



# Especialização Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos

Fernando Henrique Silveira Elias

CONSTRUÇÃO DE UM HELIODON E DE UMA MAQUETE 4.0 PARA  
SEU USO DIDÁTICO EM SALA DE AULA

Belo Horizonte, MG

2021

Fernando Henrique Silveira Elias

# CONSTRUÇÃO DE UM HELIODON E DE UMA MAQUETE 4.0 PARA SEU USO DIDÁTICO EM SALA DE AULA

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos do Departamento de Tecnologia do Design da Arquitetura e do Urbanismo da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, como exigência para obtenção do título de Especialista

Orientadora: Profa. Roberta Vieira Gonçalves de Souza

Belo Horizonte, MG

2021

## FICHA CATALOGRÁFICA

E42C

Elias, Fernando Henrique Silveira Elias.

Construção de um helidon e de uma maquete 4.0 para seu uso didático em sala de aula [manuscrito] / Fernando Henrique Silveira Elias. – 2022.

30f. : il.

Orientadora: Roberta Vieira Gonçalves de Souza.

Monografia (especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura.

1. Arquitetura e radiação solar. 2. Ciclo solar. 3. Espectro solar. 4. Maquetes. 5. Arquitetura – Estudo e ensino. I. Souza, Roberta Vieira Gonçalves de. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Arquitetura. III. Título.

CDD 720.47

Ficha catalográfica: Elaborada por Andreia Soares Viana – CRB 6/2650.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE ARQUITETURA - EAUFMG  
Rua Paraíba, 697 – Funcionários  
30130-140 – Belo Horizonte – MG - Brasil

Telefone: (31) 3409-8823

FAX (31) 3409-8822


**ATA DA REUNIÃO DA COMISSÃO EXAMINADORA DE TRABALHO DE MONOGRAFIA DO ALUNO *FERNANDO HENRIQUE SILVEIRA ELIAS*, COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DO CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE EM CIDADES, EDIFICAÇÕES E PRODUTOS**


Às 18:00 horas do dia 09 de setembro de 2021, reuniu-se *online*, a Comissão Examinadora composta pela Professora Dra. Roberta Vieira Gonçalves de Souza, Orientadora-Presidente e pela professora Dra. Eleonora Sad de Assis, designadas pela Comissão Coordenadora do Curso para avaliação da monografia intitulada "Construção de um *heliodon* e de uma maquete 4.0 para seu uso didático em sala de aula" de autoria de Fernando Henrique Silveira Elias, como requisito final para obtenção do Certificado de Especialista em Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos. A citada Comissão examinou o trabalho e, por unanimidade, concluiu que a monografia atende às exigências para a obtenção do Certificado de Conclusão do Curso e recomenda que sejam encaminhados 02 (dois) exemplares para a Biblioteca da Escola de Arquitetura.

Nota: 92

Conceito: A

Belo Horizonte, 12 de setembro de 2021.

  
Professora Dra. Roberta Vieira Gonçalves de Souza  
Orientadora-Presidente

  
Profa Dra. Eleonora Sad de Assis

Francislaine, minha querida esposa, que me suportou no desenvolvimento desse trabalho, me apoiando nos momentos mais difíceis e pela sua generosidade e compreensão nos momentos que estive ausente.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais pelo apoio e incentivo aos estudos durante toda minha vida.

Ao meu irmão Marcus, pelo valioso trabalho de marcenaria realizado para construção do heliodon

Ao primo Cristiano, pela ajuda nas atividades de desenho e plano de corte das peças do heliodon.

À professora Roberta, pela orientação nesse trabalho de conclusão da especialização, pelos ensinamentos e paciência nas discussões sobre geometria solar.

“Jamais o sol vê a sombra”  
Leonardo Da Vinci.

## LISTA DAS FIGURAS

Figura 1 - Heliodon de mesa .....	10
Figura 2 - Heliodon de mesa - ilustração de seu funcionamento.....	10
Figura 3 - Incidência solar em função da época do ano.....	12
Figura 4 - Ângulos de sombra gerados por dispositivos de proteção solar.....	13
Figura 5 - Estrutura analítica das fases do projeto .....	15
Figura 6 - Extrato do código para leitura do sensor BH1750.....	16
Figura 7 - Dimensões do Heliodon 4.0 .....	17
Figura 8 - Indicação dos eixos.....	18
Figura 9 - Detalhe heliodon 4.0 .....	19
Figura 10 - Visão geral da maquete .....	20
Figura 11 - Visão superior da maquete .....	21
Figura 12 - Visão do piso interno da maquete.....	22
Figura 13 - Visão da parte inferior do piso da maquete.....	22
Figura 14 - Detalhe do posicionamento dos sensores .....	23
Figura 15 - Visão geral dos sensores.....	23
Figura 16 - Visão da maquete e seus sensores .....	23
Figura 17 - Sensor de luz bh1750 .....	24
Figura 18 - Placa wemos arduino mega.....	24
Figura 19 - Webcam wifi.....	24
Figura 20 - Maquete vista interna.....	25
Figura 21 - Sensor e placa arduino .....	25
Figura 22 - Instalação do sensor na maquete .....	25
Figura 23 - Sensor instalado .....	25
Figura 24 - Vista interna com sensor instalado .....	26
Figura 25 - Detalhe sensor instalado na maquete.....	26
Figura 26 - Conjunto maquete senhores e transmissão.....	26
Figura 27 - Projeção de luz artificial e uso de prateleira de luz .....	26
Figura 28 - Transmissão dados sensores e imagens.....	26
Figura 29 - Relógio solar para latitude 20 graus sul.....	27



## RESUMO

Desde 1932, ano em que o primeiro heliodon foi proposto por Dufton e Beckett, cientistas, arquitetos, urbanistas, professores e discentes têm utilizado esse equipamento para simular o impacto da insolação em projetos de arquitetura. Diversos modelos de heliodon foram desenvolvidos e o presente estudo apresenta uma versão que adota componentes eletrônicos de forma a facilitar sua utilização como ferramenta didática ao mesmo tempo em que tenta superar as principais limitações deste tipo de aparelho como gerar uma sombra de qualidade em função da escala das maquetes e posicionamento da fonte luminosa. Apresenta-se o resultado de um experimento prático no uso do Heliodon desenvolvido no ensino de soluções de proteção solar distintas.

Palavras-chave: *heliodon*, ensino de arquitetura; trajetória aparente do sol

## ABSTRACT

Since 1932, the year the first heliodon was proposed by Dufton and Beckett, scientists, architects, urban planners, teachers and students have used this equipment to simulate the impact of sunlight on architectural projects. Several heliodon models have been developed and the present study presents a version that adopts electronic components in order to facilitate its use as a didactic tool while trying to overcome the main limitations of this type of device, such as generating a quality shadow due to the scale of the models and positioning of the light source. The result of a practical experiment is presented.

Keywords: *heliodon*, teaching architecture; apparent trajectory of the sun

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	10
1.1	GEOMETRIA SOLAR	11
1.2	PROTEÇÃO SOLAR	12
1.3	OBJETIVO GERAL	14
1.4	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
2	MATERIAIS e MÉTODOS	14
2.1	PRIMEIRA FASE	15
2.2	SEGUNDA FASE	15
2.2.1	Maquete	19
2.2.2	Componentes eletrônicos	24
2.2.3	Software	24
2.2.3.1	Programas utilizados	24
2.2.3.2	Transmissão ao vivo	25
2.2.4	Instalação de sensores	25
2.3	TERCEIRA FASE	27
3	RESULTADO	28
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	29
5	REFERÊNCIAS	30

# 1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O Heliodon é um instrumento utilizado para simular o movimento aparente do sol pela abóbada celeste. Há diversos modelos de heliodon que variam de acordo com o tipo da fonte luminosa e sua portabilidade.

A pesquisa bibliográfica procurou identificar as tipologias de heliodons já construídos, suas características principais e limitações de uso. Fernandes e Cunha (2011), por exemplo, citaram 8 tipologias que agrupam os heliodons existentes:

“Heliodon com fonte luminosa fixa, Heliodon de Régua (mesa e fonte luminosa móveis), Heliodon de anéis móveis e mesa fixa, Heliodon com 3 arcos móveis e mesa fixa, Heliodon de arco(s) fixo(s) e mesa inclinável, Heliodon com arco central móvel, Heliodon de haste (ou de braço) Tipo 1, Heliodon de haste (ou de braço) Tipo 2” (FERNANDES; CUNHA, 2011)

O heliodon adotado neste estudo foi baseado no modelo mesa, do professor Norbert Lechner, disponível em <http://www.heliodons.org/table-top-heliodon.html>. Ver figuras 1 e 2.

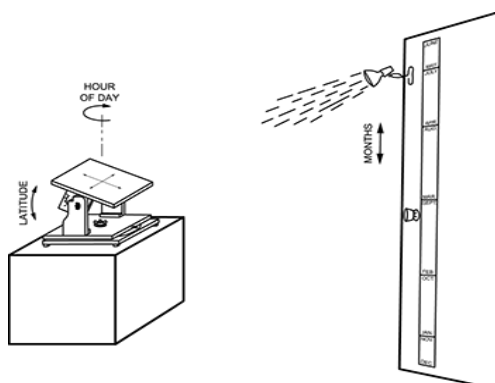


Figura 1 - Heliodon de mesa

Fonte: <http://www.heliodons.org/table-top-heliodon.html>

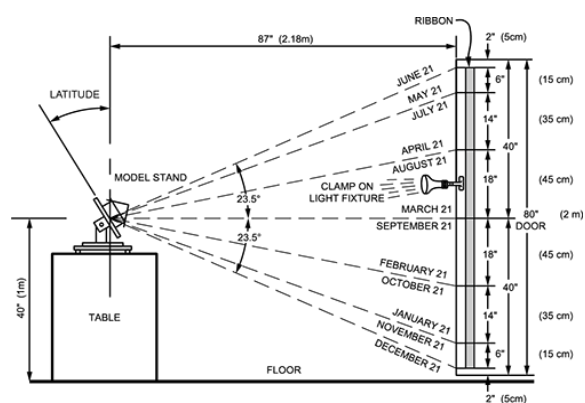


Figura 2 - Heliodon de mesa - ilustração de seu funcionamento

Fonte: <http://www.heliodons.org/table-top-heliodon.html>

Esse tipo de Heliodon tem entre suas vantagens a simplicidade e baixo custo de sua construção. É possível observar um eixo para definição da latitude do plano do observador, além de um eixo para simular a rotação da terra. A passagem das

estações (movimento de translação da terra) é simulado por meio de uma fonte luminosa artificial móvel posicionada fora do Heliodon. Mais adiante será apresentado um modelo com características adicionais com o objetivo de facilitar seu uso como ferramenta pedagógica.

As maquetes têm sido utilizadas na arquitetura para representar em pequena escala desde edificações completas até mesmo um simples cômodo. As maquetes contribuem para simulações, por exemplo do nível de iluminação (quando usadas sob céu real ou sob céu artificial) ou sombreamento de uma edificação, sendo possível planejar a melhor solução arquitetônica de forma preventiva.

## 1.1 GEOMETRIA SOLAR

Um conceito importante para arquitetura, dentre outras áreas, é aquele que trata do movimento da terra em torno de si (rotação) e em torno sol (translação), que causa no observador localizado na superfície terrestre uma ilusão de que o sol gira em torno da terra, também conhecido como movimento aparente do sol. Esses movimentos e seus efeitos de insolação são conhecidos como Geometria Solar. Um conjunto de fatores interfere no nível e na maneira em que a insolação incide sobre uma edificação:

- Posição da terra em relação à elíptica que faz em torno do sol (estações do ano),
- Posição de um ponto da terra em relação ao sol (horário do dia),
- Localização (latitude) na esfera terrestre, ao norte ou ao sul da linha do equador
- Orientação da fachada da edificação, norte, sul, leste, oeste e demais variações.

Frota e Schiffer (2000) explicam a influência do posicionamento do plano do observador na superfície da terra em função dos fatores citados acima, e apresenta uma ilustração ilustrativa da variação da insolação entre as latitudes 0 e 23,5 ao sul.

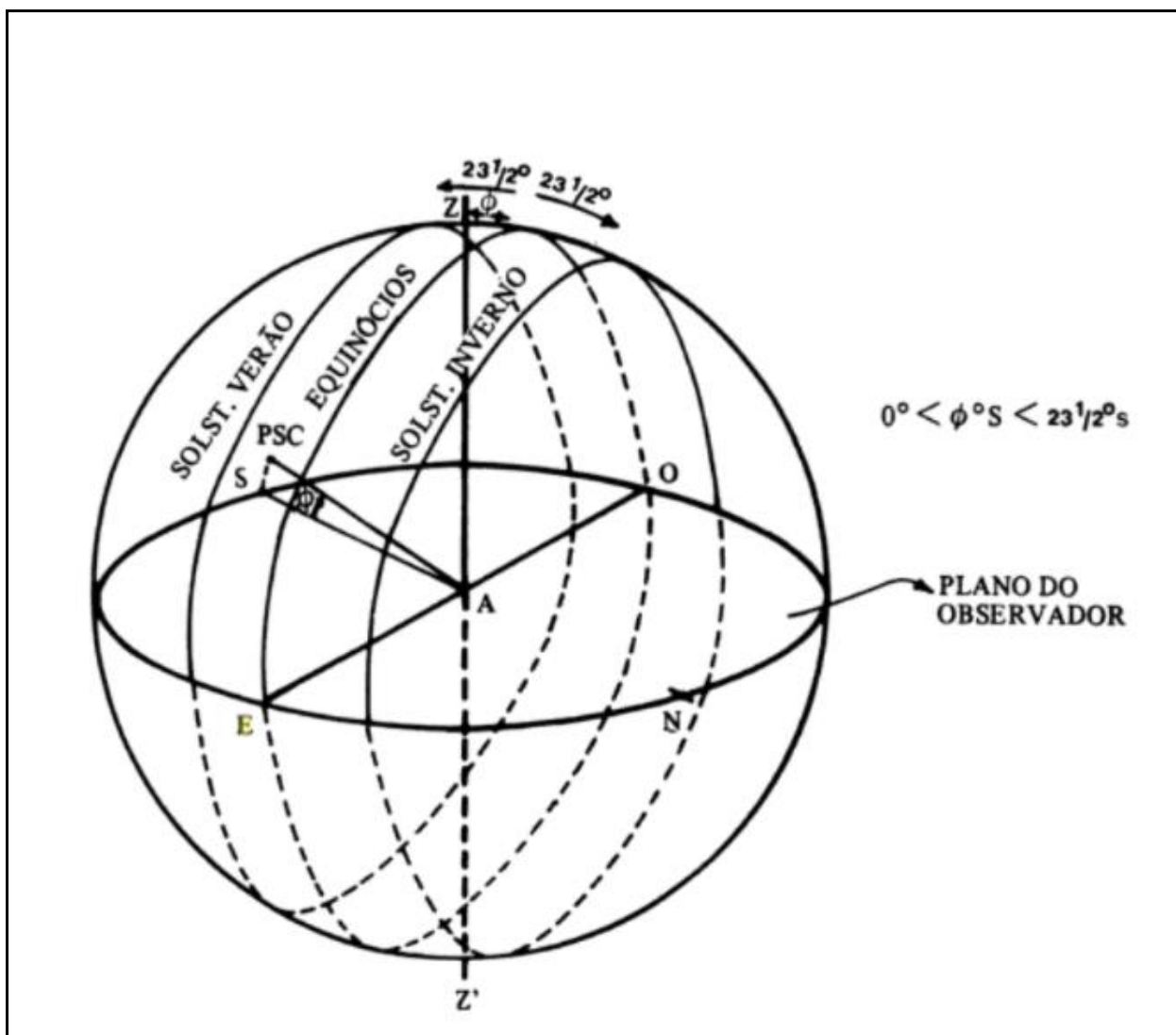


Figura 3 - Incidência solar em função da época do ano.

Fonte: Frota e Schiffer (2000, P. 84)

## 1.2 PROTEÇÃO SOLAR

Existem na arquitetura alguns elementos que tem como principal função a de proteger os ambientes da incidência dos raios do sol. Resumidamente pode-se dizer que protetores solares são placas instaladas na vertical ou horizontal, ou em ambos os sentidos, junto à fachada de uma edificação para bloquear os raios solares. Também são considerados elementos de proteção solar as venezianas, pérgolas, cobogós e toldos. Em seu manual de conforto térmico, Frota e Schiffer (2000) apresentam representações gráficas dos tipos proteção solar, particularmente a forma de definir o ângulo das sombras sobre o ponto de referência.

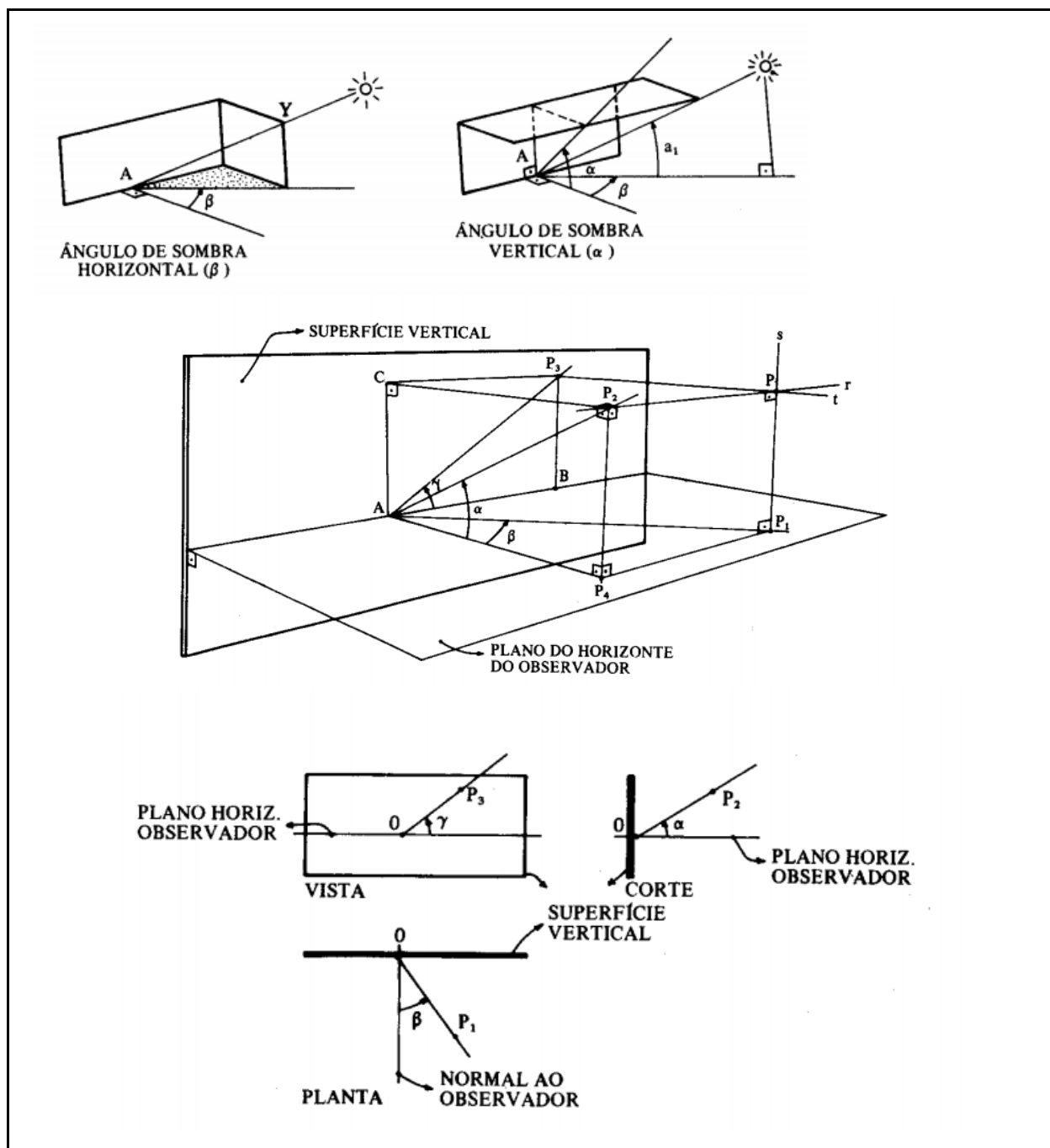


Figura 4 - Ângulos de sombra gerados por dispositivos de proteção solar.

Fonte: Frota e Schiffer (2000).

A importância de se estudar, nesse caso ensinar, noções de geometria solar e as possibilidades de proteção solar reside no fato que os atuais e futuros arquitetos possam projetar edificações mais sustentáveis, por exemplo tirando proveito da insolação para diminuir os gastos com climatização artificial.

### 1.3 OBJETIVO GERAL

Construir um *heliodon* portátil e maquete que adote componentes eletrônicos que facilitem sua utilização, especialmente para fins didáticos, e que tente superar as limitações de versões fixas de grande escala, demonstrando seu uso em experimento prático de ensino de soluções de proteção solar.

### 1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Apresentar o conceito de *heliodon*, sua evolução ao longo do tempo, suas utilidades e limitações;
- Construir um *heliodon* portátil;
- Construir uma maquete com a utilização de componentes eletrônicos
- Demonstrar o uso do *heliodon* e da maquete para o ensino de geometria solar e soluções de proteção solar.

## 2 MATERIAIS e MÉTODOS

Esse trabalho foi realizado em 3 fases, conforme apresentado na Figura 5, sendo a primeira constituída de pesquisa bibliográfica, a segunda tratou da construção de um *heliodon* portátil e uma maquete com componentes eletrônicos e a terceira da demonstração de seu uso didático no ensino de soluções de proteções solares.

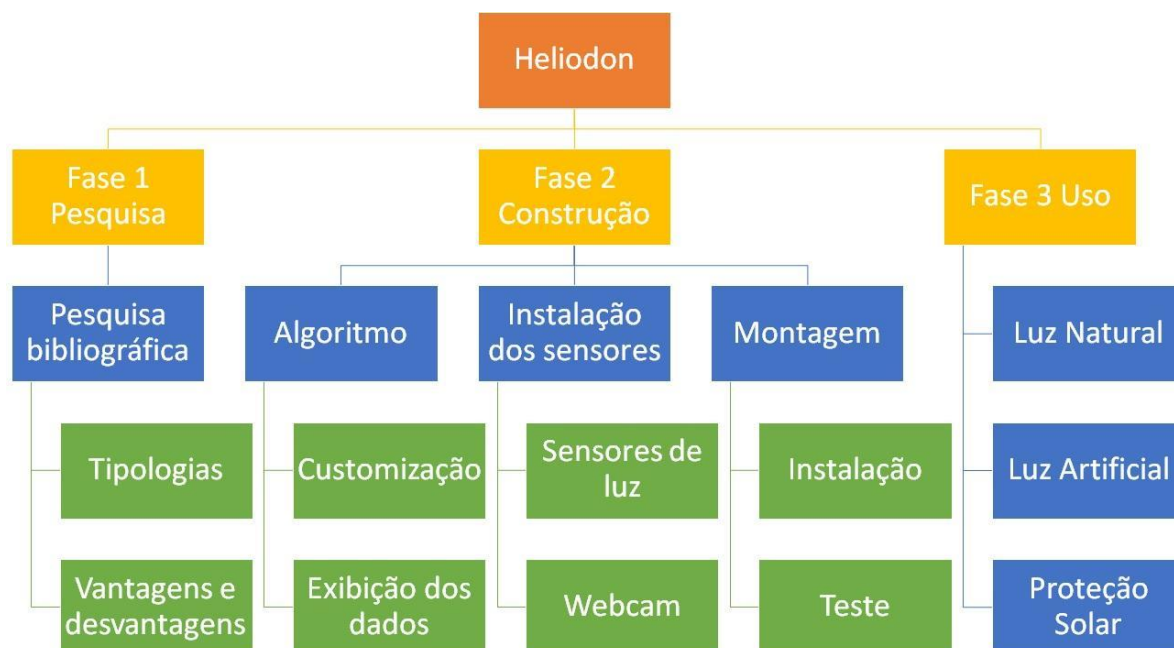


Figura 5 - Estrutura analítica das fases do projeto

## 2.1 PRIMEIRA FASE

Na primeira fase foram feitas pesquisas bibliográficas.

Na pesquisa bibliográfica o foco foi levantar o que é um *heliodon*, para que ele é usado e quais as dificuldades em utilizá-lo. Além disso, a pesquisa buscou identificar como o *heliodon* pode contribuir para o ensino de conteúdos relacionados à sustentabilidade das edificações.

## 2.2 SEGUNDA FASE

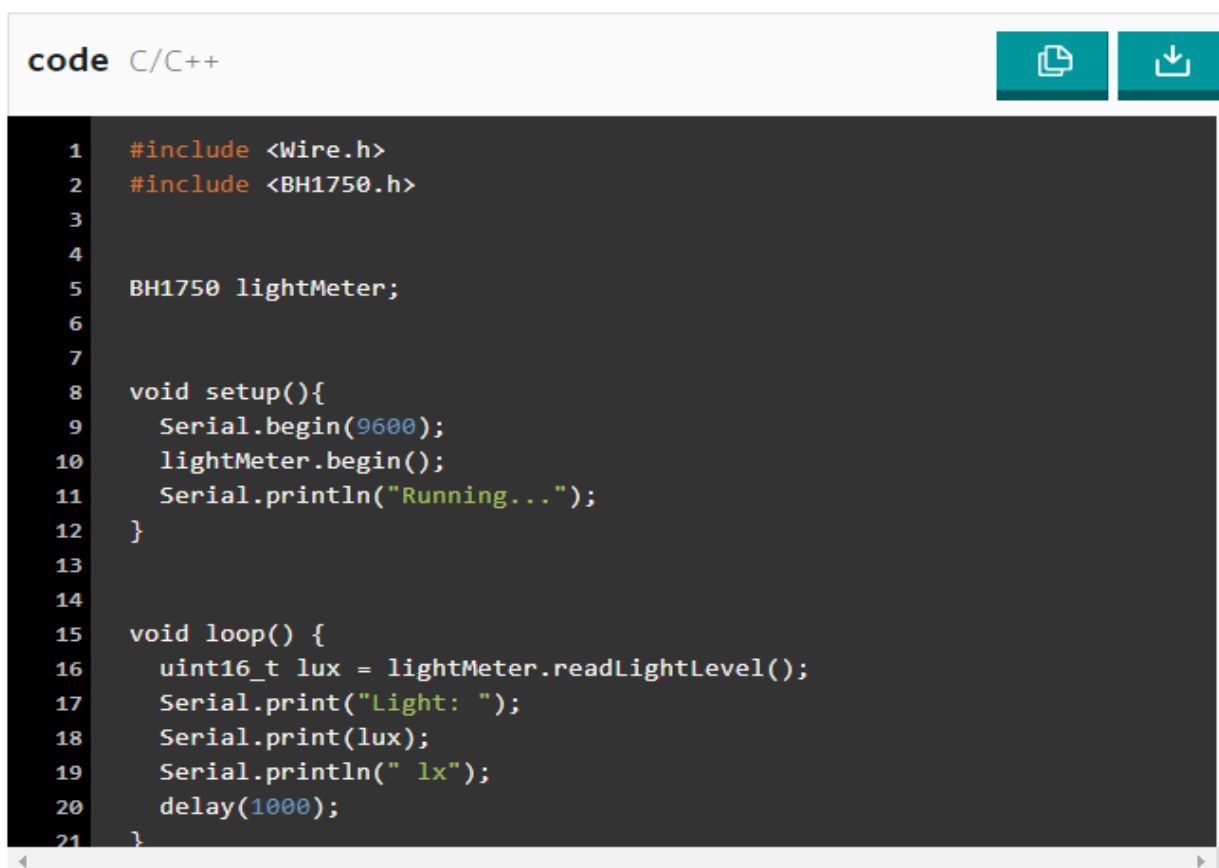
Para esse estudo, foi utilizada uma maquete de autoria própria para demonstrar conceitos de geometria solar e simular o uso de soluções de proteção solar em um cômodo.

A construção do heliodon portátil e maquete ocorreu em 4 etapas.

A primeira etapa tratou da construção do algoritmo dentro do ambiente Arduino, que possui a lógica de tratamento dos dados de entrada dos sensores e sua exibição na tela do computador.



O algoritmo foi estruturado para tratar informações de 1 sensor de iluminação, podendo ser escalado para 2 ou mais sensores. O modelo de sensor utilizado no projeto foi do tipo BH1750 e sua respectiva biblioteca dentro do Arduino ([www.arduino.com](http://www.arduino.com)). Em programação de computadores, chamamos de biblioteca um conjunto de instruções já desenvolvidas e que poderão ser utilizadas pelo programador evitando assim o retrabalho de desenvolvimento (ver figura 6).



```
code C/C++
1  #include <Wire.h>
2  #include <BH1750.h>
3
4
5  BH1750 lightMeter;
6
7
8  void setup(){
9      Serial.begin(9600);
10     lightMeter.begin();
11     Serial.println("Running...");
12 }
13
14
15 void loop() {
16     uint16_t lux = lightMeter.readLightLevel();
17     Serial.print("Light: ");
18     Serial.print(lux);
19     Serial.println(" lx");
20     delay(1000);
21 }
```

Figura 6 - Extrato do código para leitura do sensor BH1750

Fonte: [https://create.arduino.cc/projecthub/afsh\\_ad/measure-lux-with-arduino-using-bh1750-91dad1?ref=search&ref\\_id=bh1750&offset=2](https://create.arduino.cc/projecthub/afsh_ad/measure-lux-with-arduino-using-bh1750-91dad1?ref=search&ref_id=bh1750&offset=2)

A segunda etapa tratou da construção do *Heliodon* e da maquete.

O *Heliodon* é formado por um conjunto de bases giratórias, conforme descrito abaixo, e como dito anteriormente, ele apresenta uma evolução em comparação ao modelo do tipo mesa pois teve incorporado uma base giratória para simular as estações do ano. Dessa forma, dentre outras vantagens, pode-se manter a fonte de luz artificial fixa.

Este *Heliodon* foi desenvolvido com as seguintes características complementares (ver figura 7):

1. Construído com MDF natural de 6 mm de espessura
2. Sua base 1 possui dimensão de 860 por 1.200 mm e sustenta a Base 2
3. A Base 2 possui dimensão de 840 por 840 mm. Essa base é responsável por executar movimentos que simulam a passagem das estações do ano. Além disso, essa Base também sustenta uma circunferência de 800 mm de diâmetro que permite simular a rotação da terra.
4. A Base 3, que é sustentada pela base 2, possui 680 por 680 mm e é responsável pelo ajuste de latitude do Plano do Observador. Ainda na Base 3 há outra circunferência de 650 mm que permite ajustar a orientação da fachada da edificação.

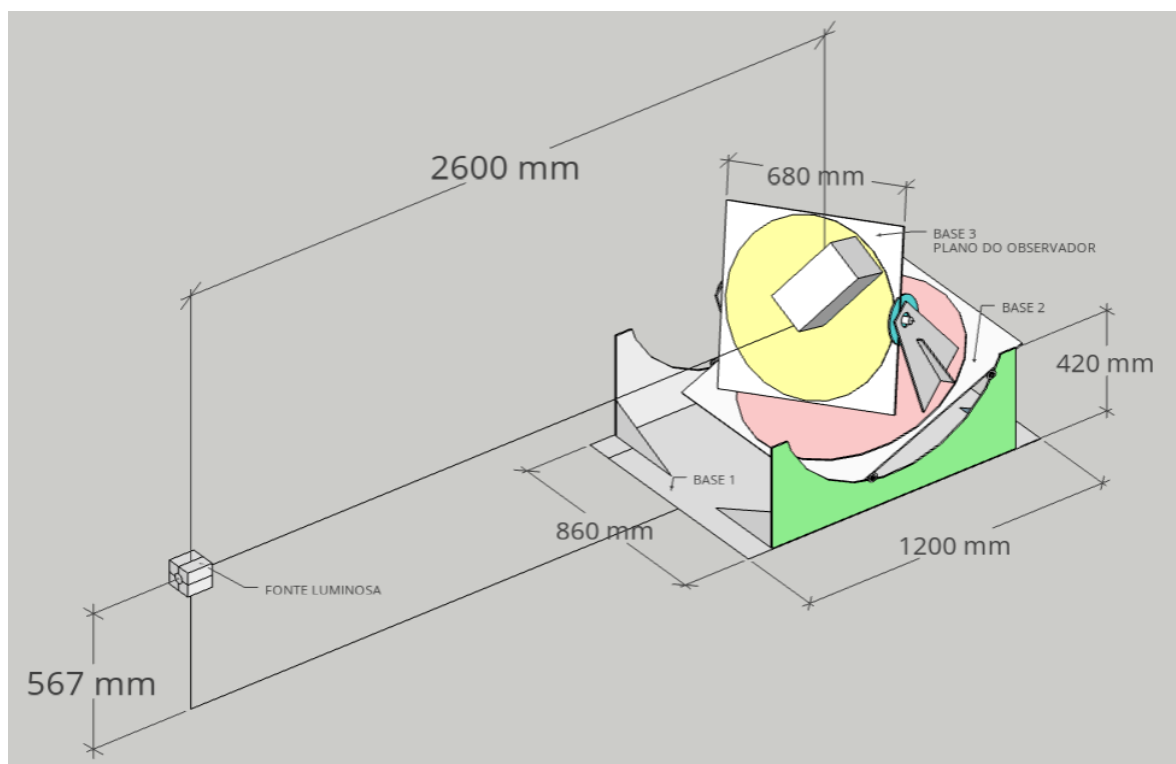


Figura 7 - Dimensões do Heliodon 4.0

Para facilitar a identificação dos eixos presentes no Heliodon, a Figura 8 apresenta a localização de cada um deles:

- Eixo 1 - representa a rotação da terra, ou seja, a passagem das horas. Nota-se que o giro desse eixo faz girar consigo a Base 3.
- Eixo 2 - responsável pelo posicionamento do Plano do Observador (base 3) na latitude desejada. Esse eixo permite um giro de 360 graus, fazendo com que seja possível o posicionamento em qualquer latitude.

- Eixo 3 - a partir deste eixo é possível simular a passagem das estações. Nota-se que esse giro faz com que as Bases 2 e 3 acompanhem o movimento. Em outras palavras, este eixo simula a variação do ângulo do eixo de rotação da terra frente ao plano de incidência dos raios solares. Aqui há uma limitação de 30 graus em cada sentido.
- Eixo 4 - esse eixo, sustentado pela Base 3, permite alterar a orientação da fachada entre norte, sul, leste e oeste e todas as demais variações de zero a 360 graus.

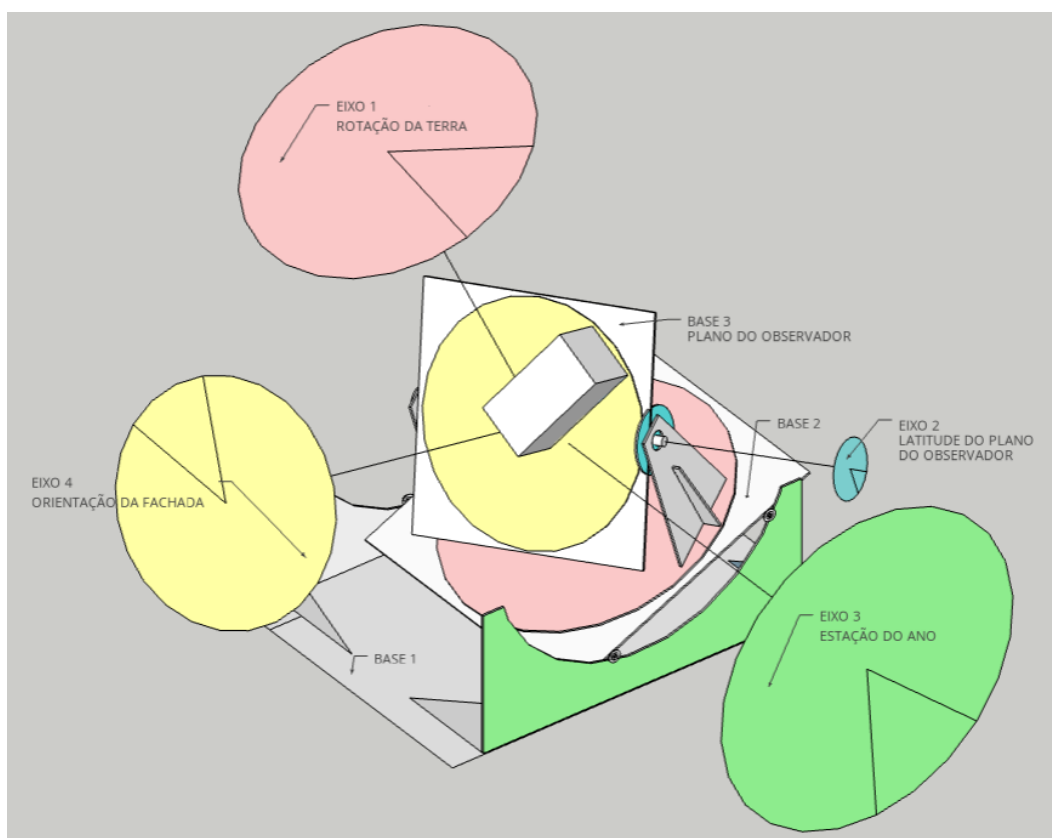


Figura 8 - Indicação dos eixos

A figura 9 apresenta uma imagem do heliodon construído a partir das características descritas anteriormente.



*Figura 9 - Detalhe heliodon 4.0*

### 2.2.1 Maquete

Para esse trabalho foi construída uma maquete feita de madeira MDF (ver figura 10) que simula um cômodo de 3 metros de largura, 6 metros de comprimento e 3 metros de pé direito, numa proporção de 1:20.

- Paredes e teto com com MDF de 6mm de espessura. Piso com duas placas de MDF de 3mm de espessura cada.
- A parte interna da maquete tem como dimensão: 300 x 150 x 150 mm na escala de 1:50 (6,0 x 3,0 x 3,0 m).
- Uma das paredes possui uma janela de 75 x 50 mm (1,5 x 1,0 m), a 50mm (1 m) de altura do piso e equidistante entre as paredes.

- Abaixo da janela, a uma altura de 15 mm (30 cm) do piso, há uma abertura circular de 10 mm de raio, também equidistante entre as paredes. Essa abertura abriga uma *webcam* sem fio.
- As placas de MDF se encaixam por meio de “dentes”.

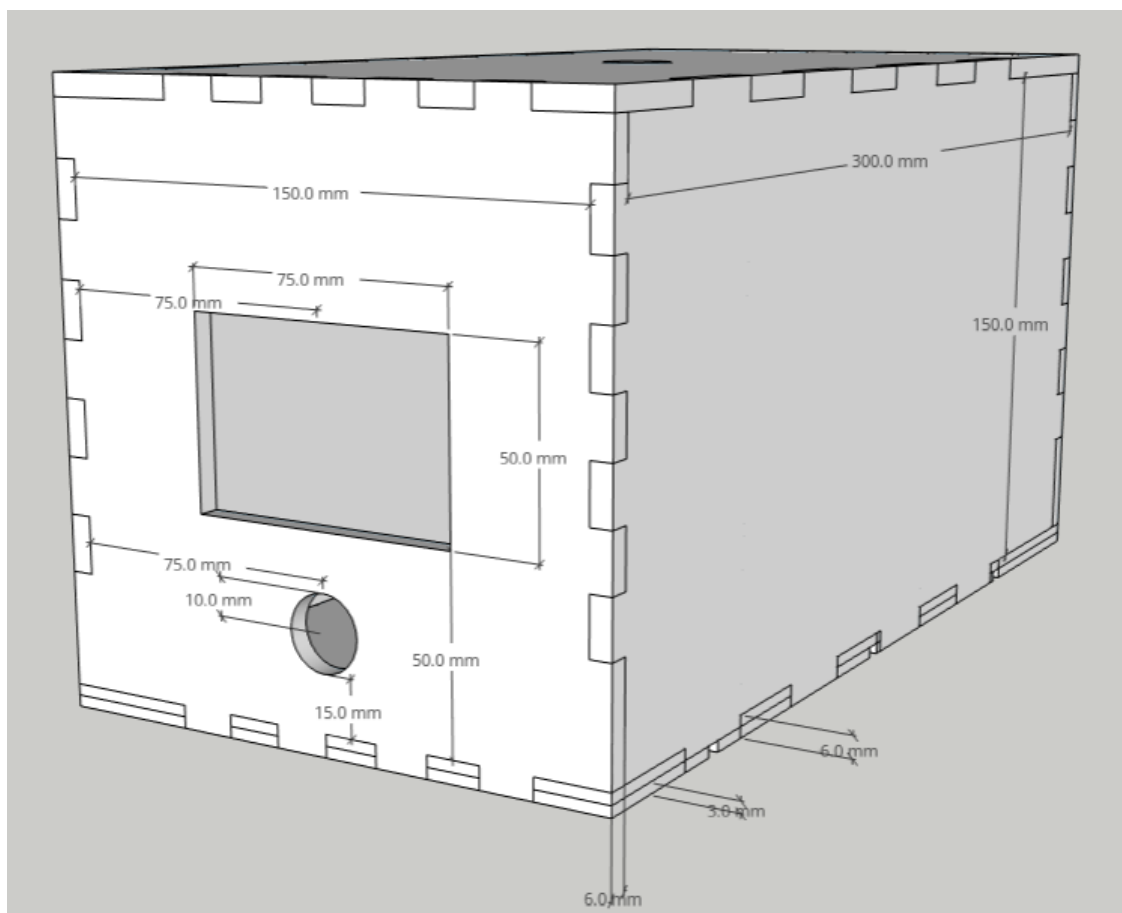


Figura 10 - Visão geral da maquete

- No teto, uma abertura de 10 mm de raio ao centro. Essa abertura abriga uma *webcam* sem fio (ver Figura 11).

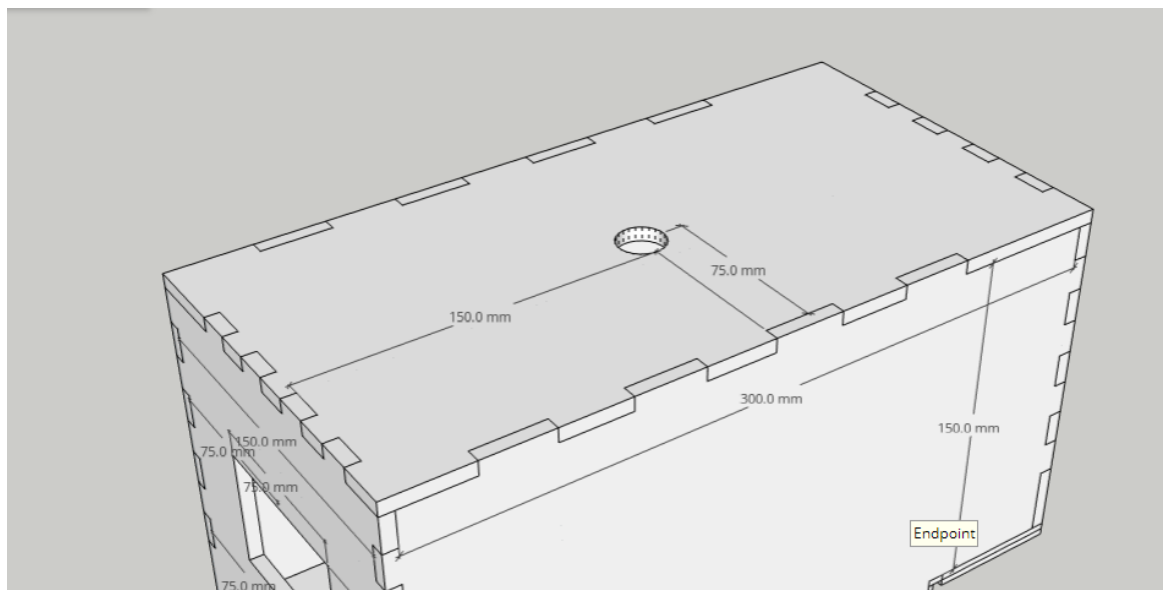


Figura 11 - Visão superior da maquete

- O piso possui duas placas de MDF de 3 mm de espessura cada. A primeira placa possui 9 aberturas, de 5x5 mm, distribuídas de forma equidistante. Essas aberturas receberam fios de cada um dos 9 sensores de iluminação. Além disso, há 9 furos de 3 x 3 mm para receber os pinos que sustentam os sensores de iluminação (Ver figura 12).

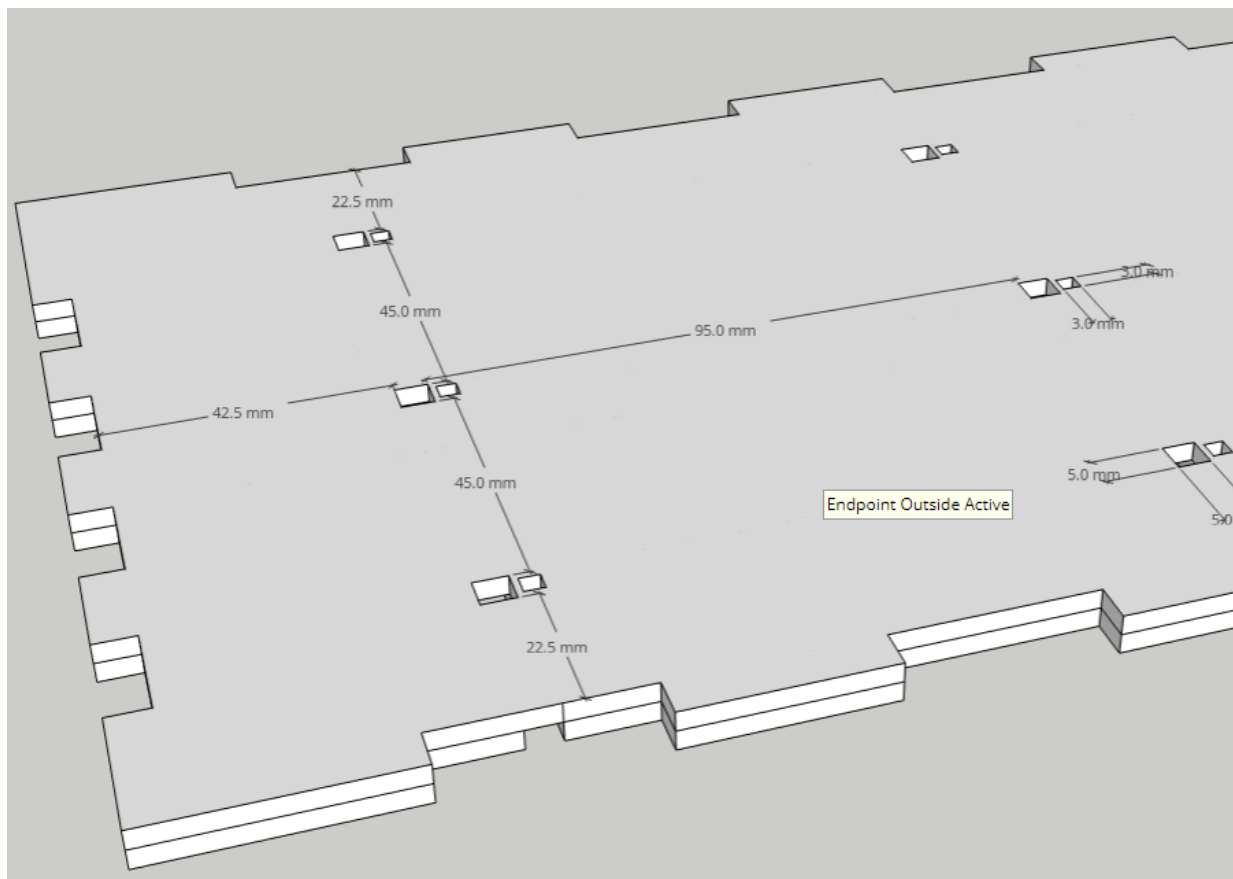


Figura 12 - Visão do piso interno da maquete

- A segunda placa do piso possui 3 aberturas de 5 mm de uma extremidade à outra, acompanhando as aberturas da primeira placa. Essas aberturas irão receber os fios dos sensores de iluminação, em conjuntos de 3 (ver figura 13).

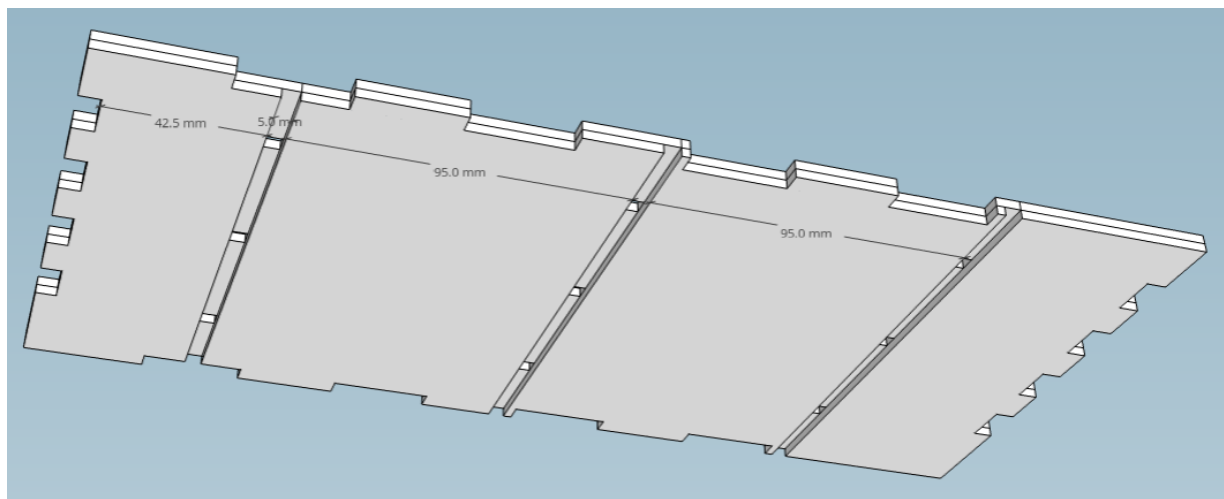


Figura 13 - Visão da parte inferior do piso da maquete

- Nove sensores de iluminação (Sensor de Luminosidade GY-302 BH1750), podem ser posicionados nos furos, a 37,5 mm (75 cm) de altura do piso (Figuras 14 a 15).
- Para demonstração do seu uso didático, são instalados dois sensores.

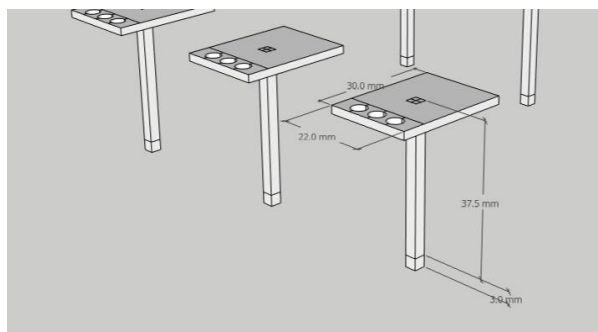


Figura 14 - Detalhe do posicionamento dos sensores

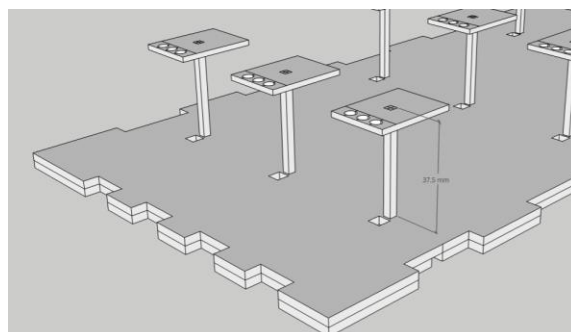


Figura 15 - Visão geral dos sensores

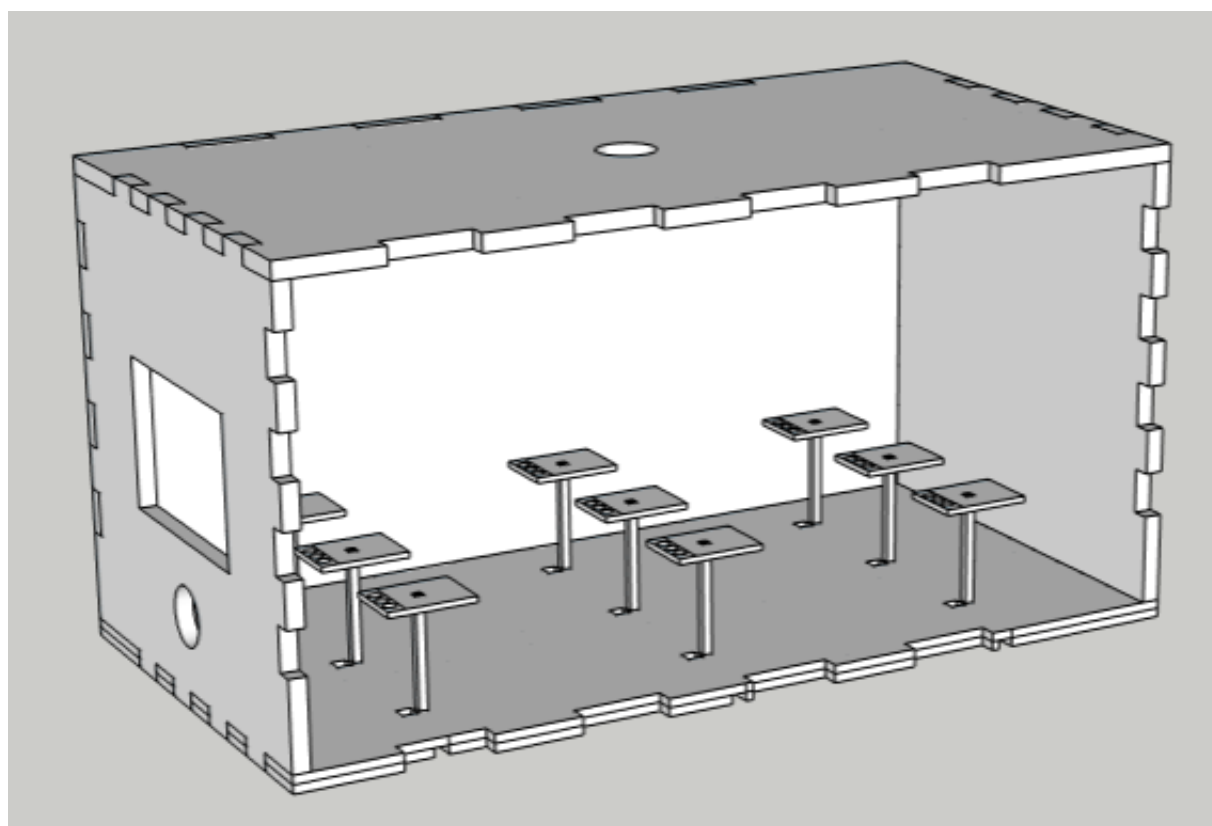


Figura 16 - Visão da maquete e seus sensores



## 2.2.2 Componentes eletrônicos

- Sensor de iluminação - 9 unidades distribuídos de forma equidistante dentro da maquete a uma altura proporcional a 75 cm de altura (Figura 17).
- Webcam sem fio - 2 unidades, sendo uma fora do heliodon, outra do lado de fora da maquete mas fixada no Plano Latitude e duas dentro da maquete (Figura 19).
- Placa arduino sem fio (para enviar dados dos sensores para o computador/Nuvem (Figura 18)).



Figura 17 - Sensor de luz bh1750

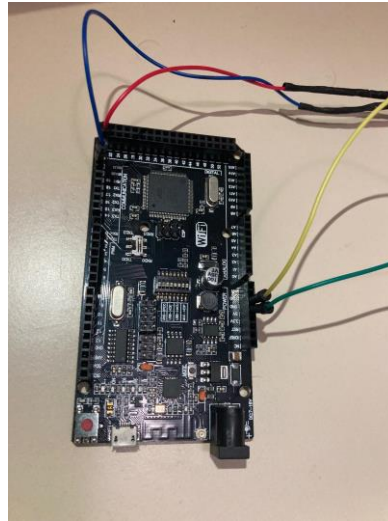


Figura 18 - Placa wemos arduino mega



Figura 19 - Webcam wifi

## 2.2.3 Software

### 2.2.3.1 Programas utilizados

- Arduino IDE - software de programação da plataforma Arduino
- Framework do sensor BH1750, para leitura e escrita dos dados.
- Google Meet para exibição dos dados dos sensores e imagens.

### 2.2.3.2 Transmissão ao vivo

- Exibir em tela, ao vivo, os dados dos sensores e imagens das webcams. Essa exibição, nessa etapa de prova de conceito, foi feita por meio de compartilhamento na Plataforma Google Meet.

### 2.2.4 Instalação de sensores

A instalação dos sensores na maquete constituiu a terceira etapa. Cada sensor foi posicionado em uma das 9 posições equidistantes dentro da maquete a uma altura equivalente a 75 cm. Esses sensores foram então conectados em uma placa Arduino por meio do protocolo de comunicação I2C, que permite a comunicação de vários sensores em um mesmo barramento elétrico. Além disso, foram instaladas 2 câmeras sem fio, uma no teto da maquete, outra no plano da maquete mas do lado de fora dela. Essas câmeras irão transmitir para o computador a visão de dentro e de fora da maquete – ver Figuras de 20 a 25..

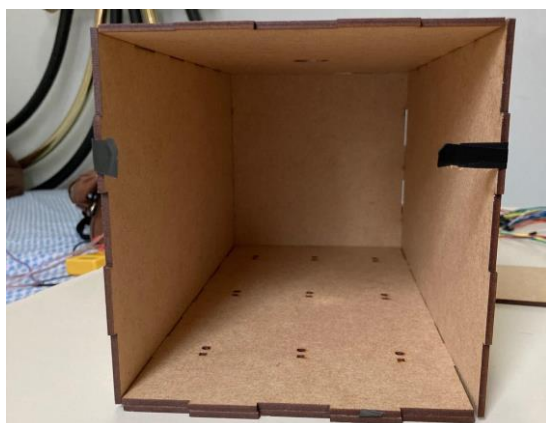


Figura 20 - Maquete vista interna

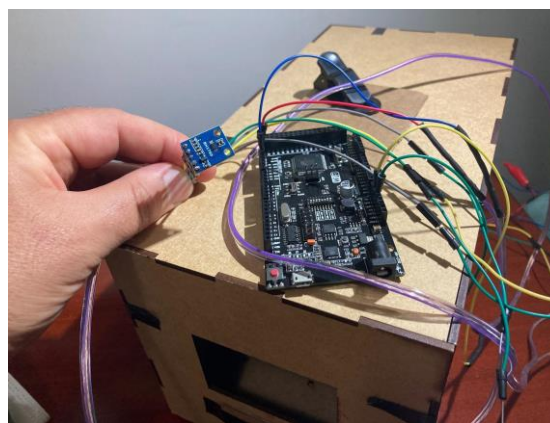


Figura 21 - Sensor e placa arduino

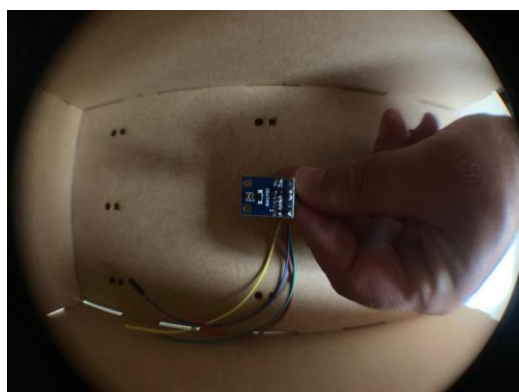


Figura 22 - Instalação do sensor na maquete

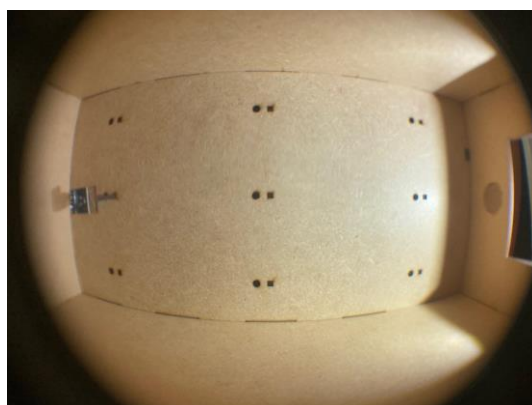


Figura 23 - Sensor instalado



Figura 24 - Vista interna com sensor instalado

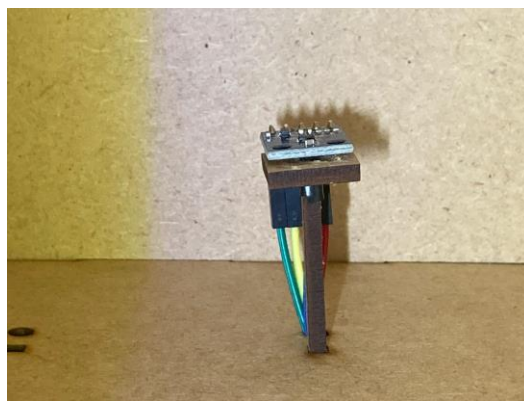


Figura 25 - Detalhe sensor instalado na maquete

Por fim, na quarta etapa a maquete foi posicionada no Heliodon. Esse processo é importante para dar mobilidade à maquete e permitir a simulação do movimento aparente do sol.

Imagens da maquete e do sistema de controle podem ser vistas nas figuras de 26 a 28.

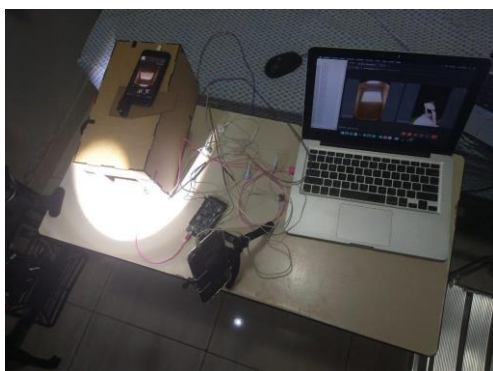


Figura 26 - Conjunto maquete senhores e transmissão

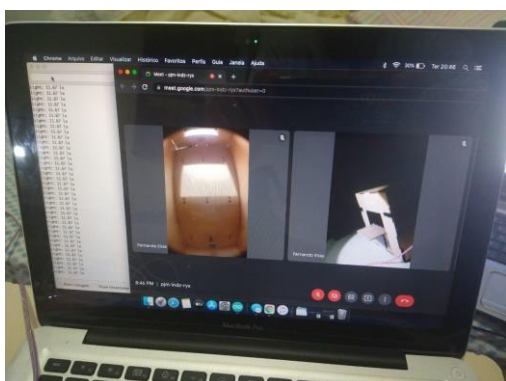


Figura 28 - Transmissão dados sensores e imagens

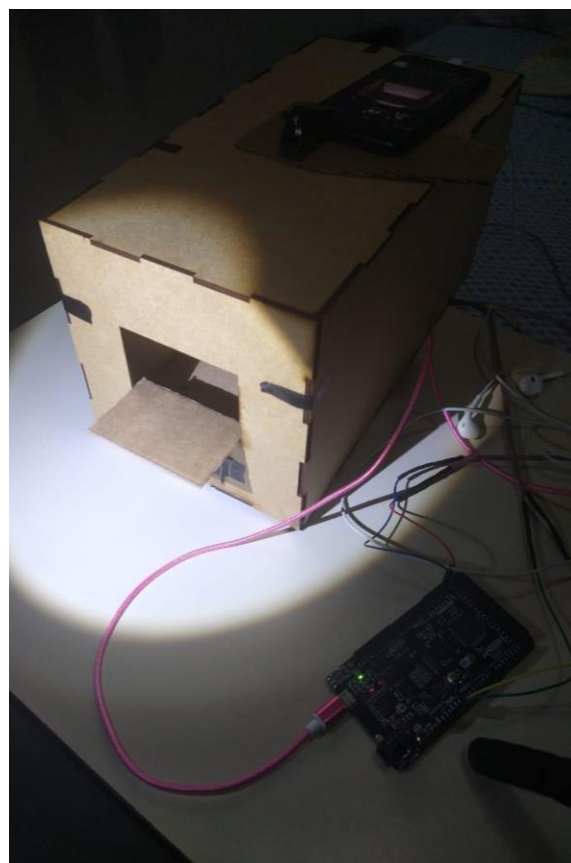


Figura 27 - Projeção de luz artificial e uso de prateleira de luz.

## 2.3 TERCEIRA FASE

A terceira fase do projeto se propôs a ilustrar o uso do heliodon e a maquete como ferramenta pedagógica para ensino em sala de aula. O processo ocorreu em três etapas.

Para esse experimento e com o objetivo de se determinar o local, dia e horário da exposição solar, foi utilizado o relógio solar para a latitude 20 graus, aproximadamente a mesma da cidade de Belo Horizonte, ao sul.

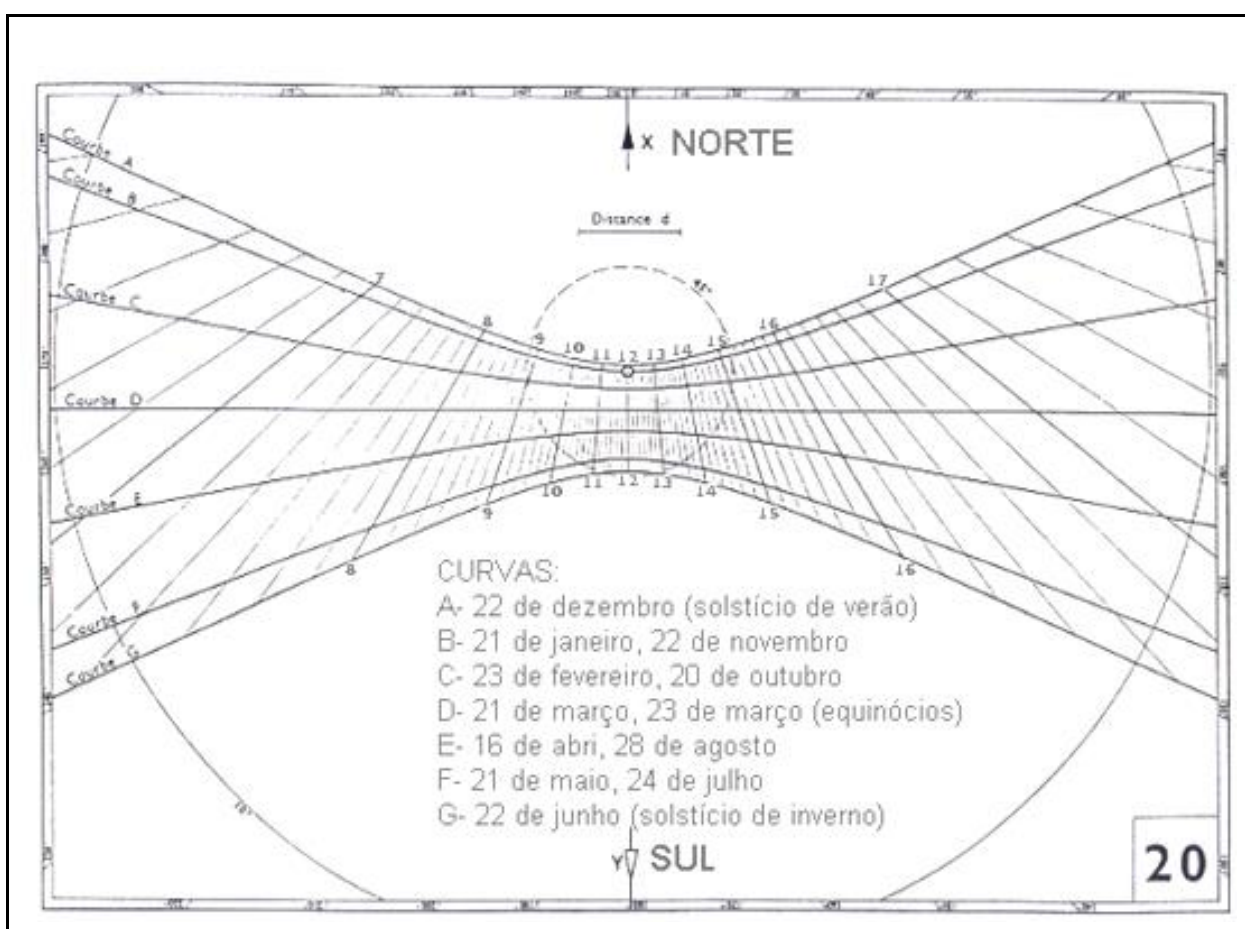


Figura 29 - Relógio solar para latitude 20 graus sul.

Fonte: Dourgnon J., Chauvel P. et Kokka L.(1961)

Primeiramente o Heliodon foi posicionado de modo que o eixo de rotação da Base 1 ficasse perpendicular aos raios do sol (ou da fonte artificial de luz). Posteriormente a Base 2 foi girada de modo a ficar em um ângulo de 20 graus sul em relação ao eixo 1 (que simula a rotação da Terra). Na sequência, o eixo 3 foi rotacionado, até que a

sombra projetada no relógio solar alcançasse a posição desejada, inicialmente na curva G que representa o solstício de inverno.

A partir dessa configuração inicial, passou-se para simulação com a maquete:

Primeiro o heliodon e a maquete sem nenhuma solução de proteção solar, foi exposta à luz natural e a incidência solar foi capturada pelos sensores e pela câmera. Então, por meio da movimentação do heliodon foi possível demonstrar a variação da sombra e da iluminância captada pelo sensor.

A segunda etapa repetiu o experimento com luz artificial, simulando os raios do sol em diferentes ângulos. A maquete, por meio do Heliodon, também foi movimentada no eixo que simula a rotação da terra e latitude. Neste caso, pode-se apenas saber se há insolação direta sobre o sensor, mas não se pode medir o nível de iluminação.

Na terceira etapa foi introduzida na maquete uma solução de proteção solar simples, por meio de uma folha papelão de cor natural que simulava diversas possibilidades de geometrias de proteção solar. Alternando o posicionamento da proteção solar, pode-se observar as alterações de luminosidade dentro da maquete, sobretudo na parte extrema oposta à janela.

### 3 RESULTADO

O heliodon e a maquete apresentaram comportamento esperado, projetando na tela do computador as imagens internas e externas da maquete, assim como a variação de luminosidade captada pelo sensor, em lux, quando sob céu real.

A operação e uso dos equipamentos apresentaram características positivas em relação a:

- Portabilidade: por seu formato compacto o equipamento permite seu movimento entre vários espaços com facilidade, por exemplo entre salas de aulas e até mesmo entre sala de aula e espaços abertos como pátios para experimentos à luz natural do sol
- O equipamento, especialmente a placa Arduino, possui conexão sem fio com o Computador, conferindo mais liberdade de movimento.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Heliodon e a Maquete com componentes eletrônicos se mostram com grande potencial, em comparação com os heliodons mais comumente utilizados em ambientes de ensino, para facilitar o processo de ensino e aprendizagem no que diz respeito às disciplinas relacionadas à geometria solar a partir de fontes de luz artificial (verificação de insolação) e de luz natural (insolação e nível de iluminação) em edificações.

Quanto ao uso do heliodon e maquete para demonstrar conceitos da geometria solar, iluminação e seu impacto na edificação e aplicação de soluções de arquitetura de iluminação, o equipamento se mostrou eficiente uma vez que por meio da utilização de sensores e também de transmissão de imagens para tela, seja do computador seja de projeção, tanto docentes quanto discentes poderão utilizar de seus recursos para melhor demonstrar seus conceitos e ideias.

Alguns pontos de melhoria foram identificados para futuras versões do Heliodon e Maquete, a saber:

- Melhorar a interface de usuário na exibição das informações na tela do computador.
- Controle do Heliodon, por exemplo, permitindo sua operação por meio de *tablets* ou *smartphones*.
- Aumentar a capacidade do sistema para receber mais sensores de iluminação na maquete. Pois a maquete construída não possuía espaço suficiente para passagem dos cabos entre os sensores e a placa arduíno.
- Desenvolver um manual de utilização do Heliodon para os usuários com sugestão de experimentos para demonstração de conceitos de geometria solar e soluções de arquitetura baseadas no impacto de iluminação artificial e natural nas edificações.

## 5 REFERÊNCIAS

DUFTON, A. F.; BECKETT, H. E. **The heliodon: an instrument for demonstrating the apparent motion of the sun.** Journal of Scientific Instruments, v. 9, n. 8, ago. 1932. 2251-255.

FERNANDES, L. C.; CUNHA, E.. **Ensino de geometria solar: proposta de heliodon alternativo.** Anais do ENCAC 2011, Búzios, 2011.

CHAUVEL P.; DOURGNON J.; KOKKA L.. "**Déterminations graphiques et mécaniques de l'ensoleillement**" - Cahiers du CSTB n° 51 - Livraison 407 - Août 1961

FERNANDES, L. C.; GRZYBOWSKI, J. M. V.; RIBEIRO, A. A. G. A.; SAÚGO A.; KRÜGER, E. L.. **Análise do erro na projeção de sombras em heliodon com raio e mesa fixos.** Anais do ENCAC 2014, Maceió, 2014. DOI: [10.17012/entac2014.467](https://doi.org/10.17012/entac2014.467)

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico.** - 4. ed. - São Paulo: Studio Nobel, 2000.

LEITE, Juliano Silva de Vasconcelos. **Análises de elementos arquitetônicos de proteção solar em edificações institucionais na cidade de Natal/RN Diretrizes projetuais.** 2003. 265 f. Dissertação (Mestrado em Conforto no Ambiente Construído; Forma Urbana e Habitação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2003.

Rohm Semiconductor, DATASHEET BH1750.