

**APOSTILA DE**

# **EXPERIMENTOS ASTROMINAS**

**PRATICAR, REALIZAR,  
CONSTRUIR!!**



# *Lista de experimentos do Astrominas 2020*

*Um manual com lista de  
materiais e de como desenvolver  
as atividades*



*A colaboração e união é nossa maior  
força! A ciência precisa de nós,  
mulheres.*

*-Coletivo Astrominas*

Este material educacional foi desenvolvido para dar suporte ao curso de difusão "Astrominas 2020", abrangendo experimentos de Astronomia de baixo custo. Foi desenvolvido por:

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Elysandra Figueredo Cypriano

Daniele Honorato

Ivanice Avolio Morgado

Dr<sup>a</sup> Larissa Takeda

Marina Izabela

Dr<sup>a</sup> Patrícia Cruz Gamba

Vitória Bellecerie da Fonseca



USP

---

## SUMÁRIO

---

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1   | SEMANA 2 - <i>Medindo o diâmetro do sol</i> | 7  |
| 1.1 | Contexto Histórico                          | 7  |
| 1.2 | Experimento                                 | 9  |
| 1.3 | Perguntas                                   | 14 |
| 1.4 | Material Complementar                       | 15 |



---

## SEMANA 2 - *Medindo o diâmetro do sol*

---

### 1.1 CONTEXTO HISTÓRICO

Antes de partirmos para o experimento, é interessante pensarmos nas **escalas de tamanho** dos objetos estudados pela Astronomia, desde o nosso satélite natural, a Lua, até estrelas e galáxias longínquas e, claro, o próprio Universo.

O primeiro cientista que tentou medir um objeto fora da escala de tamanho usada na época foi **Eratóstenes de Cirene**, bibliotecário da Grande Biblioteca de Alexandria, matemático, poeta e astrônomo, que viveu cerca de 200 anos a.C..

Após ler em um dos livros da biblioteca que em Siene (atual Assuã), cidade ao Norte de Alexandria, no dia 21 de junho ao meio-dia, o Sol poderia ser visto refletido totalmente dentro de um poço fundo e que não haveria sombras de bastões no chão, o cientista decidiu ver se a situação era a mesma para a cidade em que estava localizado, Alexandria. Ele observou que, durante o meio-dia do dia 21 de junho (solstício de Verão no Hemisfério Norte), em sua cidade, não era possível observar o Sol do fundo de nenhum poço e que havia sombras projetadas por bastões presos ao chão [4].

Se a Terra fosse plana, no mesmo dia e horário, os bastões de mesmo tamanho deveriam fazer sombras também de igual tamanho no chão em diferentes localidades, o que não era observado. Assim, Eratóstenes concluiu que a **Terra é curva** e que, quanto maior a “curvatura” do local em que o bastão estava, maior seria sua sombra.

Supondo que a distância entre a Terra e o Sol era muito grande, o cientista assumiu que os raios de luz chegavam praticamente paralelos à superfície terrestre. A partir disso, ele mediu, em um Solstício de Verão, o tamanho da sombra que um grande bastão produzia em Alexandria e concluiu, a partir de seus cálculos, que o ângulo que este fazia com os raios solares era de  $7^\circ$ . Como sabia que a distância entre as cidades de

Assuã e Alexandria era de aproximadamente 800 km e que uma volta inteira do círculo trigonométrico vale  $360^\circ$ , ele fez a seguinte relação:

$$\frac{800 \text{ km}}{7^\circ} = \frac{C \text{ (km)}}{360^\circ} \quad (1)$$

Dessa maneira, ele obteve o valor aproximado para C de 40.000 km, correspondente ao perímetro da Terra. Cálculos feitos com a tecnologia atual confirmam a validade deste valor [1].

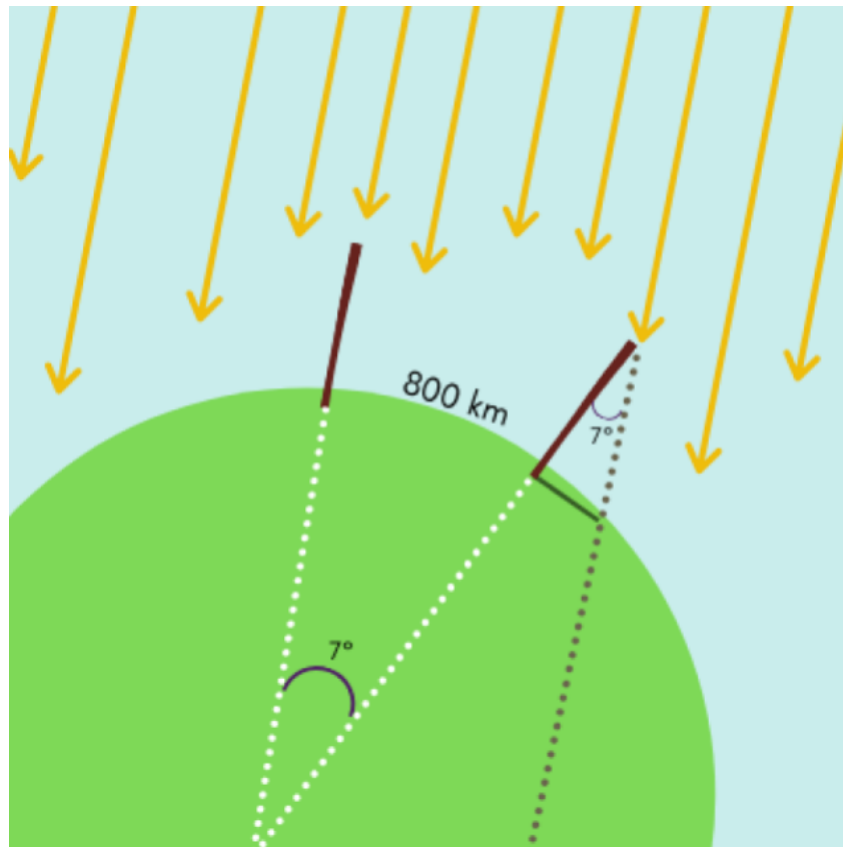


Figura 1: Esquematização da situação proposta por Eratóstenes. Créditos da imagem: Produção Astrominas.

Depois dele, muitos outros tentaram se aventurar nas dimensões dos objetos celestes, como **Aristarco de Samos**. Este filósofo e matemático grego da escola de Alexandria também mediu os diâmetros da Lua e do Sol através de relações geométricas, assim como suas distâncias. Se levarmos em consideração sua época e seus aparatos, as medidas realizadas são impressionantes (veja a tabela a seguir)!

Com o avanço tecnológico no decorrer dos séculos, os meios utilizados para determinar tamanhos e distâncias de objetos está mais aprimorado, permitindo a observação de objetos mais longínquos, chegando em seu máximo no tamanho do Universo observável!



|                     | Medidas de Aristarco | Medidas Atuais      |
|---------------------|----------------------|---------------------|
| Diâmetro da Lua     | $0,35 D_{Terra}$     | $0,27 D_{Terra}$    |
| Distância Terra-Lua | $40 D_{Terra}$       | $30 D_{Terra}$      |
| Distância Terra-Sol | $19 d_{Terra,Lua}$   | $380 d_{Terra,Lua}$ |
| Diâmetro do Sol     | $6,7 D_{Terra}$      | $109 D_{Terra}$     |

Tabela 1: Comparação entre as medidas feitas por Aristarco de Samos e as medidas modernas.

## 1.2 EXPERIMENTO

### *Materiais necessários*

Esse experimento consiste na estimativa do valor do diâmetro do Sol através da sua observação **indireta**, projetando-o numa folha [3].



Figura 2: Ilustração dos materiais necessários para o experimento da semana 2. Créditos da imagem: Produção Astrominas.

- 1 folha de papel branco
- 1 lápis
- 1 pedaço de papelão ou papel escuro

- Objeto perfurante (pode ser qualquer um, até o próprio lápis, desde que consiga fazer um pequeno furo no papelão)
- Régua ou Trena
- Um dia de Sol

### Procedimento

#### ⚠ ATENÇÃO!!

**Nunca** observe o Sol diretamente sem o uso de filtros especiais e orientação de um profissional! Pode danificar para sempre sua visão!

A primeira questão que devemos pensar é: como iremos tirar o diâmetro do Sol estando na Terra? Bom, iremos calcular o diâmetro do Sol por meio de uma relação geométrica: a **semelhança de triângulos**!

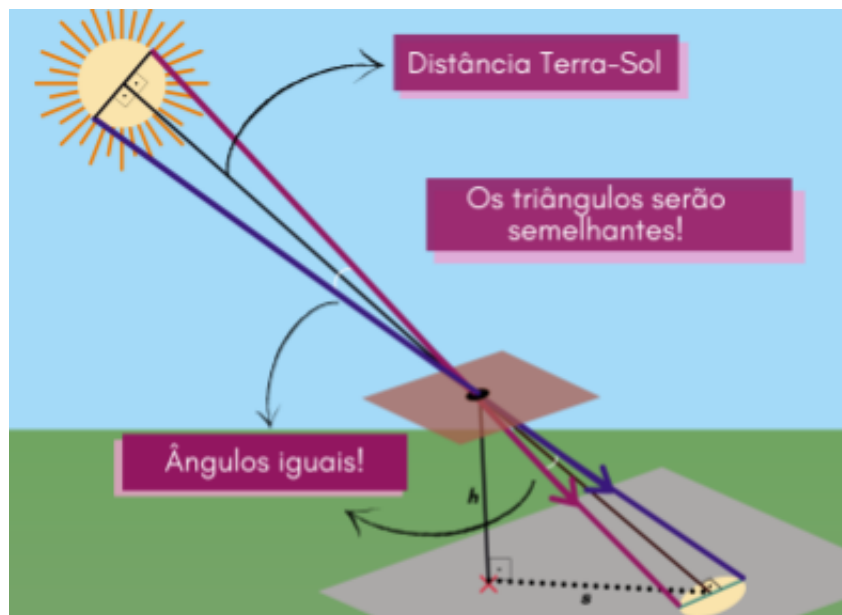


Figura 3: Esquematização da semelhança de 2 triângulos formados : um pelo diâmetro do Sol e a distância Terra-sol e o outro, pelo diâmetro da imagem e a distância Terra-projetor. Créditos da imagem: Produção Astrominas.

A distância Terra-Sol e o diâmetro do Sol formam um triângulo, semelhante ao que será produzido em nossa projeção, com a distância da imagem até o orifício do nosso “projetor” e o diâmetro da imagem do Sol formando os lados do outro triângulo. Eles são semelhantes pois

os lados vão ser proporcionais e os ângulos dos vértices dos triângulos próximos ao orifício serão iguais, como é mostrado na figura seguinte.

Com as medidas do triângulo mais próximo e menor, podemos obter através de um cálculo rápido a medida que nos interessa: o **diâmetro do Sol!** Para começarmos nossa coleta de dados, pegue seus materiais e siga os passos a seguir:

1. Começaremos fazendo nossa estrutura projetora: faça um pequeno furo no papelão, de 2,0 a 3,0 mm, com a ajuda de seu objeto perfurante. **⚠ CUIDADO!!!** Se precisar, peça ajuda para um adulto ou responsável!

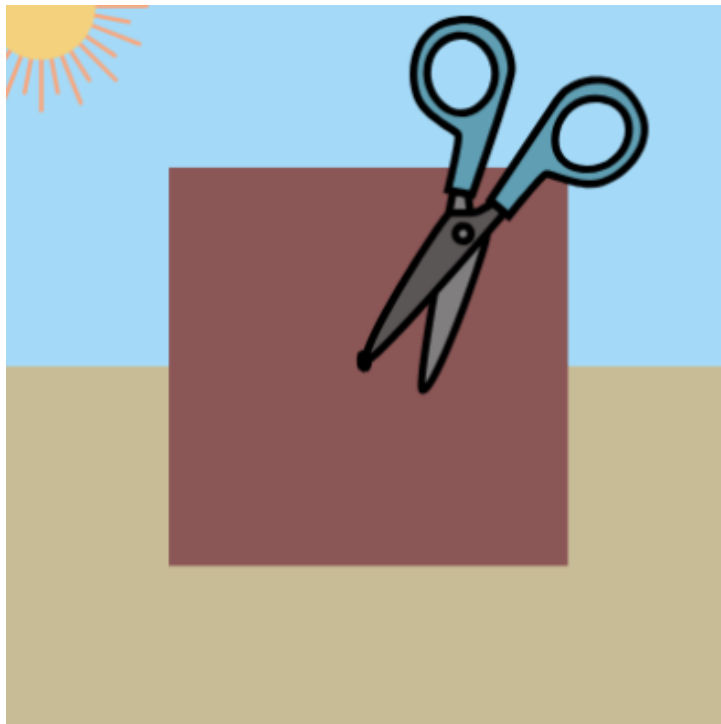


Figura 4: Esquema da construção do projetor. Créditos da imagem: Produção Astro-minas.

2. Em seguida, marque um X com o lápis em qualquer lugar do seu anteparo (folha branca), vá para um local ensolarado e posicione seu anteparo no chão, como exemplificado na figura 6. Você pode colar seu papel no chão para que ele não se mexa durante o experimento.

3. Posicione, então, sua estrutura projetora acima do anteparo, de modo que o furinho no papelão, esteja exatamente acima do seu X e consiga projetar no anteparo um ponto luminoso bem visível - aqui você pode segurar, apoiar em cima de algo ou pedir ajuda para alguém, desde que o Sol esteja sendo projetado na folha abaixo. Meça a sua altura ( $h$ ) em relação ao chão.



Figura 5: Esquema da preparação do anteparo. Créditos da imagem: Produção Astrônomas.

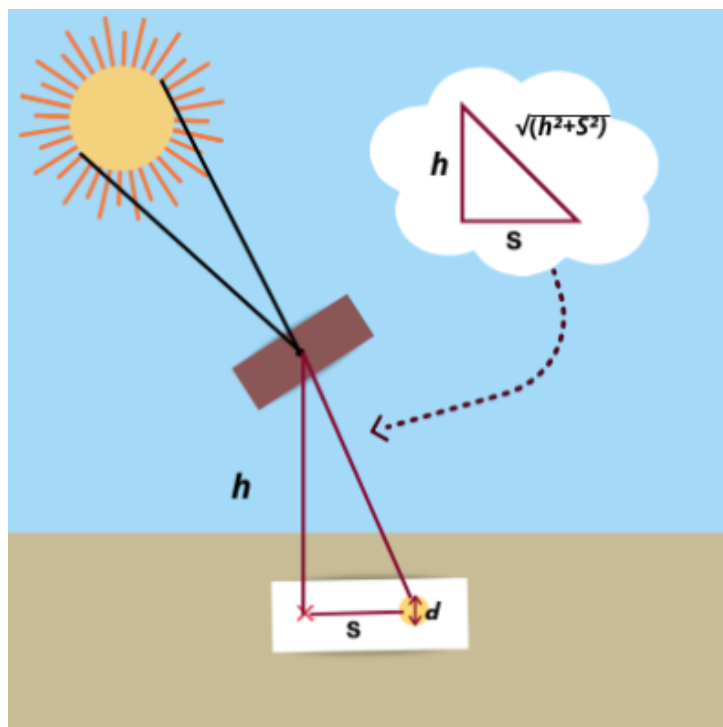


Figura 6: Esquema da situação experimental. Créditos da imagem: Produção Astrônomas.

4. Observe a pequena imagem do Sol formada no anteparo e marque a posição desta com o lápis também. Meça com a régua a distância

(S) entre as duas marcações. Por fim, meça o diâmetro ( $d$ ) da imagem formada. 📷 Tire uma foto do seu experimento!

5. A partir desses dados coletados e o do nosso conhecimento da semelhança de triângulos, obtemos a seguinte relação de proporcionalidade:

$$\frac{d}{\sqrt{h^2 + S^2}} = \frac{D}{D_{Sol}} \quad (2)$$

Nesta relação, temos que  $d$  é o **diâmetro medido da sua imagem formada no anteparo** e a relação pitagórica  $\sqrt{h^2 + S^2}$  nos dá a **distância entre suas duas folhas usadas no experimento**. A **distância entre a Terra e o Sol**,  $D_{Sol}$ , é aproximadamente 150 milhões de km, e é definida como 1 Unidade Astronômica (UA). Fez a conta? Não se esqueça de 📷 tirar uma foto!

### *Você sabia?*



Figura 7: Foto de Henrietta Leavitt. Imagem de Domínio Público.

Como sabemos hoje qual é a distância da Terra até o Sol? Ou até mesmo a distância entre os planetas do Sistema Solar? Mesmo que

Aristarco tenha encontrado um valor razoável em suas estimativas, hoje, através do uso de técnicas modernas, podemos confirmar esses valores com maior precisão. Como a velocidade da luz é conhecida e podemos medir quanto tempo demora para um sinal de luz ir e voltar até nós, podemos usar essas informações para determinar a distância! Mas esse método é útil apenas para distâncias pequenas, dentro do Sistema Solar. E se quisermos ir mais longe? Teremos que definir novas “réguas”!

Para medir distâncias cada vez mais longas é necessário desenvolver outros métodos e isso se torna cada vez mais difícil. E eu vou apresentar uma astrônoma que fez isso! **Henrietta Leavitt** descobriu que estrelas cefeidas possuem uma correlação entre sua luminosidade e seu período de variação de brilho. Então, ao analisar estes períodos, ela obteve a informação da luminosidade e, observando o brilho (fluxo) destas estrelas, determinou suas distâncias.

Essa descoberta foi muito importante para a determinação de distâncias extragalácticas e impulsionou descobertas como a Lei de Hubble-Lemaître, que, em conjunto com outras evidências, indica que o universo está em expansão.

### 1.3 PERGUNTAS

1) Que tal fazermos um experimento parecido com o de Eratóstenes e compararmos as sombras em diferentes regiões do país? Lembra que pedimos para anotar o tamanho da haste do seu gnômon e o tamanho da sombra ao meio-dia do experimento anterior? Iremos precisar dessas informações agora! Para podermos comparar gnômons de diferentes alturas, vamos ter que usar uma semelhança de triângulos (sim, mais uma!) para "normalizar" o valor para hastes de 100 cm. Utilize a altura ( $h$ ) do seu gnômon e o tamanho ( $s$ ) da sua sombra em centímetros:

$$\frac{h}{100} = \frac{s}{S} \quad (3)$$

Anote o tamanho ( $S$ ) obtido e a sua cidade. Compare com os valores das suas astroamigas. Eles são iguais? Eles deveriam ser iguais? Por quê?

2) Qual foi o diâmetro do Sol obtido e qual a sua diferença do diâmetro oficial?

3) Por que você acha que são criadas novas unidades de medida? Pesquise e cite outras unidades que são usadas na Astronomia.

#### 1.4 MATERIAL COMPLEMENTAR

Vídeo sobre o Sol [2]:

<https://www.youtube.com/watch?v=ZEiJLhtkfGM>

---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- [1] J. R. V. Costa. Eratóstenes e a circunferência da terra. <https://www.zenite.nu/eratostenes-e-a-circunferencia-da-terra/>. (acesso em 05/05/2020).
- [2] TV Escola. Abc da astronomia | sol. <https://www.youtube.com/watch?v=ZEiJLhtkfGM>. (acesso em 05/05/2020).
- [3] D. F. Gonçalves e R. Boczko R. Ortiz. Experimentos de astronomia para o ensino fundamental e médio. [http://each.uspnet.usp.br/ortiz/classes/experimentos\\_2011.pdf](http://each.uspnet.usp.br/ortiz/classes/experimentos_2011.pdf). (acesso em 05/05/2020).
- [4] C. Sagan. *Cosmos*. Companhia das Letras, 2007.