

Departamento de Arquitetura e Urbanismo

Escola de Engenharia de São Carlos, EESC, USP

ESTUDO DO POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DO HELIODON EM PROJETOS ARQUITETÔNICOS



Relatório de Iniciação Científica (FIPAI)

Orientadora Profa. Dra. Karin Maria Soares Chvatal

Aluna Rosilene Regolão

São Carlos

Novembro 2009

SUMÁRIO

RESUMO	5
1. INTRODUÇÃO	7
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1. PROJETO ARQUITETÔNICO E CONFORTO AMBIENTAL.....	11
2.2. INSOLAÇÃO	13
2.2.1. HISTÓRICO	13
2.2.2. RADIAÇÃO SOLAR.....	16
2.2.3. CONCEITOS BÁSICOS SOBRE O MOVIMENTO APARENTE DO SOL	17
2.2.4. CARTAS SOLARES.....	19
2.2.5. ANÁLISE DA CARTA SOLAR	22
2.2.6. UTILIZAÇÃO DAS CARTAS SOLARES.....	24
2.2.7. TRAÇADO DE MÁSCARAS	25
2.2.8. TIPOS DE PROTETORES.....	27
2.3. HELIODON	33
2.4. USO E APLICAÇÃO DO HELIODON EM MAQUETES	40
3. ELABORAÇÃO DO MANUAL E INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS.....	51
3.1. MANUAL, CARTAZ E MAQUETE.....	51
3.2. QUESTIONÁRIO E ENTREVISTAS.....	52
4. ACOMPANHAMENTO DA UTILIZAÇÃO DO HELIODON.....	53
5. ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS E CORREÇÃO DO MANUAL.....	57
5.1. QUESTIONÁRIO	57
5.2. ENTREVISTAS	58
5.3. MANUAL.....	61
6. ATIVIDADES COMPLEMENTARES	63

7. CONCLUSÃO.....	65
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67
9. ANEXOS.....	73
9.1. CARTAZ.....	73
9.2. MAQUETE EXPERIMENTAL	74
9.3. QUESTIONÁRIO HELIODON.....	77
9.4. RESUMO SIICUSP	78
9.5. PAINEL SIICUSP.....	79
9.6. MANUAL (VERSÃO 1).....	80
9.7. MANUAL (VERSÃO 2).....	94
9.8. ARTIGO CIENTÍFICO.....	108

RESUMO

A análise da insolação é um dos mais importantes aspectos que configuram o conforto térmico de uma edificação. Uma ferramenta de análise da insolação em projetos arquitetônicos bastante útil é o Heliodon. Este aparelho, disponível no Laboratório de Conforto Ambiental do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da EESC, permite a visualização, em maquetes, da trajetória aparente do sol na latitude desejada, nos períodos do ano significativos, correspondentes aos equinócios de outono e primavera e aos solstícios de verão e de inverno. O objetivo da presente pesquisa é estudar o potencial de utilização desta ferramenta para a análise de projetos arquitetônicos.

1. INTRODUÇÃO

O conforto das edificações depende de vários fatores, mas pode-se dizer que é principalmente na fase de projeto que eles devem ser considerados, a fim de que se possa chegar a um resultado favorável. Medidas tomadas para propiciar o conforto depois da construção são mais custosas e não tão eficientes quanto as relativas à consideração do problema desde o princípio.

No que se refere mais especificamente ao conforto térmico, vê-se muitas vezes que, ao se tentar resolver o problema gerado pelo alto fluxo de calor em edificações totalmente inadequadas ao clima, acaba-se por criar outro: o alto gasto de energia devido ao condicionamento artificial. No entanto, pode-se obter condições térmicas adequadas nos espaços construídos sem o uso de equipamentos, aplicando princípios do condicionamento térmico natural. Mesmo edificações que façam uso do condicionamento artificial podem ter o ganho de calor reduzido, com consequente economia de energia, se forem aplicados esses princípios.

Há uma série de ferramentas que viabilizam a análise do conforto térmico natural durante o processo de projeto de arquitetura. Quando se trata mais especificamente da insolação, um aparelho bastante útil é o Heliodon, o qual é o objeto de estudo deste trabalho. Este aparelho permite a visualização, em maquetes, da trajetória aparente do sol na latitude desejada, nos períodos do ano significativos, correspondentes aos equinócios de outono e primavera e aos solstícios de verão e de inverno. Através dele, é possível avaliar as condições de exposição solar de projetos em variadas latitudes, constituindo-se um valoroso instrumento didático.

Este trabalho consiste no estudo das aplicações do Heliodon em projetos arquitetônicos, isto é, procura salientar o uso e a importância deste equipamento para o Departamento de Arquitetura e Urbanismo da EESC/USP. Os objetivos eram os seguintes:

- Estudar as possibilidades de aplicação do heliodon em projetos arquitetônicos.
- Verificar a possibilidade de uso do heliodon conjugado a outras ferramentas.
- Elaborar um manual para sua utilização, que se encontrará disponível no Laboratório de Conforto Ambiental do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da EESC.
- Incentivar o uso dessa ferramenta entre os alunos de Arquitetura e Urbanismo da EESC, tanto na disciplina de conforto, quanto em outras nas quais ele possa ser útil, inclusive durante o Trabalho de Graduação Integrado (TGI).

A metodologia consistiu de uma breve revisão bibliográfica, seguida da elaboração de um manual para a utilização do heliodon, que se encontra disponível aos alunos. Ao mesmo tempo, o uso do equipamento foi acompanhado por meio de entrevistas e o manual foi adaptado de acordo com essa pesquisa.

O presente relatório é organizado de forma a conter todos os itens anteriormente descritos no cronograma apresentado no plano de pesquisa (figura 1). Contém uma revisão bibliográfica, na qual se apresenta, no segundo capítulo, a relação entre projeto arquitetônico e conforto ambiental; uma parte relacionada à insolação; outra mais específica sobre o heliodon; bem como outra parte em que são descritos trabalhos que utilizaram o equipamento.

No terceiro capítulo é descrita a elaboração do manual e instrumentos de coleta de dados (questionários e entrevistas). No capítulo seguinte é exposto o processo de acompanhamento da utilização do heliodon. O quinto capítulo contém a análise dos dados coletados pela observação do uso do equipamento e pelas entrevistas, e a correção do manual a partir dessas informações. Finalmente, o sexto capítulo apresenta atividades extras relacionadas ao trabalho efetuadas pela aluna, seguida das conclusões do capítulo sete.

Com os resultados obtidos neste trabalho, pretende-se contribuir de forma mais concreta e significativa para o uso deste equipamento, não somente nas disciplinas de Conforto Ambiental, mas também em outras disciplinas e projetos conduzidos no Departamento de Arquitetura e Urbanismo.

Atividade	jun ho	julh o	ago sto	set .	out .	nov .
1 Revisão bibliográfica.	X	X				
2 Elaboração do manual e dos instrumentos de coleta de dados.		X	X			
3 Acompanhamento da utilização do heliodon.			X	X		
4 Análise dos dados coletados e correção do manual.					X	
5. Elaboração de um artigo científico e do relatório final.						X

Figuras 1: Cronograma de atividades.

Fonte: Plano de Pesquisa.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo é apresentada uma revisão bibliográfica que engloba os seguintes assuntos: (2.1.) a relação entre projeto arquitetônico e conforto ambiental; (2.2.) a insolação nos edifícios; (2.3.) o Heliodon como instrumento de simulação da trajetória solar e sua importância didática; (2.4.) e por fim serão descritos alguns trabalhos que utilizaram esse instrumento.

O texto deste capítulo também faz referência à insolação (item 2.2.), que foi escrito a partir da revisão bibliográfica da aluna Maiara Fuzatti Nicolau (NICOLAU, 2009), bolsista do Programa Ensinar com Pesquisa com a mesma orientadora, cuja pesquisa se denomina: Conforto ambiental e projeto arquitetônico: estudo de metodologias de apoio. Na primeira parte há uma breve contextualização histórica sobre como a arquitetura se preocupa com a questão da insolação. Em seguida são expostos temas como a radiação, o movimento e as cartas solares (análise e utilização), traçado de máscaras e tipos de protetores.

2.1. PROJETO ARQUITETÔNICO E CONFORTO AMBIENTAL

O processo de projeto em arquitetura não é linear, isto é, não obedece a regras. Dessa forma, “as investigações em metodologias de projeto arquitetônico situam-se na transversalidade de várias áreas, tais como: qualidade do ambiente construído, conforto ambiental, psicologia ambiental, processo de projeto, informática aplicada e avaliações de projetos e obras em pós-ocupação” (KOWALTOWSKI, p.8).

Entretanto, tem aumentado a exigência na qualidade ambiental dos edifícios. Isso pode ter acontecido por conta do “avanço rápido da tecnologia; mudança de percepção e de demanda dos proprietários de edificações; aumento da importância do prédio como facilitador da produtividade; aumento da troca de informações e do controle humano; e a

necessidade de criação de ambientes sustentáveis, com eficiência energética” (KOWALTOWSKI, p. 8).

Ao mesmo tempo, na medida em que a qualidade ambiental dos edifícios aumenta, tornando-os mais sustentáveis, isso acarreta alterações no modo de vida das pessoas. Assim, o projeto arquitetônico deve responder tanto às necessidades do ambiente construído (estrutural e fisicamente) quanto às necessidades do usuário (conforto ambiental) e pensar a forma na qual este usuário irá se relacionar com o seu novo ambiente de vida.

Dessa forma, “o conforto ambiental, nos seus aspectos térmicos, acústicos, visuais e de funcionalidade, é um dos elementos da arquitetura que mais influencia o bem-estar do homem. O processo de projetar deve criar ambientes que priorizem os aspectos de conforto, funcionalidade, economia e estética, aplicando os conhecimentos artísticos, científicos, técnicos e de psicologia ambiental” (KOWALTOWSKI, p.10).

A relevância dos fatores ambientais fez com que surgisse a avaliação de desempenho ambiental dos edifícios, isto é, o nível de sustentabilidade do empreendimento. Conforme SILVA (2000), tal avaliação leva em conta os seguintes fatores: recursos naturais, geração de poluição e emissões, comprometimento dos agentes e qualidade do monitoramento da operação do edifício, qualidade do ambiente interno e contexto de inserção.

Uma das atividades mais relevantes no processo de projeto em arquitetura é a construção e utilização de maquetes. Para o estudo dos aspectos de conforto ambiental dos edifícios e do próprio espaço urbano, a utilização de modelos tridimensionais é de grande importância, uma vez que é possível se testar, em tempo real, se tais espaços respondem aos aspectos ambientais desejados. Ao mesmo tempo em que representa um objeto de estudo participativo, que aumenta a percepção espacial dos usuários.

Segundo KRISHAN (1996), hierarquia espacial, local e orientação dos edifícios são os elementos básicos do desenho, que se aplicados em projeto e no local planejado pode maximizar a exposição solar. De acordo com SMITH (1976), criar um micro-clima agradável nos espaços e ao redor deles e avaliar os efeitos da sombra nos objetos estudados é muito importante. Assim, análises desses elementos fornecem o planejamento e parâmetros de desenho para o contexto climático. Um estudo no Heliodon, ou

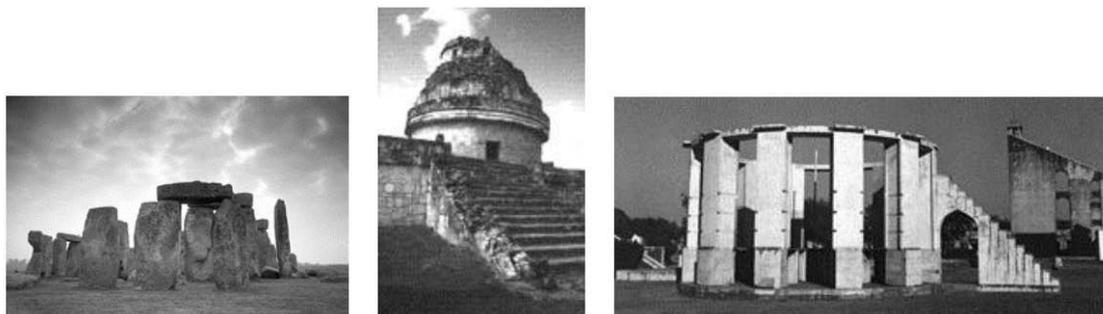
representações gráficas baseadas em diagramas de faixas de sol (sun-path diagrams), com uma maquete do local auxilia na análise do nível de penetração solar.

Portanto, segundo KOWALTOWSKI (2006), "maquetes permitem estudos de fenômenos específicos. As simulações de sombras com o uso de um heliodon são importantes para definir a orientação dos volumes e a localização das aberturas, bem como o detalhamento das proteções de insolação (brises)" (p.15).

2.2. INSOLAÇÃO

2.2.1. HISTÓRICO

De acordo com FUENTES (1999), a habilidade humana para orientação no tempo e espaço está relacionada com a observação do movimento cíclico das estrelas. Foi observando o céu que astrônomos puderam compreendê-lo. E a evidência dessa atividade está relacionada com a arquitetura, especialmente para servir de proposta para medir os ciclos, os quais eram geralmente associados com rituais religiosos e funerais. É por isso que foram encontrados inúmeros edifícios e construções em diferentes partes do mundo e em diferentes períodos da história, devotos da observação do céu. Alguns exemplos como esses são: Stonehenge, Chichen Itzá e Jaipur, ou recentes exemplos da nova era como a Torre de Einstein (Einstein Tower) em Potsdam.



Figuras 2,3 e 4: Stonehenge, Chichen Itzá e Jaipur.

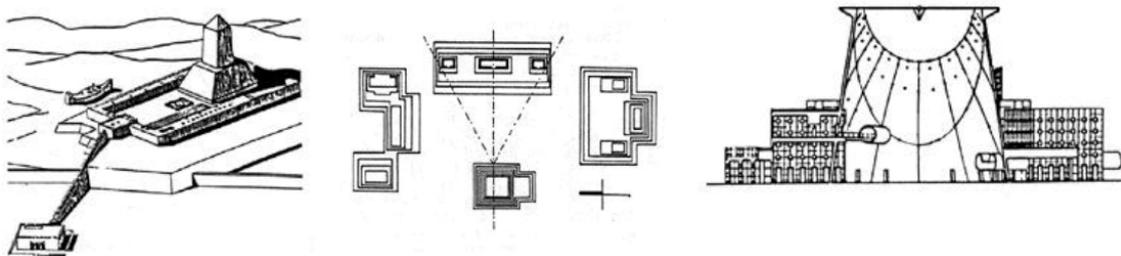
Fonte: FUENTES, 1999.

Em relação aos observatórios, o mais antigo é o Stonehenge (Wiltshire, England. 2600-1800 BC). Constitui-se de um grupo de pórticos em formato de ferradura e eles formam um círculo de 30 pedras com um diâmetro de mais de 90m. Há cerca de 80m do centro está marcada a pedra Talon, que, combinada com o pórtico central marca o eixo dominante do complexo.

Na América pré-espânica, um dos observatórios mais interessantes desse tipo de arquitetura é o Chichen Itzá. Dentro do complexo, uma das mais importantes construções é o "caracol" (casca, concha) ou observatório astronômico. O edifício é feito de duas plataformas sobrepostas e ambas formam um edifício circular como uma torre que possui uma escada em espiral para chegar até a sala do observatório. Nas paredes o espaço entre um grupo de janelas permite que a observação de estrelas e o seu movimento. A posição dessa marca é o alinhamento de importantes estrelas e assim criando uma conexão entre arquitetura e o significado das estrelas.

Outro observatório muito importante é o Jaipur, na Índia, construído em 1734 d.C. Sua importância se deve à duas circunstâncias: a primeira são as características do equipamento; e a segunda é o seu estado de conservação. A realização de um grande instrumento de observação dá à grande escultura um significado misterioso. Alguma coisa foi feita para que a observação do céu pudesse também estabelecer uma relação com o edifício. Nesse sentido, um grande elemento vertical (que indica as horas), o Samrat Yantra (escultura de 45m de comprimento, 30m de largura e 27m de altura) projeta sua sombra sobre uma escala graduada para marcar a projeção dos ângulos; e o grande relógio de sol de Nadivalaya Yantra; ou 12 máquinas para a observação do zodíaco.

Segundo FUENTES (1999), em muitas culturas e locais há grupos de edificações que foram construídas para observação do sol e da sombra. Um exemplo é o Templo de Abusir, no Egito (2500 a.C.), em que a solução é um elemento vertical que permite a marcação da posição do sol por meio da sombra lançada. A construção consiste em um grande obelisco de plano quadrado e base piramidal. Os eixos longitudinais de grandes pontos alongados marcam as direções leste-oeste, enquanto os transversais marcam o norte-sul.



Figuras 5, 6 e 7: Templo de Abusir, Complexo de Uaxactún e o Edifício de Escritórios da Disney.

Fonte: FUENTES, 1999.

Em Uaxactún, na Guatemala (600 d.C.) há um elemento horizontal que está relacionado com o nascer do sol. Ele consiste em um complexo de edifícios sobre uma mesma plataforma. No lado oeste há uma pirâmide que está direcionada para o leste, e em frente dela, há três templos plantados em um terraço na linha norte-sul.

Um último exemplo é o de um relógio de sol em que se vê a projeção da sombra em uma enorme parede curva: é o edifício de escritórios da Disney, em Orlando, Flórida, desenhado pelo arquiteto Arata Iizaki. Essa é uma construção que está relacionada com o ciclo do sol, que se torna determinante na composição. A arquitetura é baseada no desenho de um grande instrumento de indicação da trajetória solar. O relógio de sol não é um ornamento, ele permite que o sol transforme o conceito da construção. Assim, de acordo com o autor, no espaço central, a relação entre arquitetura, natureza e tempo é estabelecida.

A posição da luz no cenário global, segundo DIKEL (2007), e o desejo de simular uma situação real da luz, data da década de 1930. O exemplo mais antigo, relacionado na maioria com a ciência da construção, é o "Solatron", do Colégio Cornell de Arquitetura, o "Heliodon" no British Building Research Establishment e o "Thermoheliodon" na Escola de Arquitetura da Universidade de Princeton. O principal objetivo desses "simuladores de céu artificial" era imitar o sol como uma fonte de luz e observar os efeitos. Esses exemplos, inventados antes da era do computador, possuem duas desvantagens: a primeira é o tamanho da fonte de luz e os aparatos ópticos, dos quais o objetivo era se ter raios de luz

paralelos, similares ao do sol; a segunda era o tamanho excessivo de simuladores e o custo da sua construção.

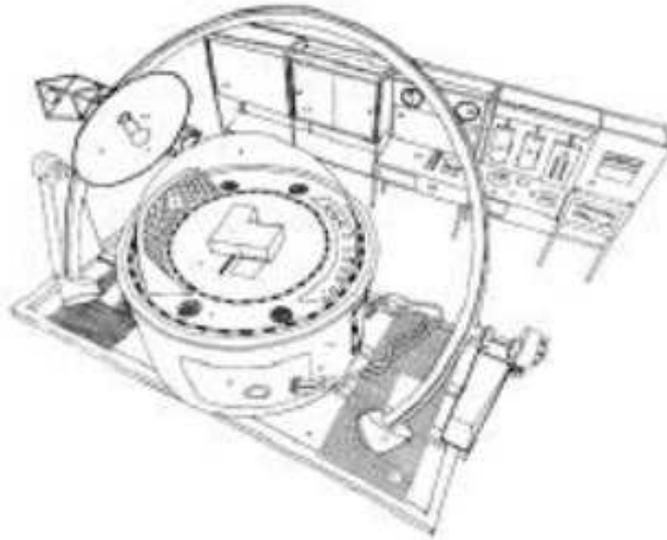


Figura 8: Heliodon de Princeton.

Fonte: FUENTES, 1999.

Após esses exemplos, algumas instituições como o Centro de Energia Pacífica (Pacific Energy Centre) em São Francisco desenvolveu e construiu simuladores físicos como o "Skydome". O aparelho é "uma máquina que imita a rotação e a órbita da terra e esse tipo de heliodon ajuda arquitetos que querem analisar opções de aquecimento solar passivo, localização de painéis solares, ou controlar o ganho de calor". Cientistas eliminaram os problemas do antigo heliodon com a melhora da nova tecnologia, porém o tamanho do modelo físico o limita a ser utilizado apenas por usuários que estejam mais próximos. Isso torna impraticável a utilização do modelo físico por parte de arquitetos ou construtores do resto do mundo.

2.2.2. RADIAÇÃO SOLAR

A principal fonte de energia para o planeta é a radiação solar. Por fornecer luz e calor, é um elemento de extrema importância para o estudo

do conforto térmico e visual na arquitetura, podendo agregar a economia de energia. Dessa forma, quando estamos em locais onde o clima é quente na maior parte do ano, devemos tomar o cuidado para se evitar a demasiada exposição ao sol e, assim, os ganhos de calor nas construções. Para os locais de clima frio, o aproveitamento da exposição ao sol pode amenizar o desconforto causado pelas baixas temperaturas. 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 assim evitá-los ou permiti-los, de acordo com as necessidades em questão.

2.2.3. CONCEITOS BÁSICOS SOBRE O MOVIMENTO APARENTE DO SOL

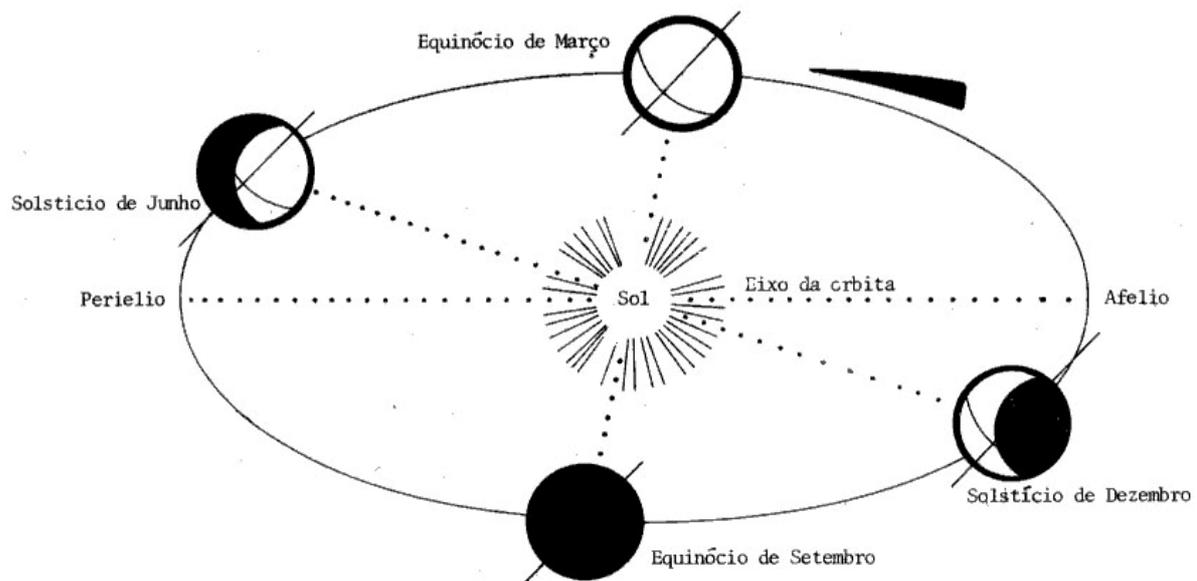


Figura 9: Movimento de translação terrestre
Fonte: Domingues (1976), p 10.

A inclinação do eixo da Terra em $23^{\circ}37'$ em relação ao plano do Equador define a posição dos trópicos e faz com que a incidência do sol seja diferente nos dois hemisférios terrestres numa determinada época do ano. É nesta diferença que encontramos a explicação para a formação das quatro estações do ano. Assim, enquanto é verão entre 22 de dezembro à 23 de

março no hemisfério sul (onde o ângulo de incidência solar é maior), no hemisfério norte é inverno (ângulo de incidência solar menor).

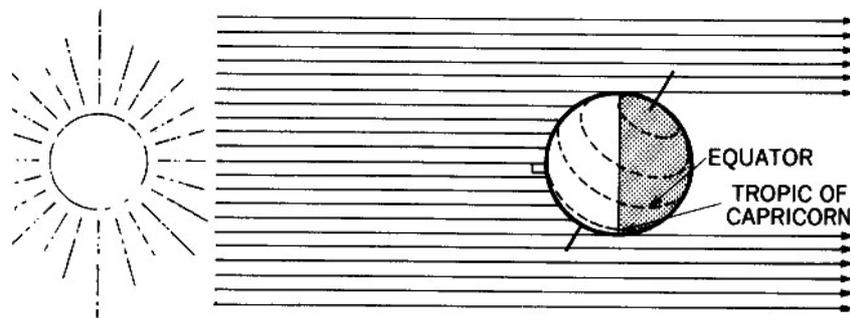


Figura 10: Solstício de Verão (hemisfério sul)
Fonte: Lechner (1991), p. 92.

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

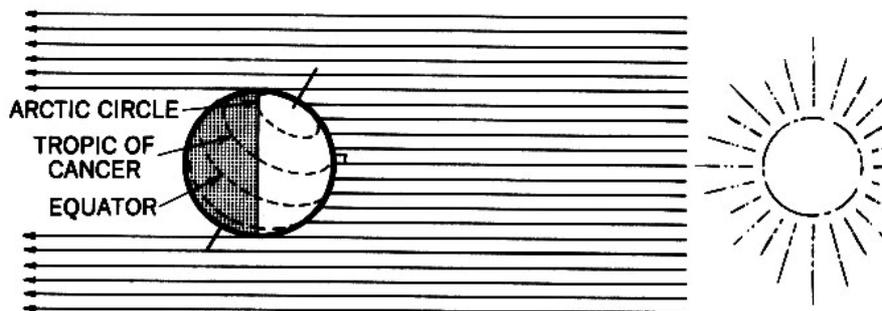


Figura 11: Solstício de Inverno (hemisfério sul)
Fonte: Lechner (1991), p. 92.

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.

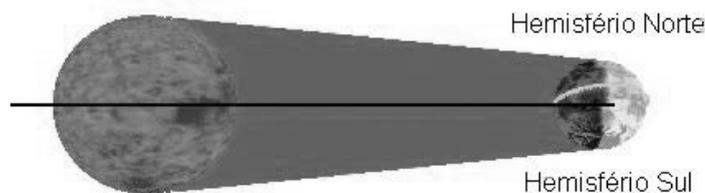


Figura 12: Equinócio
Fonte: Marques e Vieira, Introdução às Cartas Solares, versão 1.02.

2.2.4. CARTAS SOLARES

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 que, ao se encontrar com o plano do observador, acaba determinando o que denominamos linha do horizonte.

Abóbada Celeste



Figura 13: Abóbada Celeste



Figura 14: Plano do Observador

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

A localização de um corpo celeste (x) é obtida pela altura (h) - medida a partir do plano do horizonte - e indica quantos graus acima deste plano ele é visível, e é dada também 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.

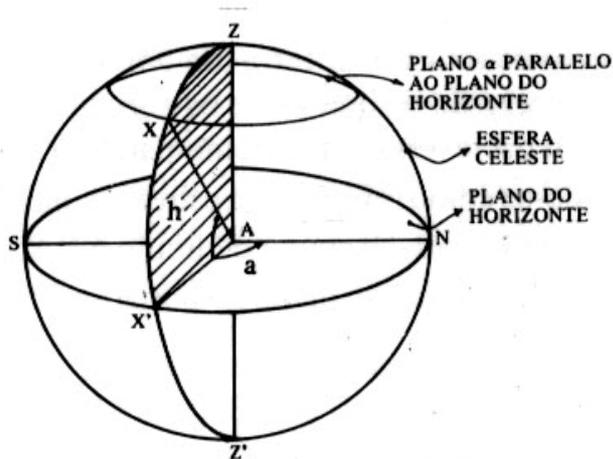


Figura 15 - Altura e azimute de um corpo celeste

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

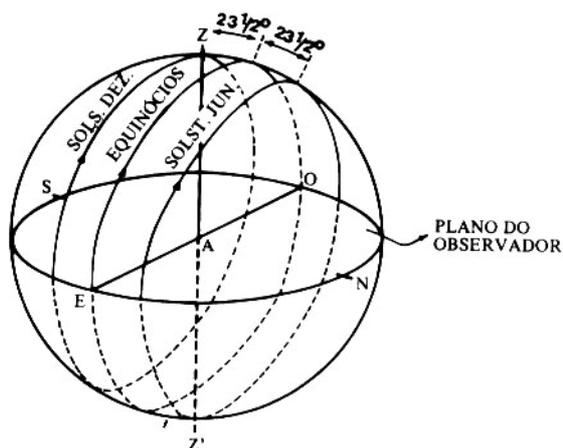


Figura 16 - Trajetórias aparentes do Sol para latitudes $23 \frac{1}{2} \text{ °S}$ ($23^{\circ}37'$)

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

Para tanto, o movimento aparente do sol varia de acordo com a latitude que é definida, dependendo da localização do observador, pelo ângulo entre o plano do equador e uma reta que parte do centro da Terra. Com isso podemos desenhar as possíveis trajetórias do sol.

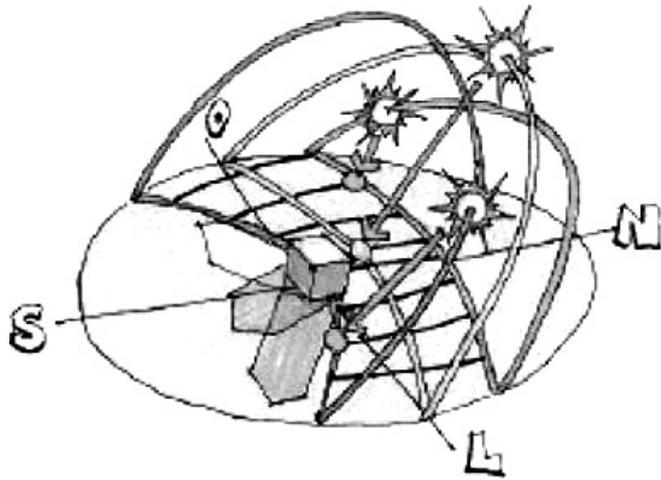


Figura 17: As curvas solares
 Fonte: Lamberts (1997), p. 30.

A posição do Sol na abóbada celeste 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.

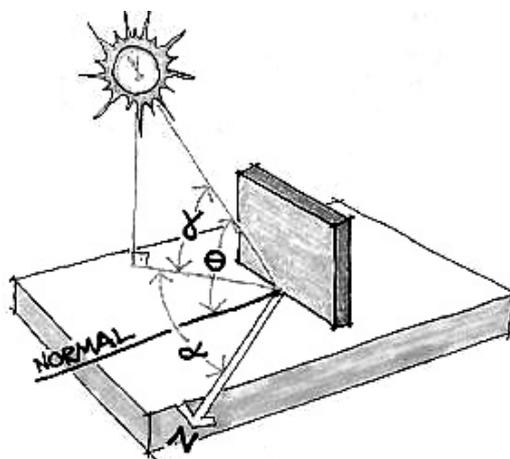


Figura 18 - Ângulos de altitude solar (γ), azimute solar (α) e incidência (θ)
 Fonte: Lamberts (1997), p.30

2.2.5. ANÁLISE DA CARTA SOLAR

Primeiro há a inclinação do plano do observador de acordo com o local escolhido desenhando as altitudes solares e os azimutes de 10° em 10° .



Figura 19: Plano inclinado e altitudes solares
Fonte: Marques e Vieira, Introdução às Cartas Solares, versão 1.02.

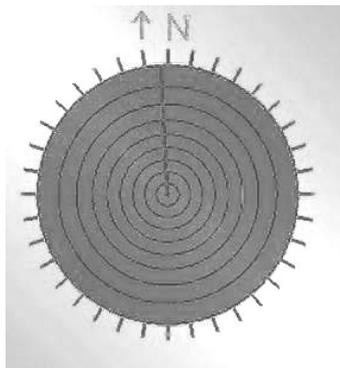


Figura 20: Azimutes
Fonte: Marques e Vieira, Introdução às Cartas Solares, versão 1.02.

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 semi-círculo da trajetória solar.

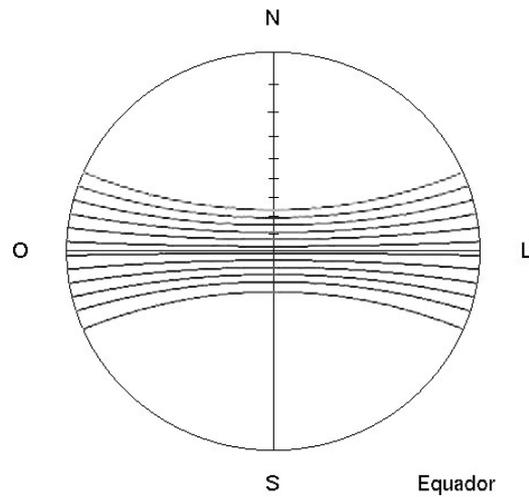


Figura 21: As curvas solares na carta solar.
 Fonte: Marques e Vieira, Introdução às Cartas Solares, versão 1.02.

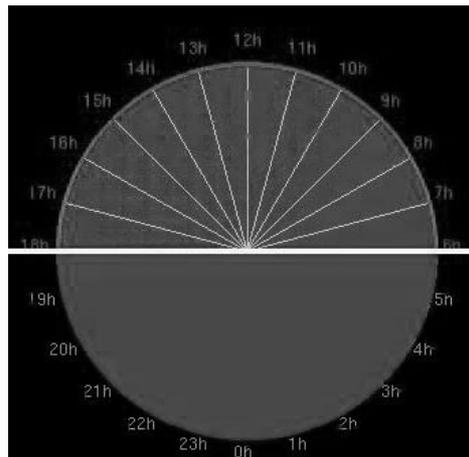


Figura 21: As horas solares
 Fonte: Fonte: Marques e Vieira, Introdução às Cartas Solares, versão 1.02.

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

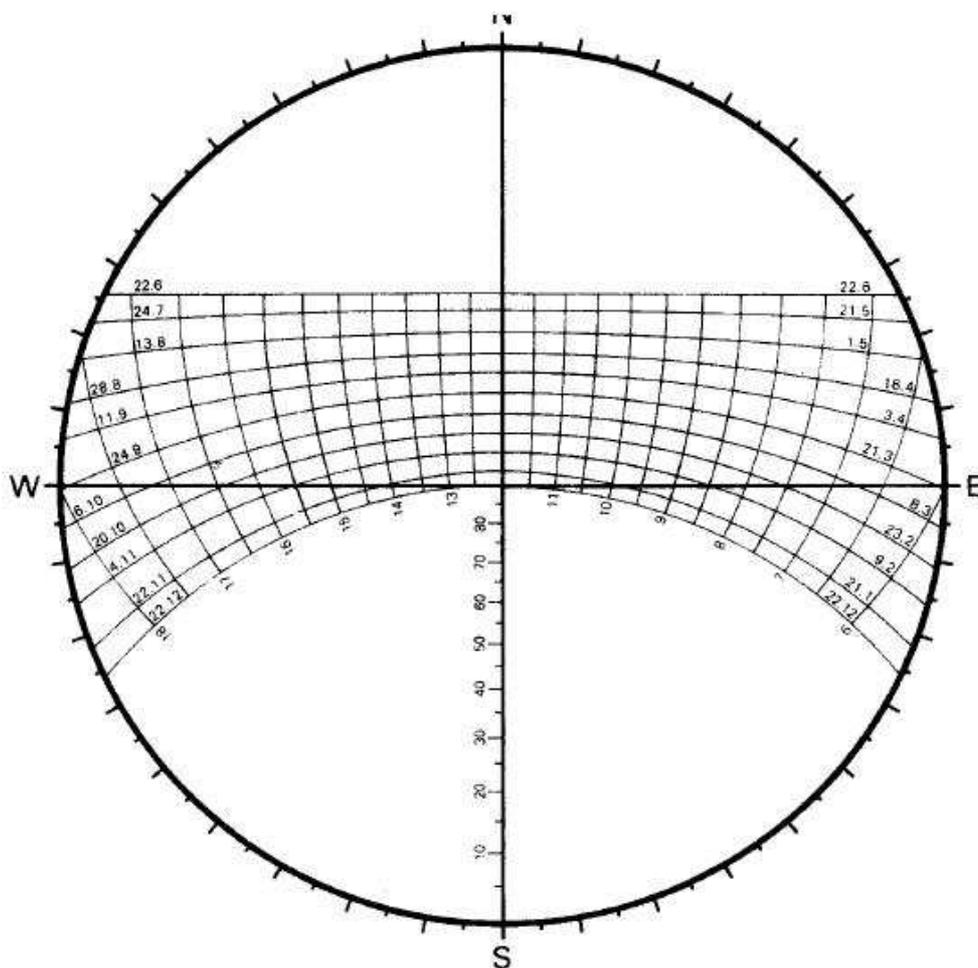


Figura 23 - Carta Solar latitude 24°Sul
Fonte: Frota e Schiffer (1995), p.203.

2.2.6. UTILIZAÇÃO DAS CARTAS SOLARES

Utilizamos as Cartas Solares, representação gráfica da trajetória aparente do sol projetada no plano do horizonte em uma determinada latitude, por exemplo, identificando a incidência solar direta em superfícies horizontais e verticais, para a orientação das construções e a análise das fachadas. Auxiliam também no desenvolvimento do traçado urbano de um local, de forma que a luz solar não cause desconforto visual durante a

utilização das ruas e avenidas, definindo as áreas de sombreamento pelas edificações e a vegetação para este mesmo fim.

2.2.7. TRAÇADO DE MÁSCARAS

Podemos encontrar superfícies que recebem insolação excessiva e, assim, encontrar mecanismos de proteção solar que barrem esse excesso em determinado período. O mais importante é definir o horário e o período do ano que se quer proteger da entrada dos raios solares, utilizando o método do traçado de máscaras apresentado a seguir:

- **Máscara produzida por placa horizontal finita:** 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.

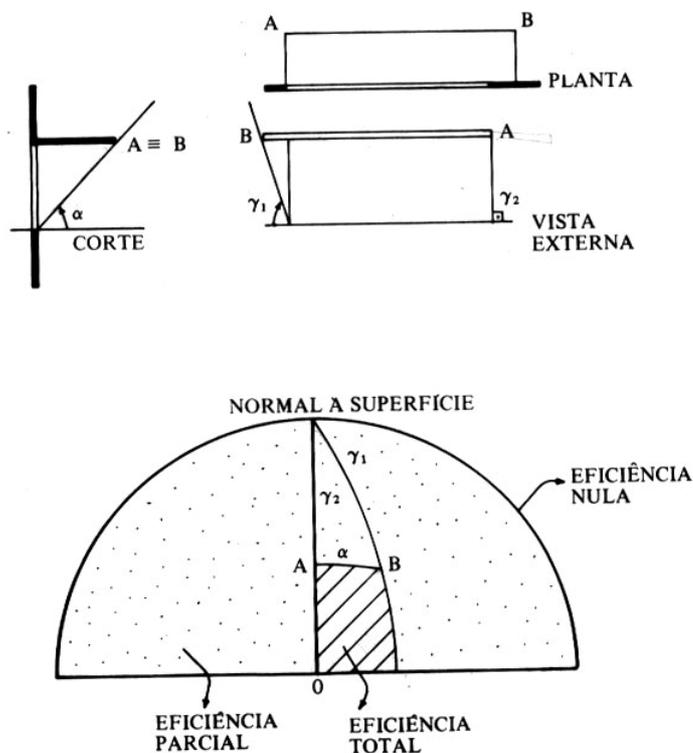


Figura 24 - Máscara produzida por uma placa horizontal finita sobre abertura em superfície vertical.

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

- **Máscara produzida por placa vertical finita:** 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.

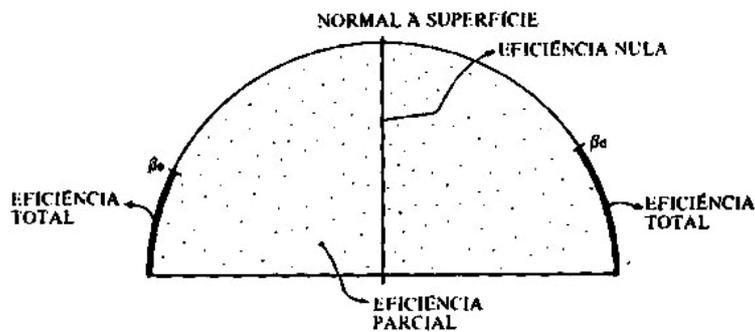
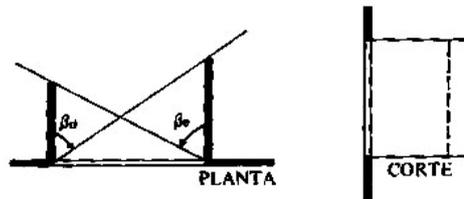


Figura 25 - Máscara produzida por uma placa vertical finita sobre abertura em superfície vertical.

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

- **Máscara produzida por associação de placas horizontais e verticais:** 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.

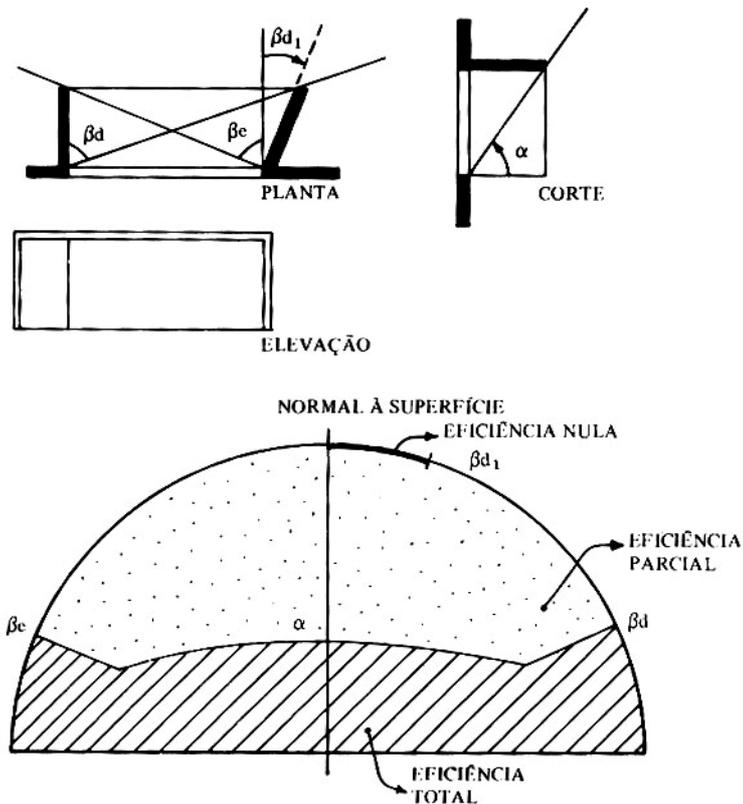


Figura 26 - Máscara produzida por dispositivo de proteção solar, composto de placas verticais e horizontais.

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

2.2.8. TIPOS DE PROTETORES

- **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, precisamos 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.

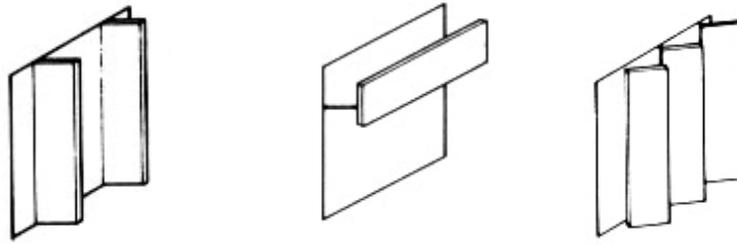


Figura 27: Protetores verticais fixos
Fonte: Lechner (1991), p. 140.

- **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, devemos 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.

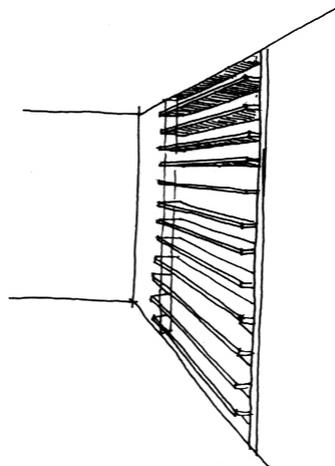


Figura 28: Protetor horizontal fixo
Fonte: Machado (1996), p. 160.

- **Protetores mistos:** são combinações simultâneas dos protetores citados anteriormente. Estes, se ajustados corretamente, têm um desempenho muito eficiente.

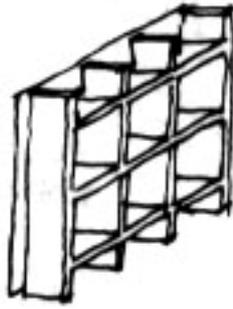


Figura 29: Protetor misto
Fonte: Mascaró (1991), p. 125.

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

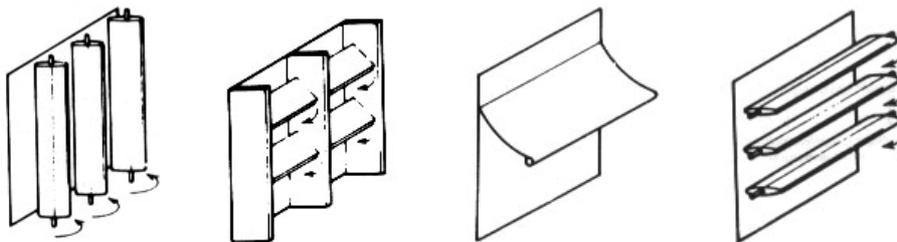


Figura 30: Protetores móveis
Fonte: Lechner (1991), p.144.

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

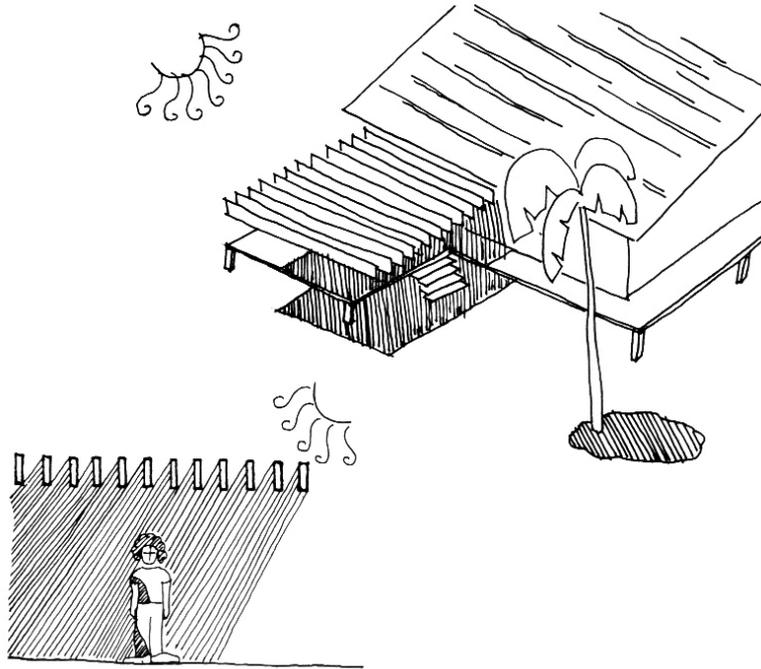


Figura 31: Pérgulas
 Fonte: Machado (1996), p. 91.

- **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.

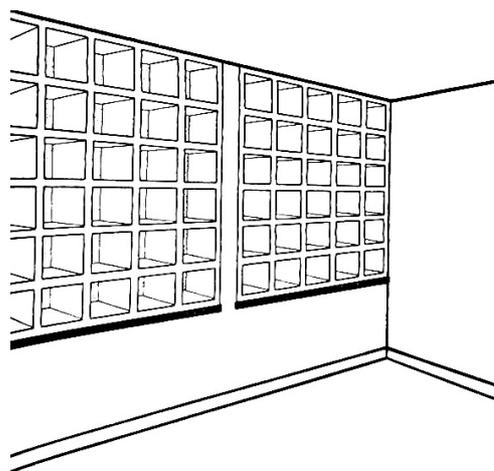


Figura 32: Cobogó
 Fonte: Hopkinson (1975), p. 615.

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

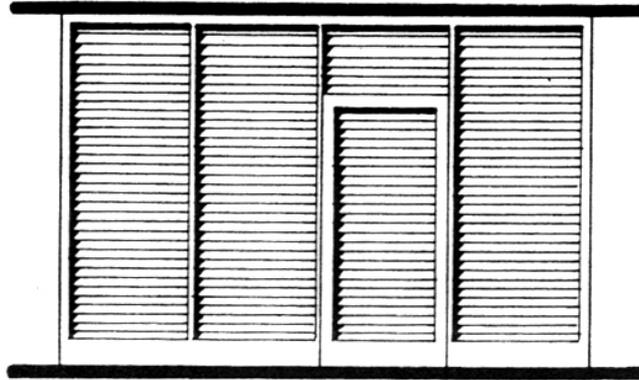


Figura 33: Veneziana
Fonte: Rivero (1986), p. 123.

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

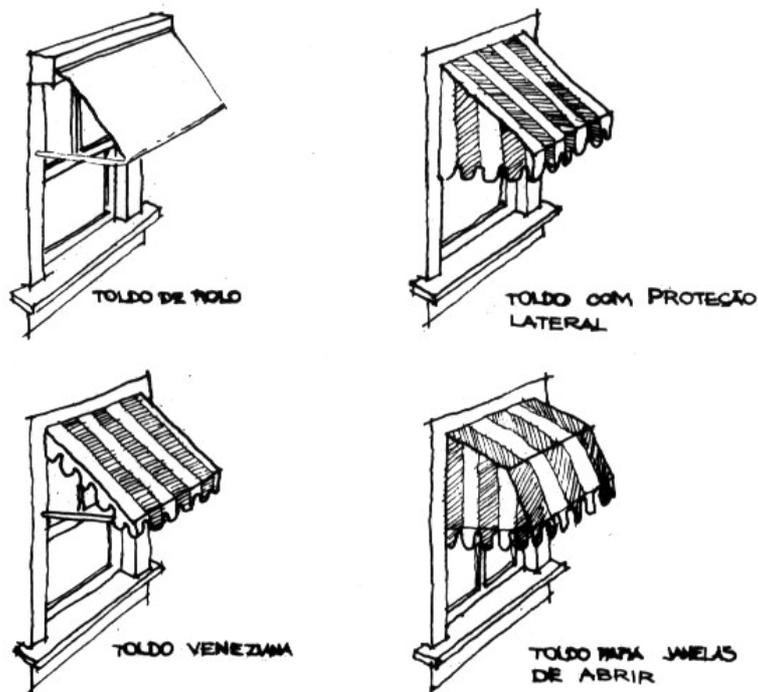


Figura 34: Toldos
Fonte: Mascaró (1991), p. 126.

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

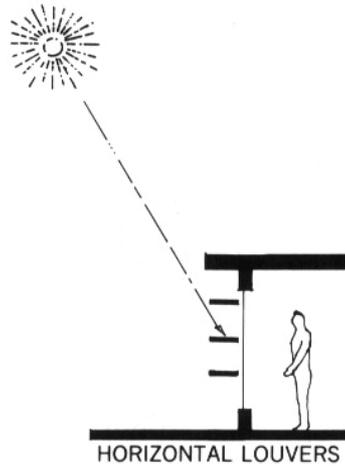


Figura 35: Exemplo de brisés-soleils
Fonte: Lechner (1991), p. 142.

- **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 e redirecionando-a para o teto.

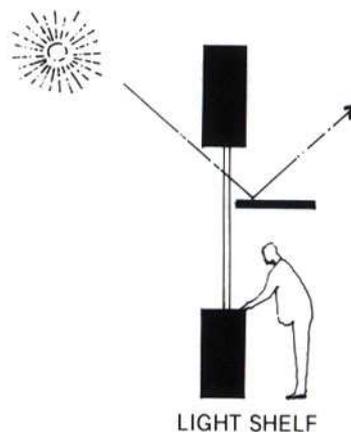


Figura 36: Exemplo de light shelf
Fonte: Lechner (1991), p. 169.

Portanto, 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.

2.3. HELIODON

O consumo de energia é a primeira causa do aquecimento global, e os edifícios usam boa parte desse consumo (LECHNER, s.d.), sendo este destinado ao aquecimento, refrigeração e iluminação. Ter edifícios que possam reduzir o consumo de energia pode significar uma grande redução na sua demanda. Eles podem utilizar o sol do inverno para aquecer, podem rejeitar o sol do verão para se refrescar, e podem coletar uma pequena quantidade da luz do dia para substituir a maioria da luz elétrica usada durante as horas em que o sol está aparente.

O Heliodon, nome advindo do termo grego que significa "máquina solar" é uma ferramenta eficiente para o estudo da trajetória e incidência solar. Por exemplo, no caso do heliodon de um ou três arcos, a mesa (plataforma / superfície) representa o solo terrestre, podendo ser inclinada e rotacionada sobre diferentes eixos para ajustar a latitude, mês do ano e hora do dia. Esse ajuste altera a relação da mesa com a luz que irá incidir sobre ela, representando o sol, permitindo assim simular "movimento aparente do Sol" (OLIVEIRA, s.d.)¹ em qualquer local, mês ou hora do dia.

Dessa forma, colocando-se uma maquete sobre a mesa (plataforma / superfície) do Heliodon, e fazendo incidir sobre ela a fonte luminosa do equipamento, conforme os ângulos solares desejados, o observador pode

¹ Diz-se "movimento aparente do Sol", porque do ponto de observação dos habitantes da Terra, esta parece estática, dando a impressão de que é o Sol que se movimenta em relação à ela, quando na realidade ocorre o contrário. Os movimentos da Terra são a rotação - giro em torno de seu eixo, que dura 24 horas e leva à existência de dias e noites, e a translação - órbita elíptica em torno do Sol, que dura um ano, e leva à existência das diferentes estações.

ver como ela se comportará em relação à incidência de raios solares, em qualquer hora e dia do ano, num local previamente definido.



Figura 37: Heliodon Modelo 126 HPD

Fonte: LECHNER, s.d.

Esse tipo de equipamento pode ser utilizado nos cursos de arquitetura de forma multidisciplinar, uma vez que os conceitos das disciplinas de conforto ambiental, paisagismo, urbanismo, projeto arquitetônico, entre outras, podem ser aplicados desde a fase de estudo preliminar, seja para a tomada de decisão quanto à forma, orientação ou proteção solar por meio de brises (dispositivos para sombreamento – que podem ser fixos ou móveis), através da verificação prática em maquetes, com variados graus de complexidade.

Dessa forma, a observação da insolação em modelos tridimensionais reduzidos permite:

- avaliar os projetos quanto à implantação, orientação e volumes dos edifícios propostos;
- efetuar correções de projeto;
- obter soluções específicas de iluminação natural e insolação, como o pré-dimensionamento de janelas, aberturas zenitais e proteções.

É importante salientar que 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) no seu

Manual de Avaliação do Curso de Arquitetura e Urbanismo.² Ao passo que também está inserido nas recomendações da Associação Brasileira de Ensino de Arquitetura e Urbanismo.³

Por outro lado, segundo SHAVIV (1999), o heliodon é considerado uma ferramenta avaliadora de projeto (Evaluative Design Tool - EDT) e exige uma completa descrição do edifício, porém avalia o desempenho de apenas um detalhe de solução dado. EDTs são, portanto, boas ferramentas de projeto para estágios avançados. Ferramentas de CAAD (Computer-Aided Architectural Designs) são geralmente EDTs e, portanto, são usados apenas depois que a solução de desenho já estiver estabelecida.

Contudo, o Heliodon também pode ser utilizado em outros cursos e locais, como os cursos de Geografia, Física, Astronomia, Navegação, Centros de Eficiência Energética, Cursos Técnicos em Edificações, Planetários, até mesmo na prática profissional de arquitetos, construtores e pesquisadores.

No entanto, para que esse conhecimento seja disseminado é necessário que professores, construtores e arquitetos tenham essa consciência desde a sua formação. E nesse ponto o heliodon é uma poderosa ferramenta para mostrar o potencial e a lógica do movimento solar.

Existem vários tipos de heliodons (SOUZA et. al., 2008), a saber:

- **Heliodon de régua** (figura 38 a): possui uma base que inclina o modelo de acordo com a latitude e o rotaciona de acordo com a hora estipulada. O ajuste dos meses é feito pela régua onde estão marcados os dias do ano (SOUZA et. al., 2008);
- **Heliodon com haste** (figura 38 b);
- **Heliodon com um arco** (figura 38 c): possui uma base que representa o solo terrestre, podendo ser inclinada e rotacionada sobre diferentes eixos

² Disponível em: <<http://www.inep.gov.br>>, na página 72.

³ Disponível em: <<http://www.abea-arq.org.br/>>

para ajustar a latitude, mês do ano e hora do dia. Possui um arco superior com uma lâmpada acoplada que se move, representando a trajetória solar sobre o objeto que se queira observar;

- **Heliodon HPD modelo 126®** (figura 38 d): também possui uma base que representa o solo terrestre, podendo ser inclinada e rotacionada sobre diferentes eixos para ajustar a latitude, mês do ano e hora do dia. No entanto possui 6 arcos superiores, em que cada representa um mês do ano. Possui uma lâmpada acoplada em cada arco que, ao ser rotacionado, representa a trajetória solar sobre o objeto que se queira observar.

- **Heliodon de cúpula** (figura 38 e);

- **Heliodon de analemas** (figura 38 f). A "Calota de Analemas" permite que se visualize o "caminho do Sol" durante o ano para qualquer latitude, nos horários representados em cada analema (são 13 horas representadas: das 6:00h até as 18:00h) (OLIVEIRA, s.d.).⁴

⁴ Analema é o termo usado em astronomia para designar o gráfico da posição do Sol na abóbada celeste num determinado lugar, marcado à mesma hora em dias consecutivos (em intervalos aproximados de 24 horas ou seus múltiplos) ao longo de um ciclo anual. A figura gerada assemelha-se a um 8 assimétrico. Disponível em: <<http://www.heliodon.com.br/>>.

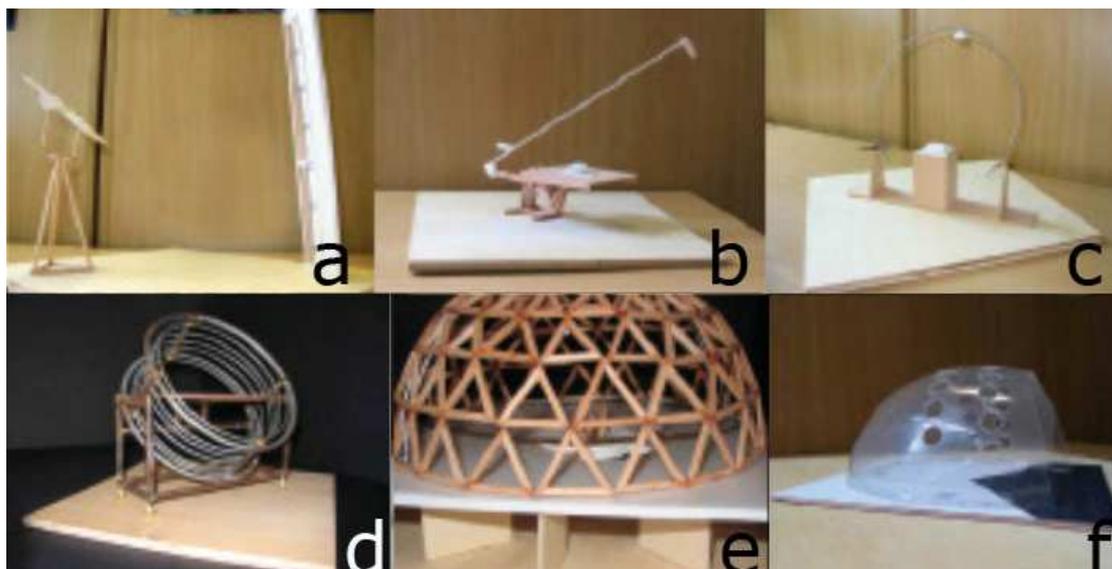


Figura 38: Modelos de heliodon em tamanho reduzido: (a) heliodon de régua; (b) heliodon com haste; (c) heliodon com um arco; (d) heliodon HPD modelo 126®; (e) heliodon de cúpula; (f) heliodon de analemas.

Fonte: adaptado de SOUZA et. al., 2008.

De acordo com LITTLEFAIR (1998), os antigos heliodons, com o mecanismo de inclinação de acordo com a latitude do local, e rotacionado para simular diferentes períodos do dia são, hoje, facilmente controlados por computador e estão disponíveis para permitir que o modelo seja rotacionado em um plano horizontal enquanto o ponto de luz se move para cima e para baixo, e assim o computador calcula a geometria solar.

Dessa forma, há um tipo de heliodon, desenvolvido pelo Laboratório de Desenho Bioclimático (Bioclimatic Design Laboratory - BDL) da Universidade Metropolitana da Cidade do México, cujo controle é feito por um computador que registra as ordens e manda instruções para um motor que movimenta o heliodon.

Atualmente existe uma tendência em se trabalhar em ambientes virtuais (FUENTES, 1999), controlados por computadores, substituindo assim uso do tradicional heliodon. Existem softwares que simulam a trajetória solar em ambientes virtuais e um exemplo dessa tecnologia é o software (CIHE) desenvolvido no Laboratório de Estudos do Meio Ambiente (Bio-environmental Studies Lab), da Escola de Arquitetura da Universidade de Buenos Aires, Argentina.

No entanto, de acordo com LITTLEFAIR (2002), o sol real também pode ser utilizado. Sob certas condições de tempo, não há problema gerando luz suficiente ou assegurando que os raios solares sejam paralelos. Entretanto, o modelo deve ser inclinado e rotacionado para representar diferentes períodos do dia e do ano (um relógio de sol é essencial neste caso). Os limites de tamanho do modelo devem ser seguramente fixados, pois isso pode dificultar a visualização tanto da projeção do sol/sombra quanto uma variedade de ângulos inclinados.

Dessa forma, o autor determina algumas diretrizes para modelos usados na medição da luz do dia:

- 1) Todas as faces do edifício devem estar presentes.
- 2) Ter acesso ao interior do modelo é necessário para se fazer a medição e a visualização.
- 3) Reflexões devem ser corretas. Geralmente os modelos são demasiadamente coloridos e isso pode ser uma grande fonte de erro.
- 4) O modelo deve ser leve e estar firme.
- 5) Obstruções externas podem ser modeladas exatamente, ambos em escala e tamanho ajustados.
- 6) Detalhes de aberturas como um átrio no teto podem ser modelados se possível.
- 7) A escala do modelo precisa ser escolhida com cuidado. Uma maquete muito grande ou muito pequena é difícil de testar; 1:40 é bem aceita.
- 8) Planejar antecipadamente posições para medição (não muitas).

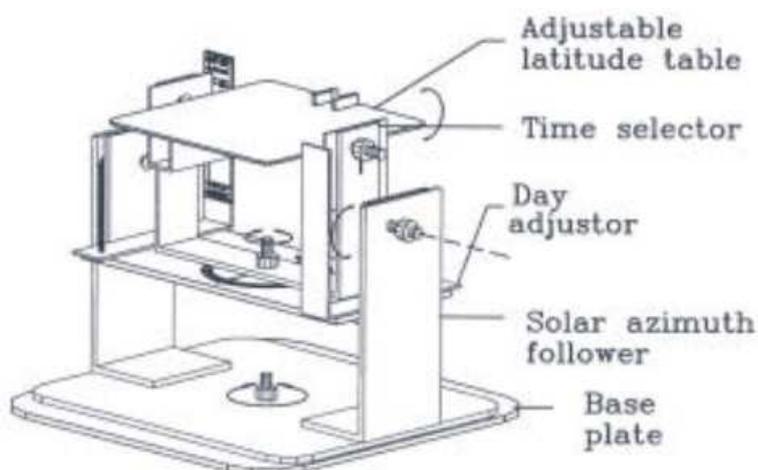


Figura 39: Esquema representativo do heliodon usado sob a luz do sol real.

Fonte: CHEUNG, 2003.



Figuras 40 e 41: Imagens do heliodon usado sob a luz do sol real.

Fonte: CHEUNG, 2003.

Diante da descrição dos modelos existentes, a análise do equipamento irá se atentar mais para o modelo de Heliodon com três arcos, que é o modelo disponível para a utilização e aplicação dessa pesquisa.



Figura 42: Heliodon do Departamento de Arquitetura e Urbanismo – EESC – USP.

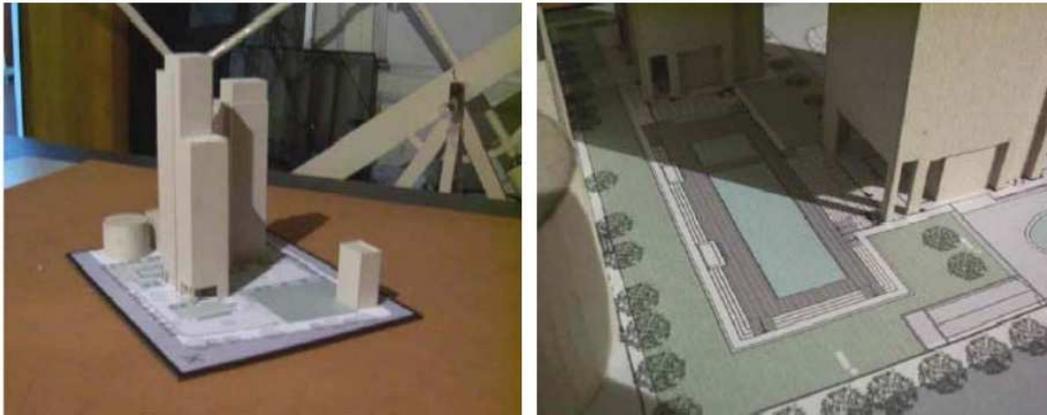
Fonte: Arquivo pessoal.

2.4. USO E APLICAÇÃO DO HELIODON EM MAQUETES

Durante a pesquisa de revisão bibliográfica sobre o tema proposto foram encontrados vários trabalhos que descrevem procedimentos feitos com o Heliodon, seja para medir a sombra que edifícios e residências projetam sobre o solo, seja para determinar qual a melhor localização de árvores em uma face da residência e também para encontrar qual o melhor local para a instalação de painéis fotovoltaicos. Tais procedimentos serão descritos a seguir.

A pesquisa de ALVES (2000) se fundamentou em fazer correções projetuais nas moradias do Conjunto Habitacional Nobuji-Nagasawa, em Bauru. O trabalho se desenvolveu a partir de três etapas: coleta de dados; análise dos dados; e correções projetuais, visando o conforto térmico. Assim, segundo a autora, durante a análise dos dados encontrados aplicou-se o método de simulação com o aparelho Heliodon, desenvolvido pelo Laboratório Didático de Conforto Ambiental do DAUP/FAAC/UNESP/Bauru, e assim avaliando a disposição e dimensionamento dos ambientes, bem como a orientação das aberturas em relação ao sol e ao vento, permitiu-se verificar as paredes mais atingidas pela radiação solar e os horários dessa incidência, assim como a intensidade e proporção de penetração da insolação nas várias formas e implantação da unidade tipo.

No trabalho de SCHILLER (1998), um edifício residencial alto, em Buenos Aires, foi analisado de acordo com o impacto que o sol poderia causar em uma fachada de vidro. Foram feitas duas simulações. Segundo EVANS, as simulações físicas foram realizadas em um heliodon, que pode proporcionar resultados que permitem visualizar os impactos e determinar as alternativas possíveis. As simulações numéricas, feitas por medições em outros aparelhos, indicam as temperaturas de pico no interior, permitindo uma comparação quantitativa das alternativas estudadas.



Figuras 43 e 44: Ensaio no heliodon com maquete no conjunto de edifícios.

Fonte: SCHILLER,1998.



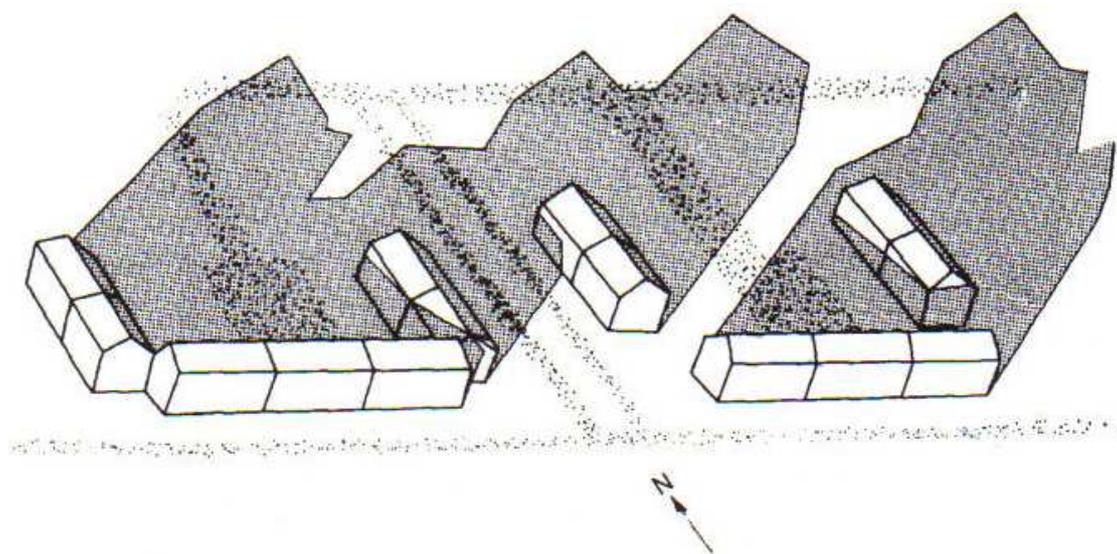
Figuras 45 e 46: Ensaio no heliodon no interior da sala de estar. A figura 44 se refere ao equinócio às 14h e a figura 45 se refere ao inverno, às 15h.

Fonte: SCHILLER,1998.

Em ANDERSSON (1987), dois edifícios foram analisados segundo a distribuição de iluminação ao longo do dia. Para cada edifício, um modelo físico foi construído para ser usado como objeto de simulação. Cerca de 30 fotômetros foram dispostos para medir os valores de iluminação no espaço. O equipamento completo foi colocado ao ar livre em um heliodon para se analisar as relações que se estabelecem entre os modelos e a trajetória solar.

Segundo MARKUS (1967), a penetração de luz solar por *shafts* sobre o piso, ao contrário de espaços abertos sombreados através de fendas no perímetro, é análogo à penetração solar em ambientes – as fendas são “janelas” em uma escala pequena. Desse modo, simulações feitas em um heliodon compararam duas faces norte sombreadas de casas com layout em

forma de "U" com ou sem janelas no solstício de inverno, na latitude 53° ao norte.



Figuras 47: Comparação entre duas faces norte em "U" na simulação do heliodon.

Fonte: MARKUS,1967.

Diferentemente da pesquisa presente nesse relatório, que leva em conta os aspectos térmicos, no trabalho de KIM (2003), estudo é baseado em uma série de medições sistemáticas de modelos em escala usando um simulador solar interno e um heliodon, usado a céu aberto para medir o nível de iluminação natural. Assim, geralmente, uma zona com 4,57m de perímetro pode ser totalmente iluminada e outra, do lado com o mesmo tamanho pode ser iluminada parcialmente.

Já o trabalho de HEISLER (1986) apresenta outro enfoque: determinar padrões de sombra projetados por árvores. Assim, segundo o autor, o estudo foi feito por dois equipamentos: um heliodon e um piranômetro (*pyranometer*). O heliodon indicou a localização das sombras das árvores e o piranômetro mediu o campo quantificado de radiação reduzida. Modelos em escala para representar a casa e as árvores foram usados em um simples heliodon para avaliar área de sombra. Uma lâmpada de 300w foi usada com ponto de luz ("sol") e a cerca de 4m do modelo. À essa distância, os raios solares do modelo eram suficientemente paralelos para produzir razoáveis padrões exatos de sombra.

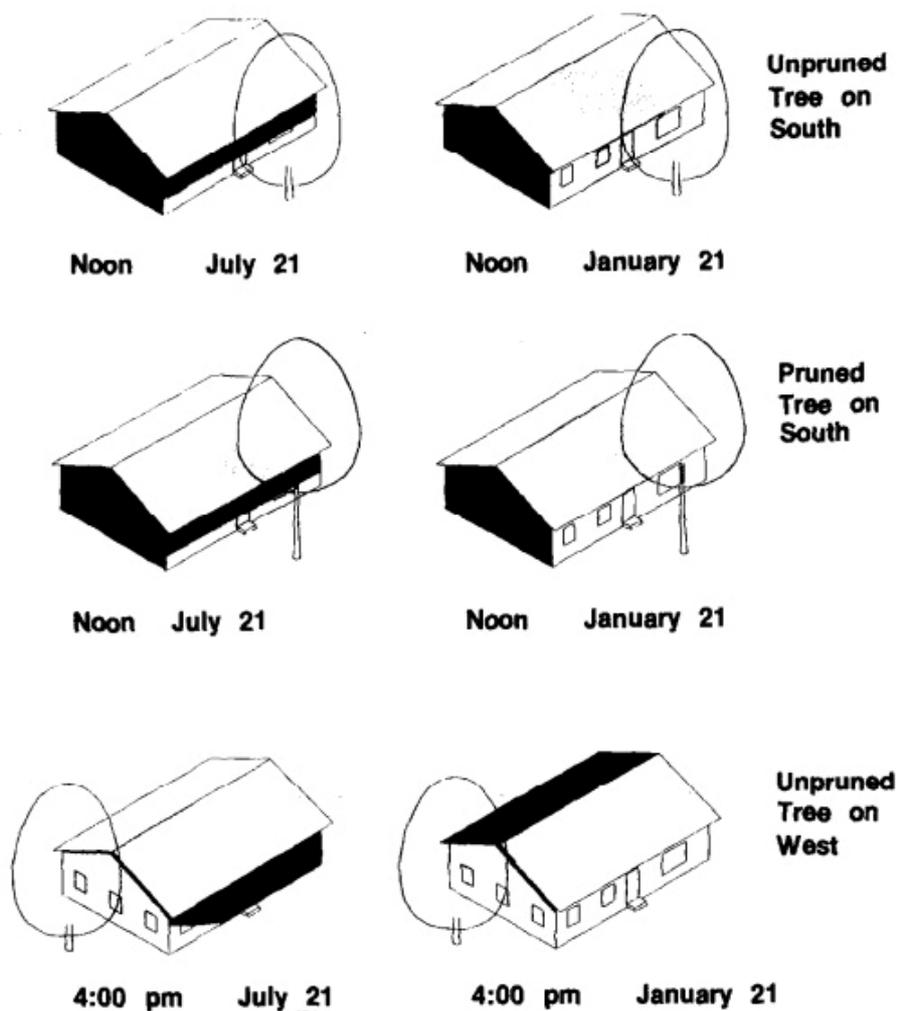


Figura 48: Representação da simulação da casa e da copa da árvore em diferentes posições e estações do ano.

Fonte: HEISLER, 1986.

Sob o mesmo enfoque, o trabalho de SATTLER (1987) trabalhou com modelos de casa e de árvore (feitos de madeira) na escala 1:33.3 e parafusados sobre uma placa metálica retangular. Tal placa foi desenvolvida para ser usada em um suporte de heliodon de maneira que o modelo da casa fique no centro da mesma, circundada por uma ou mais árvores. Uma escala circular dividida em intervalos de 10 graus foi desenhada na placa possibilitando ao usuário aplicar diversas orientações na casa e aumentar as possibilidades de posições relativas entre a casa e as árvores. O modelo da casa foi feito com três telhados intercambiáveis em diferentes inclinações

(0°, 20° e 40°). Há também a possibilidade de adicionar projeções ao nível do telhado em diferentes elevações do modelo.

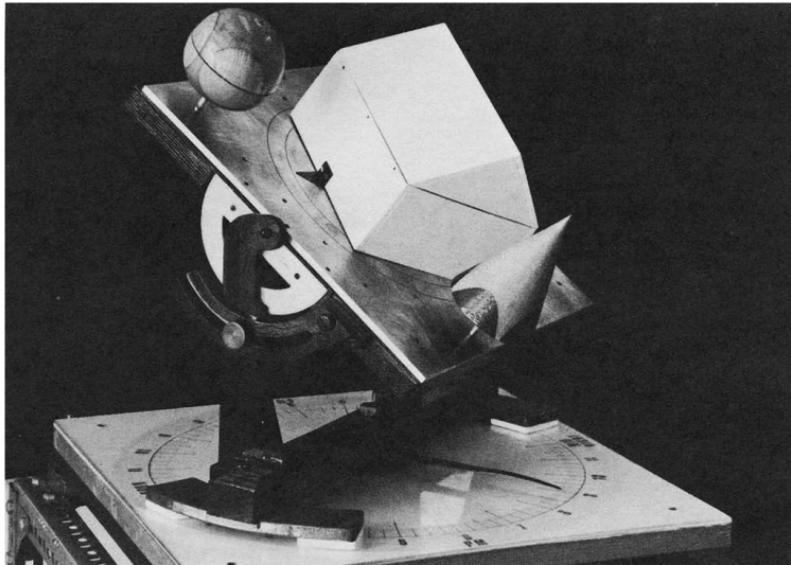


Figura 49: Representação da simulação no heliodon.

Fonte: SATTLER, 1987.

Já as copas das árvores foram feitas com a mesma área (254 cm²), correspondente a 28,27 m² em escala normal de forma que a relação entre a área sombreada e a área da copa pudesse ser comparada, demonstrando a eficiência da sombra para diferentes tamanhos de copas.

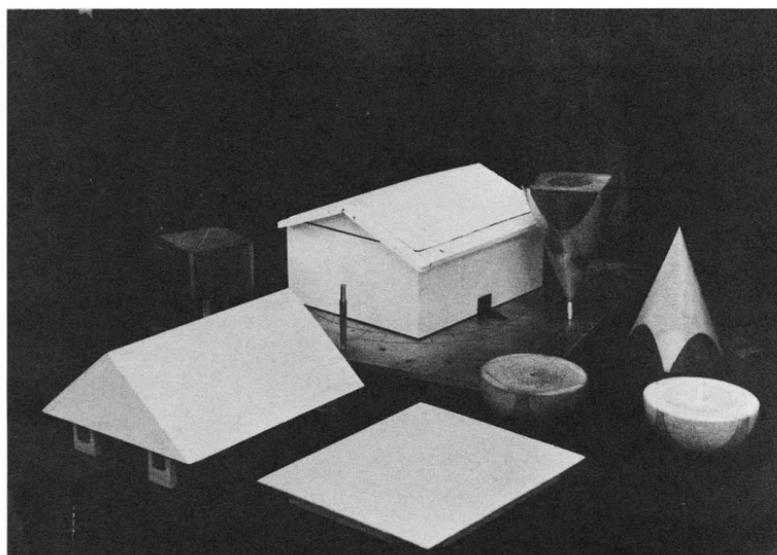


Figura 50: Modelos em escala.

Fonte: SATTLER, 1987.

Na pesquisa de SCHILLER e EVANS (1998), simulações foram feitas com dois equipamentos: um heliodon e um céu artificial. Ambos são usados para visualizar e medir a penetração solar e distribuição de luz natural. O mesmo modelo foi usado em ambos os estudos. A seção de circulação central do edifício foi construída na escala de 1:50, com superfícies internas cuidadosamente marcadas para reproduzir os planos refletores. Para permitir a construção de um modelo da longa rua interna de pedestres, um pequeno setor foi construído com um espelho em cada ponta para simular o longo espaço com múltiplas reflexões.

Para testar estratégias de iluminação, no trabalho de GARCIA-HANSEN (2002), um modelo de escala física foi construído para testar. O modelo permite análises qualitativas por meio de observações diretas do espaço e por fotografias e uma análise quantitativa de iluminação natural.

De acordo com o autor, os níveis de iluminação natural são medido na escala do modelo (1:20) no espaço de um cômodo com as seguintes dimensões: 7m de comprimento, 6m de largura e 3m de altura. A utilização de um multi-sensor de dados de iluminação no sistema "internacional de luz" com 10 sensores foi usada para medir a iluminação horizontal abaixo de um céu nas condições de limpo e nublado. Nove sensores estavam dentro do modelo em escala arranjados em uma grade a uma altura de 0.80m do plano de trabalho.

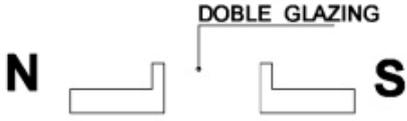
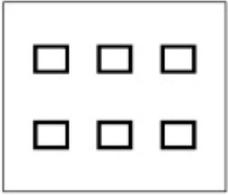
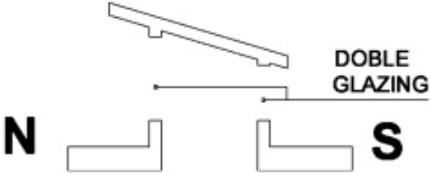
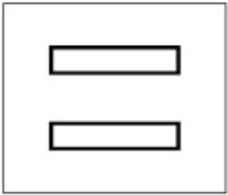
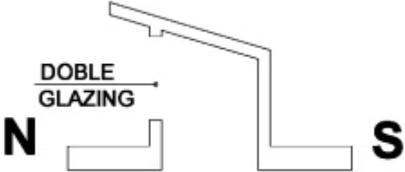
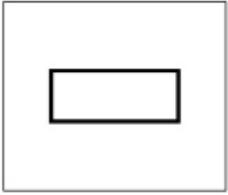
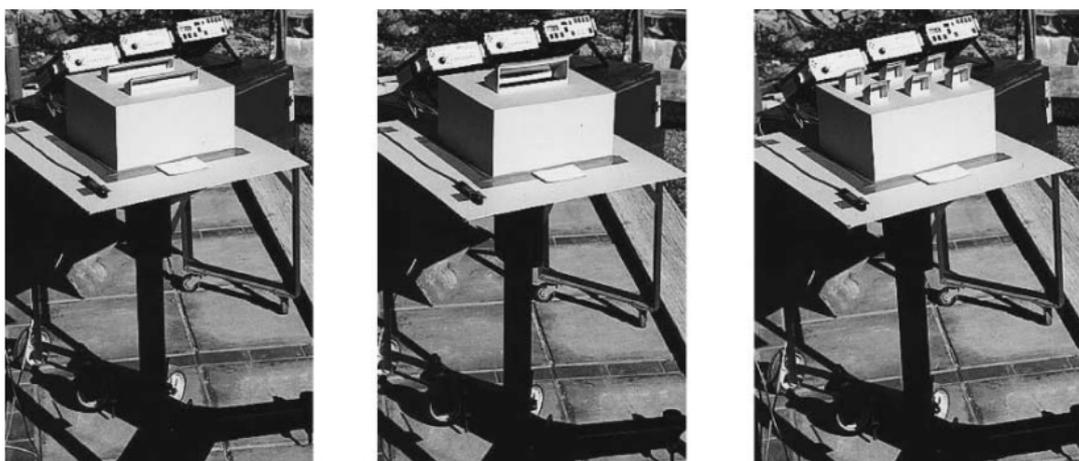
STRATEGIES	DISTRIBUTION
<p>SKYLIGHT</p> 	<p>LOCALISED TOPLIGHTS</p> 
<p>ROOF MONITOR</p> 	<p>LINEAR TOPLIGHTS</p> 
<p>CLERESTORY ROOF WINDOW</p> 	<p>CENTRAL TOPLIGHTS</p> 

Figura 51: Estratégias solares passivas selecionadas e sua distribuição no espaço.

Fonte: GARCIA-HANSEN, 2002.



Figuras 52, 53 e 54: Modelos em escala sendo testados.

Fonte: GARCIA-HANSEN, 2002.

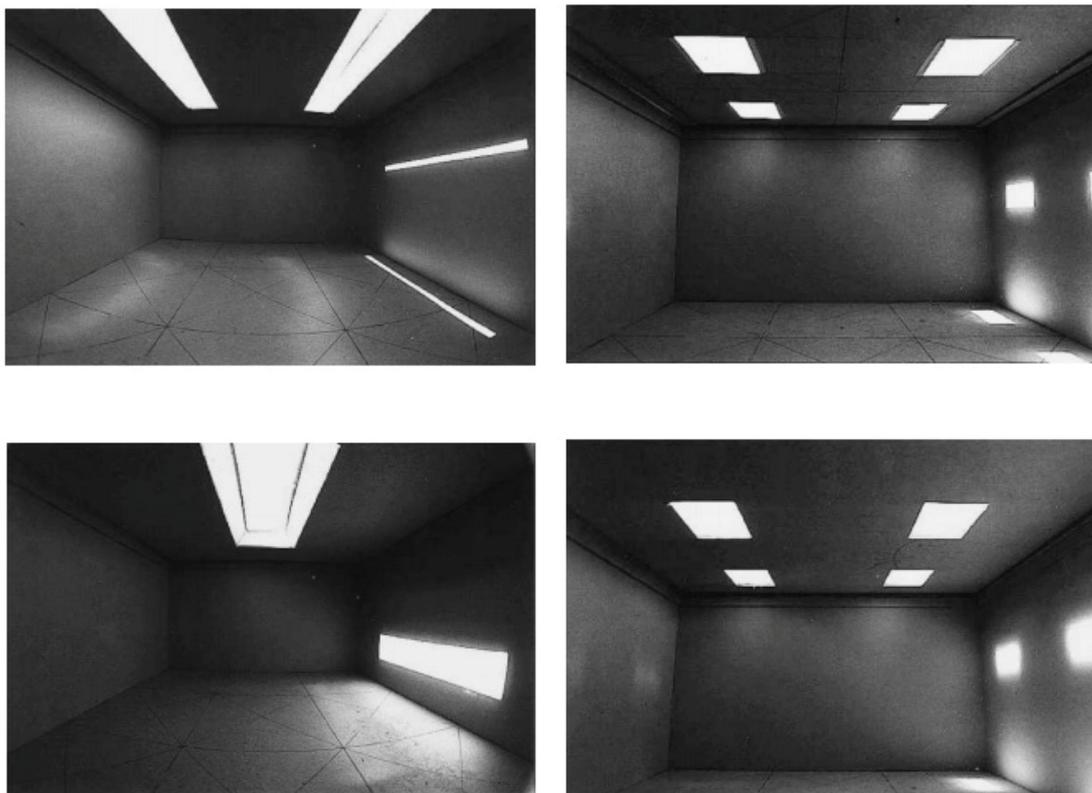


Figura 55: Imagens internas da maquete durante a simulação.

Fonte: GARCIA-HANSEN, 2002.

A pesquisa de AL-SALLAL (2006) foi realizada ao ar livre, em um heliodon para medir a taxa de iluminação natural recebida pelo edifício. O modelo usado no experimento foi feito usando principalmente isopor, folhas de Canson, e tábuas curvadas na escala de 1:50. As paredes e teto do espaço interno do modelo testado eram cobertos com folhas de Canson com diferentes tons de cinza que foram selecionados baseados na sua reflexão para simular as superfícies. O telhado foi feito de modo a permitir que o pesquisador mova-o e fixe as células fotométricas necessárias. Duas aberturas foram feitas na parede do lado externo leste do modelo, no primeiro piso e outra no terceiro piso, para que a lente da câmera fosse inserida e obtivesse as fotos desejadas para o teste.



Figuras 56 e 57: Imagens da maquete, mostrando as câmeras e a cobertura removível durante a simulação.

Fonte: AL-SALLAL, 2006.

Nos estudos de CHEUNG (2003), alguns projetos foram testados no heliodon sob o céu real. Assim, comparou-se o Monastério de La Tourette e o Monastério Cistercian de Le Thoronet. O que se queria analisar, na verdade, era se o desenho de Le Thoronet influenciou o Monastério de La Tourette, de Le Corbusier. Com o auxílio do heliodon, a análise indicou que a planta de La Tourette era a imagem espelhada da planta de Le Thoronet. Diferente de La Tourette, os blocos de construção de Le Thoronet possuem pequenas aberturas na fachada oeste com regulares e restritas incidência solar, o que faz com que ganhe excessivo calor no verão e perda de calor no inverno seja evitada. No caso de La Tourette, Le Corbusier usou um fechamento de vidro ondulado simples na fachada oeste causando sério sobreaquecimento no verão e excessiva perda de calor no inverno.



Figuras 58 e 59: Imagens das maquetes, da esquerda para a direita: La Tourette e Le Thoronet.

Fonte: CHEUNG, 2003.

Ainda em CHEUNG (2003), foi estudado o projeto da Casa de Jogos (Cardroom Housing Estate) em Manchester, UK, com o auxílio do heliodon sob o céu real. O princípio dessa análise era maximizar a potência solar do local e desenvolver formas ambientalmente responsáveis, integrando assim o desempenho da luz do dia com os sistemas de energia renováveis.

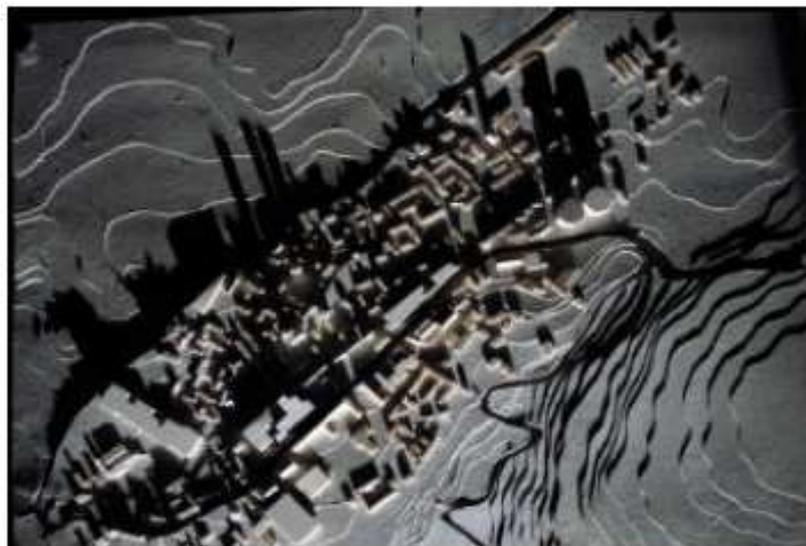


Figura 60: Imagem da maquete de estudo do micro-clima usando um heliodon sob o céu real.

Fonte: CHEUNG, 2003.

Tendo outros objetivos como base de pesquisa, WOYTE (2003) desenvolveu testes em um heliodon para estimar a redução de energia em painéis fotovoltaicos que recebam qualquer tipo de sombreamento. Assim, segundo o autor, uma aproximação é simular as sombras sendo projetadas no sistema por obstáculos e suas variações no tempo. Para esse propósito BLEWETT (1997) aplicou o heliodon como usado por arquitetos para prever os efeitos naturais da luz. Dessa maneira, é possível prever a projeção das sombras em um sistema de painéis fotovoltaicos em um ambiente através de um ano baseado no modelo arquitetônico. WILSHAW (1995) determinou também irradiações diretas e difusas e a temperatura do painel através de análises no heliodon.

Nos estudos em heliodon, por MITTAL (1986), são usados modelos durante o planejamento de áreas para arranjar algumas residências de maneira a minimizar o sombreamento mutuo e permitir uma maior

exposição das partes laterais sul e telhado de cada construção. Todas as construções possuem painéis solares. Os painéis são colocados no telhado ou nas laterais dependendo da configuração da construção.



Figura 61: Cinco modelos de casa com painéis fotovoltaicos posicionados em locais diferentes.

Fonte: MITTAL, 1983.

3. ELABORAÇÃO DO MANUAL E INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Neste capítulo será apresentado o manual de utilização do heliodon, que se encontrou disponível aos alunos durante o segundo semestre de 2009, o cartaz de divulgação e a maquete experimental, bem como os instrumentos de coleta de dados, como questionário e roteiro de entrevistas. Todo o material segue em anexo neste relatório.

3.1. MANUAL, CARTAZ E MAQUETE

O manual foi montado baseando-se nas informações obtidas pela revisão bibliográfica, tanto na descrição do equipamento, quanto nas possibilidades de utilização do mesmo.

A estrutura do manual está dividida em quatro capítulos, a saber: 1) O que é...; 2) Onde pode ser utilizado...; 3) Sugestões de análise; 4) Instruções de uso. No primeiro capítulo tem-se uma breve descrição física do equipamento e imagens ilustrativas; no segundo capítulo são apresentadas as variadas formas de se utilizar o equipamento; no terceiro capítulo são apresentadas sugestões de análise, como por exemplo, a colocação de brises e proteções e posterior verificação das incidências solares nos solstícios; por último se aborda as instruções de uso, explicitando os passos para a utilização do equipamento. Paralelamente ao desenvolvimento do manual foi elaborado um cartaz de divulgação do equipamento (tamanho A2) e ambos encontram-se nos anexos.

Além disso, algo que não estava previsto inicialmente foi a elaboração de uma maquete experimental (tamanho 25 cm x 25 cm x 25 cm), a qual os alunos utilizaram para a disciplina de Conforto Ambiental. Através dessa maquete, os alunos puderam visualizar a incidência solar nas variadas orientações e latitudes. Por meio dos seus painéis deslizantes, puderam verificar a eficácia de proteções horizontais e verticais. Os desenhos da maquete encontram-se nos anexos.

3.2. QUESTIONÁRIO E ENTREVISTAS

O questionário foi preparado para verificar qual seria a eficácia do manual, se ele estaria autoexplicativo e os alunos pudessem utilizar o equipamento de modo a não necessitarem de qualquer ajuda externa. Também foram levadas em conta as limitações e sugestões dos alunos para a melhora do manual.

As questões elaboradas são:

- 1) Qual a utilidade da ferramenta para o trabalho didático em questão?
- 2) Quais são as principais dificuldades no seu uso (aspectos positivos e negativos)?
- 3) Você utilizaria esta ferramenta em trabalhos de outras disciplinas, inclusive em seu TGI?
- 4) Você acredita que o manual está auto-explicativo, isto é, um aluno pode utilizar o equipamento sem a ajuda de outra pessoa?
Dê sugestões para melhora do manual.

Já as entrevistas foram realizadas com quatro professores do Departamento de Arquitetura da EESC/USP, os quais responderam às seguintes questões:

- 1) Você conhece o heliodon?
- 2) Você sabe para quê e em quê ele pode ser utilizado?
- 3) Acredita que esse equipamento poderia auxiliar os alunos na sua disciplina? Se sim, por que?
- 4) Você possui alguma crítica sobre o equipamento, vê alguma desvantagem na sua utilização?

4. ACOMPANHAMENTO DA UTILIZAÇÃO DO HELIODON

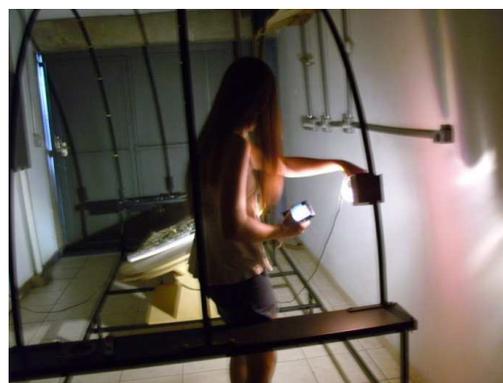
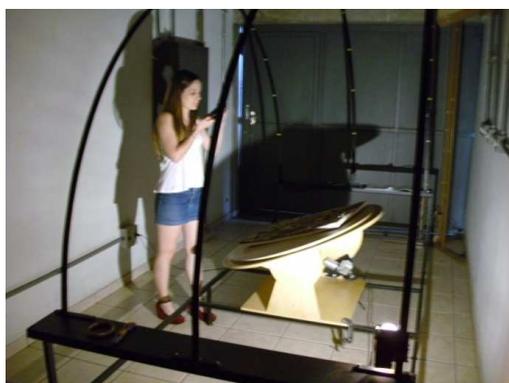
Durante o período previsto pelo cronograma foram feitos alguns acompanhamentos no sentido de observar se os alunos seguiam o manual e o modo como utilizavam o equipamento. Para tal, a aluna permanecia no Laboratório de Conforto Ambiental durante um dia da semana.

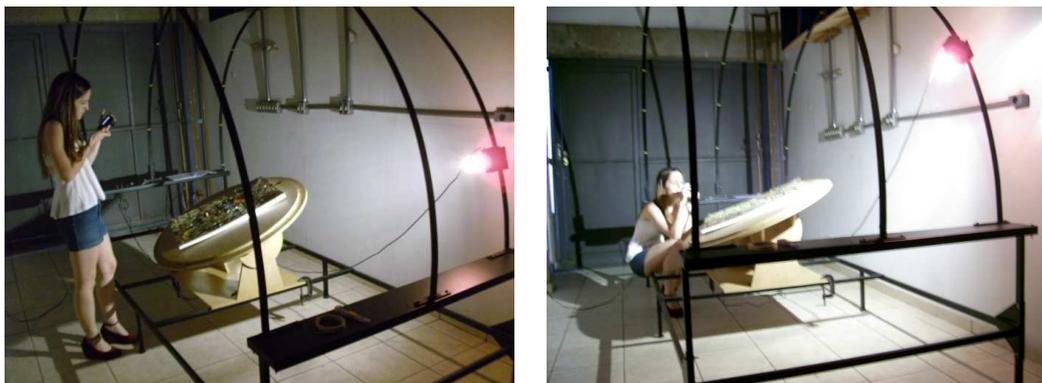


Figuras 62 e 63: Acompanhamento da utilização por parte dos alunos.

Fonte: arquivo pessoal.

Foi possível acompanhar alguns alunos da disciplina de TGI (Trabalho de Graduação Integrado), os quais utilizaram o heliodon para incorporarem aspectos de conforto ambiental em seus projetos, pois durante o mesmo período a prof^ª. Orientadora ministrou uma oficina de Conforto Ambiental nessa disciplina.





Figuras 64, 65, 66 e 67: Acompanhamento da utilização por parte dos alunos.

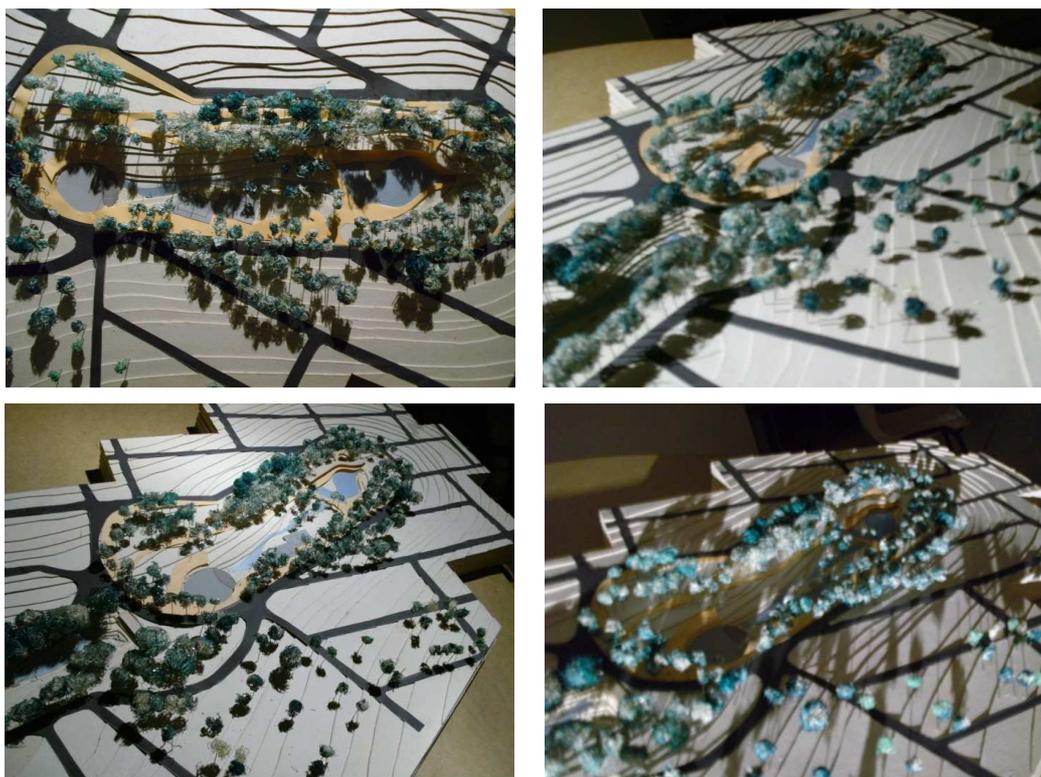
Fonte: arquivo pessoal.

Durante esta oficina ministrada no TGI, a presente bolsista também pode utilizar o equipamento para a verificação da insolação em seu projeto, que é um parque urbano, na cidade de São Carlos.



Figuras 68: Utilização do heliodon.

Fonte: arquivo pessoal.



Figuras 69, 70, 71 e 72: Utilização do heliodon.

Fonte: arquivo pessoal.

O acompanhamento da utilização do heliodon foi importante no sentido de auxiliar os alunos em eventuais dúvidas e sugestões de análise. O uso por parte da bolsista foi essencial para a tomada de decisões em relação à alguns aspectos analisados no projeto, tais como a insolação nas quadras e no teatro de arena, bem como a relação que a vegetação existente estabelecia com o parque.

5. ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS E CORREÇÃO DO MANUAL

Neste capítulo serão apresentados, de acordo com os modelos de questionário e roteiro de entrevista (presentes no item 3.2 deste relatório), as respostas e considerações obtidas, ao mesmo tempo em que serão apresentadas as modificações feitas no manual.

5.1. QUESTIONÁRIO

Em relação ao questionário, as questões elaboradas e as respostas dos alunos são:

1) Qual a utilidade da ferramenta para o trabalho didático em questão?

"Analisar a insolação sobre projeto urbano, que está em andamento pela disciplina de TGI 2, para possíveis proposições de cobertura vegetal."

"Valorizar a maquete física (escala urbana) do projeto, e ver como as sombras do projeto atrapalham as ruas / o entorno."

"Verificar a insolação e sombreamento para refletir sobre soluções como dimensionamento de brises e marquises."

2) Quais são as principais dificuldades no seu uso (aspectos positivos e negativos)?

"Aspectos negativos: dificuldade no manuseio do 'carrinho' de luz."

"A mesa automática fica muito prática para orientar a maquete. O único problema foi o seguinte: a luz do sol (carrinho) não funcionava como previsto."

"Aspectos negativos: trocar a posição do carrinho de luz."

Aspectos positivos: apresenta uma experiência mais próxima da realidade, além de ser um instrumento de fácil entendimento."

3) Você utilizaria esta ferramenta em trabalhos de outras disciplinas, inclusive em seu TGI?

"Sim, para incorporar questões de conforto térmico."

"Fica muito útil para calcular a eficiência de dispositivos de proteção solar e mais interativo que uma maquete virtual."

"Sim, no entanto, para o dimensionamento mais coerente é necessária a elaboração de uma maquete física bem próxima da realidade, o que dificulta um pouco o processo."

4) Você acredita que o manual está auto-explicativo, isto é, um aluno pode utilizar o equipamento sem a ajuda de outra pessoa?

Dê sugestões para melhora do manual.

"O manual é suficiente para usar sozinho o material. Talvez seria bom colocar dados suplementares como latitude / longitude das cidades de São Carlos e outras onde é costume projetar."

"O manual parece muito didático, sendo de fácil apreensão e entendimento."

Sugestão: fotos de ensaios realizados com edificações e projetos urbanos para ilustrar o produto que se pode obter através deste ensaio."

"Sim, o manual está de fácil entendimento, sendo possível de ser utilizado sem ajuda de outra pessoa."

5.2. ENTREVISTAS

Em relação às entrevistas, as quais foram realizadas com quatro professores do Departamento de Arquitetura da EESC/USP, sendo cada um de uma disciplina diferente, a saber:

- Prof. Dr. RENATO L. S. ANELLI (disciplina: Projeto 3)
- Prof. MARCELO SUZUKI (disciplina: Projeto 2)

- Prof^a Dra. LUCIANA B. M. SCHENK (disciplina: Paisagismo)
- Prof. Dr. LUIS ESPALLARGAS GIMENEZ (disciplina: Projeto 4)

Os docentes responderam a seguinte sequência de questões:

- 1) Você conhece o heliodon?
- 2) Você sabe para quê e em quê ele pode ser utilizado?
- 3) Acredita que esse equipamento poderia auxiliar os alunos na sua disciplina? Se sim, por quê?
- 4) Você possui alguma crítica sobre o equipamento, vê alguma desvantagem na sua utilização?

As respostas foram as seguintes:

- Prof. Dr. RENATO L. S. ANELLI

"Eu acho que o heliodon serve pra isso, pra projetar uma noção de movimento... depois ele... qualquer lugar que eu vá hoje com uma bússola...eu vejo.. bom...o sol tá passando por aqui... opa, tem uma montanha ali, talvez dê sombra aqui... Acho que é isso... não sei.....acho que pra projetar, ele ajuda na localização de massas, localização de aberturas, pra quem ainda não tem esse movimento na cabeça...na cabeça eu digo assim... que você assume aquilo... É como olhar curva de nível... quando você olha aquilo é um monte de riscos... depois de algum tempo, eu olho... você vai se acostumando com isso...eu olho uma curva de nível, eu vejo um modelado do terreno...quer dizer, eu já vejo aquele terreno.. Quer dizer... passa o tempo você vê o movimento do sol estando no lugar... você já consegue visualizar grosseiramente...ai a partir daí você vai pensar... o teu projeto vai ter isso sempre em mente..." .

- Prof. MARCELO SUZUKI

"Eu acho que a gente deveria fazer outro...Aqui mesmo, faz o pessoal da maquetaria todo. Na minha opinião, o fato de que o plano de base... se ele move...dificulta a compreensão...da latitude.

Além disso, ele limita muito o teu modelo. Por exemplo, eu tive grandes dificuldades de usá-lo com maquetes pesadas, de grande porte, pois a mesa não suportava o peso.

A minha sugestão de heliodon seria um que tivesse uma mesa fixa, e que o arco fosse móvel. Que esse arco pudesse se inclinar, de acordo com a latitude desejada e que corresse em um trilho, para que a mesa não precisasse ser mexida.

Eu só acho que na medida em que se familiariza com o equipamento, o seu uso deverá aumentar, uma vez que para cada latitude se terá resultados diferentes.

No entanto, a grande dificuldade está no fato de os alunos não aprenderem mais geometria descritiva...isto é... eles vão lá, olham, e depois não sabem o que fazer com isso... digo no sentido de transformar o que eles vêem em verdadeira grandeza, no caso de projetar brises, por exemplo.”.

▪ **Profª Dra. LUCIANA B. M. SCHENK**

“Não...olha, eu vou lhe ser muito sincera, eu conheci o heliodon não foi na USP...foi na Unip, quando eu dava aula na Unip...pra ser exata em 1998 ou 1999... e eles adquiriram.. tinha um laboratório... e eu fiquei encantada com essa possibilidade de simulação nas maquetes... especialmente de projeto..eles ainda... nunca vi eles utilizarem numa maquete de paisagem, digo numa praça, por exemplo, que é... eu penso...fundamental...pra você fazer um projeto de área livre, você conhecer o caminho do sol e saber... potencialmente, das áreas que podem ficar sombreadas...meio sombreadas...as pérgulas, pra você utilizar as pérgulas, né...a gente projeta muito em planta e não tem nem noção da onde que vai a sombra daquilo que você está projetando...

Então aqui eu nunca utilizei, nunca...e pra lhe ser muito sincera, eu não sei utilizar...eu, pessoalmente, nunca fui lá e utilizei...

Eu vi a utilização, o resultado da utilização com os alunos e fiquei muito animada, tanto quanto fiquei com esse programa, né... que mostrava as sombras...

Mas o heliodon tem uma questão que eu acho que é mais do fenômeno mesmo de você poder... que é menos que uma representação, né... mesmo sendo uma imagem, que você consegue com uma câmera fotográfica e tudo mais...eu acho mais palpável, digamos assim, entre muitas aspas, do que a imagem do computador...eu acho melhor...”.

▪ Prof. Dr. LUIS ESPALLARGAS GIMENEZ

"É exatamente o mesmo problema, como é que você orienta as ruas de uma cidade se é que existe uma orientação predominante que você está desenhando, se as ruas são curvilíneas e você tem orientações totalmente aleatórias, você pode concluir que algumas não são adequadas e outras não do ponto de vista da insolação. Como você lança uma malha que trouxesse mais benefícios para todas as fachadas ou frentes de ruas, o problema é o mesmo. Vamos supor que você faça uma quadra retangular, você terá mais frentes, mais fachadas nos dois lados maiores do retângulo, o ideal seria que essa quadra tivesse voltada para leste-oeste, pois você garantiria que o máximo de frentes, ou fundos, das casas ou prédios estivessem voltados para uma orientação mais favorável e, as fachadas menores, que corresponderiam as ruas norte e sul, que seriam desfavoráveis, mas pequenas, sendo aceitável imaginar que você tenha um tipo de imóvel que a questão da insolação não é determinante ou prioritária.

Creio que devemos cada vez mais abrir mais frentes, imaginar que o aluno tem que saber fazer o modelo no Sketchup, que te dá serie de recursos, uma capacidade de controle de projetos que nem existia antes e a gente dispõe de mais instrumentos, de mais possibilidades para se ter esse controle do projeto e o Heliodon tem essa vantagem, de fazer uma simulação e te fornecer dados qualitativos, físicos, e tenho a impressão que quando o profissional, o aluno, entende, ele entende pra sempre."

A partir das entrevistas foi possível divulgar a utilização do equipamento para outras disciplinas, além de conforto ambiental. É importante salientar que a maioria dos professores não sabiam ou nunca haviam utilizado o equipamento, chegando por vezes até a não saber da sua existência.

Dessa forma, as entrevistas tiveram grande importância no sentido de informar que o heliodon está disponível para todos e qual é a sua importância enquanto material didático para as mais variadas disciplinas ministradas no Departamento de Arquitetura e Urbanismo da EESC/USP.

5.3. MANUAL

No manual, de acordo com todas as observações feitas, foram corrigidos os seguintes pontos:

- Recomendar que nas fotos o norte sempre deva estar visível;
- Informar ao usuário que procure tirar as fotos sempre na mesma posição, ou com o uso de um tripé para evitar equívocos na sua interpretação devido à diferença de ângulos de visão.

6. ATIVIDADES COMPLEMENTARES

(a) Participação no Seminário do Grupo de Conforto Ambiental da EESC/USP no dia 07/10/2009, em que foi apresentado todo o processo desta presente pesquisa, desde os objetivos até os resultados obtidos com acompanhamentos, entrevistas e questionários. Foram feitos diversos comentários e recomendações ao trabalho que auxiliaram na modificação do manual.

(b) Participação no 17º SIICUSP (Simpósio Internacional de Iniciação Científica da Universidade de São Paulo) entre os dias 9 e 13 de novembro de 2009 (ver resumo e painel em anexo).

(c) Elaboração de um artigo científico que apresenta o trabalho efetivado (anexo 9.7) e que será enviado a uma conferência (a escolher) no início de 2010.

7. CONCLUSÃO

Neste trabalho primeiro foi realizada uma revisão bibliográfica sobre o assunto que abrangia as mais variadas formas de se utilizar o equipamento para os diversos fins, ao passo que depois foram elaborados o manual, o questionário e o roteiro de entrevistas, através dos quais se pode divulgar o equipamento e mostrar, através de imagens, cartaz, e através das próprias entrevistas o quão didático seria para as disciplinas se o heliodon fosse incorporado como ferramenta de análise.

A presente pesquisa foi de grande importância para a bolsista, uma vez que esta cursava o último período do curso de Arquitetura e Urbanismo da EESC/USP, e pode utilizar os próprios conhecimentos obtidos no trabalho durante o seu trabalho de conclusão de curso.

Algumas constatações foram feitas em relação às limitações dadas pelo heliodon, sendo estas as seguintes:

- a mesa reclinável não possui um tamanho satisfatório (90 cm de diâmetro) para maquetes de grande porte e, portanto, não suporta o peso das mesmas;
- os três arcos fixos limitam a visualização da trajetória solar nos variados períodos do ano, uma vez que só se visualizam os solstícios e os equinócios;
- outra questão de grande relevância é a presença de apenas um carrinho de luz, que tem de ser trocado de arco para cada época do ano, o que dificulta o processo (como visto pelas respostas dadas pelos alunos no questionário presente no item 5.2. deste relatório). Ao mesmo tempo este processo de trocar e desparafusar o carrinho de luz acaba criando grande desgaste ao equipamento;

Sendo assim, seria interessante poder contar com uma base (mesa) que fosse móvel, e que, portanto, não necessitasse que o carrinho fosse

trocado a todo o momento, além do que isso possibilitaria mais períodos de análise para os projetos, e não somente nos solstícios e equinócios.

Além disso, o manual também pode ser complementado, no sentido de se fazer uma pesquisa e elaborar um manual que contemple análises específicas, mostrando passo a passo como se deve analisar um projeto de edificação, um projeto paisagístico, um complexo urbano, dentre outros.

Dessa forma, é de grande importância que este presente trabalho tenha uma continuidade, para que melhorias sejam feitas no equipamento presente no Laboratório de Conforto Ambiental do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da EESC/USP, dentre as quais possam ser a construção de um novo equipamento, ou a melhora do equipamento já existente, como a construção de novos carrinhos para os demais arcos, ou fazer com que a base (mesa) seja móvel.

Finalmente, conseguimos concluir que o presente trabalho teve grande importância na formação da bolsista que o realizou, ao passo que se pode divulgar a utilização do heliodon dentro do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da EESC/USP, por meio das entrevistas e conversas com os professores. Ao mesmo tempo foi relevante o fato de se identificar quais seriam as qualidades e limitações do equipamento e sugerir trabalhos futuros, para que esta pesquisa tenha continuidade, dentro de um contexto de aprimoramento do material didático do Laboratório de Conforto Ambiental.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-SALLAL, Khaled A.. **Easing high brightness and contrast glare problems in universal space design studios in the UAE: Real models testing.** Renewable Energy, Volume 31, Issue 5, April 2006, Pages 617-630.

ALVES, Silvana; SANTOS, Andréia. **Análise de implantação em conjunto habitacional: estudo de caso: Nobuji-Nagasawa.** Brasil - Maceio, AL. 2005. p. 17-26. VIII ENCONTRO NACIONAL E IV LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2005, Maceió, AL.

ANDERSSON, Brandt; ADEGRAN, Mari; WEBSTER, Tom; PLACE, Wayne; KAMMERUD, Ron; ALBRAND, Patrick. **Effects of daylighting options on the energy performance of two existing passive commercial buildings.** Building and Environment, Volume 22, Issue 1, 1987, Pages 3-12.

BITTENCOURT, L. (2006). **Uso das cartas solares: diretrizes para arquitetos.** Maceió: EDUFAL.

CHEUNG, K. P; et al..**Solar design of buildings by using light: duty universal heliodon.** Chile - Santiago. 2003. XX Conference on Passive and Low Energy Architecture, 2003, Santiago do Chile.

CHVATAL, K. M. S. **Conforto ambiental e projeto arquitetônico: estudo de metodologias de apoio.** Plano de Pesquisa apresentado à Universidade de São Paulo, USP, para o Programa Ensinar com Pesquisa. 2008. (*pesquisa em andamento*).

DIKEL, Erhan; YENER, Cengiz . **A lighting coordinate database for 3D art objects.** Building and Environment, Volume 42, Issue 1, January 2007, Pages 246-253.

DOMINGUES, F. A. A. **Geometria da insolação.** São Paulo: FAU-USP, 1976.

EVANS, John M. e; DELBENE, Claudio A.. **Simulación Virtual de La trayectoria solar em proyectos por La computadora, metodologia de trabajo.** Faculdade

de Arquitetura, Desenho e Urbanismo, Universidade de Buenos Aires (FADU-UBA), s.d.

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

FROTA, ANÉSIA BARROS. **Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo**. Anésia Barros Frota, Sueli Ramos Schiffer- 2ª ed.- São Paulo: Studio Nobel, 1995. CAPÍTULO 4: Controle da Radiação Solar.

FUENTES, V. A. F; RODRÍGUEZ, M. V. **Architecture for solar observation, heliodons and virtual heliodons**. Austrália - Austrália. 1999. 2 vol, p. 621-626. PLEA (Passive and Low Energy Architecture).

GARCIA-HANSEN, V.; ESTEVES, A.; PATTNI, A.. **Passive solar systems for heating, daylighting and ventilation for rooms without an equator-facing facade**. Renewable Energy, Volume 26, Issue 1, May 2002, Pages 91-111

HEISLER, Gordon M.. **Effects of individual trees on the solar radiation climate of small buildings**. Urban Ecology, Volume 9, Issues 3-4, June 1986, Pages 337-359.

HOPKINSON, R.G., PETHERBRIDGE, P. e LONGMORE, J. **Iluminação Natural**. Lisboa, Fundação Kalouste Gulbenkian, 1975.

KIM, Gon; KIM, Jeong Tai. **Projecting performance of reintroduced direct sunlight based on the local meteorological features**. Solar Energy Materials and Solar Cells, Volume 80, Issue 1, 15 October 2003, Pages 85-94.

KOWALTOWSKI, Doris Catharine Cornelie Knatz; CELANI, Maria Gabriela Caffarena; MOREIRA, Daniel de Carvalho; PINA, Silvia Aparecida Mikami G.; RUSCHEL, Regina Coeli; SILVA, Vanessa Gomes da; LABAKI, Lucila Chebel; PETRECHE, João Roberto D.; **Reflexão sobre metodologias de projeto arquitetônico**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 6, n. 2, p. 07-19, abr./jun. 2006.

KRISHAN, Arvind; JAIN, Kunal; TEWARI, Pashim. **Indigenous architecture of two Indian deserts and modern climatic responsive solutions**. Renewable Energy, Volume 8, Issues 1-4, May-August 1996, Pages 272-277.

LAMBERTS, Roberto. **Eficiência energética na arquitetura.** Roberto Lamberts, Luciano Dutra/ Fernando Oscar Ruttkay Perreira. São Paulo: PW, 1997. 192p. Il

LECHNER, N. **Heating, cooling, lighting: design methods for architects.** New York, John Wiley e Sons, 1991.

LECHNER, N. **The Sun emulator.** s.d. Obtido em <<http://www.cadc.auburn.edu/sun-emulator/mainpage.htm>>

LITTLEFAIR, Paul. **Passive solar urban design: ensuring the penetration of solar energy into the city.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 2, Issue 3, 1 September 1998, Pages 303-326.

LITTLEFAIR, Paul. **Daylight prediction in atrium buildings.** Solar Energy, Volume 73, Issue 2, August 2002, Pages 105-109.

MACHADO, J. F., RIBAS O. T., OLIVEIRA T. A. **Cartilha: procedimentos básicos para uma arquitetura no trópico úmido.** São Paulo: PINI, 1986.

MARCONI, M. A., LAKATOS, E, M. **Técnicas de pesquisa.** São Paulo: Atlas, 1982.

MARKUS, Thomas A.. **The function of windows—A reappraisal.** Building Science, Volume 2, Issue 2, June 1967, Pages 97-121.

MARQUES, Clarissa Codá dos Santos Cavalcanti/ VIEIRA, Thales Miranda de Almeida. **Software: Introdução às Cartas Solares.** versão 1.02.

MASCARÓ, L. **Energia na edificação. Estratégia para minimizar seu consumo. São Paulo: Projeto, 1991.**

MITTAL, Gauri S.; OTTEN, Lambert; BROWN, Ralph B.. **Short-term monitoring and performance evaluation of solar-heated farm buildings.** Energy and Buildings, Volume 9, Issue 3, August 1986, Pages 181-193.

MITTAL, Gauri S.; OTTEN, Lambert; BROWN, Ralph B.. **Analysis of the performance of solar heated farm buildings.** Energy in Agriculture, Volume 2, 1983, Pages 101-114.

NICOLAU, Maiara Fuzatti. **Conforto ambiental e projeto arquitetônico: estudo de metodologias de apoio**. Relatório de Pesquisa apresentado à Universidade de São Paulo, USP, para o Programa Ensinar com Pesquisa. 2008.

OLGYAY, V. Solar **control and shading devices**. New Jersey: Princeton University Press, 1957.

OLIVEIRA, Dirceu Antonio. **Heliodon ou Simulador da Trajetória Solar**, s.d.
Obtido em: <<http://www.heliodon.com.br/>>

PG&E. Pacific gas and electric company. **The PEC Heliodon**. Obtido em: <http://www.pge.com/pec/heliodon/>

RIVERO, R. **Arquitetura e clima: condicionamento térmico natural**. 2ª edição. Porto Alegre: D. C. Luzzatto Editores Ltda., 1986.

SATTLER, M.A.; SHARPLES, S.; PAGE, J.K.. **The geometry of the shading of buildings by various tree shapes**. Solar Energy, Volume 38, Issue 3, 1987, Pages 187-201.

SCHILLER, Silvia de; EVANS, John Martin. **Energy and environment in an architectural design application**. Renewable Energy, Volume 15, Issues 1-4, September-December 1998, Pages 445-450.

SCHILLER, Silvia de; EVANS, John Martin. **Bridging the gap between climate and design at the urban and building scale: Research and Application**. Energy and Buildings, Volume 15, 1990-1991, Pages 51-55.

SHAVIV, Edna. **Design tools for bio-climatic and passive solar buildings**. Solar Energy, Volume 67, Issues 4-6, 1999, Pages 189-204.

SILVA, V. G. **Avaliação do desempenho ambiental de edifícios**. Revista Qualidade na Construção, SindusCon/SP, São Paulo, n. 25, ano III, 2000.

SMITH, F.; WILSON, C.B.. **The shading of the ground by buildings**. Building and Environment, Volume 11, Issue 3, 1976, Pages 187-195.

SOUZA, Marisa Bueno e; DUARTE Denise; RONCONI Reginaldo. **Pesquisa, Projeto e Construção de Ferramentas de Ensaio para Modelos Físicos em Conforto Ambiental – Heliodon**. Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Dep. Tecnologia da Arquitetura. São Paulo, SP.

WOYTE, Achim; NIJS, Johan; BELMANS, Ronnie. **Partial shadowing of photovoltaic arrays with different system configurations: literature review and field test results**. Solar Energy, Volume 74, Issue 3, March 2003, Pages 217-233.

9. ANEXOS

9.1. CARTAZ

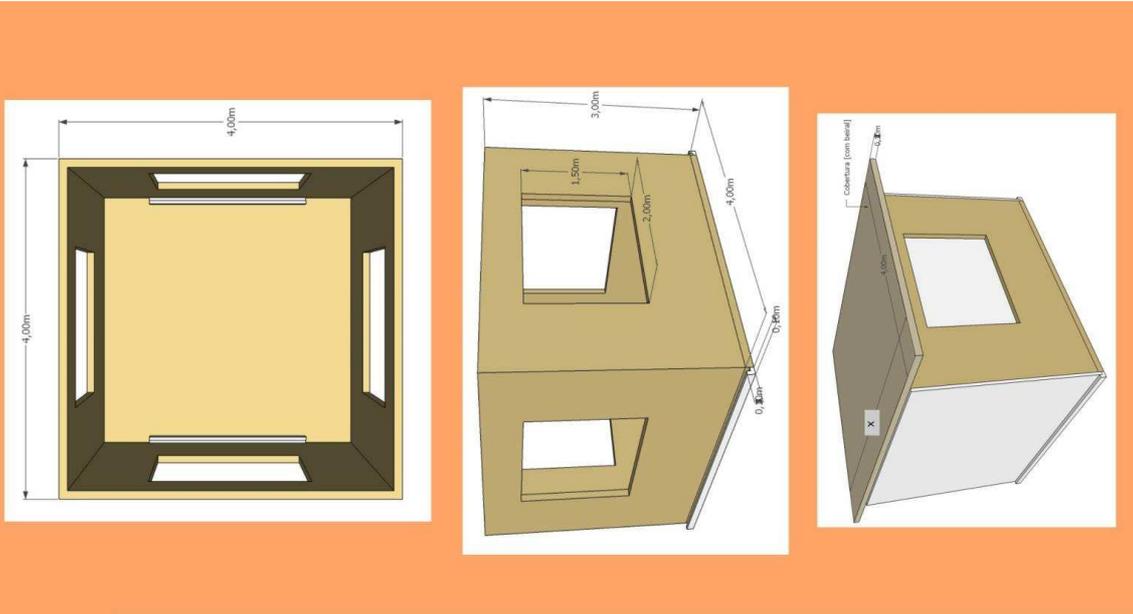
HELIIODON!!!

... equipamento que permite o estudo de insolação em maquetes.

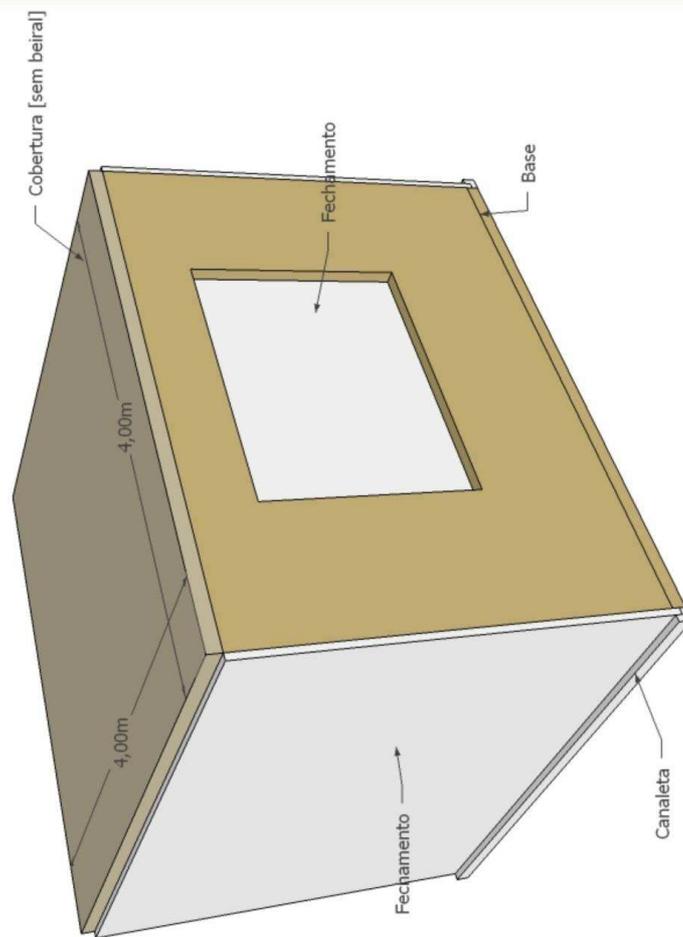


Encontra-se disponível com manual no Laboratório de Conforto
(chave com Dibbo)

9.2. MAQUETE EXPERIMENTAL

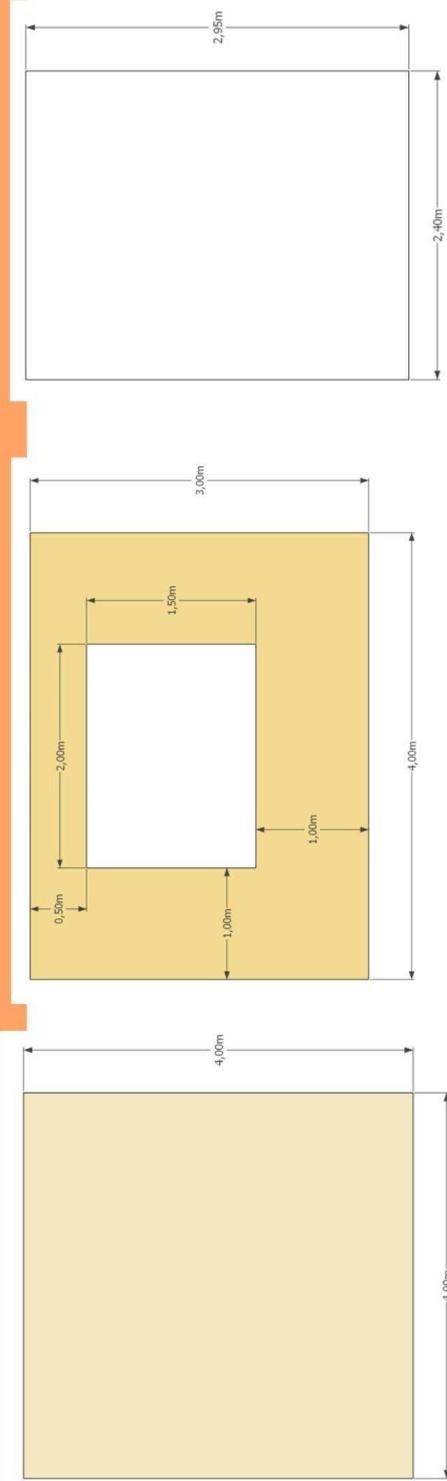


MAQUETE EXPERIMENTAL PARA HELIODON



OBS: Maquete na escala 1:20

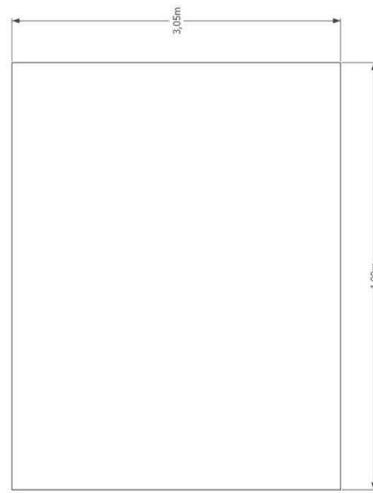
QUANTIFICAÇÃO DE PEÇAS



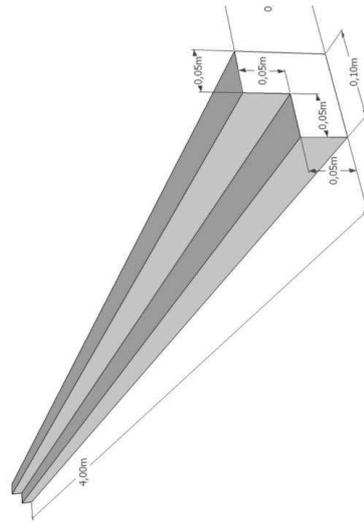
base e cobertura [sem beira]=2

paredes com abertura=4

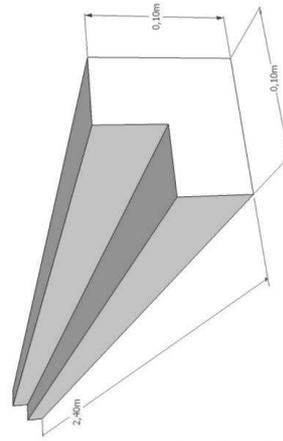
fechamento externo=2



fechamento interno=2



canaleta externa=2



canaleta interna=2

9.3. QUESTIONÁRIO HELIODON

1. Qual a utilidade da ferramenta para o trabalho didático em questão?

2. Quais são as principais dificuldades no seu uso (aspectos positivos e negativos)?

3. Você utilizaria esta ferramenta em trabalhos de outras disciplinas, inclusive em seu TGI?

4. Você acredita que o manual está auto-explicativo, isto é, um aluno pode utilizar o equipamento sem a ajuda de outra pessoa?

Dê sugestões para melhora do manual.

9.4. RESUMO SIICUSP

Estudo do Potencial de Utilização do Heliodon em Projetos Arquitetônicos

Regolão, Rosilene (IC)¹ ; Chvatal, Karin M. S. (O)¹

¹ Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Escola de Engenharia de São Paulo, Universidade de São Paulo

1. Objetivos

A pesquisa tem como objetivo estudar as possibilidades de aplicação do heliodon em projetos arquitetônicos. Ao mesmo tempo pretende verificar a possibilidade de uso do heliodons conjugado a outras ferramentas. Será elaborado um manual para sua utilização, que se encontrará disponível no Laboratório de Conforto Ambiental do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da EESC. Logo, essa pesquisa tem por objetivo incentivar o uso dessa ferramenta entre os alunos de Arquitetura e Urbanismo da EESC, tanto na disciplina de Conforto Ambiental, quanto em outras nas quais ele possa ser útil, inclusive durante o Trabalho de Graduação Integrado (TGI).

2. Material e Métodos

As atividades realizadas envolvem uma breve revisão bibliográfica sobre o assunto, a partir da qual foram coletadas informações teóricas, imagens e exemplos de trabalhos que já utilizaram o heliodon. Em seguida foi elaborado um manual sobre a utilização do equipamento e um questionário, que será aplicado aos alunos durante o acompanhamento das atividades de uso do heliodon. Por fim será feita uma análise dos dados coletados pelas entrevistas e o manual será corrigido por meio dessas informações, criando assim um documento que apresente de forma mais específica as possibilidades e limitações de uso do Heliodon.

3. Resultados

Até o presente momento elaborou-se uma revisão bibliográfica sobre o tema, tendo como enfoque principal o uso do heliodon para auxiliar processos de projeto arquitetônico. Diversos artigos foram reunidos no sentido de que a pesquisa tivesse uma abrangência não apenas nacional, mas também internacional. Surgiram trabalhos sobre a utilização do equipamento em simulações da trajetória solar

desde projetos de residências, localização de vegetação, até em conjuntos habitacionais. Há também exemplos de utilização do heliodon juntamente com instrumentos de medição de sombra e também de heliodons acionados por computador. Tantos exemplos apenas surgem para demonstrar a versatilidade e eficácia do equipamento em permitir, de maneira imediata, a visualização da trajetória solar sobre um dado objeto.

4. Conclusões

Segundo EVANS [1], a visualização da trajetória solar em movimento e sua influência em projetos de edifícios asseguram uma efetiva compreensão no estudo da arquitetura em relação ao meio. Nesse sentido, o Heliodon se constitui com uma ferramenta bastante útil de análise da insolação em projetos arquitetônicos. Esse equipamento permite a visualização, em maquetes, da trajetória aparente do sol na latitude desejada, nos períodos do ano significativos, correspondentes aos equinócios de outono e primavera e aos solstícios de verão e de inverno. Através dele, é possível avaliar as condições de exposição solar de projetos em variadas latitudes, constituindo-se um valoroso instrumento didático.

5. Referências Bibliográficas

- [1] EVANS, John M. e; DELBENE, Claudio A.. **Simulación Virtual de La trayectoria solar em proyectos por La computadora, metodologia de trabajo.** Faculdade de Arquitetura, Desenho e Urbanismo, Universidade de Buenos Aires (FADU-UBA).
- [2] MARCONI, M. A., LAKATOS, E, M. **Técnicas de pesquisa.** São Paulo: Atlas, 1982.
- [3] OLGAY, V. **Solar control and shading devices.** New Jersey: Princeton University Press, 1957.

9.5. PAINEL SIICUSP

1068

USP Universidade de São Paulo
Departamento de Arquitetura e Urbanismo/EESC

FIPAI **SIIC** 17º SIICUSP 10. Novembro. 2009

Autora: Rosilene Regoão / Orientadora: Karin Maria Soares Chvatal

Estudo do Potencial de Utilização do Heliodon em Projetos Arquitetônicos

Segundo EVANS [1], a visualização da trajetória solar em movimento e sua influência em projetos de edifícios asseguram uma efetiva compreensão no estudo da arquitetura em relação ao meio. Nesse sentido, o Heliodon se constitui com uma ferramenta bastante útil de análise da insolação em projetos arquitetônicos. Esse equipamento permite a visualização, em maquetes, da trajetória aparente do sol na latitude desejada, nos períodos do ano significativos, correspondentes aos equinócios de outono e primavera e aos solstícios de verão e de inverno. Através dele, é possível avaliar as condições de exposição solar de projetos em variadas latitudes, constituindo-se um valioso instrumento didático.

OBJETIVOS DE PESQUISA

- 1) Estudar as POSSIBILIDADES DE APLICAÇÃO DO HELIODON em projetos arquitetônicos.
- 2) Verificar a possibilidade de uso do heliodon conjugado a outras ferramentas.
- 3) Elaborar um MANUAL para sua utilização que se encontra disponível no Laboratório de Conforto Ambiental do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da EESC.
- 4) INCENTIVAR O USO dessa ferramenta entre os alunos de Arquitetura e Urbanismo da EESC, tanto na disciplina de conforto, quanto em outras nas quais ele possa ser útil, inclusive durante o Trabalho de Graduação Integrado (TGI).

METODOLOGIA

- 1) Revisão bibliográfica.
- 2) Elaboração do manual e dos instrumentos de coleta de dados: (a) questionário, (b) roteiro para as entrevistas e (c) roteiro para a observação de uso do equipamento.
- 3) ACOMPANHAMENTO da utilização do heliodon. OBSERVAÇÃO do seu uso e APLICAÇÃO dos questionários e das entrevistas.
- 4) Análise dos dados coletados e correção do manual. Alterações no manual, de acordo com as informações obtidas durante a análise das respostas dos questionários, das entrevistas e da observação.

FOTOS DOS ALUNOS UTILIZANDO O HELIODON



ATIVIDADES COMPLEMENTARES

- 1) Elaboração de um CARTAZ DE DIVULGAÇÃO do equipamento.
- 2) Elaboração de um PAQUETE EXPERIMENTAL para incentivar o primeiro contato dos alunos com o equipamento.

CONCLUSÃO

Por meio desta pesquisa algumas constatações foram feitas em relação às limitações dadas pelo heliodon, sendo estas as seguintes:

- a mesa inclinável não possui um tamanho satisfatório (90 cm de diâmetro) para maquetes de grande porte e, portanto, não suporta o peso das mesmas;
- os três arcos fixos limitam a visualização da trajetória solar nos variados períodos do ano, uma vez que só se visualizam os solstícios e os equinócios;
- outra questão de grande relevância é a presença de apenas um carrinho de luz, que tem de ser trocado de arco para cada época do ano, o que dificulta o processo. Ao mesmo tempo este processo de trocar e desparafusar o carrinho de luz acaba criando grande desgaste ao equipamento.

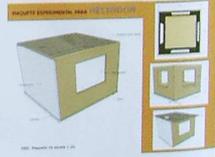
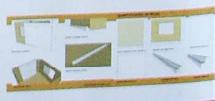
Sendo assim, seria interessante poder contar com uma base (mesa) que fosse móvel, e que, portanto, não necessitasse que o carrinho fosse trocado a todo o momento, além do que isso possibilitaria mais períodos de análise para os projetos, e não somente nos solstícios e equinócios.

Além disso, o manual também pode ser complementado, no sentido de se fazer uma pesquisa e elaborar um manual que contemple análises específicas, mostrando passo a passo como se deve analisar um projeto de edificação, um projeto paisagístico, um complexo urbano, dentre outros.

Concluímos que o presente trabalho teve grande importância na formação da bolsista que o realizou, ao passo que se pode avaliar a utilização do heliodon dentro do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da EESC/USP, por meio das entrevistas e conversas com os professores. Ao mesmo tempo foi relevante o fato de se identificar quais seriam as qualidades e limitações do equipamento e sugerir trabalhos futuros, para que esta pesquisa tenha continuidade, dentro de um contexto de aprimoramento do material didático do Laboratório de Conforto Ambiental.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA:

[1] EVANS, John M. e COSTA, Cláudio A. Simulação Virtual da Trajetória solar em projetos por computador. Metodologia de Trabalho. Faculdade de Arquitetura, Departamento de Urbanismo, Universidade de Buenos Aires (FACUA/UBA), s/d.


9.6. MANUAL (VERSÃO 1)

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

MANUAL DE UTILIZAÇÃO HELIODON



Orientadora: Profa. Dra. Karin Maria Soares Chvatal
Aluna: Rosilene Regolão

Esse manual faz parte de um trabalho de Iniciação Científica (*Estudo do Potencial de Utilização do Heliodon em Projetos Arquitetônicos*) da aluna Rosilene Regolão. Este não é um trabalho finalizado, pois este manual está em fase de elaboração. Portanto, sugestões são bem vindas.

A idéia é que este seja um manual auto-explicativo, portanto tente seguir o roteiro abaixo com o mínimo de interferência possível da aluna de iniciação que acompanhará o desenvolvimento do trabalho.

SUMÁRIO

1. O que é ...	4
2. Onde pode ser utilizado...	7
3. Sugestões de análise	9
4. Instruções de uso	10

1. O que é...

O heliodon presente nesse laboratório é constituído de uma mesa circular (diâmetro de 0,95m), que representa a linha do horizonte, e de arcos simuladores da trajetória solar em datas de solstícios e equinócio. Em tais arcos é fixado um “carrinho” que contém uma lâmpada de foco convergente (o mais possível, para tentar representar os raios paralelos do Sol) em posições relativas a cada hora do dia. Este é um instrumento que permite uma representação simultânea de diversas trajetórias aparentes do Sol, podendo ser ajustado às mais variadas latitudes.



Figura 1: Heliodon (Laboratório de Conforto – EESC/USP)



Figuras 2 e 3: Mesa e Transferidor (Latitudes)

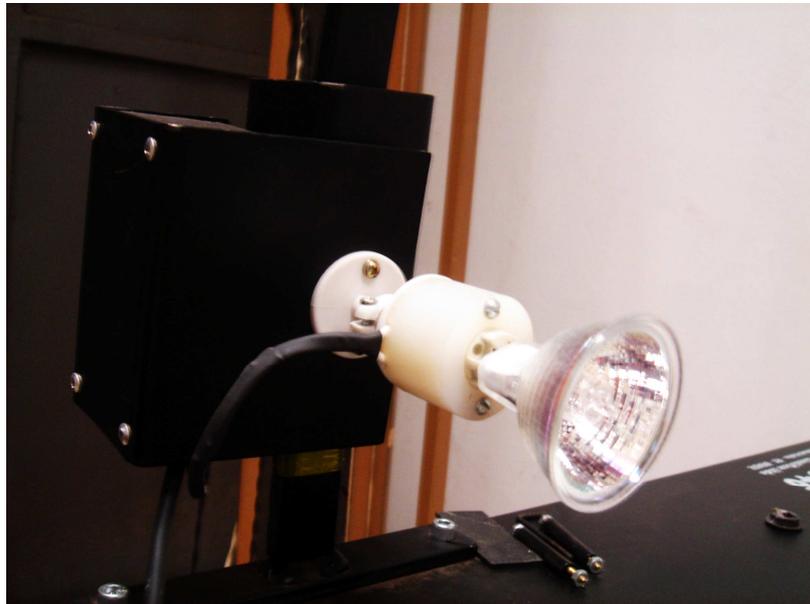


Figura 4: Lâmpada presa no carrinho.

2. Onde pode ser utilizado...

Esse tipo de equipamento pode ser utilizado nos cursos de arquitetura de forma multidisciplinar, uma vez que os conceitos das disciplinas de conforto ambiental, paisagismo, urbanismo, projeto arquitetônico, entre outras, podem ser aplicados desde a fase de estudo preliminar, seja para a tomada de decisão quanto à forma, orientação ou proteção solar por meio de brises, através da verificação prática em maquetes, com variados graus de complexidade.

É uma maneira muito interessante e didática para:

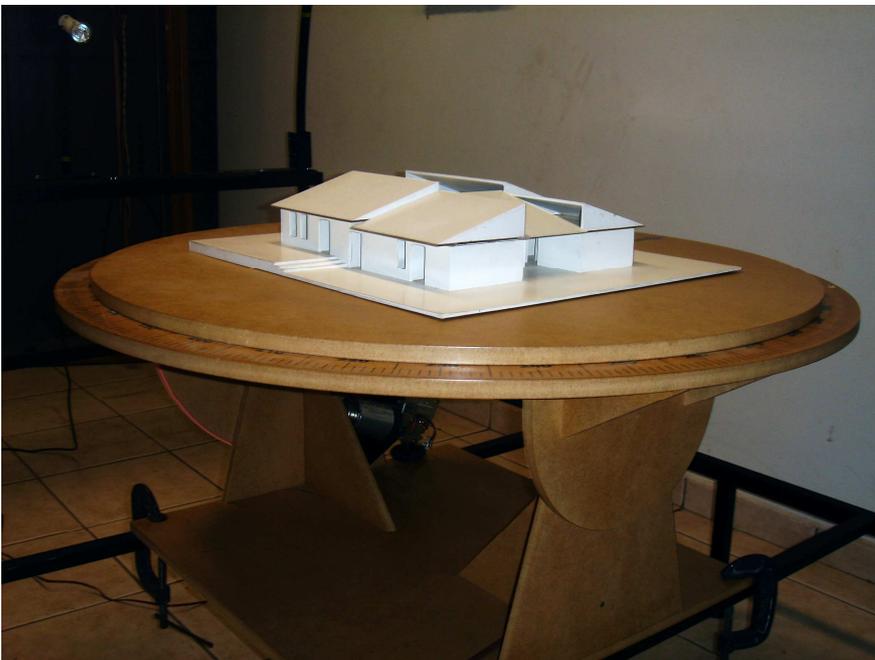
- observar a trajetória solar;
- compreender a Carta Solar;
- avaliar os projetos quanto à implantação, orientação e volumes dos edifícios propostos;
- efetuar correções de projeto;
- obter soluções específicas de iluminação natural e insolação, como o pré-dimensionamento de janelas, aberturas zenitais e proteções.

3. Sugestões de análise

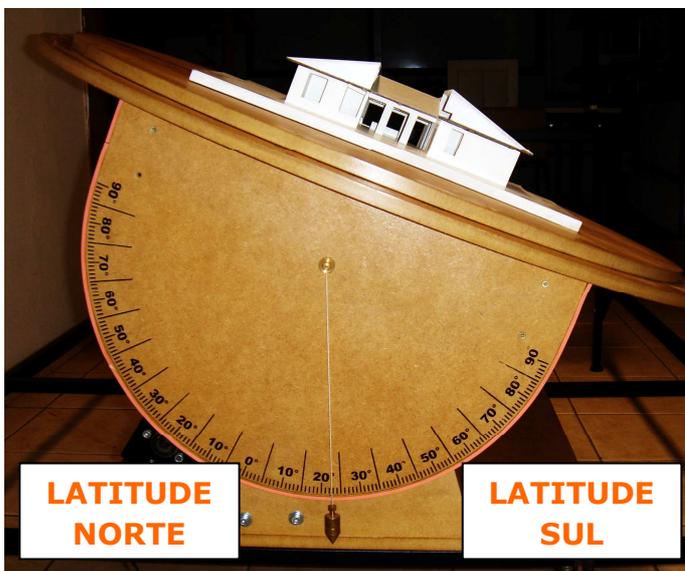
1. Observe a incidência solar em cada ambiente nos solstícios de verão, inverno e equinócio. Dê preferência para analisar todos os ambientes em cada período de uma vez, por exemplo: analise todos os ambientes no solstício de verão, depois analise todos no solstício de inverno e assim por diante.
2. Coloque proteções solares / brises (dispositivos para sombreamento – que podem ser fixos ou móveis) para a verificação da sua eficiência.
3. Verifique a projeção da sombra de um edifício nas distintas épocas do ano, como por exemplo, a sombra entre dois ou mais edifícios, a sombra causada por vegetação, muros, etc.

4. Instruções de Uso

1. Alinhar o norte da maquete ao da prancheta.
2. Fixar a maquete na prancheta com fita adesiva ou outro material aderente que não a danifique.



3. Ajustar a angulação da prancheta para a latitude desejada, com o auxílio do transferidor fixado no equipamento (considerar que a posição horizontal da prancheta é equivalente a 0° - Equador).



OBSERVAÇÕES:

1. Quanto mais próximo do centro da mesa estiver a maquete, melhor será o resultado do ensaio, uma vez que a projeção dos raios de luz e a sombra serão mais exatos.

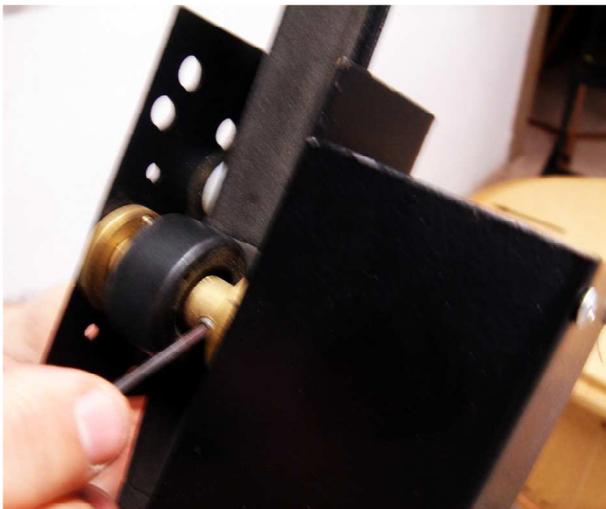
2. Quanto menor for a dimensão da maquete, mais fácil será de observar a trajetória solar.

4. Ligar o equipamento na tomada (110W) e acender a lâmpada, mantendo-a ligada até que termine o ensaio.

5. Ajustar manualmente a posição do “carrinho” da lâmpada no arco correspondente aos solstícios ou equinócio. Desparafuse o “carrinho” e coloque-o no arco desejado: os arcos das pontas correspondem aos solstícios de inverno e verão; o arco do meio corresponde ao equinócio (outono / primavera).

3. As maquetes grandes, no entanto, podem ser movidas para serem examinadas por partes, desde que estas estejam sempre próximas ao centro da mesa.

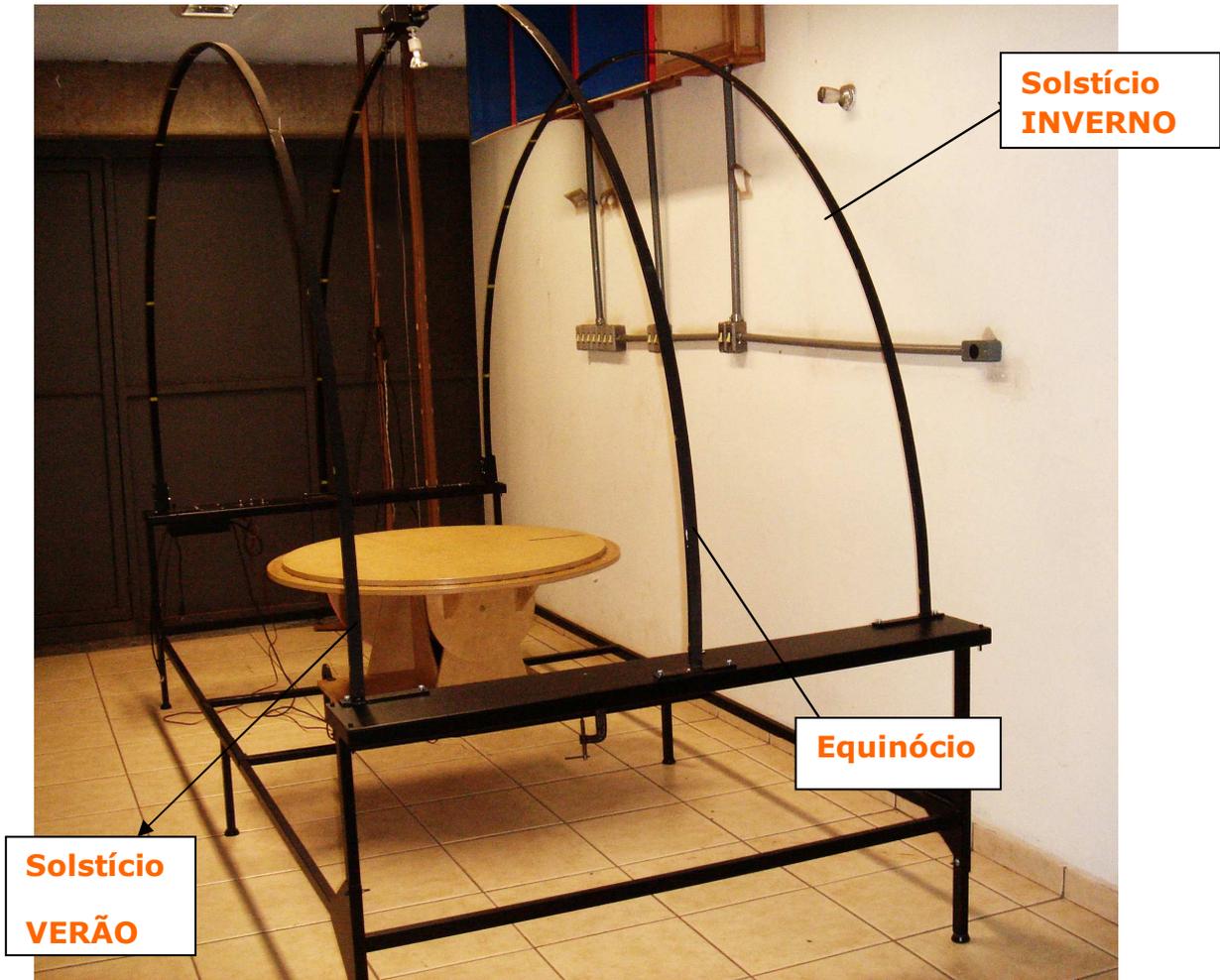
4. Para o transferidor, se a mesa estiver inclinada para o lado direito, temos latitude SUL e para o lado esquerdo, latitude NORTE.



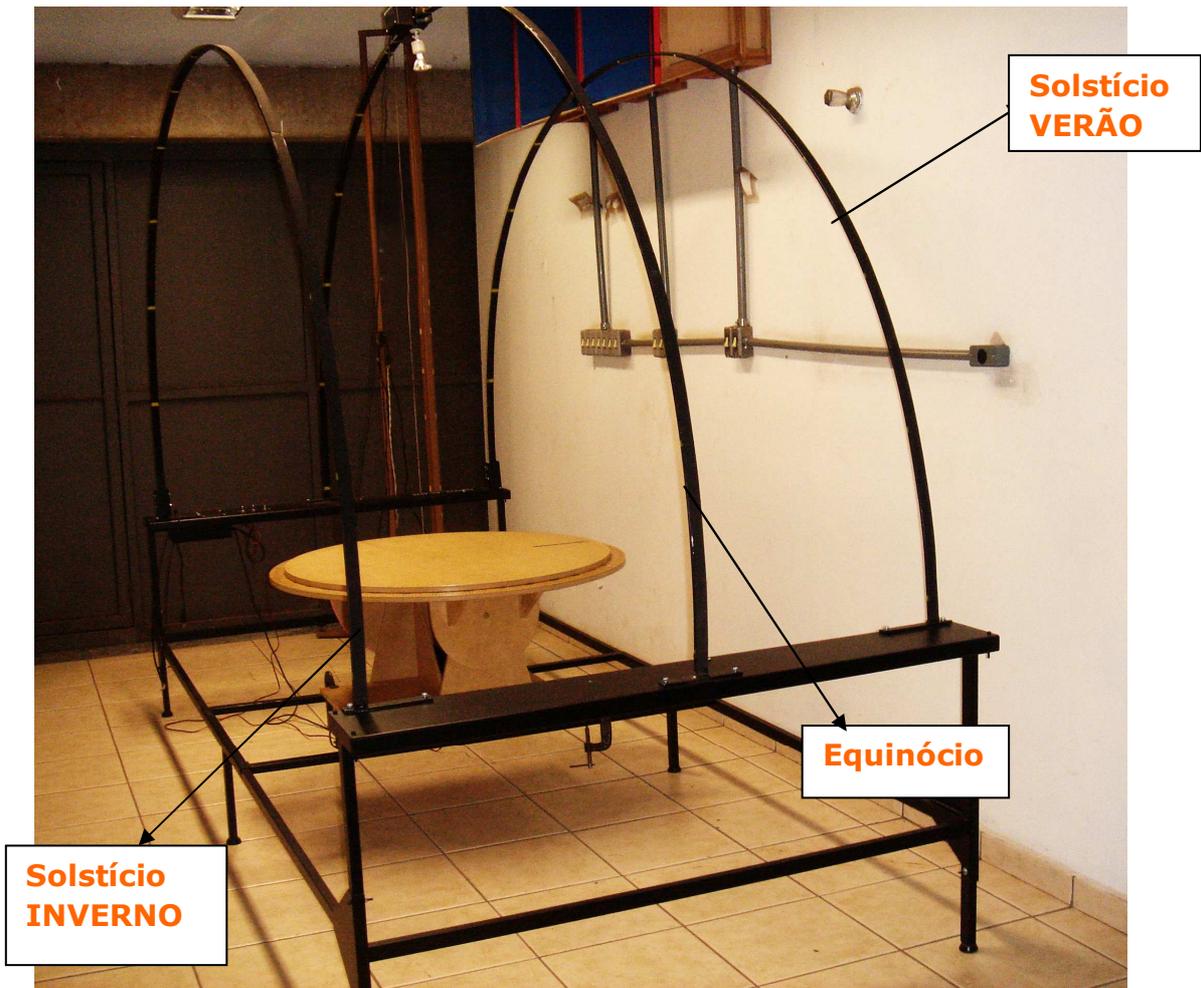
5. Tendo isso como referência, o NORTE - lado ESQUERDO e SUL- lado DIREITO, os arcos funcionam da seguinte forma:

a) se estivermos na latitude **SUL**, o arco da **esquerda** corresponde ao **solstício de inverno**, o do **meio** o **equinócio** e o da **direita** ao **solstício de verão**.

b) se estivermos na latitude **NORTE** é só inverter o raciocínio, isto é: o arco da **direita** é o **verão** e o da **esquerda** o **inverno**.



Para latitude SUL

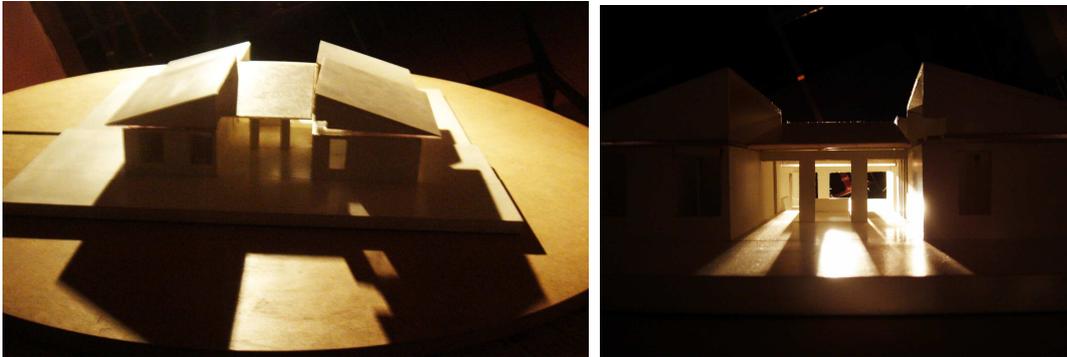


Para latitude NORTE

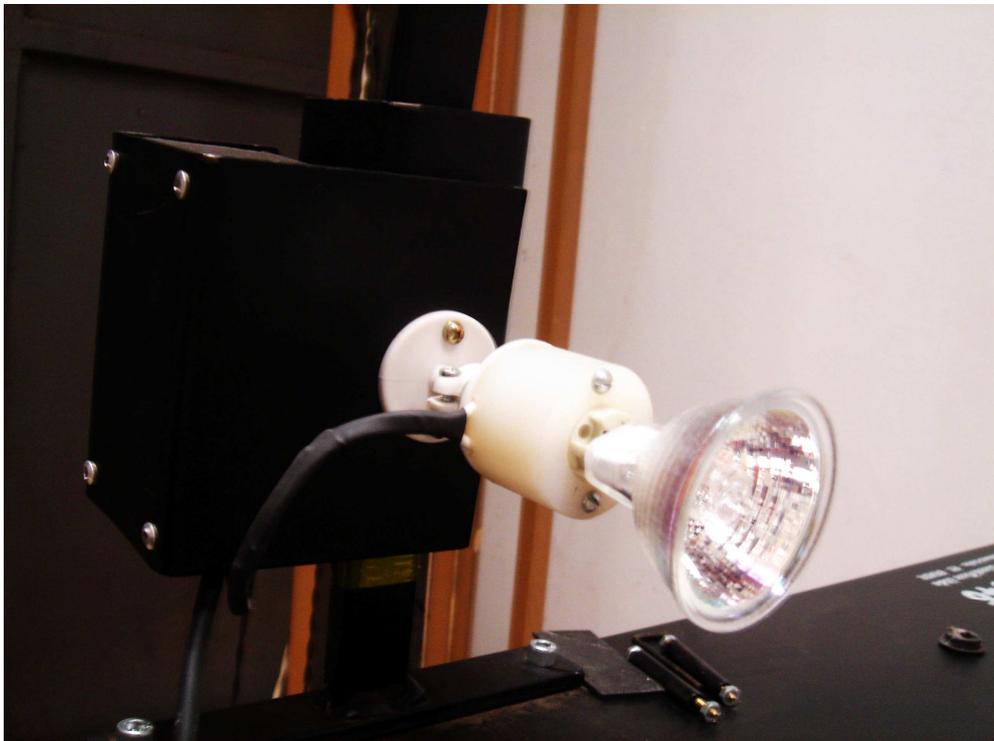
6. Apertar o botão que faz o "carrinho" da lâmpada andar até a marcação da hora desejada.



7. Verificar o resultado do ensaio.



8. Terminado o ensaio, voltar o "carrinho" da lâmpada à posição inicial, desligá-la e retirar o equipamento da tomada.



9.7. MANUAL (VERSÃO 2)

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

MANUAL DE UTILIZAÇÃO HELIODON



Orientadora: Profa. Dra. Karin Maria Soares Chvatal
Aluna: Rosilene Regolão

Esse manual faz parte de um trabalho de Iniciação Científica (*Estudo do Potencial de Utilização do Heliodon em Projetos Arquitetônicos*) da aluna Rosilene Regolão. Este não é um trabalho finalizado, pois este manual está em fase de elaboração. Portanto, sugestões são bem vindas.

A idéia é que este seja um manual auto-explicativo, portanto tente seguir o roteiro abaixo com o mínimo de interferência possível da aluna de iniciação que acompanhará o desenvolvimento do trabalho.

SUMÁRIO

5. O que é ...	4
6. Onde pode ser utilizado...	7
7. Sugestões de análise	9
8. Instruções de uso	10

5. O que é...

O heliodon presente nesse laboratório é constituído de uma mesa circular (diâmetro de 0,95m), que representa a linha do horizonte, e de arcos simuladores da trajetória solar em datas de solstícios e equinócio. Em tais arcos é fixado um “carrinho” que contém uma lâmpada de foco convergente (o mais possível, para tentar representar os raios paralelos do Sol) em posições relativas a cada hora do dia. Este é um instrumento que permite uma representação simultânea de diversas trajetórias aparentes do Sol, podendo ser ajustado às mais variadas latitudes.



Figura 1: Heliodon (Laboratório de Conforto – EESC/USP)



Figuras 2 e 3: Mesa e Transferidor (Latitudes)

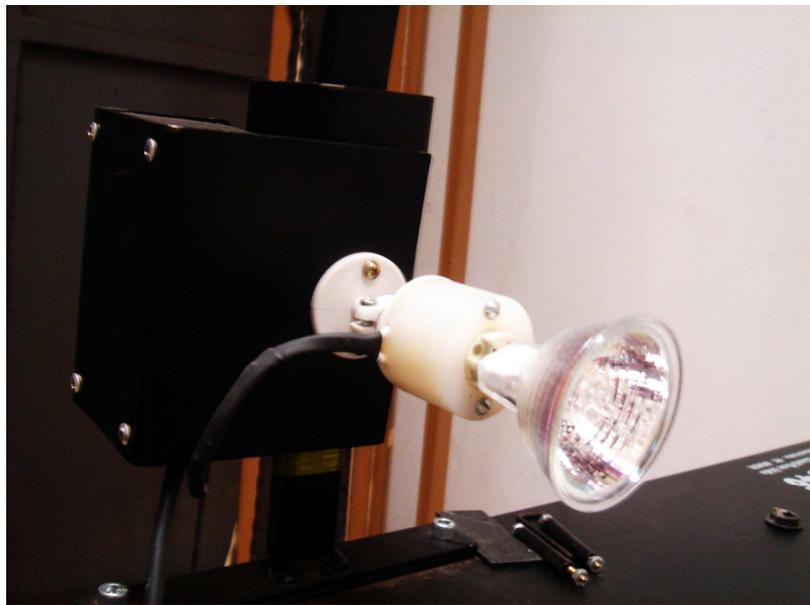


Figura 4: Lâmpada presa no carrinho.

6. Onde pode ser utilizado...

Esse tipo de equipamento pode ser utilizado nos cursos de arquitetura de forma multidisciplinar, uma vez que os conceitos das disciplinas de conforto ambiental, paisagismo, urbanismo, projeto arquitetônico, entre outras, podem ser aplicados desde a fase de estudo preliminar, seja para a tomada de decisão quanto à forma, orientação ou proteção solar por meio de brises, através da verificação prática em maquetes, com variados graus de complexidade.

É uma maneira muito interessante e didática para:

- observar a trajetória solar;
- compreender a Carta Solar;
- avaliar os projetos quanto à implantação, orientação e volumes dos edifícios propostos;
- efetuar correções de projeto;
- obter soluções específicas de iluminação natural e insolação, como o pré-dimensionamento de janelas, aberturas zenitais e proteções.

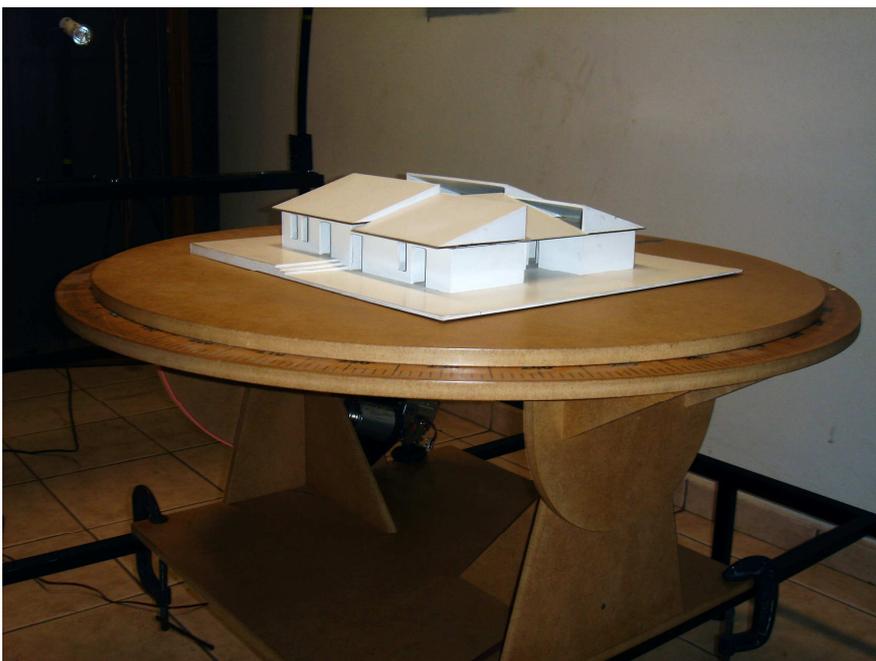
7. Sugestões de análise

1. Nas fotos o **NORTE** sempre deve estar **VISÍVEL**.
2. Procure tirar as **FOTOS** sempre da **MESMA POSIÇÃO**, ou com o auxílio de um **TRIPÉ**, para evitar equívocos na sua interpretação devido à diferença de ângulos de visão.
3. Observe a incidência solar em cada ambiente nos solstícios de verão, inverno e equinócio. Dê preferência para analisar todos os ambientes em cada período de uma vez, por exemplo: analise todos os ambientes no solstício de verão, depois analise todos no solstício de inverno e assim por diante.
4. Coloque proteções solares / brises (dispositivos para sombreamento – que podem ser fixos ou móveis) para a verificação da sua eficiência.
5. Verifique a projeção da sombra de um edifício nas distintas épocas do ano, como por exemplo, a sombra entre dois ou mais edifícios, a sombra causada por vegetação, muros, etc.

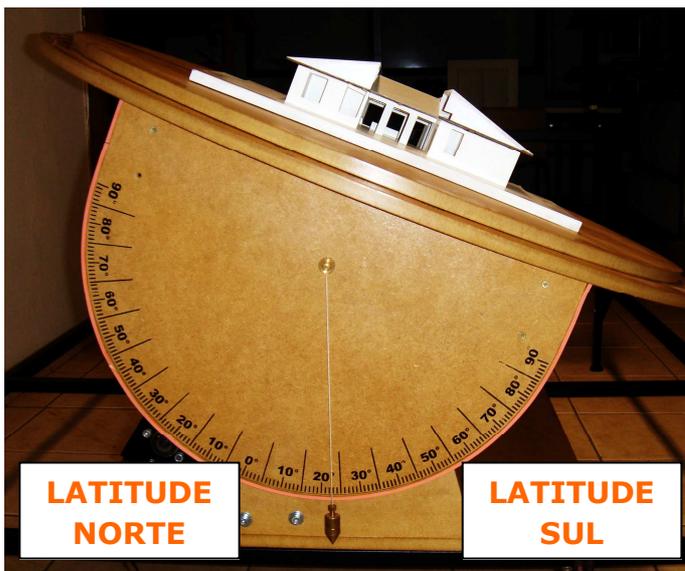
8. Instruções de Uso

1. **ALINHAR O NORTE** da maquete ao da prancheta.

2. **FIXAR A MAQUETE** na prancheta com fita adesiva ou outro material aderente que não a danifique.



3. **AJUSTAR A ANGULAÇÃO** da prancheta para a latitude desejada, com o auxílio do transferidor fixado no equipamento (considerar que a posição horizontal da prancheta é equivalente a 0° - Equador).



OBSERVAÇÕES:

1. Quanto **mais próximo do centro** da mesa estiver a maquete, **melhor será o resultado do ensaio**, uma vez que a projeção dos raios de luz e a sombra serão mais exatos.

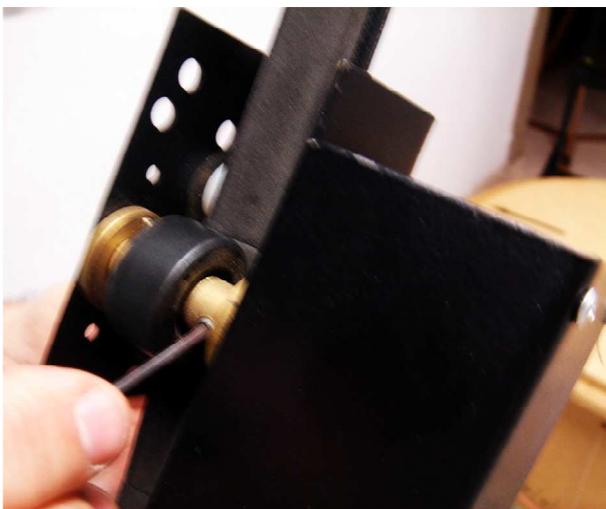
2. Quanto menor for a dimensão da maquete, mais fácil será de observar a trajetória solar.

4. LIGAR o equipamento na **TOMADA (110W)** e **ACENDER A LÂMPADA**, mantendo-a ligada **ATÉ** que tenha que **MUDÁ-LA DE ARCO** ou até que **TERMINE O ENSAIO**.

5. Ajustar manualmente a posição do “carrinho” da lâmpada no arco correspondente aos solstícios ou equinócio. Desparafuse o “carrinho” e coloque-o no arco desejado: os arcos das pontas correspondem aos solstícios de inverno e verão; o arco do meio corresponde ao equinócio (outono / primavera).

3. As maquetes grandes, no entanto, podem ser movidas para serem examinadas por partes, desde que estas estejam sempre próximas ao centro da mesa.

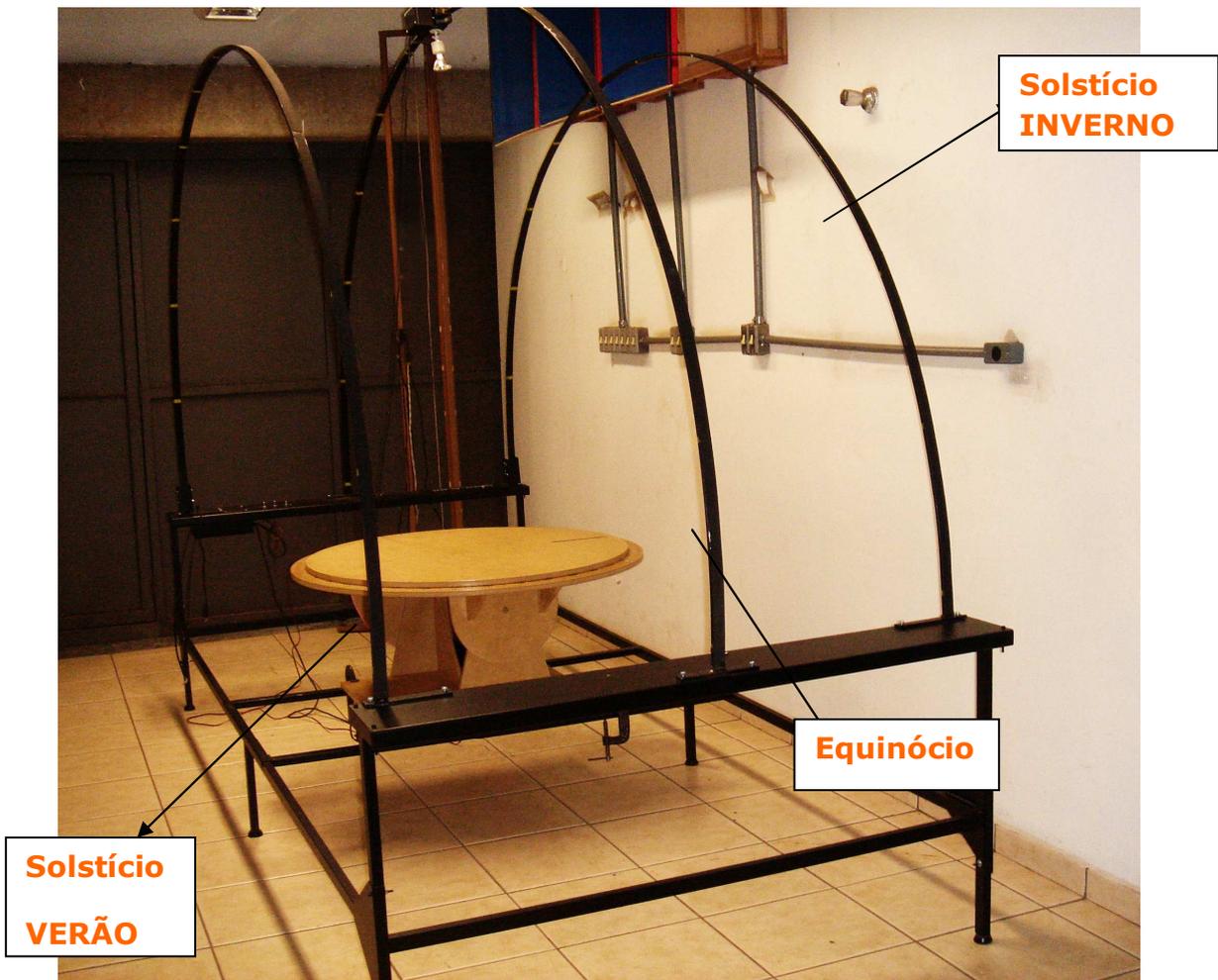
4. Para o transferidor, se a mesa estiver inclinada para o lado direito, temos latitude SUL e para o lado esquerdo, latitude NORTE.



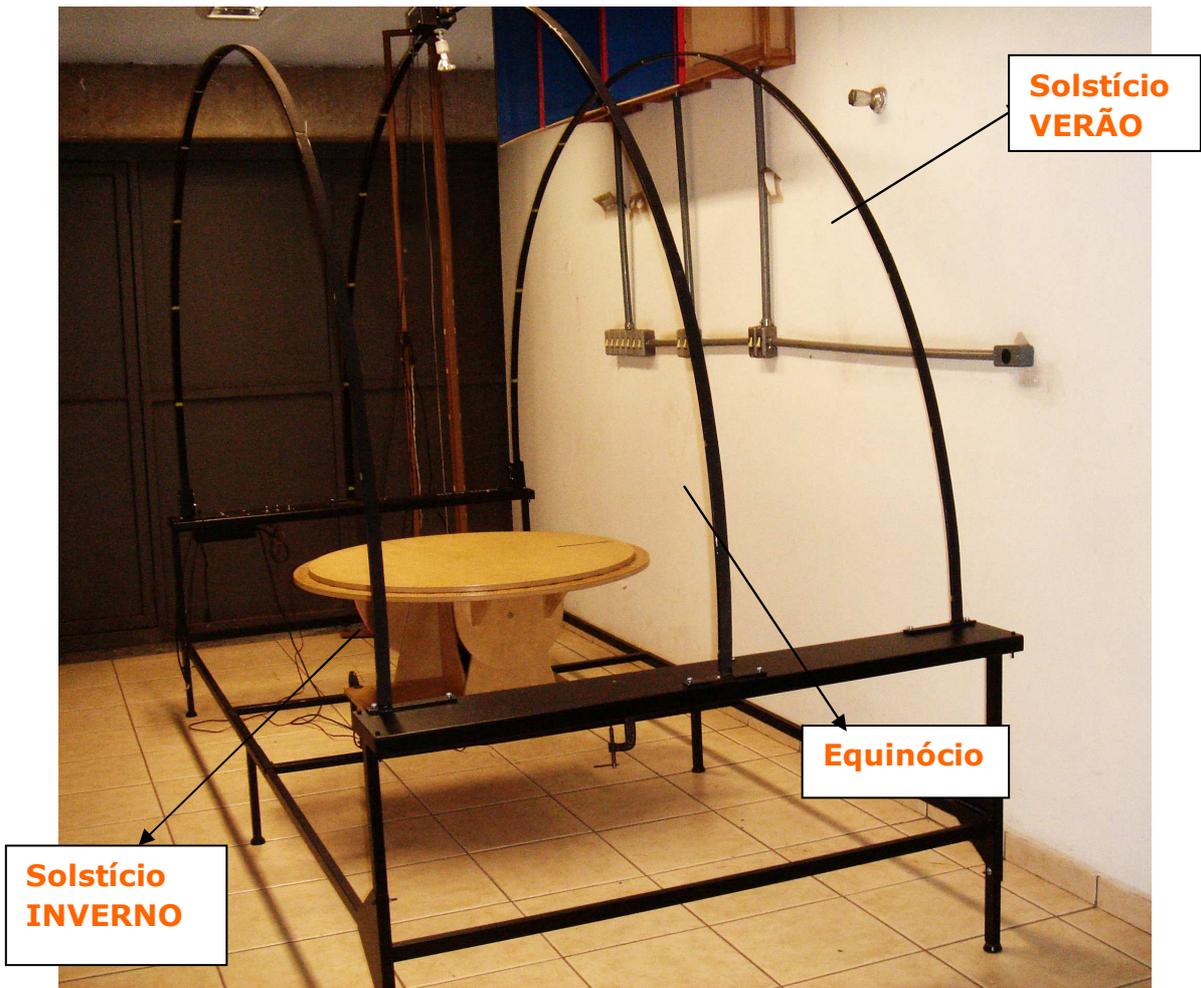
5. Tendo isso como referência, o NORTE - lado ESQUERDO e SUL- lado DIREITO, os arcos funcionam da seguinte forma:

a) se estivermos na latitude **SUL**, o arco da **esquerda** corresponde ao **solstício de inverno**, o do **meio** o **equinócio** e o da **direita** ao **solstício de verão**.

b) se estivermos na latitude **NORTE** é só inverter o raciocínio, isto é: o arco da **direita** é o **verão** e o da **esquerda** o **inverno**.



Para latitude SUL

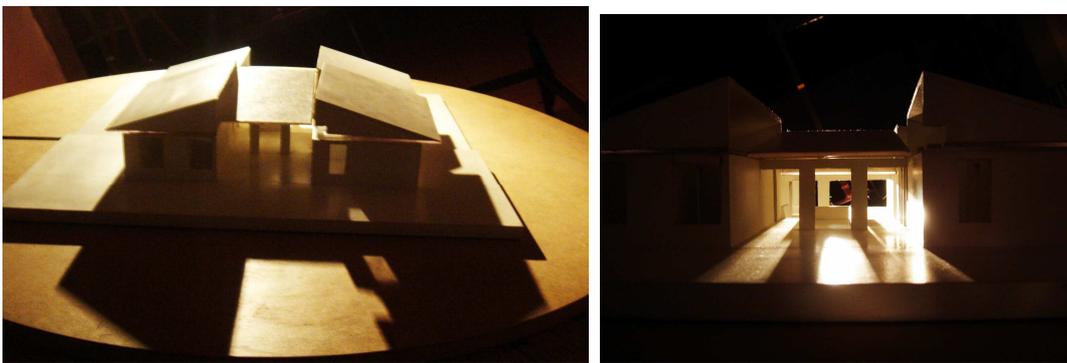


Para latitude NORTE

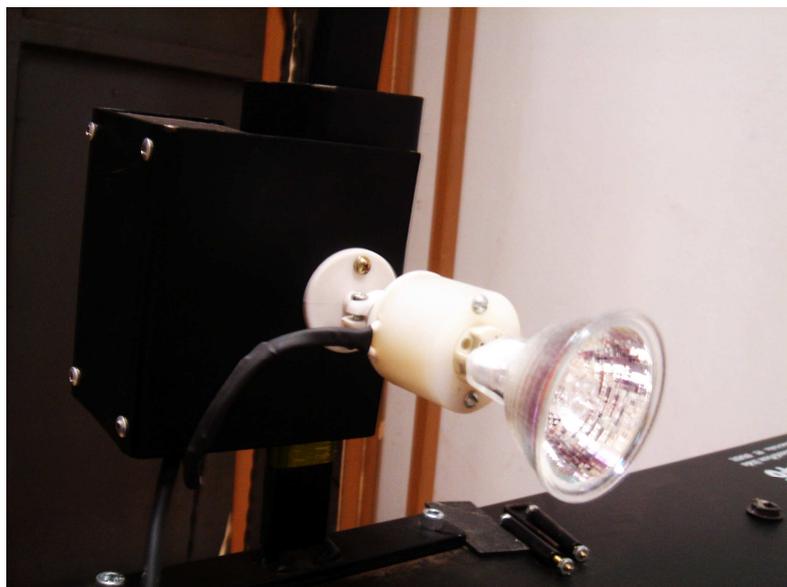
6. Apertar o botão que faz o "carrinho" da lâmpada andar até a marcação da hora desejada.



7. Verificar o resultado do ensaio, lembrando sempre de **LER** as **SUGESTÕES DE ANÁLISE**, em que se pode ter uma maior compreensão do **POTENCIAL DO EQUIPAMENTO** ao mesmo tempo em que há **SUGESTÕES** de como se devem tirar **FOTOS** e **OBSERVAR** o ensaio.



8. Terminado o ensaio, **VOLTAR O "CARRINHO"** da lâmpada à **POSIÇÃO INICIAL**, **DESLIGÁ-LA** e retirar o equipamento da tomada.



9.8. ARTIGO CIENTÍFICO

ESTUDO DO POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DO HELIODON EM PROJETOS ARQUITETÔNICOS

Prof^a. Dra. Karin M. S. Chvatal (1); Graduanda Rosilene Regolão (2)

(1) USP – Campus de São Carlos, Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Escola de Engenharia de São Carlos.

Av. Trabalhador Sancarlense, nº 400 / CEP 13566-590 - São Carlos, SP – Brasil
e-mail: karin@sc.usp.br

(2) USP – Campus de São Carlos, Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Escola de Engenharia de São Carlos.

Av. Trabalhador Sancarlense, nº 400 / CEP 13566-590 - São Carlos, SP – Brasil
e-mail: rosileneregolao@yahoo.com.br



RESUMO

A análise da insolação é um dos mais importantes aspectos que configuram o conforto térmico de uma edificação. Uma ferramenta de análise da insolação em projetos arquitetônicos bastante útil é o Heliodon. Este aparelho, disponível no Laboratório de Conforto Ambiental do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da EESC, permite a visualização, em maquetes, da trajetória aparente do sol na latitude desejada, nos períodos do ano significativos, correspondentes aos equinócios de outono e primavera e aos solstícios de verão e de inverno. A presente pesquisa estudou o potencial de utilização desta ferramenta para a análise de projetos arquitetônicos.

1. INTRODUÇÃO

O conforto das edificações depende de vários fatores, mas pode-se dizer que é principalmente na fase de projeto que eles devem ser considerados, a fim de que se possa chegar a um resultado favorável. No que se refere mais especificamente ao conforto térmico, vê-se muitas vezes que, ao se tentar resolver o problema gerado pelo alto fluxo de calor em edificações totalmente inadequadas ao clima, acaba-se por criar outro: o alto gasto de energia devido ao condicionamento artificial.

Para tanto, tem aumentado a exigência na qualidade ambiental dos edifícios e isso pode ter acontecido por conta do “avanço rápido da tecnologia; mudança de percepção e de demanda dos proprietários de edificações; aumento da importância do prédio como facilitador da produtividade; aumento da troca de informações e do controle humano; e a necessidade de criação de ambientes sustentáveis, com eficiência energética” (KOWALTOWSKI, p. 8).

Dessa forma, “o conforto ambiental, nos seus aspectos térmicos, acústicos, visuais e de funcionalidade, é um dos elementos da arquitetura que mais influencia o bem-estar do homem. O processo de projetar deve criar ambientes que priorizem os aspectos de conforto, funcionalidade, economia e estética, aplicando os conhecimentos artísticos, científicos, técnicos e de psicologia ambiental” (KOWALTOWSKI, p.10).

A posição da luz no cenário global, segundo DIKEL (2007), e o desejo de simular uma situação real da luz, data da década de 1930. O exemplo mais antigo, relacionado na maioria com a ciência da construção, é o “Solatron”, do Colégio Cornell de Arquitetura, o “Heliodon” no British Building Research Establishment e o “*Thermoheliodon*” na Escola de Arquitetura da Universidade de Princeton.

Já o Heliodon, cujo nome advém do termo grego que significa “máquina solar” e é o objeto de estudo dessa pesquisa, é uma ferramenta eficiente para o estudo da trajetória e incidência solar. Por exemplo, no caso do heliodon de um ou três arcos, a mesa (plataforma / superfície) representa o solo terrestre, podendo ser inclinada e rotacionada sobre diferentes eixos para ajustar a latitude, mês do ano e hora do dia. Esse ajuste altera a relação da mesa com a luz que irá incidir sobre ela, representando o sol, permitindo assim simular “movimento aparente do Sol” (OLIVEIRA, s.d.) em qualquer local, mês ou hora do dia.

Esse tipo de equipamento pode ser utilizado nos cursos de arquitetura de forma multidisciplinar, uma vez que os conceitos das disciplinas de conforto ambiental, paisagismo, urbanismo, projeto arquitetônico, entre outras.



Figura 1: Heliodon do Departamento de Arquitetura e Urbanismo – EESC – USP.

Fonte: Arquivo pessoal.

Para tanto, durante a pesquisa de revisão bibliográfica sobre o tema proposto foram encontrados vários trabalhos que descrevem procedimentos feitos com o Heliodon, como os de ALVES (2000), SCHILLER (1998), ANDERSSON (1987), MARKUS (1967), KIM (2003), HEISLER (1986), SATTLER (1987), SCHILLER e EVANS (1998), GARCIA-HANSEN (2002), AL-SALLAL (2006), CHEUNG (2003), WOYTE (2003), MITTAL (1986).

Dessa forma, “as investigações em metodologias de projeto arquitetônico situam-se na transversalidade de várias áreas, tais como: qualidade do ambiente construído, conforto ambiental, psicologia ambiental, processo de projeto, informática aplicada e avaliações de projetos e obras em pós-ocupação” (KOWALTOWSKI, p.8).

2. OBJETIVO

Este trabalho consiste no estudo das aplicações do Heliodon em projetos arquitetônicos, isto é, procura salientar o uso e a importância deste equipamento para o Departamento de Arquitetura e Urbanismo da EESC/USP. Os objetivos eram os seguintes:

- Estudar as possibilidades de aplicação do heliodon em projetos arquitetônicos.
- Verificar a possibilidade de uso do heliodon conjugado a outras ferramentas.
- Elaborar um manual para sua utilização, que se encontrará disponível no Laboratório de Conforto Ambiental do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da EESC.

- Incentivar o uso dessa ferramenta entre os alunos de Arquitetura e Urbanismo da EESC, tanto na disciplina de conforto, quanto em outras nas quais ele possa ser útil, inclusive durante o Trabalho de Graduação Integrado (TGI).

3. METODOLOGIA

A metodologia consistiu de uma breve revisão bibliográfica, seguida da elaboração de um manual para a utilização do heliodon, que se encontra disponível aos alunos. Ao mesmo tempo, o uso do equipamento foi acompanhado por meio de entrevistas e o manual foi adaptado de acordo com essa pesquisa.

3.1. MANUAL, CARTAZ E MAQUETE

O manual foi montado baseando-se nas informações obtidas pela revisão bibliográfica, tanto na descrição do equipamento, quanto nas possibilidades de utilização do mesmo.

A estrutura do manual está dividida em quatro capítulos, a saber: 1) O que é...; 2) Onde pode ser utilizado...; 3) Sugestões de análise; 4) Instruções de uso. No primeiro capítulo tem-se uma breve descrição física do equipamento e imagens ilustrativas; no segundo capítulo são apresentadas as variadas formas de se utilizar o equipamento; no terceiro capítulo são apresentadas sugestões de análise, como por exemplo, a colocação de brises e proteções e posterior verificação das incidências solares nos solstícios; por último se aborda as instruções de uso, explicitando os passos para a utilização do equipamento. Paralelamente ao desenvolvimento do manual foi elaborado um cartaz (tamanho A2) de divulgação do equipamento.



Figura 2: Cartaz de divulgação do Heliodon.

Fonte: Arquivo pessoal.

Além disso, algo que não estava previsto inicialmente foi a elaboração de uma maquete experimental (tamanho 25 cm x 25 cm x 25 cm), que os alunos utilizaram para a disciplina de Conforto Ambiental. Através dessa maquete, os alunos puderam visualizar a incidência solar nas variadas orientações e latitudes. Por meio dos painéis deslizantes, puderam verificar a eficácia de proteções horizontais e verticais.



Figuras 3 e 4: Desenhos da Maquete Experimental

Fonte: Arquivo pessoal.

3.2. QUESTIONÁRIO E ENTREVISTAS

O questionário foi preparado para verificar qual seria a eficácia do manual, se ele estaria autoexplicativo e os alunos pudessem utilizar o equipamento de modo a não necessitarem de qualquer ajuda externa. Também foram levadas em conta as limitações e sugestões dos alunos para a melhora do manual.

As questões elaboradas são:

- 1) Qual a utilidade da ferramenta para o trabalho didático em questão?
 - 2) Quais são as principais dificuldades no seu uso (aspectos positivos e negativos)?
 - 3) Você utilizaria esta ferramenta em trabalhos de outras disciplinas, inclusive em seu TGI?
 - 4) Você acredita que o manual está autoexplicativo, isto é, um aluno pode utilizar o equipamento sem a ajuda de outra pessoa?
- Dê sugestões para melhora do manual.

Já as entrevistas foram realizadas com quatro professores do Departamento de Arquitetura da EESC/USP, os quais responderam às seguintes questões:

- 1) Você conhece o heliodon?
- 2) Você sabe para quê e em quê ele pode ser utilizado?
- 3) Acredita que esse equipamento poderia auxiliar os alunos na sua disciplina? Se sim, por que?

4) Você possui alguma crítica sobre o equipamento, vê alguma desvantagem na sua utilização?

3.3. ACOMPANHAMENTO DA UTILIZAÇÃO DO HELIODON

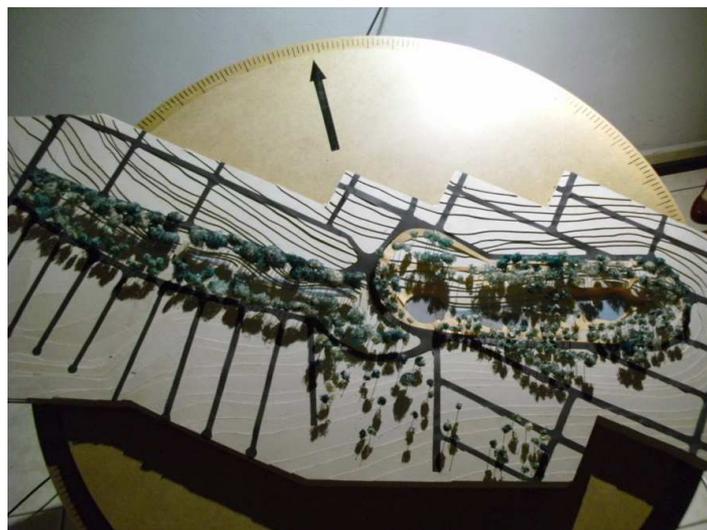
Foram feitos alguns acompanhamentos no sentido de observar se os alunos seguiam o manual e o modo como utilizavam o equipamento. Para tal, a aluna permanecia no Laboratório de Conforto Ambiental durante um dia da semana.



Figuras 5 e 6: Acompanhamento da utilização por parte dos alunos.

Fonte: Arquivo pessoal.

Foi possível acompanhar alguns alunos da disciplina de TGI (Trabalho de Graduação Integrado), os quais utilizaram o heliodon para incorporarem aspectos de conforto ambiental em seus projetos. Ao mesmo tempo, a presente bolsista também pode utilizar o equipamento para a verificação da insolação em seu projeto de TGI, que é um parque urbano, na cidade de São Carlos.



Figuras 7: Utilização do heliodon.

Fonte: arquivo pessoal.

6. RESULTADOS

No questionário, as respostas dos alunos foram as mais diversas, sendo que cada um utilizou o equipamento para um fim específico, como analisar a insolação sobre um projeto urbano, sobre uma escola, entre outras. Em relação às dificuldades de utilização o que mais foi citado é a dificuldade de manusear o carrinho de luz. Já sobre o manual, afirmaram que ele estava autoexplicativo e deram algumas sugestões, como por exemplo, inserir fotos de ensaios realizados com edificações e projetos urbanos, para ilustrar o produto que se pode obter através do ensaio.

As entrevistas foram realizadas com quatro professores do Departamento de Arquitetura da EESC/USP, sendo cada um de uma disciplina diferente, a saber:

- Prof. Dr. RENATO L. S. ANELLI (disciplina: Projeto 3)
- Prof. MARCELO SUZUKI (disciplina: Projeto 2)
- Prof^a Dra. LUCIANA B. M. SCHENK (disciplina: Paisagismo)
- Prof. Dr. LUIS ESPALLARGAS GIMENEZ (disciplina: Projeto 4)

As respostas em geral seguiam um mesmo raciocínio: identificavam a importância didática do equipamento, porém a maioria deles jamais havia utilizado o heliodon e não sabiam como funcionava. Sugestões foram dadas, como uma maior divulgação do equipamento, até mesmo a construção de outro heliodon, já que o que está disponível tem várias limitações por conta, por exemplo, da mesa reclinável e de diâmetro limitado não suportar o peso de grandes maquetes.

No manual, de acordo com todas as observações feitas, foram corrigidos os seguintes pontos:

- Recomendar que nas fotos o norte sempre deva estar visível;
- Informar ao usuário que procure tirar as fotos sempre na mesma posição, ou com o uso de um tripé para evitar equívocos na sua interpretação devido à diferença de ângulos de visão.

8. CONCLUSÃO

Por meio desta pesquisa algumas constatações foram feitas em relação às limitações dadas pelo heliodon, sendo estas as seguintes:

- a mesa reclinável não possui um tamanho satisfatório (90 cm de diâmetro) para maquetes de grande porte e, portanto, não suporta o peso das mesmas;
- os três arcos fixos limitam a visualização da trajetória solar nos variados períodos do ano, uma vez que só se visualizam os solstícios e os equinócios;

▪ outra questão de grande relevância é a presença de apenas um carrinho de luz, que tem de ser trocado de arco para cada época do ano, o que dificulta o processo (como visto pelas respostas dadas pelos alunos no questionário presente no item 5.2. deste relatório). Ao mesmo tempo este processo de trocar e desparafusar o carrinho de luz acaba criando grande desgaste ao equipamento;

Sendo assim, seria interessante poder contar com uma base (mesa) que fosse móvel, e que, portanto, não necessitasse que o carrinho fosse trocado a todo o momento, além do que isso possibilitaria mais períodos de análise para os projetos, e não somente nos solstícios e equinócios.

Além disso, o manual também pode ser complementado, no sentido de se fazer uma pesquisa e elaborar um manual que contemple análises específicas, mostrando passo a passo como se deve analisar um projeto de edificação, um projeto paisagístico, um complexo urbano, dentre outros.

Dessa forma, é de grande importância que este presente trabalho tenha uma continuidade, para que melhorias sejam feitas no equipamento presente no Laboratório de Conforto Ambiental do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da EESC/USP, dentre as quais possam ser a construção de um novo equipamento, ou a melhora do equipamento já existente, como a construção de novos carrinhos para os demais arcos, ou fazer com que a base (mesa) seja móvel.

Finalmente, conseguimos concluir que o presente trabalho teve grande importância na formação da bolsista que o realizou, ao passo que se pode divulgar a utilização do heliodon dentro do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da EESC/USP, por meio das entrevistas e conversas com os professores. Ao mesmo tempo foi relevante o fato de se identificar quais seriam as qualidades e limitações do equipamento e sugerir trabalhos futuros, para que esta pesquisa tenha continuidade, dentro de um contexto de aprimoramento do material didático do Laboratório de Conforto Ambiental.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-SALLAL, Khaled A.. **Easing high brightness and contrast glare problems in universal space design studios in the UAE: Real models testing.** Renewable Energy, Volume 31, Issue 5, April 2006, Pages 617-630.

ALVES, Silvana; SANTOS, Andréia. **Análise de implantação em conjunto habitacional: estudo de caso: Nobuji-Nagasawa.** Brasil - Maceio, AL. 2005. p. 17-26. VIII ENCONTRO NACIONAL E IV LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2005, Maceió, AL.

ANDERSSON, Brandt; ADEGRAN, Mari; WEBSTER, Tom; PLACE, Wayne; KAMMERUD, Ron; ALBRAND, Patrick. **Effects of daylighting options on the energy performance of two existing passive commercial buildings.** Building and Environment, Volume 22, Issue 1, 1987, Pages 3-12.

CHEUNG, K. P; et al..**Solar design of buildings by using light: duty universal heliodon.** Chile - Santiago. 2003. XX Conference on Passive and Low Energy Architecture, 2003, Santiago do Chile.

DIKEL, Erhan; YENER, Cengiz . **A lighting coordinate database for 3D art objects.** Building and Environment, Volume 42, Issue 1, January 2007, Pages 246-253.

GARCIA-HANSEN, V.; ESTEVES, A.; PATTNI, A.. **Passive solar systems for heating, daylighting and ventilation for rooms without an equator-facing facade.** Renewable Energy, Volume 26, Issue 1, May 2002, Pages 91-111

HEISLER, Gordon M.. **Effects of individual trees on the solar radiation climate of small buildings.** Urban Ecology, Volume 9, Issues 3-4, June 1986, Pages 337-344.
KIM, Gon; KIM, Jeong Tai. **Projecting performance of reintroduced direct sunlight based on the local meteorological features.** Solar Energy Materials and Solar Cells, Volume 80, Issue 1, 15 October 2003, Pages 85-94.

KOWALTOWSKI, Doris Catharine Cornélie Knatz; CELANI, Maria Gabriela Caffarena; MOREIRA, Daniel de Carvalho; PINA, Silvia Aparecida Mikami G.; RUSCHEL, Regina Coeli; SILVA, Vanessa Gomes da; LABAKI, Lucila Chebel; PETRECHE, João Roberto D.; **Reflexão sobre metodologias de projeto arquitetônico.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 6, n. 2, p. 07-19, abr./jun. 2006.

MARKUS, Thomas A.. **The function of windows—A reappraisal.** Building Science, Volume 2, Issue 2, June 1967, Pages 97-121.

MITTAL, Gauri S.; OTTEN, Lambert; BROWN, Ralph B.. **Short-term monitoring and performance evaluation of solar-heated farm buildings.** Energy and Buildings, Volume 9, Issue 3, August 1986, Pages 181-193.

MITTAL, Gauri S.; OTTEN, Lambert; BROWN, Ralph B.. **Analysis of the performance of solar heated farm buildings.** Energy in Agriculture, Volume 2, 1983, Pages 101-114.

OLIVEIRA, Dirceu Antonio. **Heliodon ou Simulador da Trajetória Solar**, s.d.
Obtido em: <<http://www.heliodon.com.br/>>

SATTLER, M.A.; SHARPLES, S.; PAGE, J.K.. **The geometry of the shading of buildings by various tree shapes.** Solar Energy, Volume 38, Issue 3, 1987, Pages 187-201.

SCHILLER, Silvia de; EVANS, John Martin. **Energy and environment in an architectural design application.** Renewable Energy, Volume 15, Issues 1-4, September-December 1998, Pages 445-450.

SCHILLER, Silvia de; EVANS, John Martin. **Bridging the gap between climate and design at the urban and building scale: Research and Application.** Energy and Buildings, Volume 15, 1990-1991, Pages 51-55.

WOYTE, Achim; NIJS, Johan; BELMANS, Ronnie. **Partial shadowing of photovoltaic arrays with different system configurations: literature review and field test results.** Solar Energy, Volume 74, Issue 3, March 2003, Pages 217-233.

10. AGRADECIMENTOS

Agradecemos à FIPAI pelo apoio concedido para a realização dessa pesquisa, à Prof^a Karin M. S. Soares, pela orientação, dedicação e conhecimento proporcionado e também aos funcionários do Departamento de Arquitetura da EESC/USP pelo auxílio e dedicação fundamentais para que este trabalho fosse concluído.