

## **PROJETO, CONSTRUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE UM HELIODON ALTERNATIVO - ESTUDO EM MAQUETES FÍSICA E VIRTUAL**

**Gustavo Masteguin Carmelossi (1); Adriana Petito de Almeida Silva Castro (2)**

(1) Arquiteto e Urbanista, [gustavocarmelossi\\_arq@hotmail.com](mailto:gustavocarmelossi_arq@hotmail.com)

(2) Profa. Dra., Docente dos Cursos de Arquitetura e Engenharia Civil, [dripasc@uol.com.br](mailto:dripasc@uol.com.br)

Universidade Metodista de Piracicaba, FEAU – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo

Rodovia Luís Ometto Km 24(SP 306), Santa Bárbara d'Oeste-SP, 13451-900, Tel.: (19) 3124 1785

UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas – FEC – Faculdade de Engenharia Civil

R. Saturnino de Brito, 224 - Cidade Universitária, Campinas - SP, 13083-889, Tel.: (19) 3521-2064

### **RESUMO**

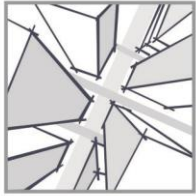
Atualmente, profissionais da construção civil buscam simuladores de luz natural e artificial para desenvolverem bons projetos no que diz respeito ao conforto no interior da edificação, uma vez que necessidades e preocupações com a conservação de energia e conforto ambiental têm se tornado uma exigência permanente no ato de projetar. Aliado a ferramentas computacionais que permitem o entendimento do movimento aparente do Sol, os métodos tradicionais são importantes para a compreensão desse fenômeno, pois utilizam fontes luminosas e modelos reduzidos de edificações. Com isso, pode-se produzir áreas sombreadas e iluminadas, para constatar, de forma empírica, a interação geométrica entre o objeto de estudo e a fonte luminosa. Neste contexto pode-se citar o heliodon, equipamento desenvolvido para simular a trajetória aparente do sol, em quaisquer dias, horários e latitudes da Terra. O objetivo principal deste trabalho foi confeccionar e testar um modelo de equipamento para experimentação projetual, de forma a facilitar o processo de ensino-aprendizagem aos alunos dos cursos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil da Unimep. A pesquisa foi dividida em etapas, considerando o estudo da trajetória aparente do sol, estabelecimento dos requisitos para o aparelho, pesquisa de tipologias existentes e, por fim, elaboração e confecção do heliodon alternativo. Foram desenvolvidas uma maquete física e uma maquete virtual equivalentes, e ambas foram comparadas, visualmente, nos períodos de Equinócios e Solstícios, tanto no software Autodesk Revit Architecture, quanto no heliodon. Por meio dos resultados, notou-se similaridade no aspecto visual das sombras. Dessa forma, foi possível testar a eficiência e autenticidade do heliodon alternativo.

Palavras-chave: geometria solar, heliodon, software, maquete física, maquete virtual.

### **ABSTRACT**

Nowadays, civil construction professionals seek natural and artificial light simulators to develop good projects regarding internal building comfort, since needs and worries about energy preservation and environmental comfort have become a permanent demand in a project. Along with data processing tools, that enable the understanding of the sun's apparent movement, traditional methods are important to understand this phenomenon, since they use luminous sources and reduced models of buildings. Therefore, it is possible to produce shaded and illuminated areas, to state empirically, the geometric interaction between the object of study and the luminous sources. In this context, heliodon is an equipment that simulates the sun's apparent path, in any day, time and latitudes. The purpose of this research was to create and test an equipment model to project experimentation, in order to facilitate the Unimep student's learning process. This essay was divided in steps, considering the study of the sun's apparent trajectory, equipment's requirements, existents typologies research and last, elaboration of alternative heliodon. A physical and virtual model were made, and both were compared visually, during Solstice and Equinox, using Autodesk Revit Architecture and heliodon. With the results, it is possible to state a resemblance in the visual aspects of the shadows. Thus, it was possible to test the alternative heliodon's efficiency and authenticity.

Keywords: Solar geometry, heliodon, software, physical model, virtual model.



## 1. INTRODUÇÃO

A utilização adequada de recursos naturais e energias renováveis em uma edificação auxiliam no conforto térmico e na sensação de bem-estar das pessoas. Com isso, há a economia de energias artificiais e melhora na qualidade de vida para as pessoas que frequentam o ambiente.

Tendo em vista a preocupação atual em aproveitar da maneira mais eficiente os recursos naturais disponíveis, buscar o conhecimento para atingir tais resultados é importante e urgente. Torna-se fundamental conhecer os diferentes percursos do Sol ao longo do dia para as diferentes estações do ano, pois desta maneira pode-se permitir raios solares para o interior dos edifícios; restringir a sua entrada quando necessário; verificar a melhor orientação do projeto e de espaços internos, de acordo com seus usos; projetar melhores aberturas e dispositivos controladores solares, almejando qualidade de vida por meio da iluminação, aquecimento e arrefecimento (FROTA, 2004).

Cada vez mais arquitetos e engenheiros buscam simuladores de luz natural e artificial para desenvolverem bons projetos no que diz respeito ao conforto no interior da edificação, uma vez que necessidades e preocupações com a conservação de energia e conforto ambiental tem se tornado uma exigência permanente no ato de projetar.

Neste contexto pode-se citar o heliodon, equipamento desenvolvido para simular a trajetória aparente do sol, em quaisquer dias, horários e latitudes da Terra. De acordo com Szokolay (2007), o heliodon define-se como “um dispositivo desenvolvido para simular a geometria solar e permitir o estudo de sombreamento através de modelos reduzidos”. Entretanto há também outra forma de realizar esse estudo e isso ocorre por meio da tecnologia, a qual dispõe de softwares que oferecem uma ampla variedade de simulações e análises de energia e luz solar, permitindo assim, buscar uma melhora no desempenho dos edifícios existentes e auxiliando também no desenvolvimento de projetos de novas construções.

Vários pesquisadores realizaram análises sobre modelos de heliodon existentes, podendo-se citar o trabalho de Souza et al. (2008) e Fernandes & Cunha (2011).

Souza et al. (2008) projetaram e executaram um modelo de heliodon com apenas um arco central fixo, correspondente aos equinócios. Ao longo desse arco desloca-se outro arco menor (transversal ao primeiro), onde há a fonte luminosa. Já Fernandes & Cunha (2011) projetaram um modelo simples, prático e didático, com a “régua de dias” ao invés de múltiplos arcos.

Entretanto, o modelo mais difundido entre instituições de ensino superior é o heliodon com três arcos móveis e mesa fixa, utilizando várias lâmpadas. Sua utilização pode estar relacionada a publicações consagradas, onde explicações sobre a geometria solar podem induzir aos três arcos. Pode-se citar o “Uso das Cartas Solares: Diretrizes para Arquitetos” (BITTENCOURT, 2004), “Manual de Conforto Térmico” (FROTA & SCHIFFER, 2001), “Geometria da Insolação” (FROTA, 2004), “Técnica da Orientação de Edifícios: Insolação, Iluminação e Ventilação” (CARVALHO, 1970), dentre outros.

Além do uso do heliodon no contexto da geometria solar, pode-se citar o trabalho de Silva et al. (2010), que construíram um modelo para identificar o movimento aparente do Sol e estimar o intervalo de tempo em que este fica acima do horizonte, em qualquer lugar do planeta e em qualquer época do ano. Para fins didáticos, desenvolveram um cilindro transparente, no qual aparecem as trajetórias do movimento aparente do Sol ao longo do ano.

Frente ao exposto, justifica-se a importância de compreender as relações de fenômenos físicos e geométricos, e entender de fato o funcionamento da trajetória aparente do Sol e seus processos.

O presente trabalho descreve o projeto e construção de um heliodon alternativo, de baixo custo, sendo considerado uma ferramenta que auxilia de forma eficiente no desenvolvimento de projetos ao se considerar o conforto ambiental. A eficiência do equipamento também é demonstrada, por meio de ensaios e comparações em maquete física e virtual.

## 2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é, a partir da confecção de um equipamento alternativo - heliodon móvel -, realizar comparações visuais entre uma mesma maquete física e eletrônica, por meio de análises de insolação e áreas

sombreadas, utilizando-se o software Autodesk Revit Architecture e o modelo reduzido confeccionado, a fim de se testar a eficiência do equipamento.

### 3. MÉTODO

O método deste trabalho está dividido nas seguintes etapas: definição do tipo de heliodon a ser confeccionado; projeto e confecção do heliodon alternativo; definição do modelo de simulação e forma de análise dos resultados.

#### 3.1. Definição do tipo de heliodon a ser confeccionado

A importância desta etapa reside em se conhecer os diversos modelos existentes, bem como seu funcionamento para então se estabelecer os requisitos para a construção. Foram realizadas duas visitas aos laboratórios de conforto ambiental da UNICAMP (Campinas-SP) e da USC (Universidade do Sagrado Coração, em Bauru-SP), além de um levantamento de artigos científicos, livros, páginas eletrônicas de fabricantes, no Brasil e no exterior, com a intenção de se comprovar a utilização de diferentes tipos do equipamento heliodon. Foi possível constatar uma grande quantidade de modelos. A fim de definir a tipologia mais adequada, como uma metodologia de seleção, os equipamentos foram listados segundo características comuns desenvolvidas de acordo com a base teórica, e avaliados por meio de notas 0, 5 e 10 (referentes a ruim, intermediário e ótimo, respectivamente) para os requisitos preestabelecidos: transporte; didática; manuseio; simulações para quaisquer latitudes, dias (solstícios e equinócios) e horários; fixação de maquetes; custo; fabricação; demanda de espaço exclusivo e manutenção.

A relação dos modelos estudados está inserida na Tabela 1, onde os tipos de heliodons são numerados de 1 a 11:

Tabela 1 – Média final dos modelos estudados

| Modelo   | CRITÉRIOS  |          |          |  |                     |       |            |                  |            | Média final |
|--|------------|----------|----------|--|---------------------|-------|------------|------------------|------------|-------------|
|  | Transporte | Didático | Manuseio | Simulações para quaisquer latitudes, dias e horários | Fixação de Maquetes | Custo | Fabricação | Espaço exclusivo | Manutenção |             |
| 1 - com haste - modelo 1   | 10         | 5        | 5        | 5  | 0                   | 5     | 5          | 10               | 5          | 5,55        |
| 2 - com haste - modelo 2   | 10         | 5        | 10       | 5  | 10                  | 5     | 5          | 10               | 5          | 7,22        |
| 3 - com haste - modelo 3   | 10         | 10       | 10       | 10   | 10                  | 0     | 0          | 10               | 0          | 6,66        |
| 4 - com arco central móvel   | 5          | 10       | 10       | 10   | 10                  | 5     | 5          | 0                | 10         | 7,22        |
| 5 - com arco central fixo, base fixa e fonte luminosa móvel            | 5          | 10       | 10       | 10   | 10                  | 10    | 10         | 0                | 5          | 7,77        |
| 6 - de 7 anéis móveis e base fixa                                      | 10         | 10       | 10       | 5  | 10                  | 0     | 0          | 10               | 5          | 6,66        |
| 7 - com 3 arcos móveis e base fixa                                     | 0          | 10       | 0        | 0  | 10                  | 5     | 5          | 0                | 5          | 3,88        |
| 8 - com fonte luminosa fixa  | 0          | 0        | 10       | 0  | 0                   | 5     | 5          | 10               | 5          | 3,88        |
| 9 - de régua (mesa e fonte luminosa móveis)                            | 0          | 0        | 10       | 10   | 0                   | 10    | 10         | 0                | 5          | 5           |
| 10 - com arco (s) fixo (s) e base inclinável - modelo 1                | 10         | 0        | 5        | 5  | 0                   | 10    | 10         | 10               | 5          | 6,11        |
| 11 - com arco (s) fixo (s) e base inclinável - modelo 2 - automatizado | 0          | 0        | 10       | 5  | 0                   | 0     | 0          | 0                | 0          | 1,66        |

Uma média aritmética simples entre os critérios foi realizada para atribuir a média final a cada modelo. A partir da classificação de cada modelo, elaborou-se um gráfico com as médias finais (notas) de cada equipamento (Figura 1), sendo possível analisar o desempenho de cada um e definir quais seriam os atributos fundamentais do heliodon.

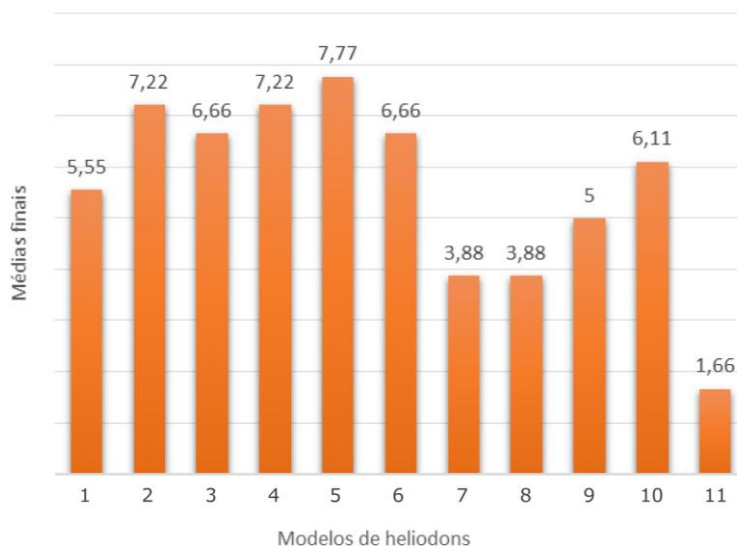


Figura 1 - Avaliação das médias finais dos modelos distintos de heliodons pesquisados.

Analisando-se individualmente os equipamentos, percebeu-se que aqueles que possuíam as melhores notas eram, em sua maioria, heliodons com base fixa, por serem mais intuitivos e didáticos. Porém, estes também não atenderam satisfatoriamente a todos os requisitos preestabelecidos.

Levando-se em consideração os atributos didáticos e a eficiência no que diz respeito a utilização do heliodon no campus da UNIMEP, foi possível projetar um equipamento mais completo, um novo modelo alternativo: heliodon móvel, com um arco maior acoplado e ajustável (inclinável) no eixo horizontal, com base (mesa) fixa e fontes luminosas móveis. Ao longo desse arco, assim como no heliodon executado na USP (Souza et al, 2008), se desloca outro arco menor, transversal ao arco maior, onde encontram as fontes luminosas móveis, capacitando-o a simular nos períodos de solstícios e nos equinócios.

Sabe-se que em alguns modelos, para ajustar as latitudes, inclina-se a base ou então, o (s) arco (s) e/ou os anéis. No caso dessa pesquisa, planejou-se desenvolver um heliodon que fosse móvel (transporte facilitado), com um arco maior acoplado e ajustável (inclinável) no eixo horizontal (ajuste das latitudes), com base fixa e fontes luminosas móveis no arco menor.

Ainda que a concepção geral sobre a geometria da insolação seja de domínio comum, sabe-se que muitos aparelhos possuem características específicas, que são devidamente patenteadas. Dessa forma, este processo exigiu o respeito aos direitos autorais sobre os heliodons existentes, sendo que se buscou o desenvolvimento de um projeto original, com base nas necessidades descritas anteriormente.

Dentre todas as características supracitadas, outra exigência era proporcionar mobilidade do modelo dentro da Universidade; assim, o tamanho máximo do equipamento em posição de transporte foi restrito a uma altura de 2,10m e uma largura de 0,75 m (para adentrar em qualquer sala que possua porta de tamanho padrão). Vale lembrar que para simulações em maquetes maiores, o raio da base deve ser o maior possível.

### 3.2. Projeto e confecção do heliodon alternativo

Em consonância com os requisitos preestabelecidos e necessidades do curso de Arquitetura e Urbanismo da Unimep, foi realizado o projeto do heliodon alternativo (Figuras 2, 3 e 4), sendo desenvolvidas perspectivas 3D do equipamento, a fim de facilitar sua confecção.

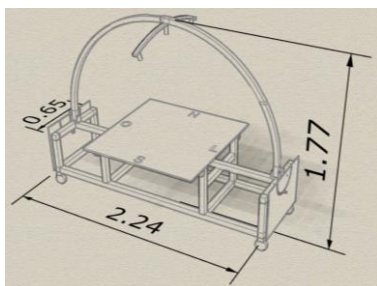


Figura 2 – Perspectiva ilustrativa dimensionada do heliodon alternativo.

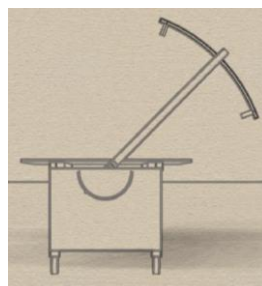


Figura 3 – Exemplo de ajuste para Latitude 45° Norte.



Figura 4 – Perspectiva ilustrativa do heliodon alternativo.

Para a confecção do equipamento, inicialmente foi elaborada uma lista de compra dos materiais necessários e, em seguida dividiu-se a construção do heliodon em sete etapas.

### 3.2.1. Materiais necessários para a confecção do heliodon

- 3 Barras de 6m de metalon 50mm x 50mm x 1.5mm para montagem toda a estrutura do heliodon;
- 1 Barra de 3m de metalon 40mm x 40mm x 2mm para confecção do arco maior;
- 1 Barra de 1.5m de metalon 30mm x 20mm x 1.2mm para confecção do arco menor;
- 2 Mancais de aço maciço 1020 com rolamentos capazes de inclinar o arco maior (produzidos em usinagem de alta precisão);
- 2 Chapas 645mm x 465mm x 2.65mm com corte a plasma para confecção do transferidor;
- 1 Base / mesa removível de 110mm x 110mm de MDF branco 15mm;
- 3 Lanternas Super Cree Led, da marca LDU do Brasil, com 5W de potência;
- 4 Rodízios com capacidade de 50 Kg cada;
- 4 Manípulos para fixação das lanternas e travamento do arco menor;
- 2 Manípulos 1/8 para travamento do arco maior;
- 1 Etiqueta de alumínio para identificação do equipamento e seu processo de desenvolvimento;
- Adesivos.

A Figura 5 ilustra algumas peças componentes do heliodon alternativo.

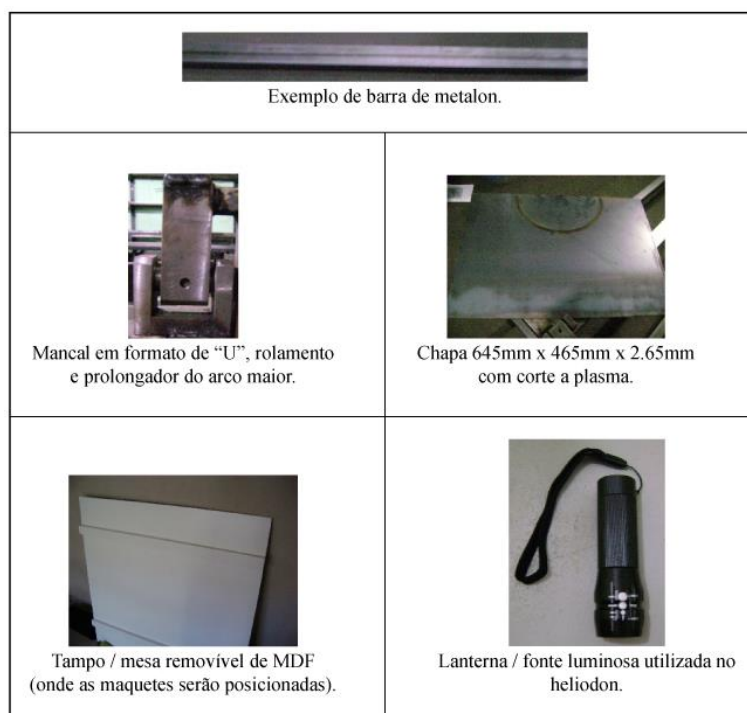


Figura 5 – Peças do heliodon alternativo.

### 3.2.2. Etapas da construção

A construção do heliodon englobou sete etapas, descritas a seguir.

Etapa 1: Produção do arco maior (Figura 6) e do menor (Figura 7), utilizando-se uma máquina calandra, capaz de “dobrar” as barras de metalons.



Figura 6 – Arco maior produzido na máquina calandra.



Figura 7 – Arco menor com a peça que deslizará no arco maior.

O arco menor percorre o arco maior; como sua largura é de 97 cm fez-se necessário criar uma peça superior que permitisse a remoção do arco menor, facilitando e viabilizando sua entrada em qualquer ambiente que contivesse uma porta de largura padrão (80 cm) e simultaneamente, fazer com que o arco menor deslize no maior.

Etapa 2: confecção dos mancais. Devido ao peso do arco maior e a necessidade de incliná-lo de 0° à 180° paralelo ao chão para ajuste das latitudes, foram realizados projetos, cálculos e detalhamentos necessários para confeccionar dois mancais de aço maciço 1020 em uma usinagem de alta precisão, com os rolamentos capazes de inclinar o arco maior (Figura 8).

Etapa 3: projeto de duas chapas metálicas com corte a plasma (alta precisão), para confeccionar dois transferidores de ajuste das angulações das latitudes Norte e Sul (Figura 9).

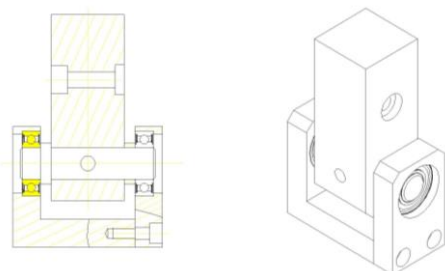


Figura 8 – Projeto dos mancais de alta precisão

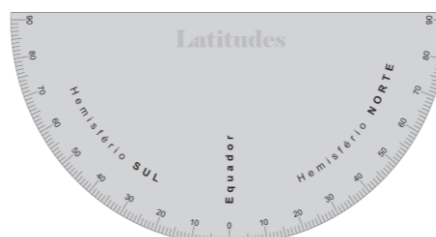


Figura 9 – Exemplo de adesivo das latitudes

Etapa 4: corte e solda das barras de metalons (Figuras 10 e 11).



Figura 10 – Soldagem da estrutura do heliodon.



Figura 11 – Heliodon com sua estrutura finalizada

Etapa 5: desenho técnico e explicativo do tampo / mesa removível de 1.10 m x 1.10 m, confeccionado em MDF branco com a espessura de 15mm, pois além de evidenciar melhor as sombras na superfície branca devido a incidência da fonte luminosa, o MDF é um material mais leve que uma chapa metálica (Figura 12).



Figura 12 – Tampo/mesa removível posicionado sob a estrutura do heliodon.

Etapa 6: aplicação de pintura e colagem de fitas adesivas sob todas as peças que não receberiam tinta (mancais, rodízios e manípulos).

Etapa 7: elaboração dos adesivos, a fim de facilitar o manuseio e compreensão do equipamento heliodon alternativo.

Sabe-se que o Planeta Terra gira em torno de seu próprio eixo (movimento de rotação da Terra) e demora cerca de 24 horas para dar uma volta completa. Portanto,  $360^\circ$  (esfera Planeta Terra), dividido por 24 horas é igual à  $15^\circ$ , sendo assim, a cada  $15^\circ$  que a Terra gira, conta-se uma hora.

Partindo-se do centro do tampo / mesa removível de MDF, com o auxílio de um transferidor de acrílico, esticou-se a cada  $15^\circ$  uma linha em direção ao arco maior. Posteriormente, foram aplicados os adesivos (das 06h00min até às 18h00min), que evidenciam os horários (Figuras 13 e 14).



Figura 13 – Posicionamento da linha a cada  $15^\circ$ .

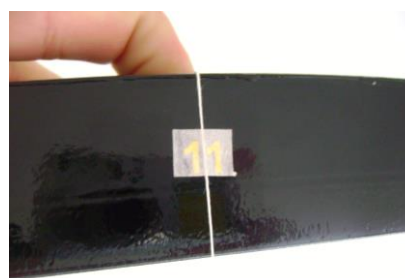


Figura 14 – Colagem dos adesivos com auxílio da linha como referência.

Nas duas chapas metálicas foram colados os adesivos de transferidores, de modo a ajustar as latitudes.

Na parte superior do tampo/mesa removível de MDF, os adesivos têm a função de auxiliar no posicionamento das maquetes físicas (Norte, Sul, Leste e Oeste).

As figuras 15 a 17 ilustram o equipamento finalizado.



Figura 15 – Ajuste do horário (deslocamento do arco menor).



Figura 16 – Simulação na latitude 23° Sul, às 17h.



Figura 17 – Ajuste da latitude.

### 3.3. Definição do modelo de simulação e forma de análise dos resultados

A confecção da maquete física partiu da premissa de adotar um modelo convencional de residência, onde a visualização da simulação dos efeitos de sombra e incidência solar podem ser facilmente percebidos. Portanto, a maquete foi desenvolvida considerando-se um telhado usual de duas águas, com aberturas de dimensões padrão (portas e janelas). Em seguida, desenvolveu-se o mesmo modelo com as mesmas dimensões no software Autodesk Revit Architecture. Com as duas maquetes igualmente delineadas, foi possível aplicar os efeitos solares para se obter os resultados expressos em imagens, onde pôde-se observar o comportamento da luz solar em ambos os modelos. Dessa forma, a apresentação dos resultados se deu de forma clara e fácil, tornando imediata a compreensão do quão eficaz é a comparação visual entre os modelos, físico e virtual. Com isso, evidenciou-se a proximidade com a realidade obtida através da construção do equipamento heliodon.

## 4. REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS E ANÁLISE DE RESULTADOS

Os resultados foram analisados de maneira comparativa, por meio de imagens referentes ao estudo de insolação na maquete física (heliodon construído) e na maquete eletrônica (confeccionada no software Autodesk Revit Architecture), ambas estudadas na latitude 23° Sul.

Foram simulados, para ambas maquetes, estudos da trajetória aparente do Sol nos períodos de Equinócios e Solstícios (de Inverno e Verão), nos seguintes horários: 07h00 min, 09h00 min, 12h00 min, 15h00 min e 17h00 min.

A seguir ilustram-se exemplos das imagens obtidas para os períodos de equinócio, solstício de inverno e solstício de verão, simuladas às 09h00min, tanto no software quanto no equipamento confeccionado (Figuras 18 a 23):

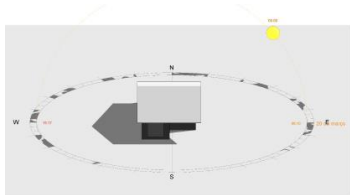


Figura 18 – Simulação para o equinócio, às 9h, no software Revit Architecture.

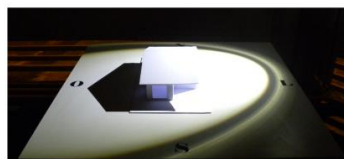


Figura 19 – Simulação para o equinócio, às 9h, no heliodon desenvolvido.

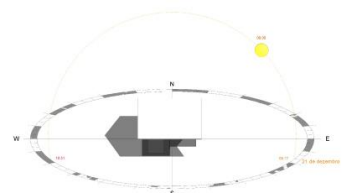


Figura 20 – Simulação para o solstício de inverno, às 9h, no software Revit Architecture.

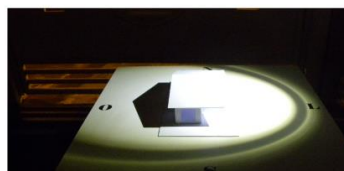


Figura 21 – Simulação para o solstício de inverno, às 9h, no heliodon desenvolvido.

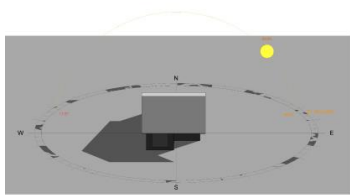


Figura 22 – Simulação para solstício de verão, às 9h, no software Revit Architecture.



Figura 23 – Simulação para o solstício de verão, às 9h, no heliodon desenvolvido.



As Figuras 24 a 29 mostram exemplos das imagens obtidas para os períodos de equinócio, solstício de inverno e solstício de verão, simuladas às 15h00min, tanto no software quanto no heliodon confeccionado.

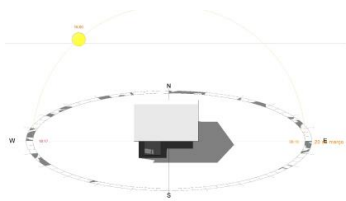


Figura 24 – Simulação para o equinócio, às 15h, no software Revit Architecture.

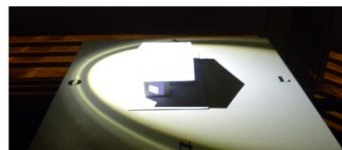


Figura 25 – Simulação para o equinócio, às 15h, no heliodon desenvolvido.

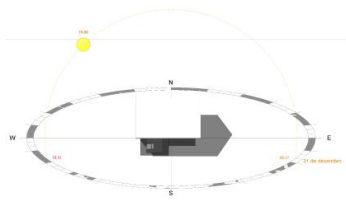


Figura 26 – Simulação para o solstício de inverno, às 15h, no software Revit Architecture.

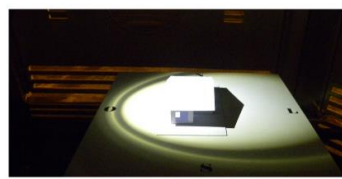


Figura 27 – Simulação para o solstício de inverno, às 15h, no heliodon desenvolvido.

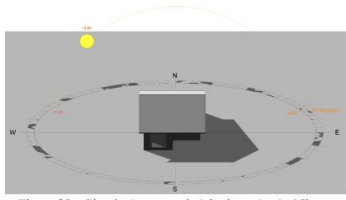


Figura 28 – Simulação para solstício de verão, às 15h, no software Revit Architecture.

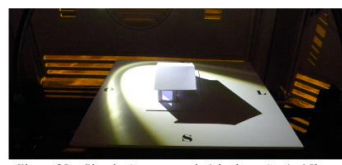


Figura 29 – Simulação para o solstício de verão, às 15h, no heliodon desenvolvido.

Nas análises de insolação, ao se comparar as imagens obtidas pelo software e pelo uso do heliodon, foi possível observar as semelhanças referentes à incidência solar e ao sombreamento, podendo-se evidenciar a eficiência do heliodon construído.

Uma vez que o software apresenta alta precisão e as imagens geradas se mostraram visualmente similares, é notório perceber que o heliodon construído atendeu às necessidades técnicas envolvidas, e que o mesmo pode ser utilizado como ferramenta de estudos de insolação, tanto pelos alunos quanto pelos docentes da universidade.

## 5. CONCLUSÕES

Ao final do processo de construção do equipamento, pôde-se observar que o trabalho alcançou o propósito que se pretendia: a confecção de um equipamento alternativo que atendesse às necessidades de uso para os estudos de insolação. Para tanto, foi necessário testar a compatibilidade dos resultados obtidos com a maquete física para confirmar sua eficiência. A partir daí a comparação do modelo reduzido com o modelo construído no software foi de extrema importância, já que esse último apresenta um nível de precisão elevado. Pelas imagens analisadas, as respostas obtidas foram satisfatórias e podem ratificar sua eficiência.

Assim, por meio do equipamento construído, é possível tornar o estudo da trajetória aparente do Sol mais didático, despertando maior interesse por parte dos discentes, solidificando a importância do estudo da geometria solar e a compreensão imediata dos fenômenos envolvidos.

Acredita-se que a oportunidade da experimentação é complementar ao processo de ensino/aprendizagem, e essas ferramentas são imprescindíveis para que se possa incluir a valorização da descoberta, da tentativa e do erro nos processos educativos, utilizando uma linguagem própria à prática profissional do Arquiteto e Urbanista.

Com o novo equipamento desenvolvido com êxito e em pleno uso, espera-se que sejam realizadas diversas possibilidades de simulações com a utilização de maquetes, desde o primeiro semestre do curso, quando os alunos ainda não dominam graficamente o processo, até o último semestre, visando apresentações mais completas dos Trabalhos Finais de Graduação (TFG), uma vez que entende-se a importância de enxergar de fato os efeitos climáticos e pode-se levá-los em consideração no desenvolvimento dos trabalhos.

Além de beneficiar os alunos da graduação da Unimep, o heliodon é um equipamento que pode aguçar a curiosidade de diversos públicos, desde leigos até profissionais da arquitetura e/ou construção civil, uma vez que a visualização dos efeitos provocados pelo Sol se torna mais interessante e de fácil compreensão, ao se observar esses efeitos por meio da maquete física.

Por fim, pode-se dizer que o heliodon alternativo construído se mostrou eficaz, evidenciando sua aplicabilidade em situações reais, sendo uma forma de gerar análises das condições de insolação na edificação e contribuindo, assim, nas discussões acerca do melhor aproveitamento dos recursos naturais.

Pretende-se, em trabalhos futuros, ampliar as análises do estudo de insolação em maquetes física e eletrônica, abordando cálculos das dimensões das sombras para estimar a equivalência.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BITTENCOURT, L. **Uso das cartas solares: diretrizes para arquitetos**. 4ª edição. Maceió: EDUFAL, 2004.
- CARVALHO, B.A. **Técnica da Orientação dos Edifícios: Insolação, Iluminação e Ventilação**. Ao Livro Técnico, 1970.
- FERNANDES, L. C.; CUNHA, E. G. **Ensino de Geometria Solar: Proposta de Heliodon Alternativo**. In: XI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e VII Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, 2011, Armação de Búzios. Anais: XIENCAC-VIIELACAC, 2011.
- FROTA, A. B.; SCHIFFER, S.R. **Manual de Conforto Térmico**. 5ª edição. São Paulo: Studio Nobel, 2001.
- FROTA, A. B. **Geometria da Insolação**. 1ª edição. São Paulo: Geros, 2004, 289 p.
- SILVA, F. S.; CATELLI, F.; GIOVANNINI, O. **Um Modelo para o Movimento Anual Aparente do Sol a Partir de Uma Perspectiva Geocêntrica**. Cad. Bras. Ens. Fís., v. 27, n. 1: p. 7-25, abr. 2010.
- SOUZA, M.B.; DUARTE, D.; RONCONI, R. **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](http://www.usp.br/fau/pesquisa/laboratorios/labaut/publicacoes_labaut/nutau2008_heliodon.pdf)> Acesso em: 8 ago. 2013.
- SZOKOLAY, S. **Solar Geometry**. PLEA Notes. Passive and Low Energy Architecture International em associação com University of Queensland: Department of Architecture. 2007.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a colaboração dos engenheiros mecânicos Uelton Carmelossi Pedrazzi e Miguel Antônio de Menezes Arancibia, bem como dos técnicos Juliano Facina Pohl Bessão e Vilson Jesus Bessão.