extremo da abertura.

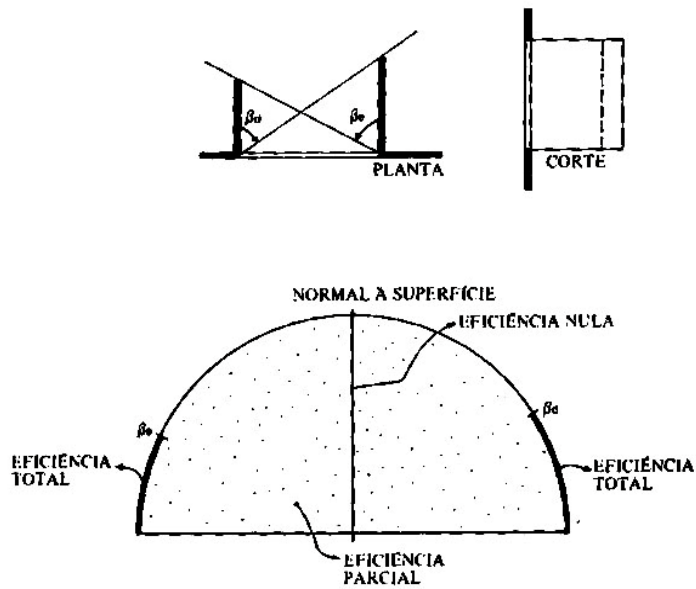


Figura 2.34: Máscara produzida por uma placa vertical finita sobre abertura em superfície vertical.

Fonte: Frota e Schiffer (1995), p.101.

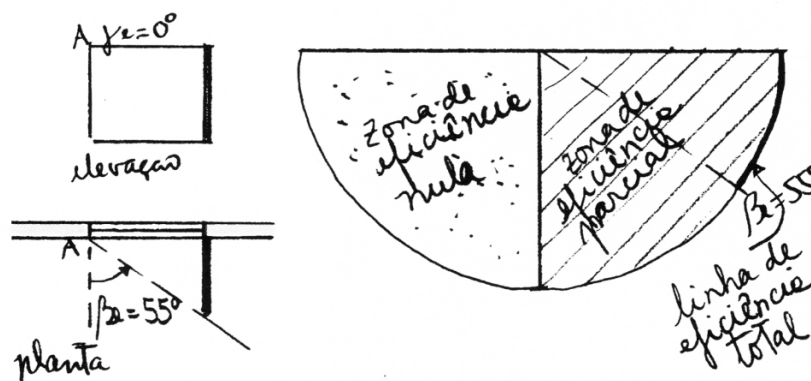


Figura 2.35: Máscara produzida por uma placa vertical finita sobre abertura em superfície vertical. Fonte: Frota, 2004.

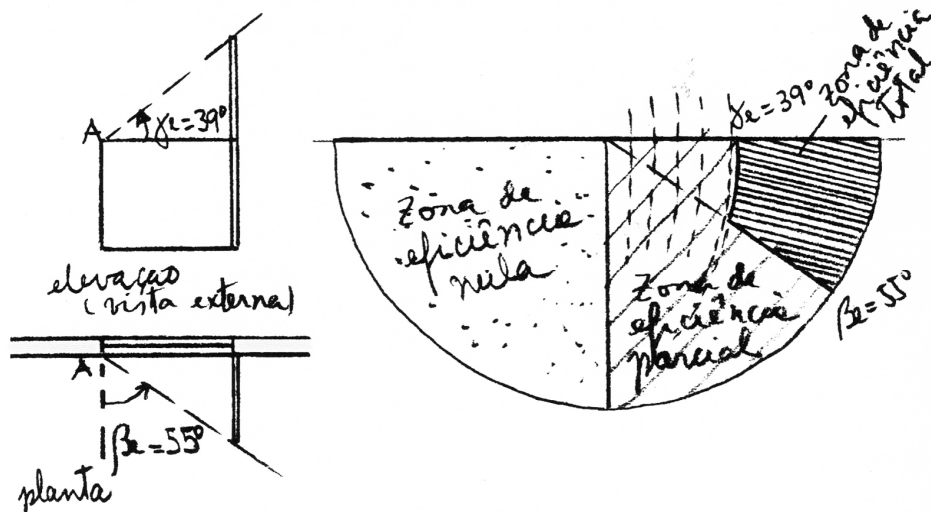


Figura 2.36: Máscara produzida por uma placa vertical finita sobre abertura em superfície vertical.

Fonte: Frota, 2004.

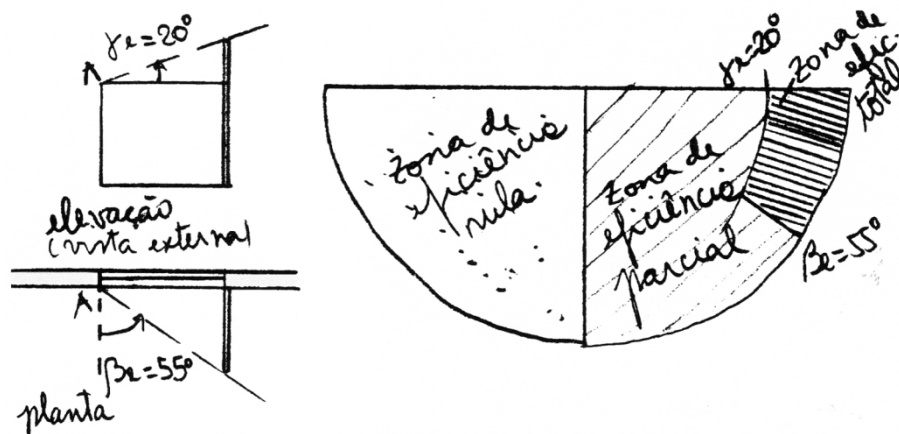


Figura 2.37: Máscara produzida por uma placa vertical finita sobre abertura em superfície vertical.

Fonte: Frota, 2004.

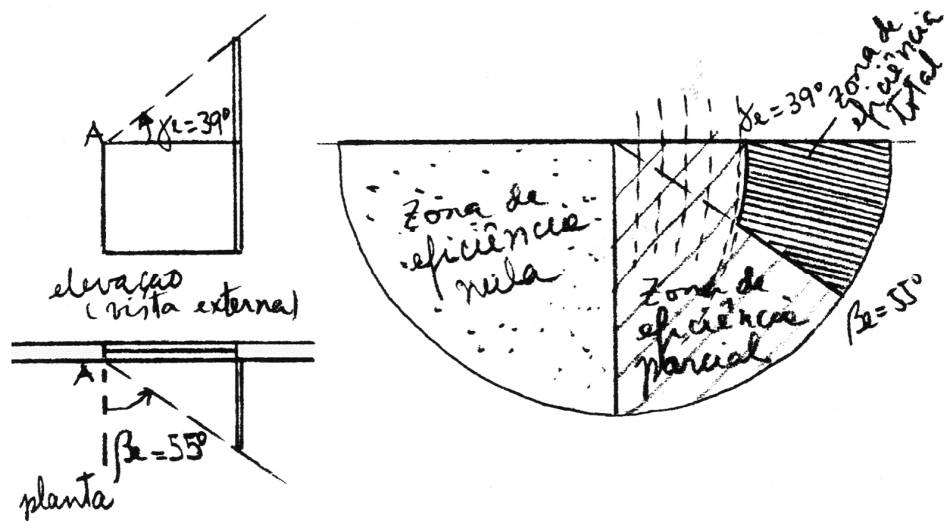


Figura 2.38: Máscara produzida por uma placa vertical finita sobre abertura em superfície vertical.

Fonte: Frota, 2004.

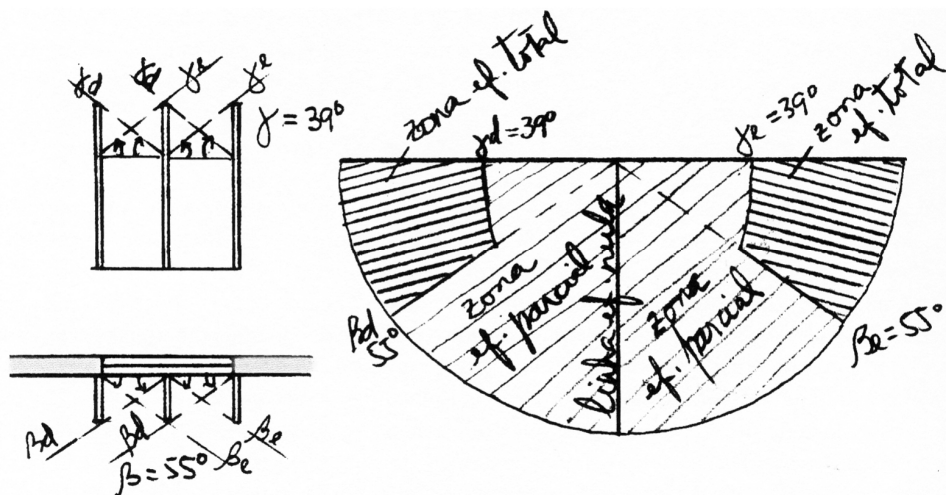


Figura 2.39: Máscara produzida por uma placa vertical finita sobre abertura em superfície vertical.

Fonte: Frota, 2004.

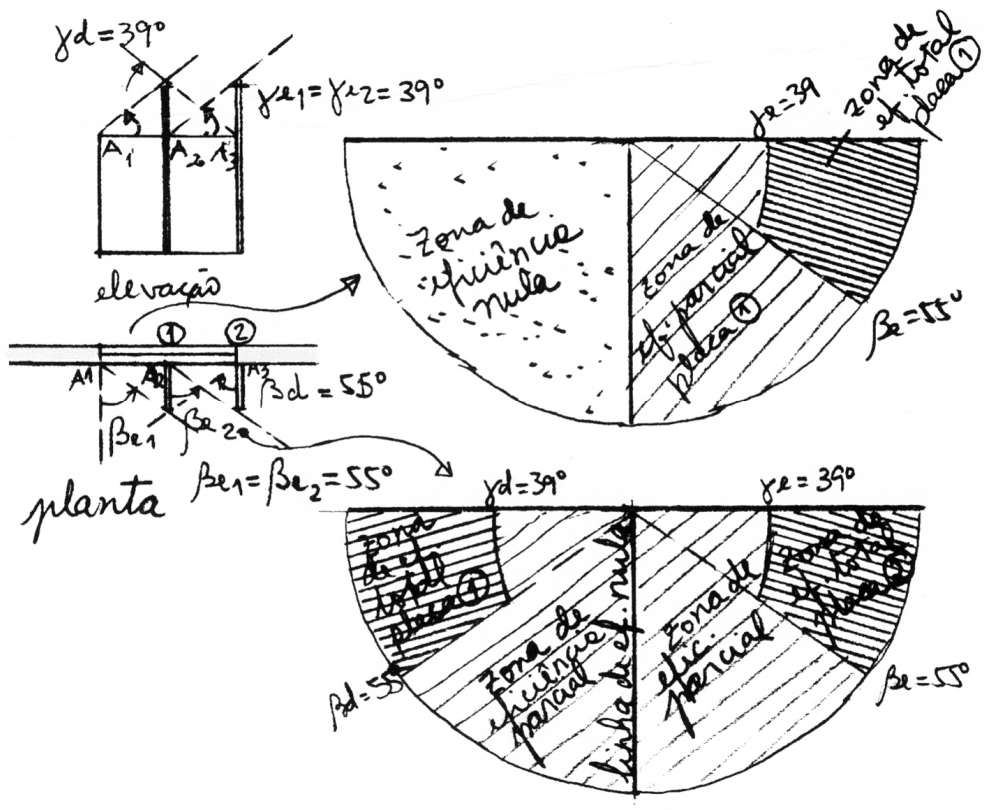


Figura 2.40: Máscara produzida por uma placa vertical finita sobre abertura em superfície vertical.

Fonte: Frota, 2004.

2.1.6.3 Máscara produzida por associação de placas horizontais e verticais: Associação entre protetores verticais e horizontais.

Proteção solar composta por mais de um tipo de placa, determina-se sua máscara analisando o mascaramento de cada placa individualmente. Neste caso a seguir, a área total mascarada será a soma das áreas individuais.

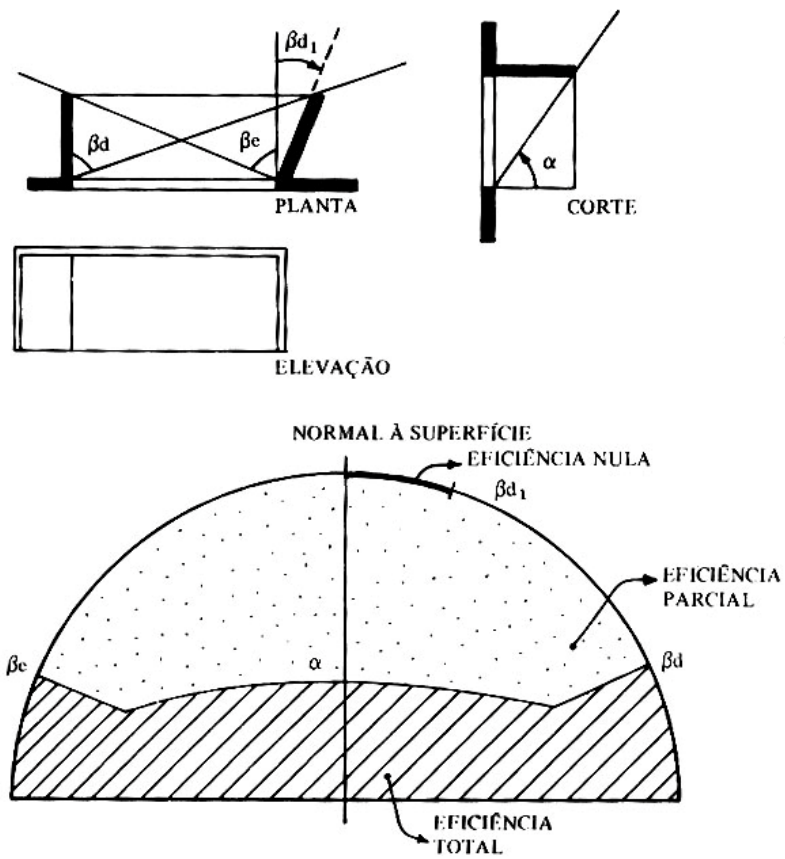


Figura 2.41: Máscara produzida por dispositivo de proteção solar, composto de placas verticais e horizontais.

Fonte: Frota e Schiffer (1995), p. 102.

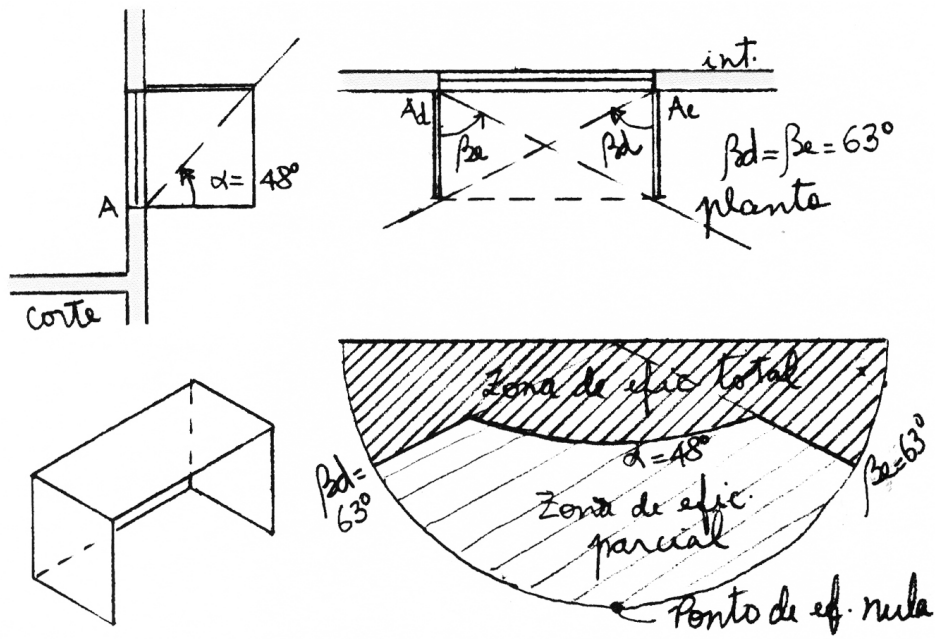


Figura 2.42: Máscara produzida por dispositivo de proteção solar, composto de placas verticais e horizontais.

Fonte: Frota, 2004.

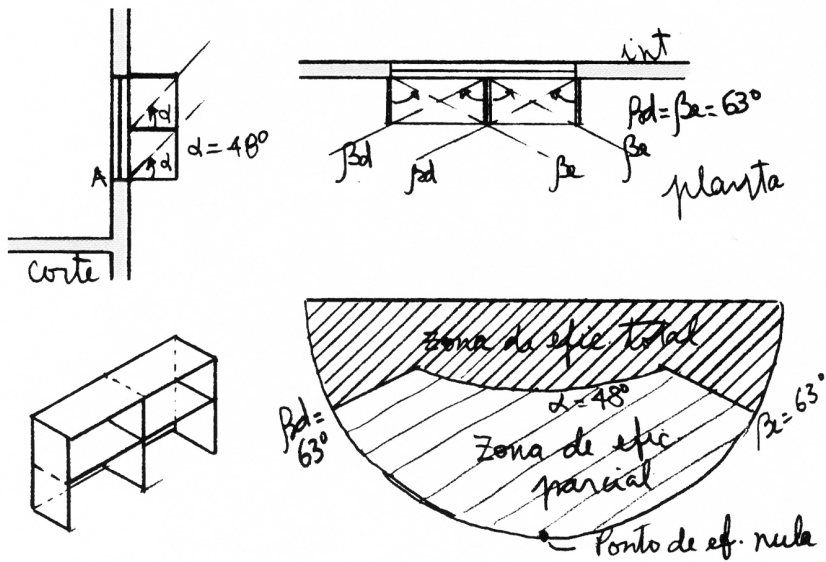


Figura 2.43: Máscara produzida por dispositivo de proteção solar, composto de placas verticais e horizontais.

Fonte: Frota, 2004.

2.2 Estudo dirigido sobre insolação, utilizando o heliodon

2.2.1 O que é o heliodon

“O heliodon é um equipamento de uso obrigatório em Cursos de Arquitetura, de acordo com a determinação do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais (INEP).”

É como instrumento do curso de Arquitetura permite com a utilização de diferentes tipos de maquetes avaliar a implantação dos projetos, orientação e volumes dos edifícios propostos, efetuar correções nestes projetos, permitindo melhor aproveitamento da insolação. Permite também obter soluções adequadas para cada projeto no que diz respeito a iluminação natural, insolação através do pré-dimensionamento de aberturas e dimensionamento de brises.

Existem diferentes tipos de heliodon, dos quais cita-se:

Heliodon de régua

Heliodon com haste

Heliodon com um arco

Heliodon HPD modelo 126

Heliodon de cúpula

Heliodon de analemas

O Estudo vai se ater ao modelo de 3 arcos, presente no departamento de Arquitetura da EESC.

2.2.2 Resultados do estudo dirigido

Este estudo dirigido é o mesmo conduzido na disciplina de Conforto Ambiental nos Edifícios, no qual analisa-se a insolação em uma maquete composta de 4 fachadas, orientadas a norte, sul, leste e oeste. Para que a bolsista se familiarizasse com a insolação que ocorre a diferentes latitudes presentes no território brasileiro, foi conduzido esse estudo nas seguintes latitudes: 0, 10, 24 e 30 graus sul.

Enunciado: ROTEIRO PARA ESTUDO DA INSOLAÇÃO

1 – Prepare o heliodon segundo as instruções dadas em sala de aula.

2- Preencha as tabelas abaixo indicando em que períodos do dia há incidência de sol.

Latitude: 0°

Solstício de Verão

Norte	Sul	Leste	Oeste
Não bate Sol.	O dia todo.	Manhã	Tarde

Solstício de Inverno

Norte	Sul	Leste	Oeste
O dia todo.	Não bate Sol.	Manhã	Tarde

Equinócio de Outono e Primavera

Norte	Sul	Leste	Oeste
Não bate Sol.	Não bate Sol.	Manhã	Tarde

Latitude: 10° Sul

Solstício de Verão

Norte	Sul	Leste	Oeste
Não bate Sol.	O dia todo.	Manhã	Tarde

Solstício de Inverno

Norte	Sul	Leste	Oeste
O dia todo.	Não bate Sol.	Manhã	Tarde

Equinócio de Outono e Primavera

Norte	Sul	Leste	Oeste
O dia todo.	Não bate Sol.	Manhã	Tarde

Latitude: 24° Sul

Solstício de Verão

Norte	Sul	Leste	Oeste
Não bate Sol.	O dia todo.	Manhã	Tarde

Solstício de Inverno

Norte	Sul	Leste	Oeste
O dia todo.	Não bate Sol.	Manhã	Tarde

Equinócio de Outono e Primavera

Norte	Sul	Leste	Oeste
O dia todo.	Não bate Sol.	Manhã	Tarde

Latitude:30° Sul

Solstício de Verão

Norte	Sul	Leste	Oeste
Manhã(das 9h:30min às 14h:30min).	Manhã (das 6h:00min às 9h:30min). Tarde (14h:45min às 18h:min).	Manhã	Tarde

Solstício de Inverno

Norte	Sul	Leste	Oeste
O dia todo.	Não bate Sol.	Manhã	Tarde

Equinócio de Outono e Primavera

Norte	Sul	Leste	Oeste
O dia todo.	Não bate Sol.	Manhã	Tarde

2.3 Levantamento bibliográfico de estudos que utilizaram o heliodon

Nesta parte da revisão bibliográfica foram feitas pesquisas de Estudos e Artigos sobre a utilização de Heliodons com finalidades diversas. Sendo que o foco principal é dado nas publicações que envolvam estudos sobre a precisão dos aparelhos, e os estudos que se atenham a Heliodons semelhantes ao do departamento de Arquitetura da E.E.S.C. da Universidade de São Paulo (SAP): o modelo de 3 arcos com mesa inclinável. O Heliodon do SAP é utilizado atualmente focando-se em avaliações térmicas, por não se possuir ainda o aparato experimental necessário para outros tipos de análises, como a de iluminação. No entanto, como na revisão bibliográfica aparecem mais estudos em heliodon visando a avaliar a iluminação natural em edificações, estes são também apresentados, formando-se dessa maneira o referencial teórico necessário a possíveis futuras análises também de iluminação natural, através do aparelho,.

Em Littlefair(1998) analisa-se o uso de modelos em escala para simular sombreamentos e penetração da luz solar em edificações. Evidencia as vantagens da utilização de uma fonte de luz(lâmpada) em lugar do próprio Sol, que também poderia ser usado, estando entretanto, dependente de condições climáticas adequadas. A praticidade da utilização do Sol artificial apresenta porém a desvantagem de os raios de luz não serem paralelos. Para que as medições não sejam prejudicadas é necessário que a fonte de luz artificial esteja à distância de no mínimo 5 vezes as dimensões do modelo.

Os heliodons também podem incorporar o uso de computadores. Nos heliodons em que o modelo é rotacionado em um plano horizontal enquanto o ponto de luz se move para cima e para baixo, o computador calcula a geometria solar, garantindo maior precisão nas aferições.

Em trabalho posterior, Littlefair(2002) cita mais detalhadamente, a utilização de Heliódons para esta finalidade . Nesse caso o equipamento tem que contar com sensores que medem a intensidade luminosa (fotômetros). Estes sensores devem ser dispostos internamente e externamente às maquetes de estudo. Essa avaliação pode ser feita com a fonte de luz artificial ou com a própria luz solar. Para este último caso traça algumas diretrizes para a avaliação de modelos em escala, pois a utilização do Heliodon com a luz solar requer cuidados extras. Ele traça um roteiro para a avaliação de iluminação natural em modelos.

- i) Todas as superfícies do edifício devem estar presentes.
- ii) Ter acesso ao interior do modelo é necessário para se fazer a medição e também, a visualização dele.
- iii) As reflexões devem ser corretas. Geralmente os modelos são excessivamente coloridos , levando a um grande número de erros.
- iv) O modelo deve ser leve e estar fixo.
- v) Obstruções externas podem ser modeladas exatamente, ambos em escala e tamanho ajustados.
- vi) Detalhes de aberturas como um átrio no teto podem ser modelados se possível.
- vii) A escala do modelo precisa ser escolhida com cuidado. Uma maquete muito grande ou muito pequena é difícil de testar; 1:40 é uma escala adequada.
- viii) Planejar antecipadamente posições para medição (sendo que não podem ser muitas).

Ainda tratando de níveis de iluminação em edifícios, em Andersson(1987) foi feita uma comparação entre um modelo criado através de medições com um heliodon e a trajetória real do Sol. Estudos empíricos sistematizados foram feitos. O trabalho consistiu na avaliação de dois edifícios comerciais com a finalidade de se testar a influência da iluminação natural no desempenho energético do edifício. Foi utilizado

um Heliodon, também, em ambiente externo. Para cada edifício um modelo físico foi construído para simular a distribuição da iluminação solar no edifício. Cerca de 30 fotômetros foram alocados no modelo para medir valores de iluminação em todo o espaço do edifício. O equipamento completo foi colocado ao ar livre em um heliodon para se analisar as relações estabelecidas entre os modelos e a trajetória solar.

No artigo de SCHILLER e EVANS (1998), visando a eficiência energética de escritório, os quais podem demandar um grande consumo energético devido à iluminação artificial e sistemas de ar condicionado, simulações foram feitas em um Heliodon e um céu artificial para testar a penetração de iluminação natural solar bem como sua distribuição no ambiente. Foi construído um modelo da seção central do edifício de escritórios na escala de 1:50 com todas as superfícies internas cuidadosamente combinadas para reproduzir as refletâncias planas. Para evitar a construção de um modelo muito grande desta longa via de circulação interna de pedestres, um pequeno setor foi construído com um espelho em cada ponta para simular o longo espaço com múltiplos reflexos.

2.4 Levantamento de modelos de heliodon disponíveis em outros laboratórios e empresas

Uma parte do tempo da pesquisa foi dedicado a fazer um estudo de outros heliodons disponíveis em outras Universidades, construídos em seus próprios laboratórios como aqueles comprados de empresas particulares. A pesquisa foi feita tanto no Brasil como em empresas estrangeiras. O meio de pesquisa foi a Internet, em sites de Universidades e de empresas produtoras desse tipo de Equipamento, não foram encontradas muitas opções que suprissem a necessidade do nosso Departamento, ou seja Heliodons que tivessem o funcionamento parecido

com o nosso, para ajudar na reforma do mesmo.

Os modelos mais interessantes e com o maior número de informações técnicas foram reunidos na tabela abaixo, que resumidamente, mostra as vantagens e desvantagens de cada modelo escolhido. Também aparecem informações sobre seus fabricantes, e seus respectivos sites na Internet, onde podem ser encontrados com maior detalhamento.

Modelo	Betanit (Orange Heliodon Pro)	HPD(HP126)	Heliotec (Heliodon de analemas)
Número de arcos	Não possui	7 arcos	3 arcos
Movimentação dos Arcos	Não possui	Os arcos não se movimentam em relação a mesa, eles apenas giram para que as lâmpadas fiquem nas posições relativas as 12 h de iluminação	Não possui
Tipo de Mesa e movimentação	A mesa se movimenta em dois eixos, ela gira (fazendo o papel dos arcos) e se reclin	Reclinável de acordo com a latitude a ser medida	A mesa não é reclinável, ela gira para que se encontre a latitude desejada
Lâmpadas utilizadas	Não especificada	7 lâmpadas halogênicas (MR 16)	1 lâmpada de modelo não especificado
Épocas do ano que podem ser medidas	Podem ser medidos os 12 meses do ano	Podem ser medidos os 12 meses do ano	Podem ser medidos apenas solstícios e equinócios
Imagem			
Referências	http://www.betanit.com/	http://www.hpd-online.com/heliodons.php	http://www.heliodon.com.br/heliodon.html

Tabela 4.1 Modelos de Heliodon

3 Levantamento das dimensões do heliodon.

Para que pudesse ser feito o projeto de reforma do Heliodon existente em nosso departamento era preciso, que tivéssemos desenhos técnicos com as todas as

dimensões

do Heliodon. O equipamento é do modelo 2046 ,fabricado por Maxwell, Metalurgia e Equipamentos Científicos Ltda , em Cachoeirinha, Rio Grande do Sul como não possuíamos essas informações procurou se contatar o fabricante. Sem sucesso tentou-se ,então, contatar o departamento de Arquitetura da Unicamp que possuía um modelo igual ao nosso, em busca de um manual técnico do equipamento , também não foi possível encontrar o manual do Heliodon por essa via.

O levantamento então foi feito através de medições manuais, com auxílio de fotografias, e posteriormente foi realizado o desenho do modelo no software *Google Sketchup*. Obteve-se assim uma maquete virtual, além de uma planta e duas elevações do modelo. Na planta aparecem as dimensões mais relevantes do Heliodon.

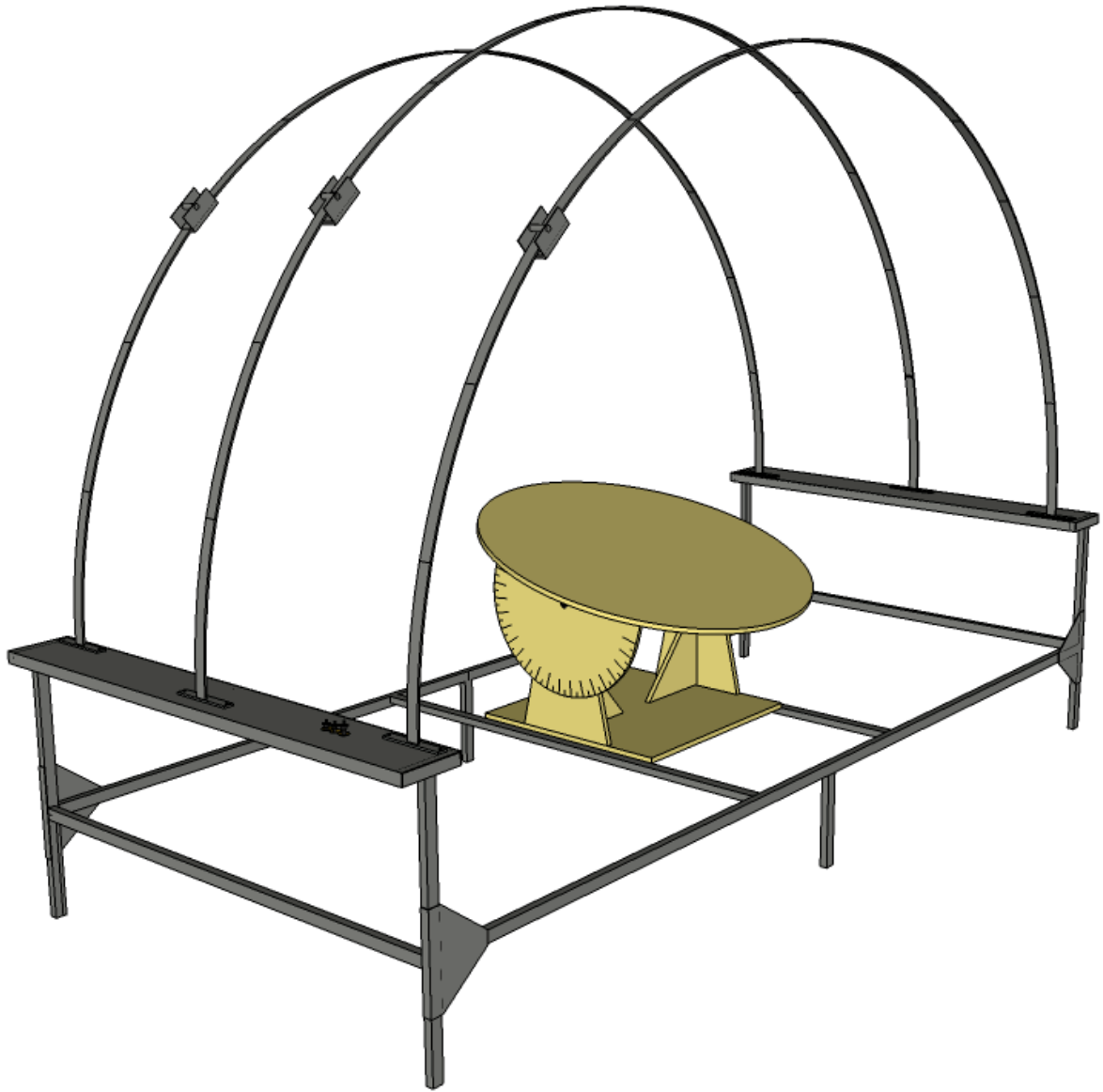


Figura 3.1: Perspectiva do Heliodon realizada no *Sketchup*

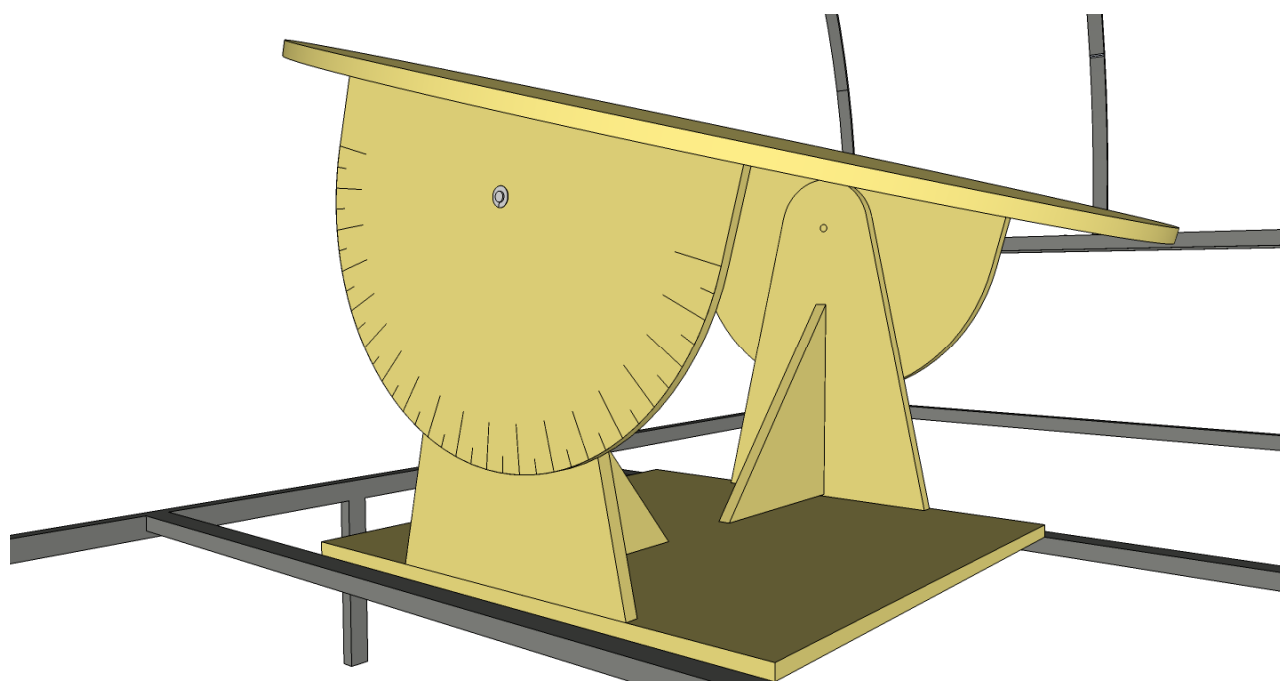


Figura 3.2: Detalhes da Mesa Inclinável do Equipamento

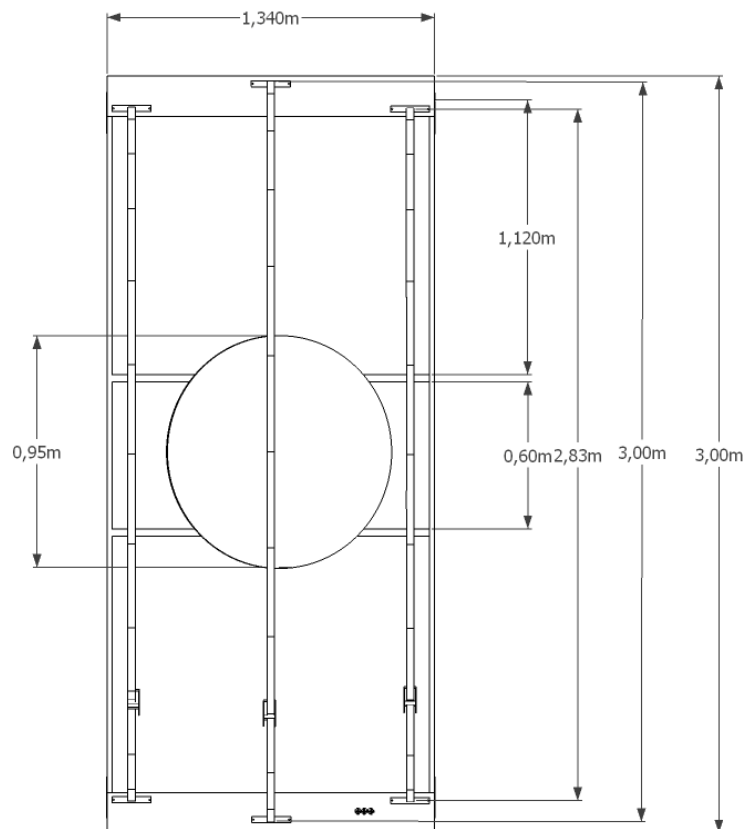


Figura 3.3: Planta do Heliodon

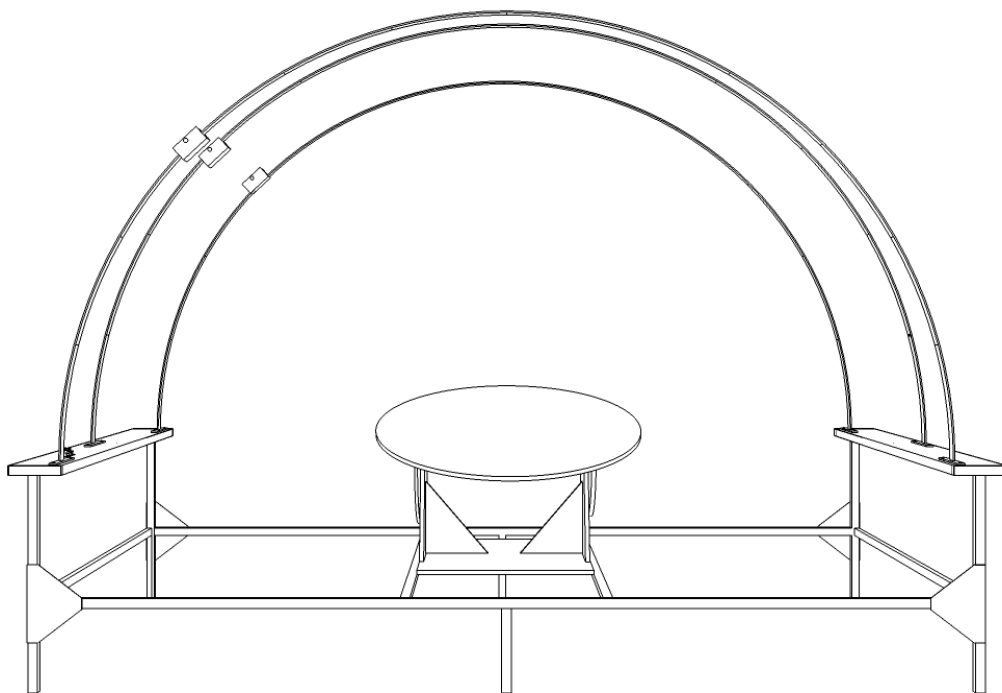


Figura 3.4: Elevação Frontal do Heliodon

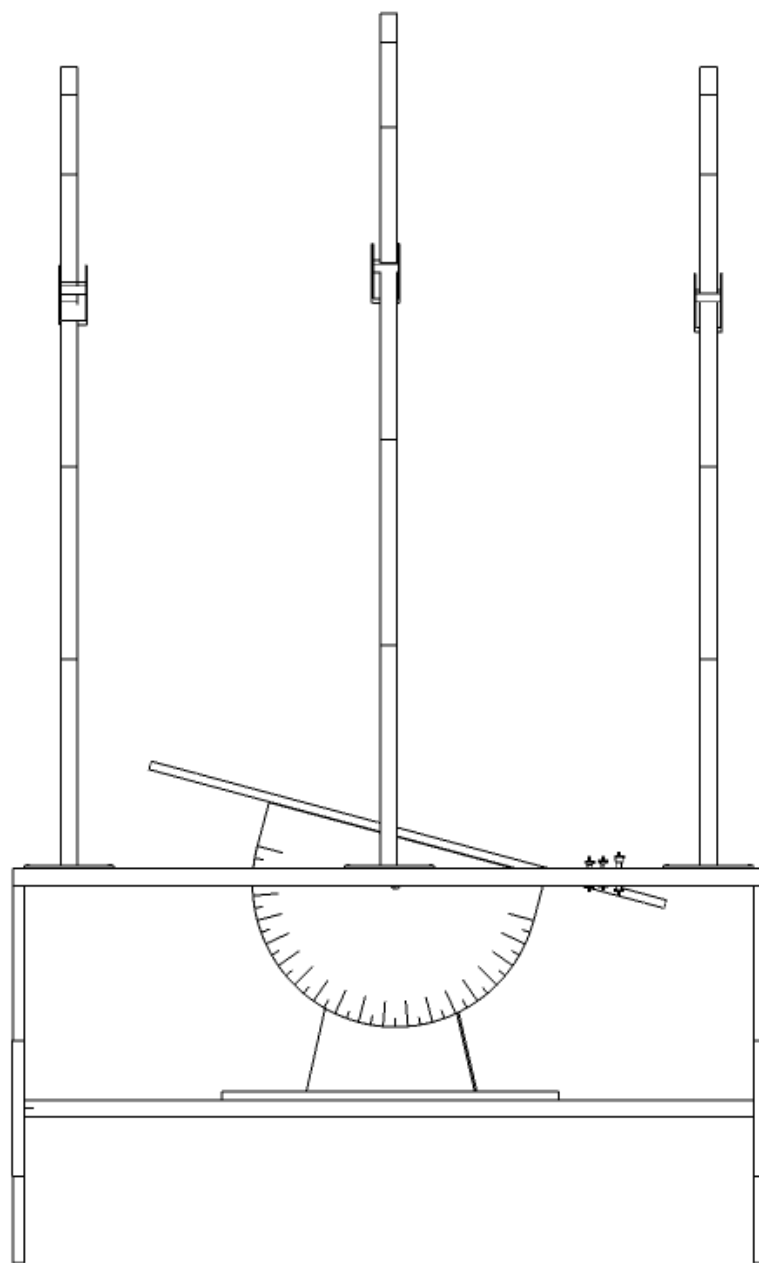


Figura 3.5: Elevação Lateral do Heliodon

4 Escolha dos tipos de análises a serem estudados

Os tipos de análise são aqueles realizados em ambientes urbanos e em edifícios. Nesse trabalho serão realizados dois roteiros de procedimentos para esses dois tipos de análise. Para elaboração desses roteiros foi feito um estudo bibliográfico cuja principal fonte foi o livro Heating, cooling, lighting sustainable design methods for architects, Norbert Lechner.

Um Fichamento do Item 9.18: "Uso de Modelos Físicos para o dimensionamento de Brises", foi feito e será usado como referencia na elaboração do roteiro para utilização do nosso Heliodon na análise de edifícios. Pensa-se fazer um manual de procedimentos parecido, tendo, todavia, o foco de análise de latitudes da nossa região, e também tendo como objetivo a elaboração de um roteiro de fácil apreensão pelos alunos.

Segue abaixo o Fichamento elaborado.

Fichamento de Lechner (2008, p. X-y):

Heliodons são ótimos investimentos para Escritórios e Escolas de Arquitetura. O projeto de dispositivos de sombreamento (brises) é uma de suas principais funções. O teste de um modelo de brise não apenas confirma a performance do brise, como ensina ao projetista muito sobre sombreamento, pois é um método de desenho conceitualmente simples, é fácil de aprender e se lembrar.

Procedimento básico para o desenho de protetores solares por meio de modelos físicos:

1. Construa um modelo em escala do edifício, uma parte típica da fachada, ou uma janela típica.
2. Regule o Heliodon e ajuste para a latitude correta.
3. Coloque o modelo no centro do Heliodon na mesa inclinável. Certifique-se de orientar o modelo corretamente (uma janela sul deve ser face Sul.
4. Determinar o limite dos períodos de menor e maior insolação na mesa(inverno e verão respectivamente)
5. . Mova a luz do Heliodon verticalmente para corresponder ao período de maior insolação(verão) e cheque a penetração solar.
6. Rotacione o modelo em pé para simular o caminho da sombra nos diferente horários do dia.
7. Faça mais ajuste no modelo, se necessário, para obter o sombreamento desejado.
8. Mova a luz do Heliodon verticalmente para corresponder ao período de menor insolação(inverno) e cheque a penetração solar.
9. Rotacione o modelo em pé para simular o caminho da sombra nos diferente horários do dia.
10. Faça mais ajuste no modelo, se necessário, se a penetração solar não é suficiente.

11. Repita os passos 5 ao 10 até que um desenho aceitável seja obtido.

Exemplo ilustrativo:

Problema:

Um beiral horizontal é requerido para um pequeno edifício de escritório em Indianápolis, Indiana, EUA. A luz solar não será considerada nesse exemplo. O beiral é para uma janela de 1,5 m e 1,2m numa parede na face Sul.

Solução:

1. Construa um modelo da janela com algumas das janelas circundantes. Convenientemente o modelo deve ter em torno de 15 cm. Use um filme plástico claro como o acetato para os vidros.
2. Ajuste a mesa inclinável para a latitude de Indiana que é 40° Norte.
3. Com uma fita dupla face cole o modelo no centro da mesa e oriente seu Sul.
4. Temos que Indianápolis situa-se na região climática 3. Use a tabela 9.5C para determinar que o período de maior insolação termine por volta de 15 de setembro e o de menor em 7 de maio.
5. Mova a luz do Heliodon verticalmente garantindo a correspondência da mesma com 15 de setembro. Corte e anexe um beiral de comprimento tal que as sombras atinjam apenas as bordas (peitorais) da janela.
6. Uma vez rotacionado o modelo em pé, as sombras para diferentes horas do dia podem ser investigadas. Note como o Sol flanqueia a janela antes e depois do meio dia porque o beiral não era largo o suficiente.
7. O beiral é estendido para cada lado da janela
8. Mova a lâmpada correspondendo a o fim do período de maior insolação, o qual nos determinamos acima que é em torno de 7 de maio. Nessa data, a janela deve estar no Sol e não sombreada. Como um beiral estreito iria diminuir o sombreamento no verão, use no lugar um beiral móvel.
9. Mova o beiral para cima até que a janela esteja totalmente exposta ao Sol de Inverno.
10. Rotacione o modelo em pé para ver o quanto a sombra muda durante as horas do dia.
11. A solução neste caso é um beiral que será movido duas vezes ao ano. Durante o verão ele fica pra baixo e é levantado no inverno.

No roteiro de procedimentos de análise urbana, focaremos nas sombras causadas por diferentes tipos de elementos presentes nas cidades (massas vegetativas, marquises e edifícios), utilizando também com referência a experiência anterior no

Trabalho de Graduação Integrado da aluna Rosilene Regolão (Regolão, 2009). Nesse caso, o heliodon foi utilizado para se verificar o sombreamento da vegetação e o posicionamento mais adequado para um teatro de arena em um parque de lazer.

Um Fichamento de Lechner (2008, p.315), foi feito e será usado como referencia na elaboração do roteiro para utilização do nosso Heliodon na análise urbana. Segue abaixo o Fichamento elaborado.

Modelos Físicos

Como foi mencionado muitas vezes antes, o uso de modelos físicos em conjunção com um heliodon é uma ferramenta poderosa de desenho. Com um modelo físico do local, a incidência solar pode ser determinada com precisão não importando o quão complexa seja a situação. O sombreamento devido para qualquer numero de edifícios, árvores e a configuração do terreno são, portanto, fáceis de analisar em qualquer latitude, data e hora do dia.

Modelos físicos podem ser usados também para produzirem máscaras de sombreamento, não importando o quão complexo seja o local ou edifício. Os procedimentos seguintes referem-se a análise de um edifício ao lado de uma colina voltada para nordeste na latitude 32°N.

Procedimento para a criação de uma Máscara de Sombreamento

1. Loque adequadamente o modelo do edifício com o terreno no heliodon.
2. Ilumine o modelo para simular o sombreamento em 21 de dezembro as 9h:00min.
3. Esboce as sombras.(se não desejar desenhar diretamente no modelo coloque uma folha de papel sobre o terreno)
4. Repita os passos 2 e 3 para o meio dia.
5. Repita os passos 2 e 3 para as 15h:00min.
6. A composição das máscaras de sombras das árvores mostradas é um pouco grosseira. Uma máscara mais refinada pode ser obtida desenhando também as sombras para as 10h:00min, 11h:00min, 13h:00min e 14h:min.

5 Avaliação da precisão do Heliodon presente em nosso departamento

5.1 Tabelas de Ângulos Solares

Para a reforma do Heliodon era necessário um melhor posicionamento das lâmpadas no arco do Heliodon para que assim a simulação fosse mais próxima do que ocorre na trajetória solar na abóboda celeste. Para isso fez-se um estudo dos ângulos dos raios solares em relação à superfície terrestre, isto é os ângulos de altitude e também os ângulos de azimute, que correspondem a angulações desses raios em relação ao Norte terrestre. Utilizamos o software Sun Angle, verificando os valores angulares encontrados para cada hora do dia nos dias correspondentes ao Solstício de Verão (22 de dezembro), Equinócios (21 de março e 23 de setembro) e Solstício de Inverno (21 de junho). No Software citado esses ângulos são designados como “Altitude Angle”, mas também são chamados “Solar Elevation Angle”. Também aparecem na tabela os Ângulos Azimutais que indicam as angulações formadas entre a projeção dos raios solares e o Norte terrestre. Fizemos o estudo para a latitude 0° e 23°30' (latitude da cidade de São Carlos) A tabela a seguir contém esses valores em graus(°)

		Latitude 0°													
Horário		06:00h	07:00h	08:00h	09:00h	10:00h	11:00h	12:00h	13:00h	14:00h	15:00h	16:00h	17:00h	18:00h	
22 dez.	Alt.	0.00	13.74	27.31	40.45	52.62	62.40	66.56	62.40	56.62	40.45	27.31	13.74	0.00	
	Az.	-66.56	-65.83	-63.41	-58.49	-49.07	-30.84	0.00	30.84	49.08	58.49	63.41	65.83	66.56	
21 març. 23 set.	Alt.	0.00	15.00	30.00	45.00	60.00	75.00	89.70	75.00	60.00	45.00	30.00	15.00	0.00	
	Az.	-90.20	-90.23	-90.27	-90.36	-90.54	-91.11	-179.9	91.23	90.67	90.50	90.43	90.40	90.40	
21 jun.	Alt.	0.00	13.74	27.31	40.45	52.61	62.40	66.56	62.40	52.61	40.45	27.31	13.74	0.00	
	Az.	-113.44	-114.17	-116.59	-121.51	-130.93	-149.16	-180.00	149.16	130.93	121.51	116.59	114.17	113.44	
		Latitude 22°													
22 dez.	Alt.	8.57	21.66	35.05	48.64	62.34	76.10	88.56	76.10	62.34	48.64	35.05	21.66	8.57	
	Az.	-68.10	-72.48	-76.08	-79.03	-81.19	-81.19	-0.02	81.20	81.19	79.03	76.00	72.48	68.10	
21 març. 23 set.	Alt.	-0.08	13.80	27.52	40.84	53.24	63.34	67.70	63.31	53.20	40.79	27.46	13.74	-0.15	
	Az.	-90.19	-95.94	-102.45	-110.83	-123.33	-144.77	-180.00	144.81	123.41	110.94	102.58	96.10	90.37	
21 jun.	Alt.	-8.57	4.08	16.04	26.91	35.99	42.28	44.56	42.28	35.99	26.91	16.04	4.08	-8.57	
	Az.	-111.90	-117.32	-124.43	-133.32	-145.46	-161.28	-180.00	161.28	145.46	133.32	124.23	117.32	111.90	

Figura 5.1: Tabela de Ângulos de Altitude e Azimutais

Fonte: <http://www.susdesign.com/sunangle/index.php>; “Sun Angle”.

5.2 Aferições do Equipamento

Através da utilização dos ângulos do gráfico acima foram desenhadas em cartolinas as máscaras de sombreamento formadas por uma haste de madeira de 20cm nas latitudes de 0° e 22° nos equinócios e solstício de Verão e Inverno, afim de compararmos àquelas formadas por estas mesmas hastes utilizando-se o Heliodon, em preto aparecem as sombras desenhadas a partir dos ângulos da tabela e em roxo aquelas formadas pelo heliodon. Foi feito também medições afastando se a cartolina do centro da mesa do Heliodon para avaliar-se teria diferenças nas sombras formadas, estas medições foram feitas apenas nos equinócios (Figuras 5.6 e 5.7) e aparecem nas cores laranja e vermelho. Abaixo estão as imagens dessa aferição.

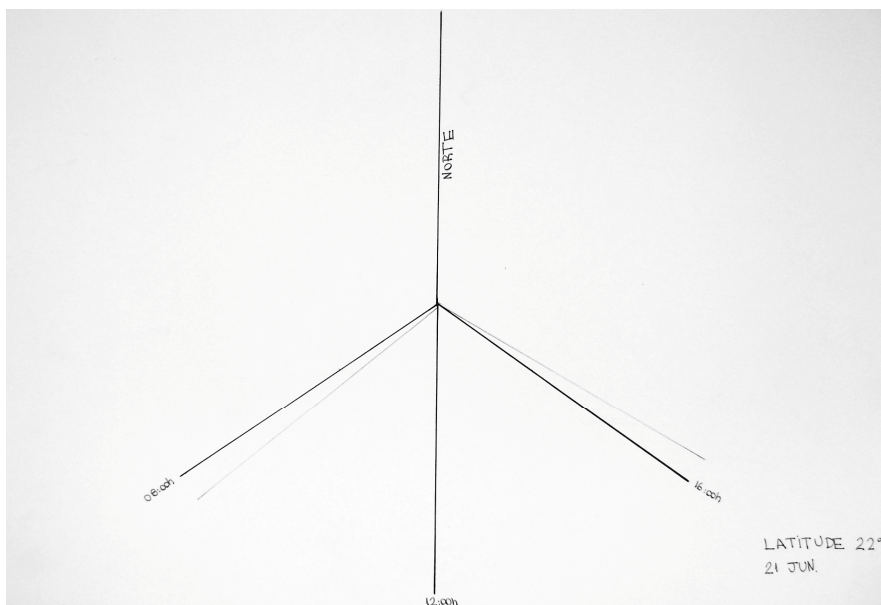


Figura 5.2: Máscara de sombra da latitude de 22° em 21 de Junho

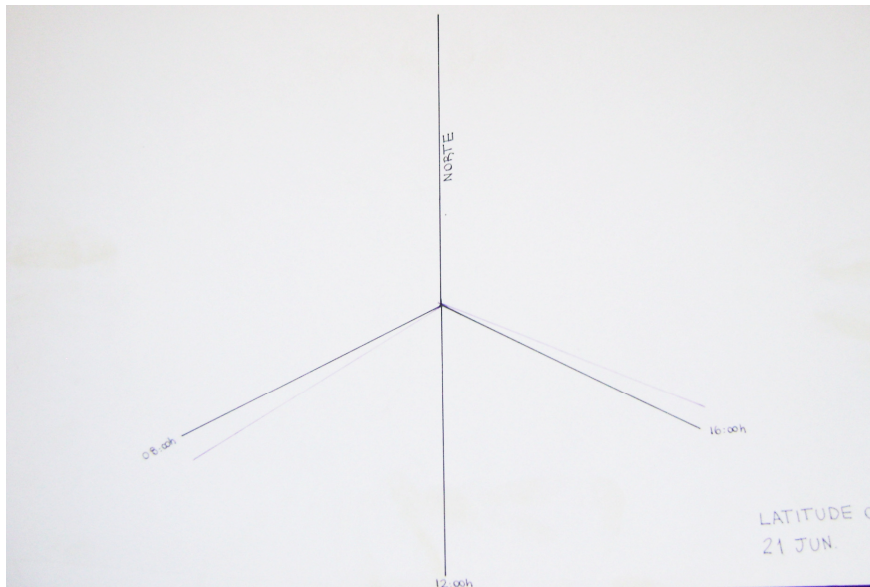


Figura 5.3: Máscara de sombra da latitude de 0° em 21 de Junho



Figura 5.4: Máscara de sombra da latitude de 22° em 22 de Dezembro

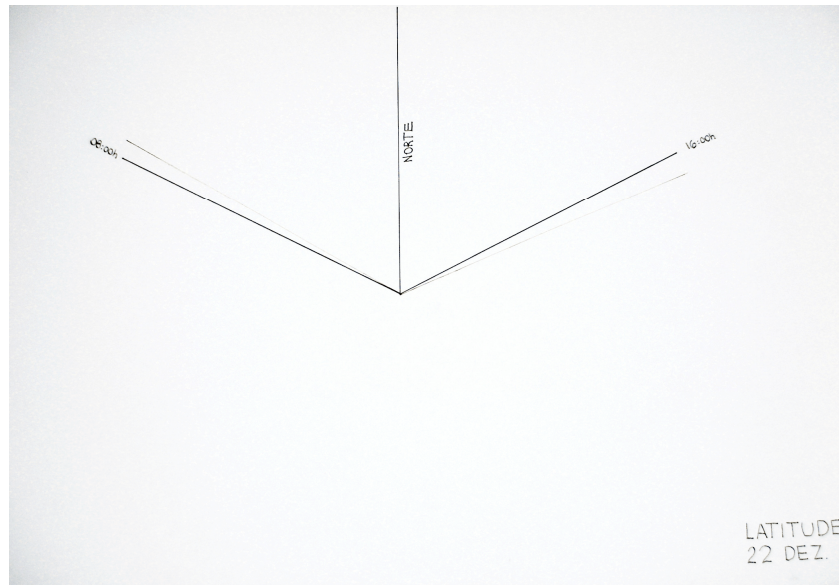


Figura 5.5: Máscara de sombra da latitude de 0° em 22 de Dezembro

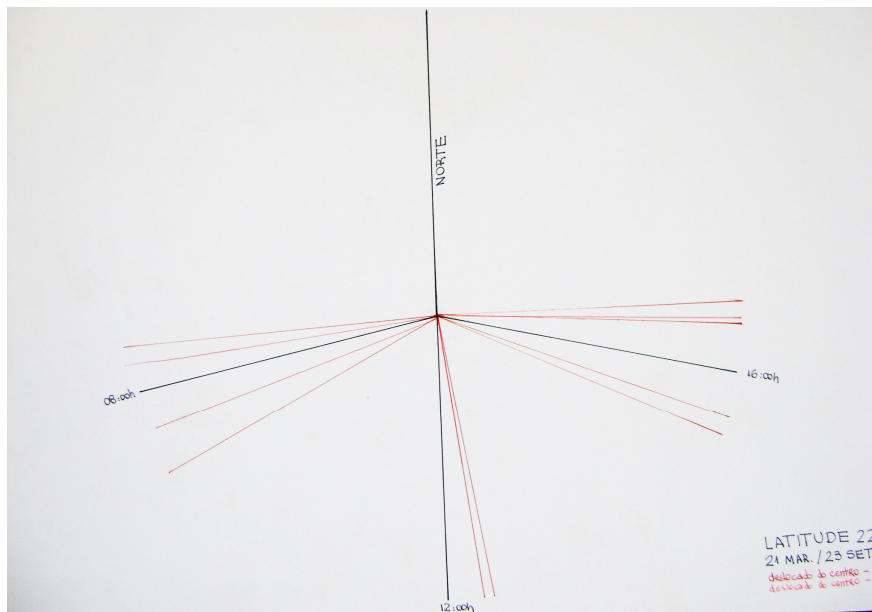


Figura 5.6: Máscara de sombra da latitude de 22° em 21 de Março e 23 de Setembro.

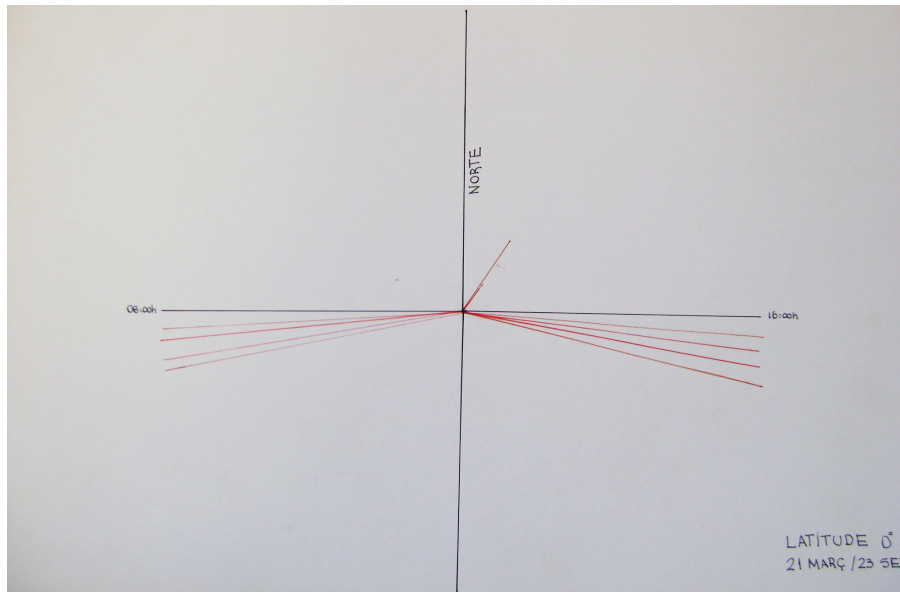


Figura 5.7: Máscara de sombra da latitude de 0° em 21 de Março e 23 de Setembro.

5.3 Conclusões da Avaliação.

O carrinho do heliodon, aquele que move a lâmpada está bastante danificado, impedindo uma correta avaliação do heliodon como um todo (seus arcos etc.). Lembramos que o carrinho desde a aquisição do aparelho passou por muitos reparos, reformas e adaptações realizados por funcionários do Departamento daí o estado que se encontrava quando da data da avaliação.

Estando o heliodon em tal estado, encontrou se bastante desvio nas sombras formadas no equipamento, portanto o seu uso não pode ser indicado para fins de avaliação e concepção projetual, ele deve ser usado apenas para fins didáticos, ou seja, entendimento do funcionamento da geometria solar bem como de equipamentos que simulem essa geometria e o movimento solar.

6 Projeto de Reforma do Heliodon

Para a reforma do heliodon decidiu-se descartar o carrinho que movimenta a única lâmpada presente no equipamento, que, portanto além de ter que ser movimentado através dos arcos do heliodon tem que ser removido e recolocado em nos outros arcos para que outras datas possam se medidas. Este carrinho que por estar danificado compromete um posicionamento adequado da lâmpada, para que seus raios simulem fielmente os raios solares, também dificulta muito o uso do aparelho, pois sua movimentação é difícil, causando uma demora desnecessária nos procedimentos.

Para substituir o carrinho decidiu-se instalar nos arcos do Heliodon 36 lâmpadas halógenas. Estas serão colocadas em cada hora do dia nos 3 arcos do heliodon.

Devido aos problemas de precisão apresentas pelo nosso heliodon, impossibilitou-se um projeto para a expansão das datas do ano medidas pelo heliodon, pois só após a instalação das lâmpadas poderá se avaliar se ele servirá para atividades além das de cunho didático. Também será considerada a possibilidade de aquisição de um novo aparelho pelo departamento com auxílio das informações obtidas no item *4.2 Levantamento de modelos de heliodon disponíveis em outros laboratórios e empresas.*

7 Exercícios propostos

Nesse item são apresentados alguns modelos de exercícios e demonstrações para fins didáticos que podem ser realizados em um heliodon ou mesmo em um software de modelagem 3D. Os exemplos apresentados foram construídos no Google Sketchup 8, utilizando a ferramenta “sombras” ou “shadows” devidamente ajustada para o nosso fuso horário, no caso o fuso horário de Brasília, que é de 3 horas a menos que o do meridiano de Greenwich, UTC -03:00h (Tempo Universal Coordenado, em inglês “Coordinated Universal Time”).

Nas duas primeiras imagens foi feito uma simulação de duas ruas. Uma de orientação Norte- Sul e outra de orientação Leste-Oeste, nelas foram alinhados casas, que simulam habitações populares. As sombras são referentes a data de 22 de dezembro (Solstício de Verão) no horário de 08h:00min. Notamos que a rua de orientação Norte-Sul apresenta um prejuízo no aproveitamento da insolação, pois do lado direito as casas recebem iluminação na parte da manhã na parte de trás e no lado esquerdo na parte da frente. Como são casas populares a configuração delas é parecida ficando opostos os cômodos iluminados de um lado e de outro da rua, sendo assim um dos lados será prejudicado.

Na Rua de Orientação Leste-Oeste há um maior equilíbrio na iluminação das casas, mas ainda não é o ideal, pois novamente os dois lados das ruas apresentam um sombreamento oposto.

Podemos então notar a importância da orientação das ruas para que se consiga um bom aproveitamento da iluminação natural em projetos urbanísticos. Em casos de projetos de Arquitetura deve se levar em conta à orientação da rua para compensar certos prejuízos de locação do terreno, com uma oportuna distribuição dos ambientes internos, projetos de brises, etc.

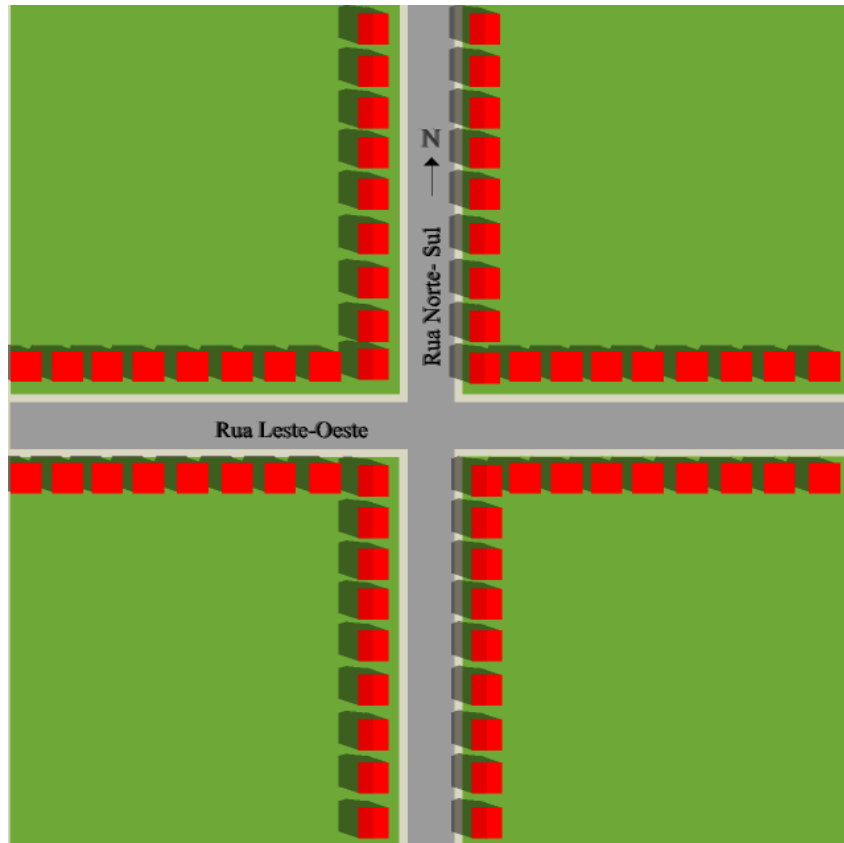


Figura 7.1 Planta das Ruas com Orientação N-S e L-O mostrando as sombras no dia 22 de dez. as 08h: 00min.



Figura 7.2 Perspectiva das Ruas com Orientação N-S e L-O mostrando as sombras no dia 22 de dez. as 08h:00min.

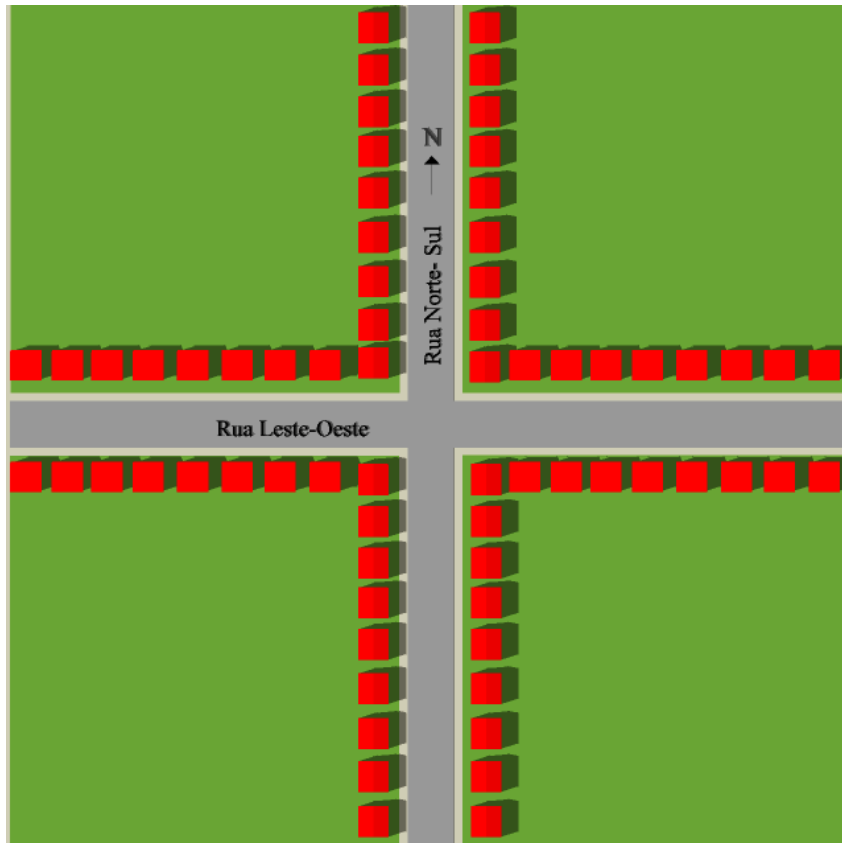


Figura 7.3 Planta das Ruas com Orientação N-S e L-O mostrando as sombras no dia 22 de dez. as 16h: 00min.



Figura 7.4 Perspectiva das Ruas com Orientação N-S e L-O mostrando as sombras no dia 22 de dez. as 16h:00min.

Exercício1 Com uma maquete similar a apresentada nas imagens encontrar com a utilização do Heliodon ou um Software de modelagem 3D uma boa orientação para as duas ruas perpendiculares, no que diz respeito ao aproveitamento da insolação.

Arborização

Com estudos simples da orientação das ruas quando se realizará um projeto paisagístico, pode-se obter uma melhora numa situação de implantação desfavorável como a apresentada anteriormente: Habitações de dimensões semelhantes implantadas de forma muito regular de forma a ficarem muito expostas aos raios solares em certas partes do dia. Inclusive algumas delas certamente terão áreas de estar que não recebem insolação ou a recebem apenas no final da tarde ocasionando um aquecimento excessivo.

No caso apresentado a seguir foram colocadas árvores a leste das habitações na Rua com orientação Norte-Sul, essa medida é apenas para aliviar as habitações da Insolação excessiva no final da tarde, que devido ao acúmulo de calor durante todo dia, resulta num aquecimento exagerado dessas áreas nas habitações. Lembramos que a Insolação desejada nas habitações é a matutina, além de ser preferível a orientação para Norte devido a latitude em que estamos. A orientação para Norte é a mais saudável para as habitações, que não sofrem com a falta total de insolação em alguma das faces do edifício.

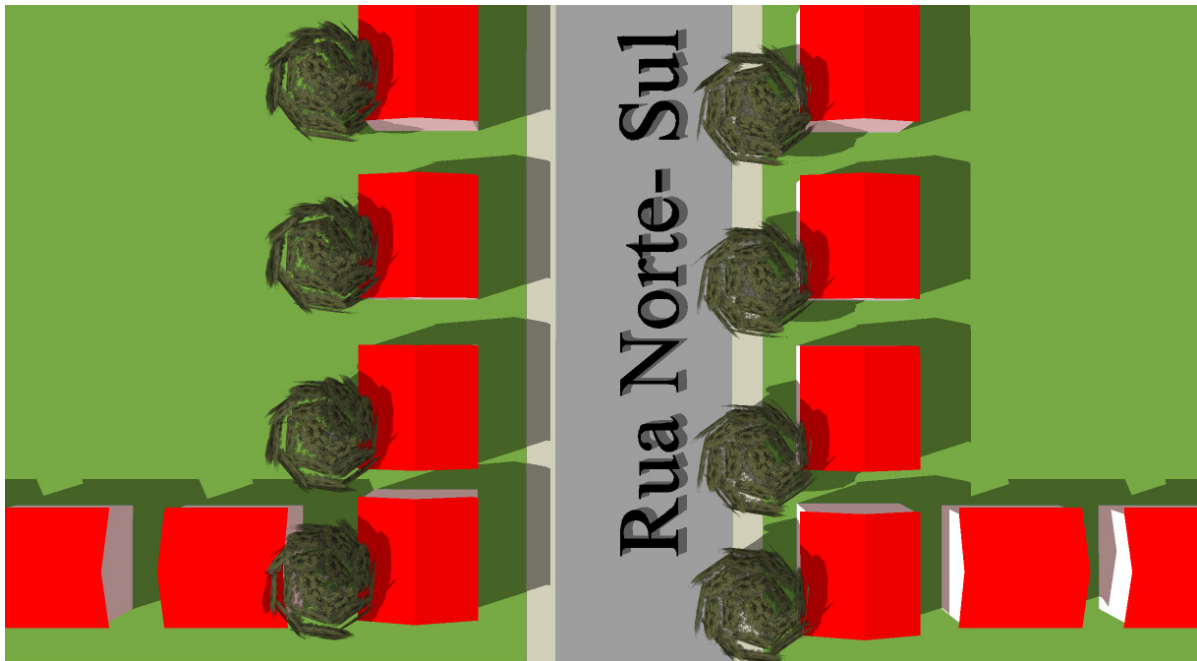


Figura 7.5 Planta da Rua Norte-SuL. Arborização a Leste, mostrando as sombras no dia 22 de dez. as 08h:00min.

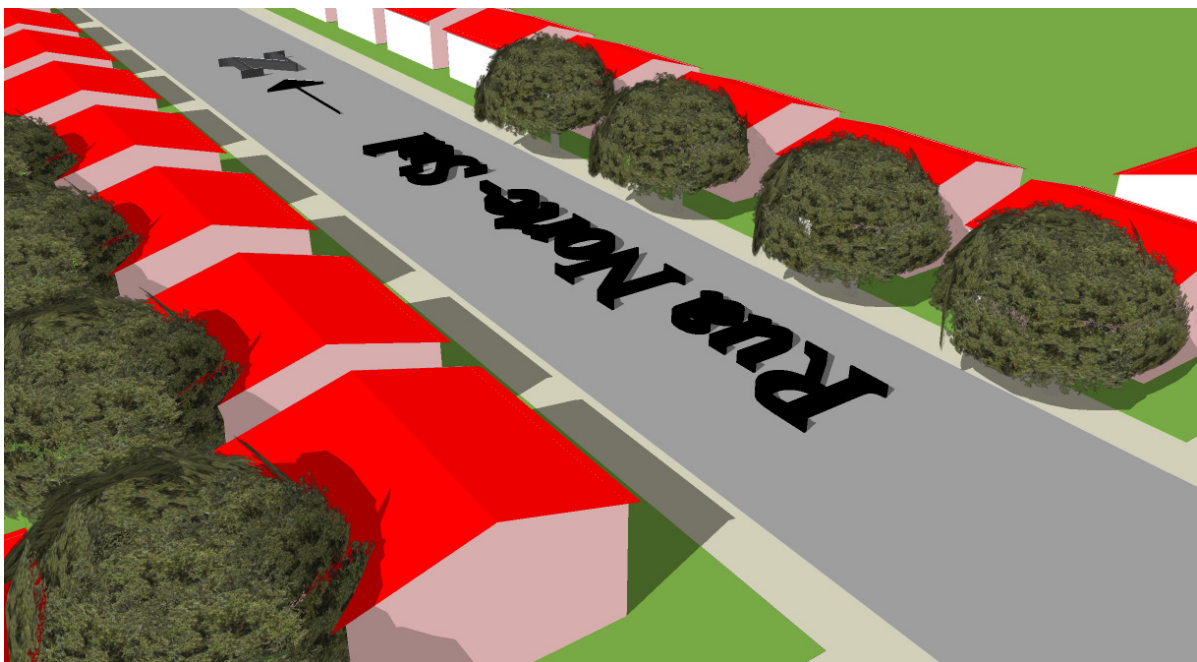


Figura 7.6 Perspectiva da Rua Norte-Sul. Arborização a Leste, mostrando as sombras no dia 22 de dez. as 08h:00min.

Exercício2. Realizar esse estudo de arborização em um heliodon ou software de modelagem 3D, testando-a em outras faces das habitações.

Brises

Um estudo de sombreamento no Google Sketchup foi feito em um modelo esquemático de um edifício que apresenta sacadas deslocadas de modo a sombrear o andar de baixo. É um exemplo inteligente do uso desse elemento arquitetônico em benefício do desempenho energético de um edifício.

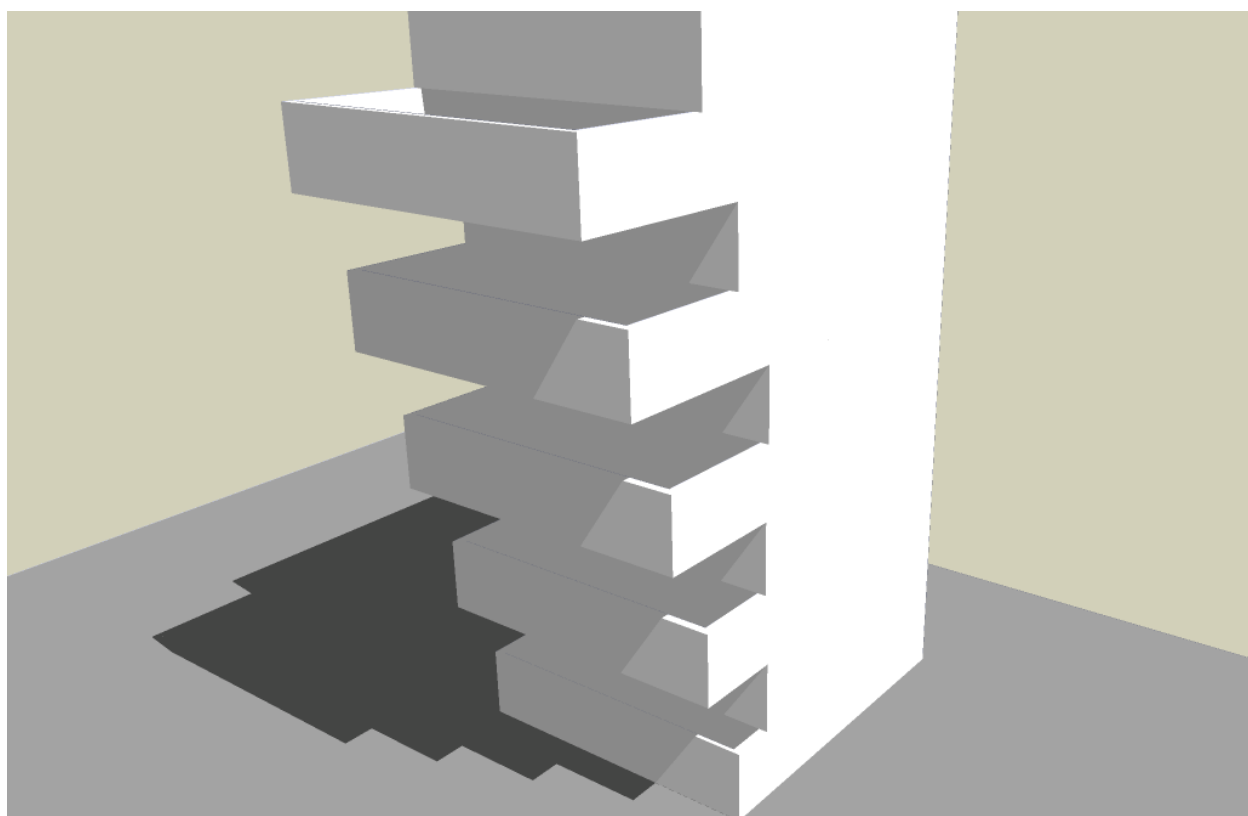


Figura 7.7 Perspectiva de um Edifício com sacadas que atuam como brises horizontais, mostrando o sombreamento no dia 22 de dez. as 09h:30min.

Exercício 3 Projetar com o auxílio de um heliodon ou software de modelagem 3D, sacadas adequadas a latitude e orientação do edifício. Pode se utilizar caixinhas como as de fósforos, que ao serem abertas possam representar cada andar com sua sacada.

8 Atividades complementares

8.1 Norbert Lechner e SindusCon

Durante a realização da pesquisa contatou-se através de e-mails o Prof. Dr Norbert Lechner, professor aposentado do College of Architecture, Design and Construction da Auburn University, Estados Unidos. Autor do livro “Heating. Cooling, lighting: sustainable design methods for architects”, o qual foi utilizado como referência diversas vezes nesse trabalho, e é uma das principais referências em projetos energeticamente eficientes.

Lechner é também o inventor do modelo de Heliodon citado no item 2.4, o HP126, designado como Heliodon conceitualmente claro.

Atualmente o professor dá palestras e workshops em diversos países, com a temática de projetos adequados ao clima de cada país, para que se tenha um aproveitamento energético mais adequado.

Nessa pesquisa participei de um desses Workshops, que o professor apresentou para o “SindusCon” SP, Sindicato da Construção. O tema do Workshop foi em torno do Aquecimento Global, e o que nós profissionais ou futuros profissionais da Construção Civil podemos fazer para contribuir para a redução desse aquecimento. Foram-nos apresentados projetos energeticamente sustentáveis, que contribuem para a reversão dessa situação, uma breve apresentação sobre o que é o aquecimento global, como ele está se dando no mundo, etc. Fizemos também alguns exercícios de sombreamento traçado de brises, e montagem de um heliodon.

8.2 Seminários em Conforto Ambiental

Esse trabalho foi apresentado em um Seminário, juntamente com o trabalho de outros alunos que faziam pesquisa na área de Conforto Ambiental no Departamento de Arquitetura e Urbanismo da EESC-USP. Para apresentação foi montada uma apresentação de Slides no qual expliquei sucintamente o que estava fazendo, os objetivos, que partes da programação eu já havia cumprido, bem como pedi sugestões para a realização dos próximos passos, haja vista que estava apresentando para estudantes e professores da área de Conforto Ambiental.

8.3 SIICUSP

Esse trabalho seria apresentado também no SIICUSP (Simpósio Internacional de Iniciação Científica da USP) que está em sua 18ª edição e para tal foi preparado um artigo de apresentação do trabalho. Entretanto devido a um erro na Inscrição, esta não foi efetivada. Tentaremos apresentar a pesquisa em 2011. O artigo preparado pode ser visto no Anexo1

10 Referências Bibliográficas

- NICOLAU, Maiara Fuzatti; *Conforto ambiental e projeto arquitetônico: estudo de metodologias de apoio*.
- LECHNER, Norbert; *Heating, cooling, lighting sustainable design methods for architects* (2002).
- LECHNER, Norbert; *Heating, cooling, lighting: design methods for architects*. New York, John Wiley & Sons, 1991.
- REGOLÃO, Rosilene. *Estudo do potencial de utilização do heliodon em projetos arquitetônicos*. Versão parcial do relatório final de pesquisa de iniciação científica, a ser apresentado à FIPAI. Departamento de Arquitetura e Urbanismo, EESC, USP. São Carlos, outubro de 2009.
- LITTLEFAIR, Paul; *Daylight Prediction in Atrium Buildings*, BRE , Garston, Watford, UK; 2001.
- SHILLER, Silvia de; Evans, John Martin; *Energy and Environment in an Architectural design application*; Centro de Investigación habitat y Energia, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires.
- FROTA, Anésia Barros, Shiffer, Sueli Ramos; *Manual do Conforto Térmico*. São Paulo. Studio Nobel, 2007.
- ANDERSSON, Brandt; Adegrant, Mari; Webstern, Paul; Place, Wayne; Kammerud, Ron; Albrand, Patrick; *Effects of Daylighting Options on the Energy Performance of Two Existing Passive Commercial Buildings*. Building and Environment, Vol.22, No 1,pp 3-12, 1987, Pergamont Journals Ltd.; Great Britain.
- <http://www.susdesign.com/sunangle/index.php>

9 Anexos

Anexo1 Artigo a ser apresentado ao SIICUSP

Estudo para reforma do Heliodon e elaboração de procedimentos para o seu uso

Ana Lígia de Campos Mendes, Karin M. S. Chvatal

Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Escola de Engenharia de São Carlos, USP, SP

Objetivos

Objetivo geral

- Possibilitar a utilização do heliodon no curso de Arquitetura e Urbanismo de forma mais eficaz.

Objetivos específicos

- Fornecer uma proposta de reforma para o heliodon atualmente existente no Laboratório de Conforto Ambiental, de modo que este possibilite análises em variados períodos do ano, e não somente nos solstícios de verão, inverno e equinócios.
- Criar ao menos dois roteiros passo a passo para uso do equipamento, um voltado a análise da insolação em edificações e outro em ambientes urbanos.

Métodos/Procedimentos

- 1 Revisão bibliográfica
- 2 Levantamento das dimensões do heliodon
- 3 Estudo sobre as possibilidades de alteração do heliodon
- 4 Escolha dos tipos de análises a serem estudados
- 5 Detalhamento dos procedimentos
- 6 Teste dos procedimentos
- 7 Elaboração da versão final dos
- 8 Elaboração dos relatórios e do artigo científico.

Resultados

Os resultados esperados são principalmente o maior uso do Heliodon pelos alunos, e principalmente a maior utilização desse aparelho como instrumento de concepção de um projeto e não apenas como avaliação do projeto já concebido

Espera-se possibilitar a utilização deste equipamento no curso de Arquitetura e Urbanismo de forma mais eficaz. Para tal, será feito um estudo de reforma do aparelho, de modo que este amplie as suas possibilidades de análises para outras datas do ano, além dos solstícios e equinócios

Conclusões

Serão preparados ao menos dois roteiros de procedimentos referentes a análises específicas, um para edifícios e outro para ambientes urbanos, os quais serão testados para se verificar a sua viabilidade de aplicação.

Posteriormente, o material elaborado estará disponível no Laboratório, de modo que os alunos usem este equipamento sempre que necessitem, incentivando assim a sua autonomia, sua capacidade de aprendizado e a multidisciplinaridade do Curso.

*Esta pesquisa está incluída no Programa Ensinar com Pesquisa, da USP.

Heliodon, insolação, conforto térmico, proteções solares