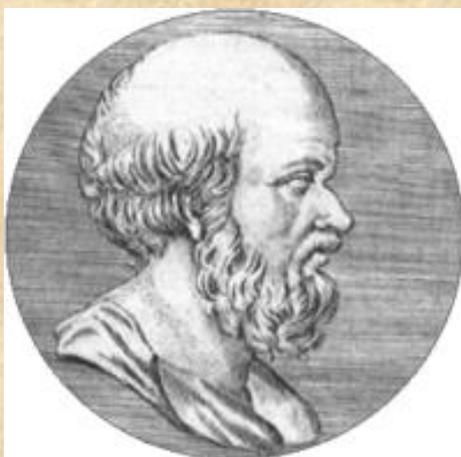


**MUSEU DE TOPOGRAFIA PROF. LAUREANO IBRAHIM CHAFFE**  
**DEPARTAMENTO DE GEODÉSIA - UFRGS**

## **A CIRCUNFERÊNCIA DA TERRA POR** **ERATÓSTENES**

Texto original: **Wikipédia, a enciclopédia livre.**      **Julho/2013**

Ampliação e ilustrações: **Iran Carlos Stalliviere Corrêa-IG/UFRGS**



*Eratóstenes*

**Eratóstenes** (em grego: Ἐρατοσθένης, transl.: *Eratosthénis*) nasceu em Cirene, no ano de 276 a.C. e morreu em Alexandria, no ano de 194 a.C., foi um matemático, gramático, poeta, geógrafo, bibliotecário e astrônomo da Grécia Antiga. Estudou em Cirene, em Atenas e em Alexandria. Os contemporâneos chamavam-no de "Beta" porque o consideravam o segundo melhor do mundo em vários aspectos.

### **Vida**

**Eratóstenes** é descrito pelo Suda como tendo sido aluno do filósofo Aríston de Quios, do gramático Lisânias de Cirene e do poeta Calímaco. O Suda esclarece que Ptolomeu III Evérgeta o trouxe de Atenas para Alexandria, local em que permaneceu até o reinado de Ptolomeu V Epifânio. Afirma-se que Ptolomeu III o trouxe inicialmente de Atenas para ensinar o seu filho Filopator (Ptolomeu IV Filopator). Diz-se que ele foi chamado "pentatleta" ou "plataformas", por estar

sempre em segundo lugar em várias áreas do conhecimento. No Suda é dito que ele nasceu no período da 126ª Olimpíada e faleceu com a idade de 82 anos. Um dos seus discípulos foi Aristófanês de Bizâncio.



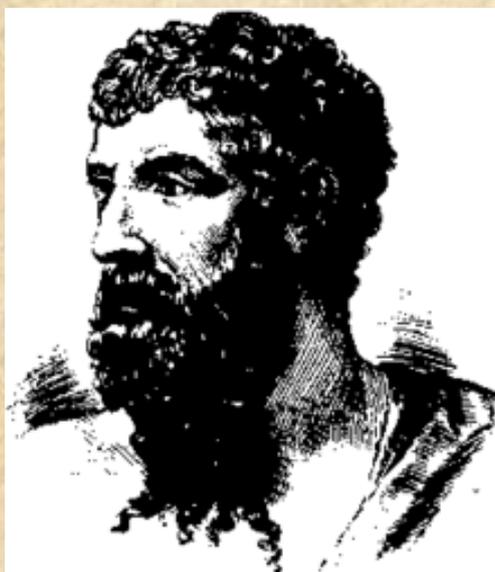
*Ptolomeu III-Evérgeta*



*Ptolomeu IV-Filopator*



*Ptolomeu V-Epifânio*

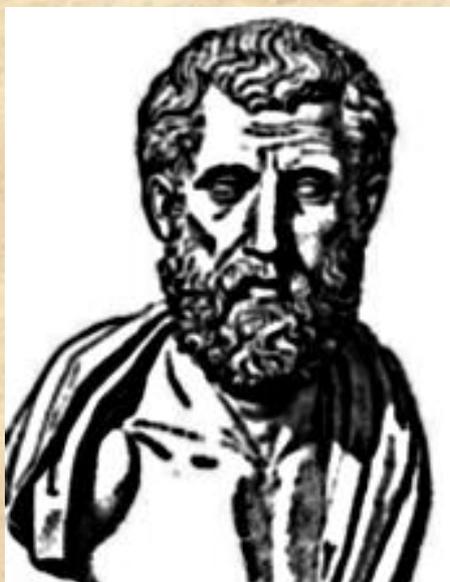


*Aristófanês de Bizâncio*

## Obras

**Eratóstenes** escreveu obras filosóficas, poemas, histórias, muitos diálogos e trabalhos sobre gramática. Entre suas obras, merecem destaque **Astronomia ou Catasterismos** (em grego: Αστρονομίαν ἢ Καταστηριγμούς, transl.: Astronomían ἰ Katastirigmoús), **Sobre as seitas filosóficas** (em grego: Περί τῶν κατὰ φιλοσοφίαν αἱρέσεων, transl.: Perí tῶn katá filosofían airéseon), **Sobre o libertar-se da dor** (em grego: Περί ἀλυπίας, transl.: Perí alypías). Um de seu poemas chamava-se Hermes.

Além disso, ele escreveu uma obra chamada **Platonicus**, que tratava da matemática que fundamenta a filosofia de Platão. Essa obra foi muito utilizada por Téon de Esmirna, que no livro **Expositio rerum mathematicarum** afirma que **Eratóstenes** tratou do problema da duplicação do cubo. Isso também foi afirmado por Eutócio de Ascalon no livro II de **Esfera e Cilindro**, em que comenta a proposição 1 de Arquimedes, onde ele reproduz uma carta de **Eratóstenes** a Ptolomeu III Evérgeta. Essa carta descreve a história do problema da duplicação do cubo e, especialmente, descreve um aparelho mecânico inventado por **Eratóstenes** que serviria para encontrar a linha de segmentos  $x$  e  $y$ , para um dado segmento  $a$  e  $b$  ( $a:x = x:y = y:b$ ). Hoje sabe-se que algumas partes desta carta não foram escritas por **Eratóstenes**.

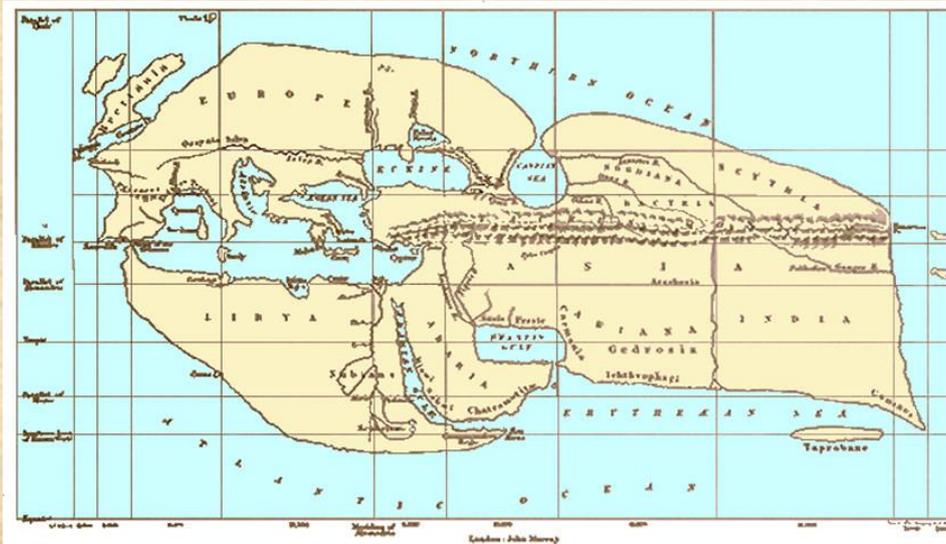


*Téon de Esmirna*

**Eratóstenes** trabalhou também com números primos e é lembrado por seu **Crivo de Eratóstenes**, que é ainda uma importante ferramenta na teoria dos números. O crivo é citado na obra **Introdução à aritmética de Nicomedes**.

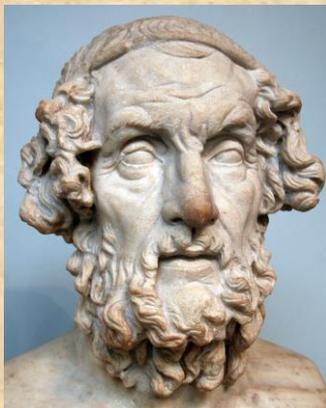
Ele também escreveu um livro chamado **Sobre os significados** que, apesar de perdido, é mencionado por Pappus de Alexandria como sendo um importante livro de geometria. **Eratóstenes** ainda escreveu um livro denominado **Sobre a medição da Terra**, também perdido, em que de maneira surpreendente procedeu com a exata medição da circunferência da Terra. Alguns detalhes desta medição estão nos trabalhos escritos por Cleomedes, Téon de Esmirna e Estrabão.

## Geografia



Reconstrução do séc. 19 do mapa do mundo feito por Eratóstenes, mundo este até então conhecido, 194 a.C

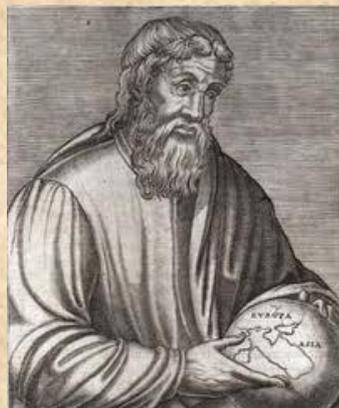
**Eratóstenes** é tido também como o fundador da disciplina geografia. Ele publicou uma obra chamada **Geográfica** (em grego: *Γεωγραφικά*, transl.: *Geografiká*), na qual estabelece um vocabulário próprio (tais como as palavras geografia e geógrafo) para a disciplina antes tida como apenas técnica. Nessa obra **Eratóstenes** afirma que Homero teria sido o primeiro geógrafo, em razão deste último ter feito descrições topológicas e climáticas de determinados locais e regiões na antiguidade. **Eratóstenes** associa Anaximandro com a origem da Cartografia, apesar de a técnica ter sido originada em Mileto no séc. VI a.C. Na *Geográfica*, que tinha três volumes e que conta hoje com apenas 155 fragmentos, mencionados eminentemente por Estrabão e Plínio o velho, o autor utiliza de descrições de viagens e expedições feitas por compatriotas, a maior parte desses viveu na época de Alexandre o Grande, para formular o que seria um mapa do mundo existente na época.



Homero



Anaximandro



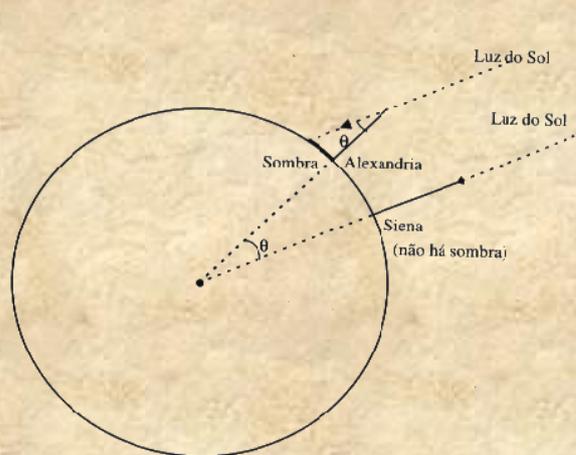
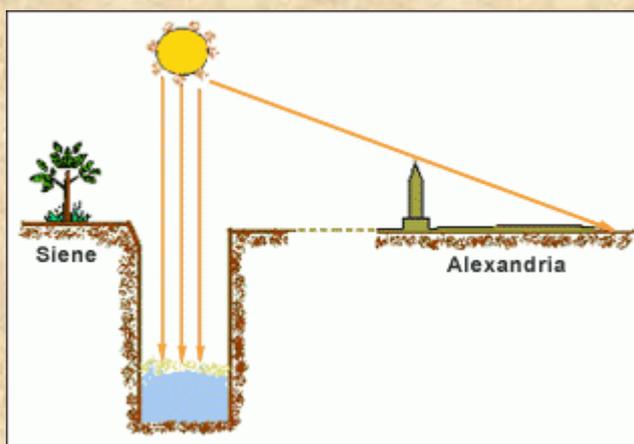
Estrabão



Plínio o Velho

**Eratóstenes** viveu no Egito entre os anos 276 e 194 a.C., onde desempenhava o papel de bibliotecário-chefe da famosa Biblioteca de Alexandria, e foi lá que encontrou, em um velho papiro, indicações de que ao meio-dia de cada 21 de junho, dia do solstício de verão no hemisfério norte, na cidade de Assua (ou *Syene*, no grego antigo), localizada a 800 km ao sul de Alexandria, uma estaca fincada verticalmente no solo não produzia sombra.

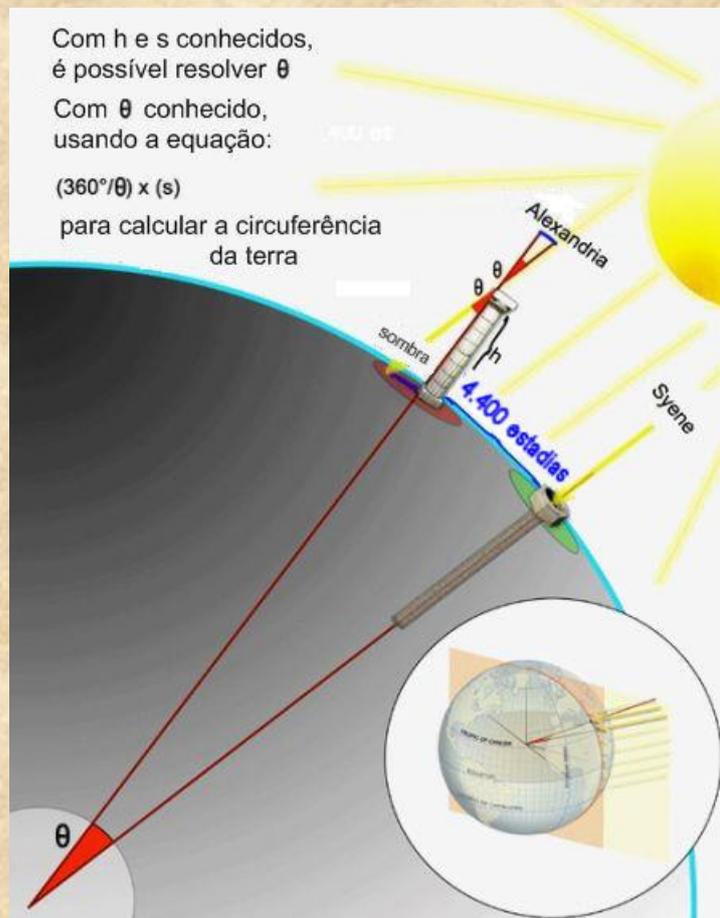
Ele percebeu que o mesmo fenômeno não ocorria no mesmo dia e horário em Alexandria e pensou:



*Se o mundo é plano como uma tábua, então as sombras das estacas têm que ser iguais. Se isto não acontece é porque a Terra deve ser curva.*

Mais do que isso. Quanto mais curva fosse a superfície da Terra, maior seria a diferença no comprimento das sombras. Como o Sol se encontra muito afastado da terra, seus raios de luz chegam à Terra paralelos.

Estacas fincadas verticalmente no chão em lugares diferentes lançariam sombras de comprimentos distintos. **Eratóstenes** decidiu fazer um experimento. Ele mediu o comprimento da sombra em Alexandria ao meio-dia do dia 21 de junho, quando a estaca em Assua não produzia sombra. Assim obteve o ângulo  $\theta$ , conforme a figura abaixo.



**Eratóstenes** mediu o valor do ângulo  $\theta=7^\circ$  (aproximadamente). Se as estacas estão na vertical, dá para imaginar que se fossem longas o bastante iriam se encontrar no centro da Terra, conforme mostrado na figura acima. O ângulo neste ponto terá o mesmo valor que  $\theta$ , pois o desenho de **Eratóstenes** se reduz a uma geometria muito simples: se *duas retas paralelas interceptam uma reta transversal, então os ângulos correspondentes são iguais*.



As retas paralelas são os raios de luz do Sol e a reta transversal é a que passa pelo centro da Terra e pela estaca em Alexandria. O ângulo  $\theta$  (igual a  $7^\circ$ ) é uma fração conhecida da circunferência da Terra e corresponde à distância entre Assua e Alexandria!

**Eratóstenes** sabia que essa distância valia cerca de 800 km e então pensou:  $7^\circ \cong 1/50$  da circunferência ( $360^\circ$ ) e isso corresponde a cerca de 800 km.

Oitocentos quilômetros vezes cinquenta são **quarenta mil quilômetros**, de modo que deve ser este o valor da circunferência da Terra.

## O mundo não é chato

Atualmente o valor correspondente a circunferências da Terra é de **40.072 km** ao longo da linha do equador. Um erro muito pequeno para uma medida tão simples, e feita há tanto tempo! Com a circunferência, pode-se calcular o diâmetro e o raio ou ainda o volume e a área da superfície terrestre, através de fórmulas simples.

## Referências

Asimov, Isaac. 1975. *Asimov's Biographical Encyclopedia of Science and Technology*, nova edição revisada. Entry #42, "Eratosthenes", Página 29. Pan Books Ltd, London.

Suda online, epsilon 2898 de Eratóstenes (Ἐρατοσθένης) por Ada Adler

The Mac Tutor History of Mathematics Archive, Universidade de Saint Andrews, Escócia

Duane W. Roller. 2010. *Eratosthenes' Geography*. Fragments collected and translated. Princeton: Princeton University Press, p. 1-22.