

# CARTAS PARA MENTES CURIOSAS E INQUIETAS

## LETTERS TO CURIOUS AND RESTLESS MINDS

By JOB TOLENTINO JUNIOR (PhD)



NUMBER 0003  
21/05/2021

E-MAIL: [jobtjr2000@yahoo.com](mailto:jobtjr2000@yahoo.com)  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8054-3237>

[<a rel="license" href="http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/"></a><br />O trabalho <span xmlns:dct="http://purl.org/dc/terms/" property="dct:title">COMO AS HISTÓRIAS EXTRAORDINÁRIAS DE OUSADIA E AVENTURA APOSTARAM NA MATEMÁTICA DE UM CIENTISTA DE ALEXANDRIA.</span> de <span de <span xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" property="cc:attributionName">JOB TOLENTINO JUNIOR E PRISCILLA RODRIGUES DA SILVA</span> está licenciado com uma Licença <a rel="license" href="http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/">Creative Commons - Atribuição-NãoComercial-Compartilha Igual 4.0 Internacional</a>.](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



## COMO AS HISTÓRIAS EXTRAORDINÁRIAS DE OUSADIA E AVENTURA APOSTARAM NA MATEMÁTICA DE UM CIENTISTA DE ALEXANDRIA.

Author: Job Tolentino Junior <sup>1, 2, 3, 4, 5</sup>, Priscilla Rodrigues da Silva <sup>6, 7</sup>

1 – ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8054-3237>

2 – Centro Universitario Redentor (UNIRENTECOR – Itaperuna/RJ)

3 – Centro de Tecnologia Mineral (CETEM-RJ) / Laboratório de Argilas Aplicadas (LAA)

4 – Universidade Federal Fluminense (UFF) / Núcleo de Pesquisa e Extensão em Educação e Saúde Comunitária (NUPEESC)

5 – Universidade Federal Fluminense (UFF) / Grupo Saúde Integral da Mulher e do Recém-nascido

6 – Universidade Candido Mendes (UCAM) / Faculdade de História

7 – Universidade Iguazu (UNIG) / Faculdade de Direito

**KEYWORDS:** Alexandria, Eratosthenes, Earth, Curvature, Circumnavigation

**PALAVRAS-CHAVE:** Alexandria, Eratóstenes, Terra, Curvatura, Circunavegação

Querido Leitor,

Saiba que o planeta Terra é um lugar que possui características extraordinárias, entre estas temos: céus azuis de nitrogênio, vastos oceanos de água líquida, tépidas coberturas florestais e prados macios [1]. Este é um mundo borbulhante de vida, dolorosamente belo e raro, e onde sabemos, único. Existe uma enorme probabilidade de que haja muitos outros mundos similares, espalhados pela galáxia. Mas a nosso entendimento sobre o nosso lindo planeta azul começou há muitos milhares de anos, e foi acumulada por homens e mulheres da nossa espécie, e guardada com muito custo através de milhares de anos.

Somos, portanto, privilegiados em viver entre pessoas brilhantes e apaixonadamente inquiridoras, e em um momento histórico em que a procura do saber é, em geral, recompensada.

A descoberta de que a Terra era um mundo finito foi feito como tantas outras descobertas importantes, no antigo Oriente Próximo, em um tempo que alguns seres humanos chamam de século III A.C., na grande metrópole da época, a cidade egípcia de Alexandria.

Nesta cidade vivia um homem chamado Eratóstenes (276–194 A.C.) [2]. Foi um de seus contemporâneos certamente invejoso, que o chamou de "Beta", a segunda letra do alfabeto grego porque, segundo este invejoso, Eratóstenes era o segundo melhor do mundo em tudo. Mas o que a história mostra que em quase tudo Eratóstenes era "Alfa", pois ele foi astrônomo, historiador, geógrafo, filósofo, poeta, crítico de teatro e matemático. Os temas dos seus livros abrangem de Astronomia até sobre o Alívio da Dor [1].

Ele foi também o diretor da grande biblioteca de Alexandria [3] onde certa vez leu em um papiro algo que despertou sua curiosidade e interesse. Lá estava escrito que na fronteira avançada ao sul de Siena (atualmente Assuã) (fig.1) [2] [4], próximo à primeira catarata do rio Nilo, exatamente ao meio-dia do dia 21 de junho (solstício de verão), um conjunto de varetas retas posicionadas de modo vertical não produziam sombras. Isso significa que no solstício de verão, o dia mais longo do ano, à medida que as horas avançavam para o meio-dia, as sombras

produzidas pelas colunas do templo diminuía de tamanho, até que ao meio-dia elas não existiam mais. E que um reflexo do Sol podia, então, ser visto na água, no fundo de um poço (fig.2) [1]. Ou seja, o Sol estava posicionado diretamente sobre as cabeças de quem ali estava.

Esta foi uma observação que passaria despercebida por qualquer outra pessoa facilmente, e certamente ignorada.

Quando imaginamos varetas, sombras, reflexos em poços, posição do Sol, podemos nos perguntar que importância poderiam ter esse conjunto de simples acontecimentos diários?

Mas Eratóstenes era um cientista, e suas reflexões sobre estes lugares-comuns mudaram o mundo, e de certo modo, moldaram o mundo. Ele teve a presença de espírito de idealizar, planejar, e fazer um experimento, e então observar realmente se em Alexandria varetas retas e verticais lançavam sombra próximo ao meio-dia de 21 de junho. E descobriu que sim.

Eratóstenes perguntou então a si mesmo como uma vareta posicionada na cidade de Siena em um determinado dia do ano não lançava sombra, e simultaneamente em Alexandria, mais ao norte, lançava uma sombra pronunciada. Se considerarmos um mapa do antigo Egito com duas varetas retas e verticais, de igual comprimento, uma em Alexandria e a outra em Siena. Se supormos que, em um dado momento, cada vareta não lance nenhuma sombra. Isto é perfeitamente compreensível, admitindo-se a Terra como plana [4].

Se supormos que o Sol esteja posicionado diretamente sobre nossas cabeças, e as duas varetas lançam sombras de igual comprimento, isto também faz sentido em uma Terra plana. Pois os raios do Sol estão inclinados no mesmo ângulo em relação às duas varetas. Mas, o que existiria de anormal nesta abordagem capaz de fazer com que, no mesmo momento, não houvesse sombra em Siena e sim em Alexandria? (fig.1) [1]

Após muito refletir, ele concluiu que a única resposta possível a esta pergunta era que a superfície da Terra só poderia ser curva. Mas não somente isto: quanto maior fosse a curvatura, maior seria a diferença no comprimento das sombras. O Sol, portanto, só pode estar tão distante que os seus raios são paralelos quando chegam à Terra, e as varetas estão posicionadas em ângulos diferentes em relação aos raios do Sol, produzindo distintos comprimentos de sombras. A distância entre as cidades de Alexandria e Siena deveria ser, portanto, de sete graus ao longo da superfície da Terra. Se imaginarmos que as varetas estão colocadas em linha até o centro da Terra, lá elas se interceptariam em um ângulo de sete graus (fig.3). Estes sete graus correspondem mais ou menos a um quinquagésimo de trezentos e sessenta graus, que é a circunferência completa da Terra [1] [4].

Eratóstenes sabia que a distância entre Alexandria e Siena era de aproximadamente 800 quilômetros. Vocês podem se perguntar: como ele sabia disso? Bem, ele pagou a um homem para medir esta distância em passos. E o resultado foi de oitocentos quilômetros. Se multiplicarmos oitocentos por 50 obtemos 40.000 quilômetros (fig.4). Este valor, portanto, devia ser o valor da circunferência da Terra [4].

Os únicos instrumentos que Eratóstenes tinha na época eram: varetas, olhos, pés e cérebro, além de uma forte inclinação para conceber e realizar experiências. Com estes instrumentos ele conseguiu deduzir a circunferência da Terra com um erro associado de poucos por cento. E isso é um feito notável pois foi feito há 2.200 anos. Ele foi a primeira pessoa a medir com precisão o tamanho do planeta [4].

O mundo Mediterrâneo naquela época era famoso pelo volume de suas navegações, e a cidade de Alexandria era na época o maior porto marítimo do planeta na época. Uma vez cientes que a Terra era uma esfera de diâmetro modesto, não nos sentiríamos tentados a fazer outras viagens de exploração, e quem sabe procurar terras ainda não descobertas, e tentar talvez até navegar em torno do planeta? Sabe-se que centenas de anos antes de Eratóstenes, a África foi circunavegada por embarcações fenícias que estavam a serviço do Faraó egípcio Necho [5]. Estes partiam, muito provavelmente em barcos abertos e frágeis, do Mar Vermelho, e desciam

NUMBER 0003

By JOB TOLENTINO JUNIOR (PhD)  
E-MAIL: [jobtjr2000@yahoo.com](mailto:jobtjr2000@yahoo.com)  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8054-3237>

pela costa leste da África, subindo pelo Atlântico e retornando através do mar Mediterrâneo. Estas viagens épicas duravam três anos. Ou seja, tanto tempo quanto as modernas naves espaciais (tais como “Voyager”, ou a “New Horizon”) levam para voar da Terra a Saturno.

Após a descoberta de Eratóstenes, uma era de grandes viagens teve início, levada a cabo por bravos e ousados marinheiros. Seus navios eram pequenos e possuíam apenas alguns instrumentos de navegação rudimentares. E estes utilizavam cálculos precisos e seguiam as linhas da costa tanto quanto fosse possível. Quando estes estavam navegando por um oceano desconhecido, eles podiam determinar sua latitude, mas não a longitude, observando, noite após noite, a posição das constelações em relação ao horizonte, onde as constelações familiares surgiam no centro de um oceano inexplorado para tranquilizar a todos.

As estrelas eram, portanto, as melhores amigas dos exploradores que estavam em embarcações navegando pelos mares da Terra, e atualmente em aeronaves pelo céu. Após Eratóstenes, alguns navegadores devem ter tentado, mas, ninguém, antes de Fernão de Magalhães [6], conseguiu completar uma viagem de circunavegação da Terra. Que conjunto de histórias extraordinárias de ousadia e aventura devem ter sido relatadas no início, enquanto os marinheiros e navegadores, homens engajados no trabalho do mundo, apostavam suas vidas na matemática de um cientista de Alexandria.

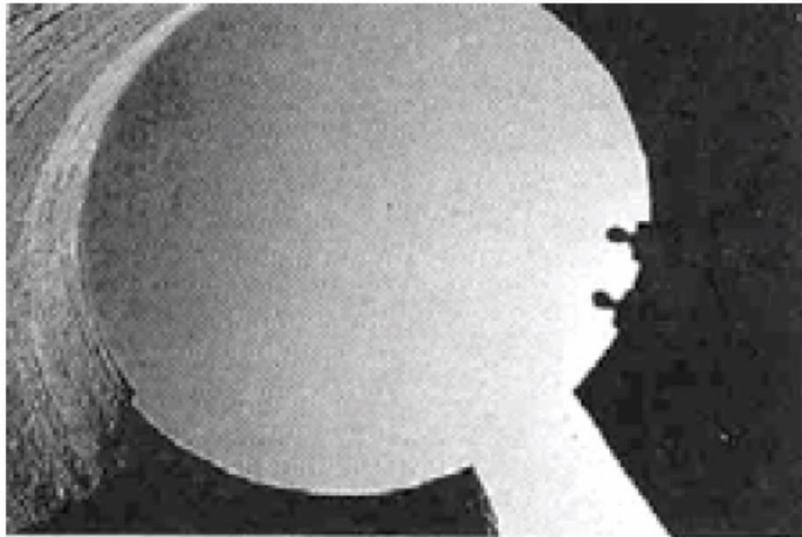
## FIGURAS

**Figura 1-** Região do oriente médio onde se pode identificar as cidades de Alexandria e Assuã (Aswan).



Fonte: do autor

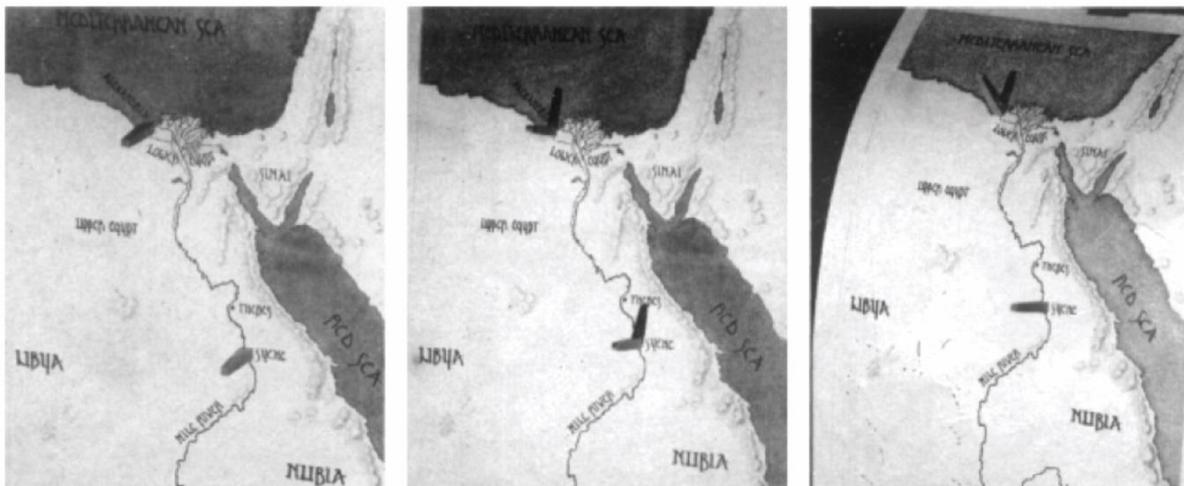
**Figura 2** – Visão do poço situado em Abu Simbel no Egito?



Olhando para o alto, do fundo do poço, na antiga Siena próxima à atual Abu Simbel, no Egito, que, de acordo com a tradição local, foi a fonte das pesquisas de Eratóstenes sobre a circunferência da Terra.

Fonte: [1]

**Figura 3** – Mapas planisféricos do oriente médio com a identificação das cidades de Alexandria e Assuã, onde se pode identificar três possibilidades levantadas por Eratóstenes: as duas primeiras com a Terra sendo plana, e a que considera a Terra como curva.



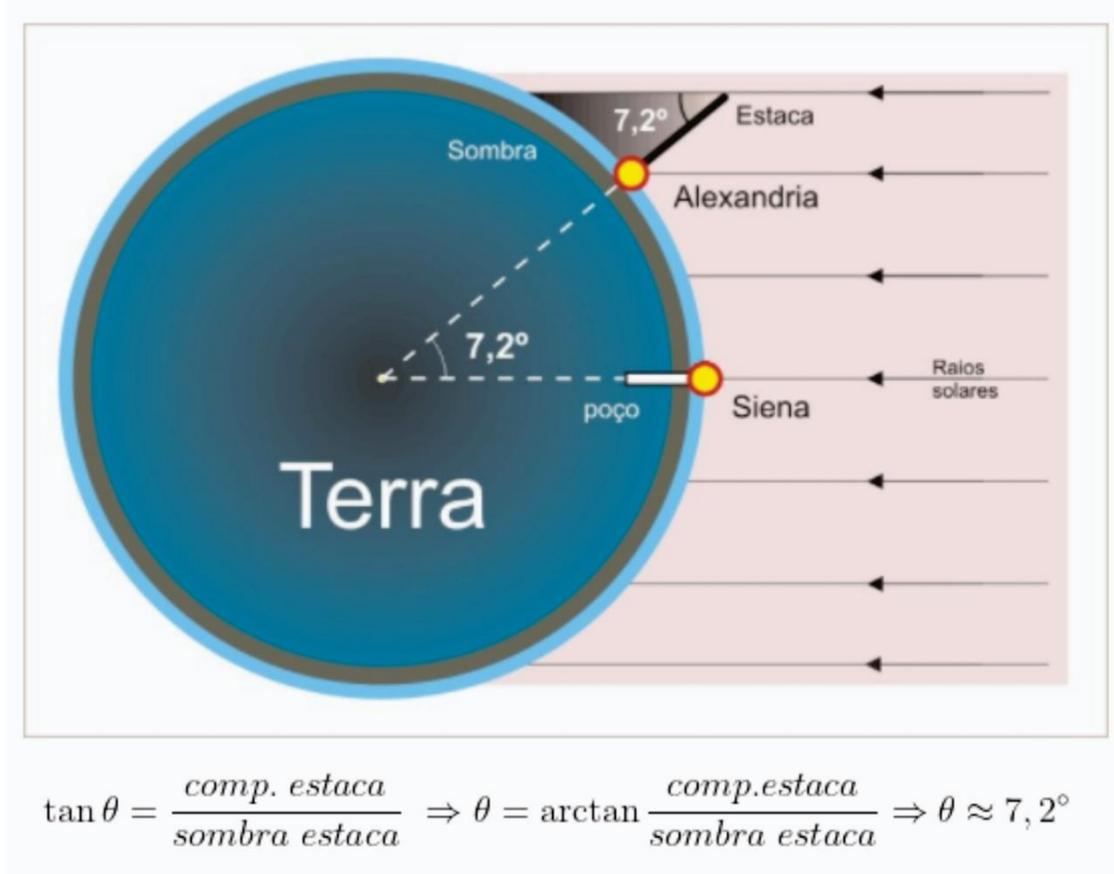
Mapa plano do antigo Egito. Quando o Sol está diretamente no alto, os obeliscos verticais não lançam sombras nem em Alexandria nem em Siena.

Mapa plano do antigo Egito. Quando o Sol não está diretamente acima, os obeliscos verticais lançam sombras de igual comprimento em Alexandria e em Siena.

Mapa curvo do antigo Egito. O Sol pode estar diretamente acima de Siena, mas não em Alexandria, justificando o fato de que o obelisco em Siena não produz sombra, enquanto que em Alexandria ela é pronunciada.

Fonte: [1]

**Figura 4** – O protocolo de cálculo da curvatura da superfície da Terra?



Fonte: [4]

## Referências

- [1] SAGAN C., COSMOS. 1ed. 345p. 1980.
- [2] SILVEIRA F L., CREF - Como Eratóstenes mediu 7° entre Assuã e Alexandria para achar a circunferência da Terra? 24/01/2015. Disponível em: <https://cref.if.ufrgs.br/?contact-pergunta=como-eratostenes-mediou-7-entre-assua-e-alexandria-para-achar-a-circunferencia-da-terra>. Acessado em: 25/04/2021.
- [3] ALVES L., CR8 - Biblioteca de Alexandria – O que é, história, incêndio e a nova versão. Disponível em: <https://www.crb8.org.br/16236-2/>. Acessado em: 25/04/2021.
- [4] DERIVANDO A MATEMÁTICA., A primeira medição do Raio da Terra. Disponível em: <http://www.ime.unicamp.br/~apmat/a-primeira-medicao-do-raio-da-terra/>. Acessado em: 25/04/2021.
- [5] WIKIPEDIA., Necho II. Disponível em: [https://en.wikipedia.org/wiki/Necho\\_II](https://en.wikipedia.org/wiki/Necho_II). Acessado em 26/04/2021
- [6] KRÄMER K., DW - Fernão de Magalhães e a primeira circum-navegação do planeta. 10/08/2019. Disponível em: <https://www.dw.com/pt-br/fern%C3%A3o-de-magalh%C3%A3es-e-a-primeira-circum-navega%C3%A7%C3%A3o-do-planeta/a-49966518>. Acessado em: 26/04/2021.