



XIENCAC
ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

VIIELACAC
ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Búzios - RJ - 2011

ENSINO DE GEOMETRIA SOLAR: PROPOSTA DE HELIODON ALTERNATIVO

Leandro Carlos Fernandes (1); Eduardo da Cunha (2)

(1) Me. Professor do Curso de Arquitetura e Urbanismo, fernandes.uffs@gmail.com
Universidade Federal da Fronteira Sul, Av. Dom João Hoffmann, nº 313, Erechim/RS
CEP 99700-000, Tel. (54) 3522-6586

(2) Dr. Professor do Departamento de Tecnologia da Construção, DTC, egcunha@terra.com.br
Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós- graduação em
Arquitetura e Urbanismo, Rua Benjamin Constant, n. 1359 Pelotas/ Rio Grande do Sul
Cep: 96010-020, Tel.: (53) 3721-5501

RESUMO

Ferramentas computacionais têm sido amplamente utilizadas no ensino da Geometria Solar. Aplicativos como o Luz do Sol, Sunpath e Analysis SOL-AR, entre outros, permitem o entendimento do movimento aparente do sol no contexto do ambiente construído. Embora essas ferramentas representem um avanço significativo, os métodos tradicionais, utilizando fontes luminosas e modelos reduzidos de edificações continuam importantes, pois possibilitam ao estudante constatar empiricamente a dinâmica da interação geométrica entre o objeto estudado e a fonte luminosa, produzindo áreas sombreadas e iluminadas. Este artigo é fruto de uma pesquisa cujo principal objetivo foi a especificação de um heliodon para o Laboratório de Conforto Ambiental do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Fronteira Sul. A pesquisa foi dividida em etapas, nas quais foram estabelecidos requisitos para o aparelho, levantou-se os diferentes modelos existentes e, por fim, elaborou-se projeto de aparelho alternativo de modo a satisfazer os requisitos previamente definidos. O equipamento, ainda não executado, assim como seu funcionamento, são apresentados neste trabalho.

Palavras-chave: ensino de geometria solar, heliodon, projeto de heliodon.

ABSTRACT

Computational tools have been widely used in the teaching of Solar Geometry. Softwares such as Luz do Sol, Sunpath and Analysis SOL-AR, among others, allow the understanding of the sun's apparent movement in the context of built environment. Although these tools represent a significant advance, traditional methods, using light sources and reduced models buildings remain important because they allow the Student to ascertain empirically the dynamic of geometry interaction between the studied object and the light source, producing bright and shaded areas. This article is the result of a research whose the main objective was the specification for a Heliodon to be used in the Environmental Comfort Laboratory of the Architecture and Urbanism School of Universidade Federal da Fronteira Sul. The research was divided in stages, in which were established requirements for the Heliodon, rose the different existing models and finally the elaboration of an alternative project apparatus to meet the requirements previously defined. Although the equipment has not yet been executed, the project and how to operate it are presented on this work.

Keywords: Solar geometry teaching, heliodon, heliodon project.

1 INTRODUÇÃO

Grande parte do consumo energético de uma edificação se deve a aquecimento, resfriamento e iluminação (CUNHA, 2006). Esse consumo pode ser maior ou menor conforme a concepção do projeto arquitetônico, tirando ou não partido do clima no qual a edificação está inserida.

Olgay (2008, p.10), quando relaciona arquitetura, clima e necessidades humanas, sugere que “o processo lógico seria trabalhar com as forças da natureza e não contra elas, aproveitando suas potencialidades para criar condições de vida adequadas”. Edificações concebidas com essa idéia são denominadas por Olgay como “climaticamente equilibradas”. Entre os aspectos de interesse para projetos de edificações climaticamente equilibradas está a insolação, ao longo dos dias, meses e estações.

Entre os instrumentos didáticos para ensino das diferentes possibilidades relativas à insolação do ambiente construído (área do conhecimento também designada como “geometria solar”), em cursos de arquitetura e urbanismo, cita-se o heliodon. “Trata-se de dispositivo desenvolvido para simular a geometria solar e permitir o estudo de sombreamento através de modelos reduzidos” (SZOKOLAY, 2007, p.44). Normalmente, são capazes de simular condições de insolação em diferentes latitudes, dias do ano e horários. Entre outras aplicações, é utilizado para estudo de ambientes urbanos, conjuntos de edificações, edificações isoladas e protetores solares em aberturas. Acrescenta-se que o aparelho simula a trajetória aparente do sol em torno da Terra, ou mais precisamente, em torno do modelo da edificação estudada. Constitui instrumento para experimentação projetual, possibilitando uma visualização objetiva das áreas sombreadas e iluminadas produzidas pela interação geométrica entre o objeto estudado e a fonte luminosa.

Por outro lado, o heliodon complementa o entendimento propiciado por diagramas solares e softwares, permitindo inclusive a verificação da precisão de processos geométricos para o cálculo de áreas e horários de insolação.

Por ocasião da implantação do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS e respectivo Laboratório de Conforto Ambiental, resolveu-se levantar os modelos de heliodons disponíveis, verificando-se quais se adaptariam às necessidades do curso. Verificou-se que, apesar da importância do equipamento, poucos são os modelos comercializados. Às vezes são de difícil operação, pouco intuitivos ou de alto custo. Na busca, levou-se em consideração dificuldades didáticas com equipamentos disponíveis ao longo de anos ministrando disciplinas na área de conforto ambiental.

2 OBJETIVO

O objetivo do presente artigo é apresentar pesquisa e projeto para especificação de um equipamento com finalidade didática para simulação da trajetória solar aparente para a UFFS, que possibilite a simulações para todas as latitudes, dias do ano e horários, que seja de fácil compreensão e operação, e de baixo custo.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Cientes da necessidade de um heliodon para o laboratório de conforto ambiental da UFFS, realizou-se breve análise das possibilidades existentes através de uma pesquisa sobre equipamentos já consolidados e, a partir daí, adotou-se os seguintes procedimentos:

- 1) Estabelecimento de lista de requisitos para o equipamento a ser especificado.
- 2) Levantamento e análise de heliodons existentes, verificando se atendem aos requisitos pré-estabelecidos. Embora esse levantamento visa-se principalmente a identificação de um aparelho que atendesse os requisitos mencionados, também buscava identificar aspectos de diferentes projetos que contribuíssem para o desenvolvimento de projeto de equipamento alternativo.
- 3) Compilação dos resultados, comparando-se os diferentes aparelhos e identificando-se as principais potencialidades de cada um.
- 4) Compilação da análise dos modelos de heliodons observados na pesquisa e definição das características de possível equipamento alternativo
- 5) Desenvolvimento do projeto de aparelho alternativo, atendendo os requisitos pré-estabelecidos.

4 LEVANTAMENTO E RESULTADOS PRELIMINARES

Como desdobramentos dos procedimentos adotados apresenta-se a seguir os resultados de cada etapa.

4.1 Requisitos do aparelho a ser especificado

Os requisitos aqui descritos foram estabelecidos levando-se em conta demandas percebidas ao longo de anos na atividade docente na área de conforto ambiental. Visam facilitar o cotidiano, tanto em se tratando de questões relativas ao ensino quanto à manutenção, operação, armazenagem e transporte do equipamento. Seguem os requisitos estabelecidos para o aparelho a ser adquirido ou desenvolvido:

- móvel, permitindo ser transportado e instalado de modo rápido em feiras e exposições relacionadas com a área de arquitetura e urbanismo;
- que não demande espaço de uso exclusivo, não comprometendo área excessiva no futuro laboratório;
- de fácil manuseio e baixa manutenção, economizando em motores elétricos e peças sobressalentes;
- baixo custo e fácil fabricação;
- possibilite simular a insolação em todas as latitudes, dias do ano e horários.
- intuitivo e acessível ao público leigo (de modo a ser utilizado em eventos externos);

4.2 Levantamento e análise de diferentes tipos de Heliodon

Neste levantamento verificaram-se artigos, livros, páginas eletrônicas de instituições educacionais e de pesquisa, e de fabricantes, no Brasil e exterior. Constatou-se grande quantidade de modelos. Parte dos modelos levantados foi classificada segundo características comuns e é apresentada a seguir. Observa-se que Souza *et al.* (2008) também realizou um levantamento.

4.2.1 Heliodon com fonte luminosa fixa

Neste equipamento a variação das áreas iluminadas e sombreadas de uma maquete em estudo é obtida por meio de diferentes rotações nas partes que suportam o tampo, e deste por consequência. A rotação do tampo muda a posição da maquete, enquanto a fonte luminosa permanece fixa. Observou-se modelos em metal (Figura 01 e 03) e modelos em madeira com regulagens em metal (Figura 02).



Figura 1. Modelo “Sun Frost TT Heliodon”, da empresa Sun Frost.
Fonte: www.sunfrost.com/heliodon



Figura 2. Heliodon de Mike Baker.
Fonte: www.vashonbaker.co.uk/heliodon

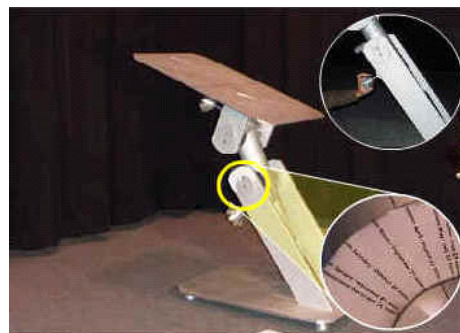


Figura 3. Modelo “PEC Heliodon”, concebido para a PG&E Energy Center. Fonte: www.bsu.edu/web/ceres/heliodon/htmlside/Platform

Vantagens: permite posicionar a fonte luminosa a grande distância, diminuindo distorções; pode utilizar o próprio sol com fonte luminosa; os movimentos são contínuos e suaves; demanda pouco espaço.

Desvantagens: o movimento da maquete concomitante ao movimento das sombras dificulta a interpretação (o problema diminui com o uso de câmera de vídeo e projetor); os modelos metálicos são de alto custo; apresenta embaraços quanto a fixação da maquete; pouco aplicável às aulas introdutórias.

4.2.2 Heliodon de Régua (mesa e fonte luminosa móveis)

Neste aparelho, como mostra a Figura 04, a latitude é ajustada inclinando-se o tampo. Girando-se o tampo em torno de um eixo vertical simula-se os diferentes horários do dia. O ajuste referente aos dias do ano é feito movimentando-se uma lâmpada ao longo de uma régua na qual é gravado um “calendário” (Figuras 04, 05 e 06). O conceito geral é descrito por Corbella e Yannas (2003) e também por Vianna e Pouey (2006). Na maioria dos modelos é construído utilizando-se metal e madeira.

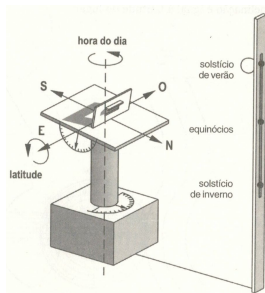


Figura 4. Modelo descrito por Corbella e Yannas (2006).

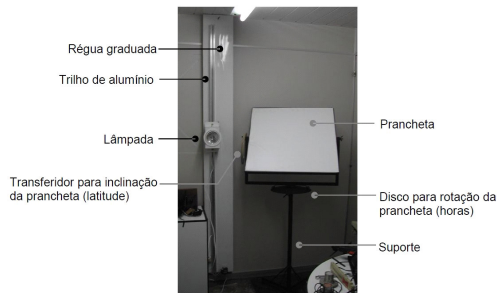


Figura 5. Modelo construído por Vianna et al (2006). Fonte: www.ufpel.edu.br/cic/2006/arquivos/indice_EN



Figura 6. Modelo UFMG. Fonte: <http://www.arquitetura.ufmg.br/labcon>

Vantagens: relativamente fácil de construir; permite significativa distância entre o objeto e a fonte luminosa; custo baixo; não requisita espaço exclusivo.

Desvantagens: pouco intuitivo; inadequado para aulas iniciais sobre insolação por demandar conhecimentos prévios sobre geometria solar.

4.2.3 Heliodon de anéis móveis e mesa fixa

A mesa é fixa e horizontal. O aparelho possui sete anéis, representando diferentes períodos do ano, que podem ser inclinados para se ajustar a latitude. Lâmpadas percorrem os anéis simulando o percurso do sol na cúpula celeste ao longo dos dias (Figura 07).

Vantagens: bastante intuitivo, próprio para aulas introdutórias; admite qualquer latitude e horário; conceitualmente claro; fácil de operar.

Desvantagens: limitado número de dias para simulação; inapropriado para maquetes grandes; de alto custo; pouco apropriado para atividades de pesquisa.



Figura 7. Modelo Heliodon 126, da empresa High Precision Devices, Inc. (2011). Fonte: www.hpd-online.com/Heliodons

4.2.4 Heliodon com 3 arcos móveis e mesa fixa

Seu funcionamento é similar ao do Heliodon de Anéis. Geralmente metálicos, utilizam múltiplas lâmpadas (Figuras 08 e 09). Este modelo é bastante difundido entre instituições de ensino, apresentando pequenas variações de uma instituição para outra. Sua concepção parece estar ligada a publicações consagradas, nas quais explicações dos conceitos relacionados à geometria solar podem induzir aos três arcos (Figura 10). Cita-se obras como “Manual do Conforto Térmico” (FROTA, 2004), “Uso das Cartas Solares: Diretrizes para arquitetos” (BITTENCOURT, 2004), e “Técnica da Orientação dos Edifícios: Insolação, Iluminação e Ventilação” (CARVALHO, 1970).



Figura 8. Modelo utilizado na UTP. Fonte: www.utp.br



Figura 9. Modelo utilizado na UFMG. Fonte: www.arquitetura.ufmg.br/labcon

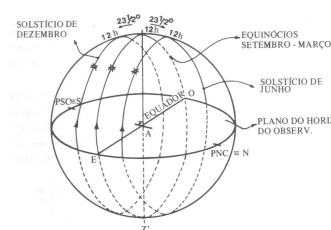


Figura 10. Ilustração das trajetórias aparentes do Sol na latitude 0°. Fonte: Frota, 2004.

Vantagens: os arcos permitem o entendimento das variações dos movimentos aparentes do sol ao longo do ano, principalmente no que diz respeito às alturas solares.

Desvantagens: demanda espaço exclusivo; apresenta limitação em relação a latitudes e dias do ano; alguns modelos são de difícil operação devido ao peso do conjunto de arcos.

4.2.5 Heliodon de arco(s) fixo(s) e mesa inclinável

O ajuste da latitude é feito inclinando-se o tampo. Geralmente, a simulação para diferentes dias estará relacionada com o número de arcos do aparelho. A simulação da variação das horas é obtida deslocando-se uma lâmpada ao longo dos arcos (Figura 11) ou através de múltiplas lâmpadas. Modelo também significativamente disseminado nas escolas de arquitetura.

Uma interessante variação deste heliodon foi projetada e executada no ambiente da USP (SOUZA *et al.*, 2008). Ao invés de três ou mais arcos, possui apenas um arco central fixo (correspondente aos equinócios). Ao longo desse arco desloca-se outro arco menor, transversal ao primeiro. Ao longo desse arco transversal desloca-se a fonte luminosa (Figura 12).



Figura 11. Modelo Heliodon de 3 arcos fixos e mesa móvel.

Fonte: www.unifev.edu.br/graduacao/recursos-laboratorios



Figura 12. Modelo USP. Fonte:

www.arqsustainable.net/educacion_laboratorio

Vantagens: desenho simples e baixo custo.

Desvantagens: didaticamente pouco intuitivo, pois simula os pólos com a mesa na vertical e o equador com a mesa na horizontal, posições opostas aos planos imaginários em cada uma dessas situações; problema semelhante ocorre com a posição dos arcos; pode apresentar problemas quando utiliza "carrinho" para deslocamento da lâmpada (patina, movimento lento, trocas de um arco para outro); apresenta dificuldades para fixação de maquetes; limitação de latitudes, dias simulados e do tamanho das maquetes.

4.2.6 Heliodon com arco central móvel

O conceito geral foi apresentado por Olgyay (2008), com o aparelho denominado Termoheliodon. Seu desenho sofisticado (Figura 13) pode ter contribuído para surgimento de outros modelos. Apresenta, entre outras coisas: contrapeso para equilibrar os arcos e suavizar seu movimento; espelho côncavo na luminária para projeção de luz com raios paralelos; arco transversal ao arco principal para simulação de maior número de dias. Na mesma linha, Szokolay (1996) apresenta um modelo simplificado (Figura 14).

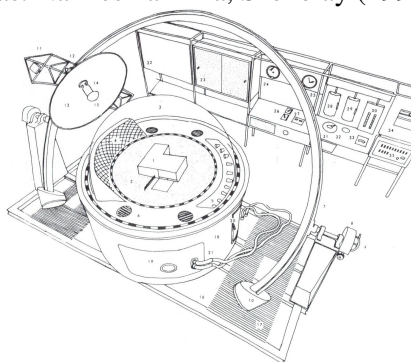


Figura 13. TermoHeliodon (OLGYAY, 2008)

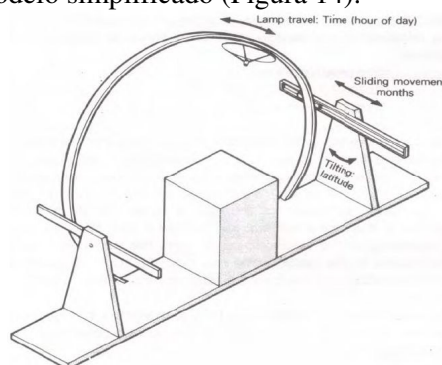


Figura 14. Modelo descrito por Szokolay (2007). Fonte: Szokolay, 2007.

Vantagens: mantém a maquete na horizontal, facilitando o entendimento; simulam todas as latitudes, embora não simulem um dia completo nos pólos.

Desvantagens: mobilidade reduzida; demandam espaço exclusivo; o TermoHeliodon é de alto custo.

4.2.7 Heliodon de haste (ou de braço) Tipo 1

É descrito por Szokolay (1996). O Sol é representado por um espelho montado na extremidade de um braço (Figura 15), focado por um holofote na extremidade inferior deste braço. Isso dobra a distância da lâmpada ao modelo. O ajuste das horas do dia se dá pela oscilação do braço em torno de um eixo horizontal. O ajuste referente aos dias do ano se dá inclinando-se o braço para frente ou para trás. A mesa pode ser movimentada de modo a ajustar a latitude. Souza (2008) atribui o modelo a Koenigsberger.

Vantagens: móvel e de pequenas dimensões, não demanda espaço exclusivo; raios do feixe luminoso quase paralelos.

Desvantagens: inapropriado para aulas introdutórias.

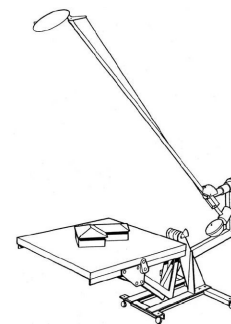


Figura 15. Heliodon de haste (ou braço).

Fonte: Szokolay, 1996.

4.2.8 Heliodon de haste (ou de braço) Tipo 2

Apresentada por Sanchez (s.d.), é uma interessante variante do Heliodon de Haste. A inserção da “régua de dias” (Figura 16), também presente nos modelos propostos por Szokolay (1996), Souza *et al.* (2008) e no Heliodon de Régua (CORBELLA E YANNAS, 2006), facilita o entendimento por parte do aluno. O movimento é suave e controlado sem a necessidade de aparatos elétricos, graças a um contrapeso, semelhante ao do modelo de Olgyay (2008). No entanto, seu potencial didático é afetado por simular apenas latitudes de 0° a 55°, provavelmente em função do desenho do suporte do tampo. Essa limitação compromete o nome comercial dado ao equipamento: “Heliodon Universal”.

Vantagens: móvel; demanda pouco espaço; de fácil operação; movimentos leves e suaves.

Desvantagens: impossibilidade de simular todas as latitudes; aplicação restrita a pequenos modelos.



Figura 16. Heliodon de Haste com “régua de dias” ou calendário. Fonte:

<http://www.heliodon.com.mx>

4.3 Compilação da análise dos modelos de heliódons levantados e definição das características de possível equipamento alternativo

A Tabela 1 apresenta compilação da análise dos modelos de heliódons observados.

Tabela 1 – Compilação da análise dos modelos de heliódons observados na pesquisa

	Intuitivo	Operação	Manutenção	Fabricação	Custo	Fixação de maquetes	Área demandada
1 Heliodon com fonte luminosa fixa	Red	Red	Yellow	Red	Red	Red	Yellow
2 Heliodon de Régua	Red	Red	Yellow	Red	Red	Red	Yellow
3 Heliodon de anéis móveis e mesa fixa	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red	Yellow	Yellow
4 Heliodon com arcos móveis e mesa fixa	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red	Yellow	Yellow
5 Heliodon de arco(s) fixo(s) e mesa inclinável	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red	Yellow	Yellow
6 Heliodon com arco central móvel	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red	Yellow	Yellow
7 Heliodon de haste Tipo 1	Red	Red	Yellow	Red	Red	Red	Yellow
8 Heliodon de haste Tipo 2	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red	Red	Yellow

Legenda

Bom

Intermediário

Ruim

Comparando-se os diferentes aparelhos percebe-se que existem significativas diferenças, destacando-se positivamente (em se tratando dos critérios listados na Tabela 1) os heliódons de haste. No entanto, mesmo estes não atendem a todos os requisitos estabelecidos inicialmente.

Após a análise dos equipamentos levantados resolveu-se que algumas características destes deveriam ser acrescentadas aos requisitos estabelecidos inicialmente para o aparelho a ser especificado. Apresenta-se a seguir as análises que definiram estas características.

Percebeu-se, em um 1º grupo de aparelhos, que estes aliam facilidade de operação, mesas fixas horizontais, fonte de luz móvel e ajustável aos diferentes períodos do ano, aos dias e às diferentes latitudes, facilitando o ensino/aprendizado da geometria solar. Simulam, de certo modo, situação equivalente a vivenciada pelos estudantes no cotidiano, em relação aos objetos de seu entorno e ao sol. Por isso estes aparelhos foram identificados com mais intuitivos. Decidiu-se que essas também seriam características do aparelho a ser utilizado inicialmente na UFFS.

Por outro lado, os aparelhos do 1º grupo caracterizam-se pela pequena distância entre a fonte luminosa e o modelo, dificultando estudos que exigem maior precisão ou envolvam maquetes de grande porte. Cita-se neste grupo os seguintes aparelhos:

- Heliodon de anéis móveis e mesa fixa;
- Heliodon com arco central móvel;
- Heliodon com arcos móveis e mesa fixa;
- Heliodon de haste Tipo 2.

Em um 2º grupo reuniu-se aparelhos que possibilitam maior precisão e estudo de insolação em maquetes de maior porte. Neste grupo encontram-se os seguintes aparelhos: Heliodon com fonte luminosa fixa; e Heliodon de Régua.

Os aparelhos deste 2º grupo exigem um melhor embasamento por parte do aluno. Por isso conclui-se que, sendo possível, o primeiro contato dos estudantes deve acontecer com os aparelhos do 1º grupo. Evidentemente, os dois grupos de aparelhos possuem funções complementares e são importantes.

Descartaram-se os modelos com mecânica mais complexa e aqueles que utilizam mesas inclináveis. Mesmo assim o modelo utilizado pela USP, de desenho simples e eficiente, mantinha atenção, pela redução do conjunto de arcos para apenas um, simplificando o aparelho. A “régua de dias”, utilizada no aparelho, explicita a variação nas posições do sol ao longo do ano. É móvel, de fabricação relativamente simples, de aparente baixo custo e de fácil operação. No entanto, não permite ilustrar a insolação de um dia completo de verão nos pólos e demanda uma área para armazenamento relativamente grande.

O interesse maior recaiu sobre o modelo “Heliodon de haste (ou de braço) Tipo 2”, proposto por Sanchez (s.d.). Pela mobilidade, por não demandar área exclusiva e pela facilidade de operação. No entanto, a limitação apresentada quanto às latitudes reduz sua eficiência didática inicial.

Diante do impasse, decidiu-se pela proposição de um modelo alternativo. Esse caminho implica respeitar o direito autoral sobre os aparelhos existentes. Embora os conceitos gerais sobre a geometria solar sejam de domínio comum, alguns aparelhos possuem características específicas, determinadas pelos autores. Apresenta-se aqui a proposta inicial (mesmo assim completa em seus diversos aspectos).

5 PROJETO DE APARELHO ALTERNATIVO

Para simulação de todos os dias do ano de modo simples, prático e didático, considerou-se que o aparelho deveria possuir a “régua de dias” (Figura 17) ao invés de múltiplos arcos, a exemplo dos modelos apresentados por Souza *et al.* (2008), Olgyay (2008) e Sanchez (s.d.). Na régua são gravados intervalos referentes aos meses e dias de um ano. Constam também marcações relativas aos solstícios e equinócios. Na marcação superior estão os dias, de 21 de dezembro (data aproximada do solstício de verão) até 21 de junho (data aproximada do solstício de inverno). Na marcação inferior constam os dias de 21 de junho até 21 de dezembro. Ao longo dessa régua corre uma lâmpada presa por uma “borboleta”, indicando o dia simulado.

Definiu-se então quais os movimentos que a régua deveria executar, para posteriormente, definir as peças de modo a garantir esses movimentos e compor o aparelho. A régua gira em torno de um eixo, posicionado de acordo com a latitude. Ao girar em torno desse eixo, de Leste para Oeste, simulam-se as diferentes horas do dia, do nascer ao pôr do sol (Figura 18). Para simular as latitudes é necessário que a régua seja capaz de girar também em torno de um eixo perpendicular ao anterior (Figura 19).

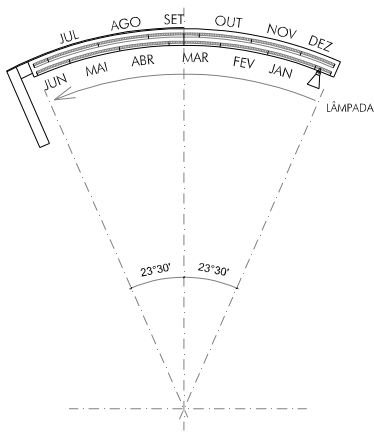


Figura 17. "Régua de dias"

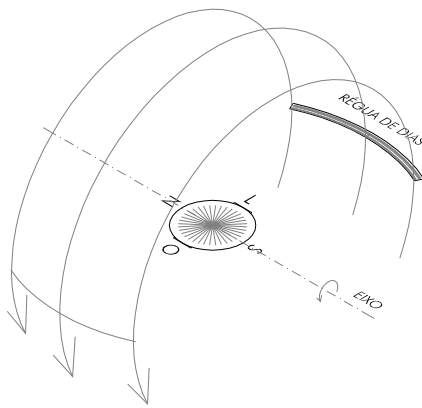


Figura 18. Movimento simulando a variação das horas do dia

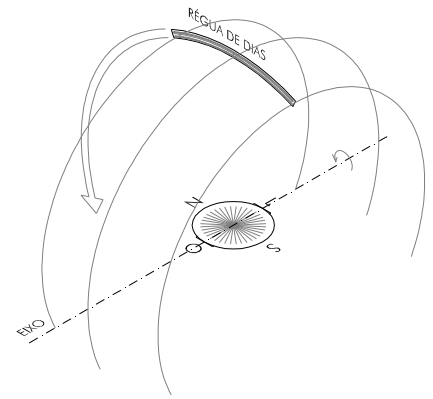


Figura 19. Movimento para regulação da latitude

Ao adotar-se a régua eliminou-se a necessidade de uma articulação específica para o dia do ano, alterado de acordo com a posição da lâmpada na régua. Visando as necessárias articulações, o equipamento foi pensado em três partes (Figura 20):

- a base ou "corpo", dotada de rodízios para deslocamentos e de estrutura resistente para suportar o peso das demais partes. Na parte superior apresenta um tampo para colocação da maquete;
- o "braço", articulado para regulação da latitude e com marcador de horas;
- e o "antebraço", em cuja extremidade está a "régua de dias".

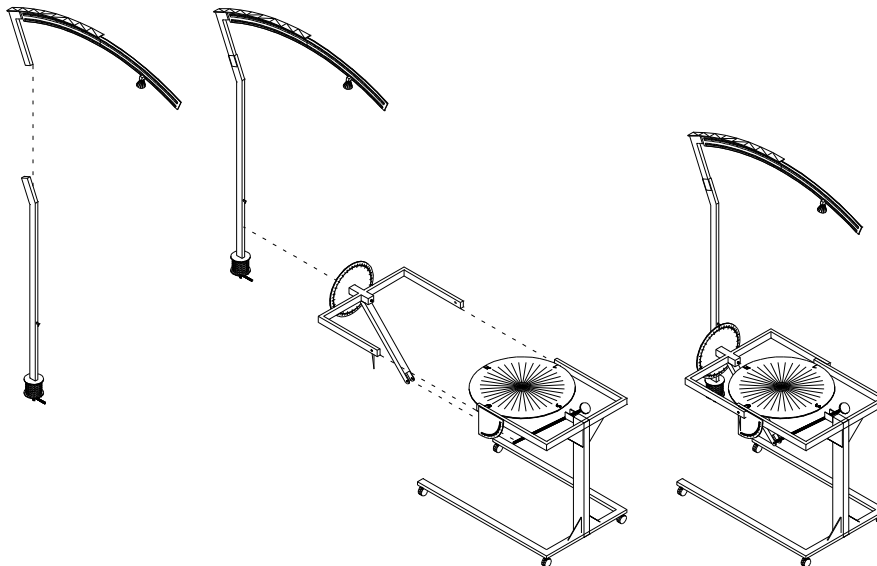


Figura 20. Ilustração das diferentes partes do equipamento proposto.

A Figura 21 ilustra a regulação da latitude.

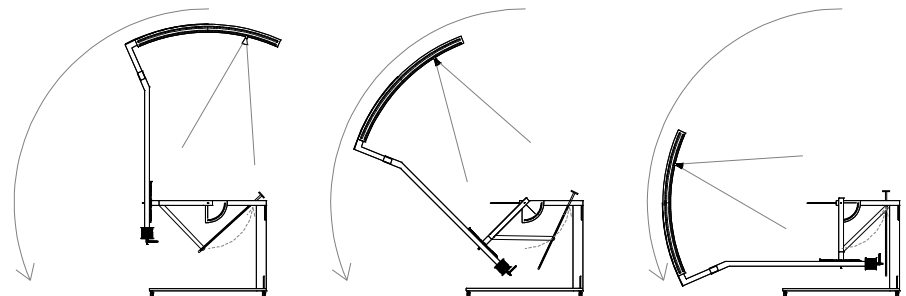


Figura 21. Regulação da latitude. Exemplos para 0°, 45° e 90°.

As Figuras 22, 23 e 24 ilustram a simulação de diferentes horários em diferentes latitudes.

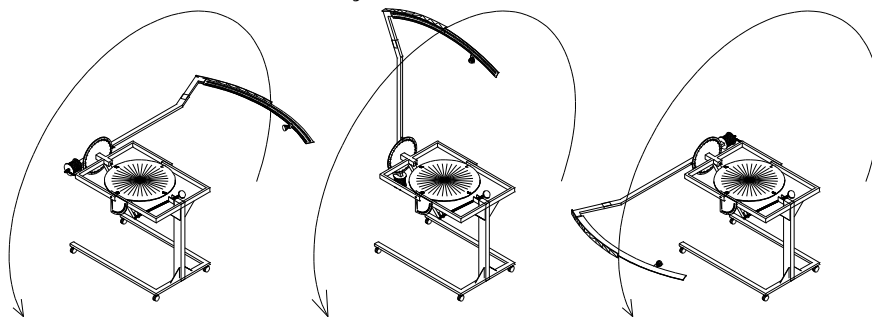


Figura 22. Simulação para diferentes horários na latitude 0°.

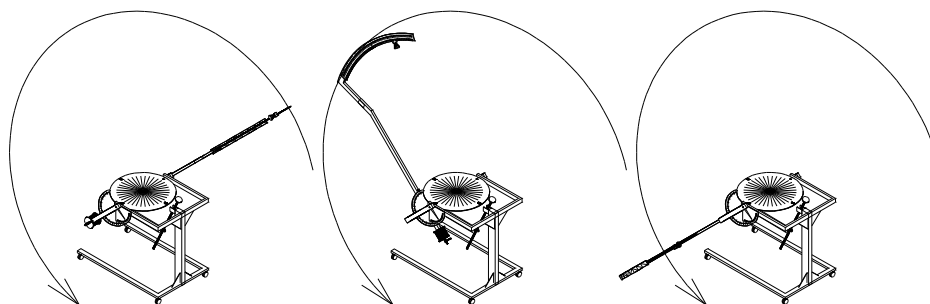


Figura 23. Simulação para diferentes horários na latitude 45°.

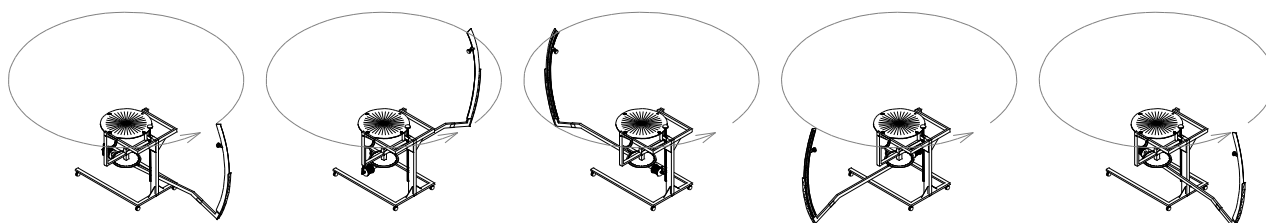


Figura 24. Simulação para diferentes horários na latitude 90°.

O heliodon permite que seja simulado o movimento aparente do sol para maquetes com diâmetro até 0,70 m, aproximadamente. As dimensões do aparelho proposto, com o “antebraço” na posição vertical, são: altura 2,80m; largura 0,75; e profundidade 1,60.

Segue imagem da proposta de heliodon atendendo aos requisitos estabelecidos para o aparelho a ser viabilizado para o Laboratório de Conforto Ambiental da UFFS (Figura 25).

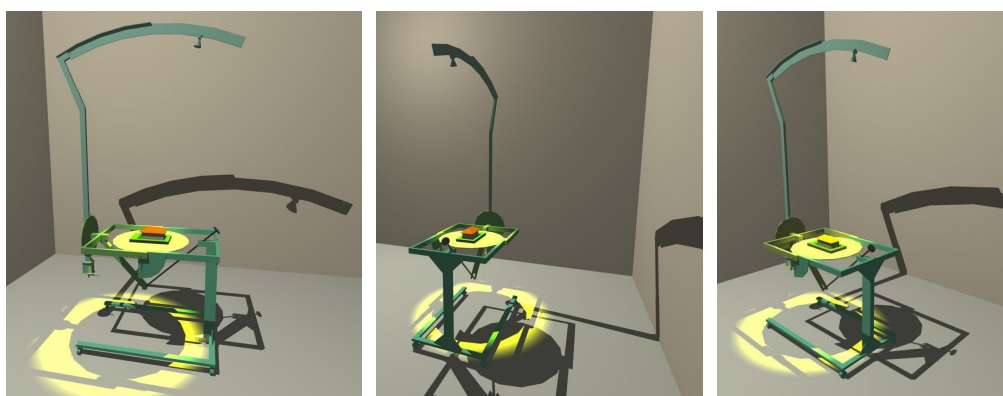


Figura 25. Maquete do modelo final.

A fim de estimar o custo do equipamento solicitou-se orçamento junto a empresa privada, que apresentou proposta no valor de R\$ 6.500,00, considerado acessível diante dos custos estimados para o laboratório a ser implantado. Por outro lado, também considerado competitivo em relação aos valores de heliodons disponíveis comercialmente no Brasil e no exterior.

6 CONCLUSÕES

Conforme observado no início do artigo, o surgimento de ferramentas computacionais de simulação do movimento aparente do sol e de suas relações com o espaço construído e não construído teve um importante papel na consolidação do ensino da Geometria Solar. Porém, equipamentos como o Heliodon ou o relógio solar, são importantes mecanismos de sedimentação do conteúdo da Geometria Solar na Arquitetura.

O aparelho apresentado diferencia-se dos demais por atender os requisitos estabelecidos inicialmente (móvel; não demanda espaço de uso exclusivo; de fácil manuseio e baixa manutenção; baixo custo e fácil fabricação; possibilita simular a insolação em todas as latitudes, dias do ano e horários; intuitivo e acessível ao público leigo de modo a ser utilizado em eventos externos ao meio acadêmico) e os estabelecidos após análise dos aparelhos levantados (mesa fixa horizontal; fonte de luz móvel e ajustável, reproduzindo situação de certo modo equivalente a vivenciada pelos estudantes no cotidiano, em relação aos objetos de seu entorno e ao sol).

Acredita-se que atingiu-se o objetivo da pesquisa, possuindo o heliodon proposto significativo potencial didático para simulação da trajetória solar aparente.

A realização do trabalho também permitiu verificar que aparelhos com mesa fixa e com fonte luminosa móvel, por propiciarem situação de certo modo equivalente a vivenciada pelos estudantes no cotidiano em relação aos objetos de seu entorno e ao sol, são mais intuitivos e de fácil compreensão, adequando-se melhor às aulas iniciais sobre geometria solar. No caso destes aparelhos em específico, recomenda-se modelo similar ao projetado na pesquisa ora apresentada.

Os aparelhos classificados como “Heliodon com fonte luminosa fixa” e “Heliodon de Régua”, por possibilitarem raios luminosos mais paralelos, são mais adequados para estudos que demandem maior precisão. Por esse motivo também são essenciais em laboratórios de conforto ambiental.

A pesquisa também mostrou que ocorre certa confusão quanto ao uso dos termos heliodon e solarscópio. O termo heliodon é mais adequado para indicar aparelhos para simulação da trajetória solar aparente, enquanto solarscópio é melhor empregado para nomear equipamentos para observação do sol.

A dificuldade inicial em conseguir informações sobre diferentes tipos de heliodons e sobre suas aplicações específicas sugere que, especialmente em relação ao desenvolvimento de equipamentos, a troca de informações e de tecnologias entre pesquisadores/docentes da área de conforto térmico pode ser ampliada. Alguns aparelhos, embora similares, parecem ter sido desenvolvidos isoladamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BITTENCOURT, Leonardo. **Uso das cartas solares: diretrizes para arquitetos**. 4ª edição. Maceió: EDUFAL, 2004.
- CARVALHO, Benjamim de A. **Técnica da Orientação dos Edifícios: Insolação, Iluminação e Ventilação**. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1970.
- CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simons. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos – conforto ambiental**. Rio de Janeiro, Revan, 2003.
- CUNHA, Eduardo Grala da (org.). **Elementos de arquitetura de climatização natural**. 2ª edição. Porto Alegre: Masquatro, 2006.
- FROTA, A. B. & SCHIFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico**. 6ª edição. São Paulo: Studio Nobel, 2003.
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 2ª edição. São Paulo: ProLivros, 2004.
- OLGYAY, Victor. **Arquitetura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas**. 1ª edição. 5ª reimpressão. Espanha: Gustavo Gili, 2008.
- SANCHEZ, Julio Ernesto Mendoza. **Heliodon Universal: Simulador Solar**. Tecnológico de Colima. Colima Col. s.d. Disponível em: <<http://www.heliodon.com.mx>>. Acesso em: 15 nov. 2010.
- SOUZA, Marisa Bueno e; DUARTE, Denise; RONCONI, Reginaldo. **Pesquisa, Projeto e Construção de Ferramentas de Ensaio para Modelos Físicos em Conforto Ambiental: Heliodon**. In: NUTAU 2008 -, 2008, São Paulo. O Espaço Sustentável Inovações em Edifícios e Cidades. São Paulo : NUTAU, 2008. Disponível em: <http://www.usp.br/fau/pesquisa/laboratorios/labaut/publicacoes_labaut/nutau2008_heliodon.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2010.
- SZOKOLAY, Steven. **Solar Geometry**. PLEA Notes. Passive and Low Energy Architecture International em associação com University of Queensland: Department of Architecture. 2007. Disponível em: <<http://www.arct.cam.ac.uk/PLEA/Document>>. Acesso em: 10 abr. 2011.
- VIANNA, Humberto Dias; POUHEY, Maria Tereza F. **Montagem e teste de um simulador físico de insolação – heliodon – a ser usado como recurso didático no ensino de conforto térmico para edificações agrícolas**. XV Congresso de Iniciação Científica e VIII Encontro de Pós-Graduação. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2006. Disponível em: <http://www.ufpel.edu.br/cic/2006/arquivos/indice_EN>. Acesso em: 15 fev. 2011.