

# Quantas estrelas se vêem no céu ?

GUILHERME DE ALMEIDA

*"Olha para os céus, por favor,  
e conta as estrelas, se as puderes contar"*  
(Gênesis, 10:5)

É opinião corrente que as estrelas observáveis a olho nu, num dado local e num dado instante, são incontáveis. E há também quem afirme que são milhões. De facto, sobretudo num local escuro, afastado de poluições, luminosas e outras, somos tentados a concordar com este ponto de vista. No entanto, o número de estrelas visíveis sem ajuda óptica— mesmo em condições muito favoráveis— é relativamente modesto, muito abaixo das especulações enraizadas no senso comum. Neste artigo apresenta-se um processo expedito e acessível para estimar o número de estrelas visíveis a olho nu do local, bom ou mau, em que o observador se encontra.

## 1. Introdução

Para estimar o numero de estrelas observáveis a olho nu, de um dado local, é óbvio que não se põe, de modo algum a hipótese de, com o braço estendido e de indicador em riste, o observador ir apontando e contabilizando, uma a uma, as estrelas observáveis. Vamos, por outro lado, basear-nos na noção de densidade estelar aparente (número de estrelas observáveis por unidade de área aparente no céu. Para isso, impõe-se utilizar a noção de ângulo sólido e a sua unidade SI – o esterradiano (símbolo sr).

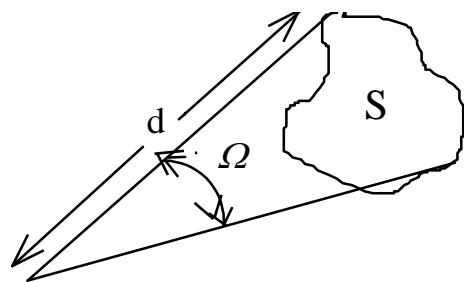


Fig. 1

## 2. Conceitos fundamentais

Por definição, o ângulo sólido  $\Omega$  segundo o qual a área  $S$  é vista pelo observador situado a uma distância  $d$  dessa mesma área (Fig. 1) é dado por

$$\Omega = \frac{S}{d^2}.$$

Se a área  $S$  está recortada na superfície de uma esfera, e se o observador (O) se encontra no centro desta (Fig. 2), a anterior expressão pode escrever-se

$$\Omega = \frac{S}{R^2} \quad [1].$$

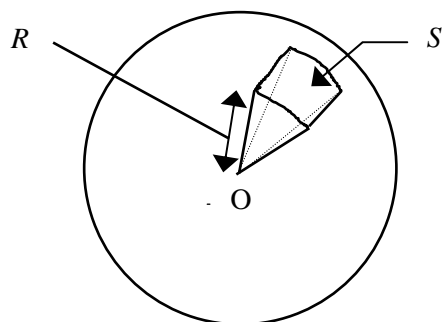


Fig. 2

O ângulo sólido  $\Omega$  será de 1 esterradiano (1 sr) se limitar uma área  $S$  correspondente à de um quadrado de raio  $R$ . Se a área corresponder à totalidade da superfície esférica, cuja área é  $4\pi R^2$  sr, um observador situado no centro dessa esfera observa a sua superfície segundo um ângulo sólido  $\Omega_1 = 4\pi R^2/R^2 = 4\pi$  sr [2].

### 3. Cálculo do número de estrelas observáveis a olho nu

Se o observador olhar por um tubo (Fig. 3), de raio interno  $R$  e comprimento  $L$ , aberto nas duas extremidades, colocando um dos seus olhos em O, a medida do

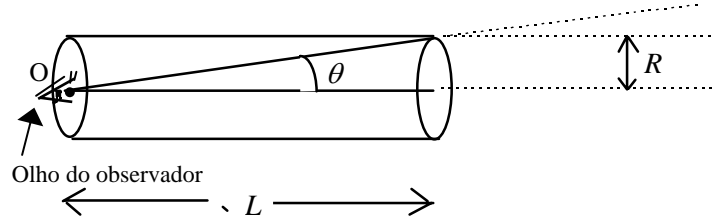


Fig. 3

raio  $R$  do tubo será vista segundo a dimensão aparente  $\theta$ , de tal modo que  $\tan \theta = R/L$ . Será conveniente que o tubo seja pintado de preto baço, no seu interior, e que a boca do tubo onde o observador vai colocar um dos olhos tenha uma tampa com um furo de cerca de 10 mm de diâmetro, para posicionar correctamente o globo ocular.

O ângulo sólido, segundo o qual o observador vê a boca do tubo (do lado oposto àquele onde colocou um dos olhos) é

$$\Omega_2 = \frac{\pi R^2}{L^2} \quad [3] . \text{ Portanto a porção de céu observável, sem mover o tubo, continuando o observador}$$

com o olho em O, corresponde também ao ângulo sólido  $\Omega_2$  (é conveniente que o tubo seja fixado a um tripé). Por outro lado, o ângulo sólido correspondente à totalidade da esfera celeste, é, como vimos,

$\Omega_1 = 4\pi$  sr. Assim sendo, a razão entre o ângulo sólido delimitado pelo tubo e o ângulo sólido correspondente à totalidade do céu é

$$\frac{\Omega_2}{\Omega_1} = \frac{\pi R^2}{4\pi L^2}, \text{ ou seja,}$$

$$\frac{\Omega_2}{\Omega_1} = \frac{R^2}{4L^2} \quad [4].$$

Do nosso local de observação, bom ou medíocre, apontemos o tubo segundo uma dada direcção do céu e, sem o mover, contemos o número  $n_1$  de estrelas visíveis a olho nu dentro da boca do tubo (nestas condições o número de estrelas será pequeno e fácil de contar. Apontemos o tubo em outra direcção, contando o número  $n_2$ ; segundo outra direcção ainda conte-se o número  $n_3$ , etc. Convém fazer pelo menos umas 15 contagens, obtendo os números  $n_1, n_2, \dots, n_{15}$ , referentes a diferentes direcções de observação. Calcula-se seguidamente a média aritmética destes valores,  $n_{\text{méd}}$ . Este último valor é o número médio de estrelas visíveis segundo o ângulo sólido  $\Omega_2$ , anteriormente definido.

Como estamos a raciocinar com base em números médios de estrelas observáveis num dado ângulo sólido (com base na amostragem feita), o número de estrelas observáveis será directamente proporcional ao ângulo sólido de observação, sendo assim válida a expressão

$$\frac{n_{\text{med}}}{N} = \frac{\Omega_2}{\Omega_1} ;$$

Por outro lado, tendo em conta esta última relação e a expressão [4], obtém-se imediatamente o número  $N$  de estrelas visíveis a olho nu *na totalidade da esfera celeste* (ângulo sólido  $\Omega_1 = 4\pi$  sr)

$$\frac{n_{\text{med}}}{N} = \frac{R^2}{4L^2}, \text{ e portanto } N = \frac{4L^2 n_{\text{med}}}{R^2} \quad [5],$$

Concretizando, admitamos que o observador utiliza um tubo com  $L = 40,0$  cm e  $R = 3,0$  cm, num bom local de observação, obtendo, por exemplo,  $n_{\text{méd}} = 8,1$ . Utilizando a expressão [5] chegamos facilmente a

$$N = \frac{4 \times 40^2 \times 8,1}{3^2} = 5,8 \times 10^3 \text{ estrelas.}$$

Estando à superfície da Terra, só poderemos ver, como é óbvio, metade da esfera celeste (num dado momento). Estarão assim, em termos médios,  $N/2$ , ou seja, cerca de  $2,9 \times 10^3$  estrelas acessíveis a olho nu, *caso não consideremos* a absorção da luz estelar ao atravessar a atmosfera terrestre. Porém, esta absorção é tanto maior quanto maior for o percurso dos raios luminosos através da atmosfera terrestre (Fig.4).

#### 4. A influência da atmosfera terrestre

Na Fig. 4 pode ver-se que, supondo um modelo de atmosfera simplificado (de espessura perfeitamente delimitada e índice de refração decrescente com a altitude), o percurso do raio luminoso 1, através da atmosfera, é muito mais curto que o do raio 2, e este é, por sua vez, mais curto que o 3. Nestas condições, a absorção da luz estelar pela atmosfera é mínima na vizinhança do zénite (caso do raio 1) e máxima para os astros que se encontram a pouca altura, junto ao horizonte.

Assim sendo, é compreensível que a luz das estrelas mais chegadas ao horizonte seja mais absorvida do que a das que estão a maior altura. Verifica-se também que uma dada estrela, pouco depois de despontar no horizonte, aparenta (devido à absorção atmosférica) menor brilho do que, mais tarde, quando está a maior altura. Em particular, uma estrela visível com dificuldade na vizinhança do zénite (caso 1) será completamente invisível a olho nu se se encontrar, digamos, a  $8^\circ$  de altura. Deste modo, a Fig. 4 justifica a razão pela qual, embora nas condições anteriormente referidas fosse admissível que se vissem a olho nu 2900 estrelas, na realidade esse número é menor: na proximidade do horizonte muitas estrelas *que seriam detectáveis*, se estivessem mais altas, deixam de ser visíveis devido à absorção atmosférica. Tendo em conta este efeito, o número de estrelas observáveis a olho nu, de um dado local e num dado momento, é apenas 70% do valor  $N/2$  que seria de esperar se não houvesse absorção atmosférica: neste caso seriam apenas cerca de 2000 estrelas.

É interessante e instrutivo fazer a experiência no local onde o observador se encontra, quer esse local seja bom, medíocre ou excepcional. Se  $n_{\text{méd}}$  for, por exemplo 1,7 (um local de observação francamente mau), a equação [5] dá para  $N$  o valor  $1,2 \times 10^3$ , conduzindo a cerca de 420 estrelas visíveis num dado momento, sem instrumentos de óptica (já contando com a absorção atmosférica). Mesmo num local excepcional (ausência de poluições, ar seco e grande altitude), no caso de um observador treinado e com excelente visão, um valor de  $n_{\text{méd}}$  de ordem de 11,0 conduz a  $N = 7,8 \times 10^3$  estrelas. Nestas condições verdadeiramente excepcionais, o observador verá então, num dado momento e na melhor das hipóteses, umas 2700 estrelas, já contando com a absorção atmosférica.

Na realidade, num dado momento podemos ver um pouco mais de metade da esfera celeste, pois a refração atmosférica eleva a altura dos astros, fenómeno evidenciado na Fig. 4 de uma forma muito exagerada. A Fig. 5 mostra, sem escala, a marcha de um raio luminoso emitido pela estrela  $S_1$ , atingindo o observador em O. Se não existisse atmosfera, a estrela seria vista a uma altura  $h_1$  (AO e  $S_1B$  são direcções paralelas, como é óbvio). Devido à refração atmosférica, para o observador tudo se passa como se o astro estivesse na posição  $S_2$ , sendo visto a uma altura  $h_2 > h_1$ . A elevação aparente ( $\Delta h$ ) do astro é a diferença

$h_2 - h_1$  e é tanto menor quanto maior for a altura deste. Por esta razão, devido à refração da luz na atmosfera, um astro aparenta estar mais alto do que aquilo que seria observado se a Terra não tivesse atmosfera. Este efeito é máximo na

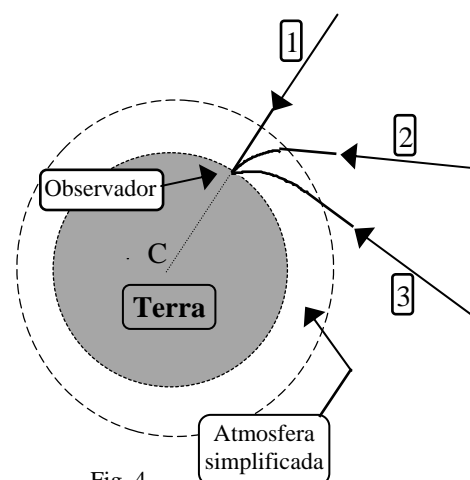


Fig. 4

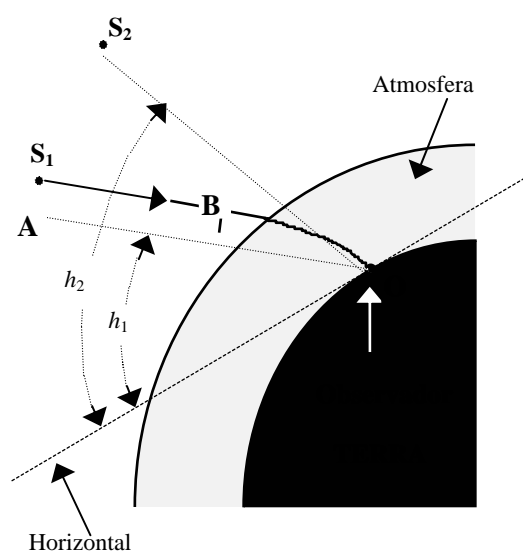


Fig. 5

vizinhança do horizonte e diminui gradualmente com a altura, até se anular no zénite. No entanto, mesmo na situação de máximo efeito, a elevação aparente dos astros é apenas de  $0,57^\circ$ . Deste modo, o pequeno acréscimo da extensão da esfera celeste observável, proporcionado por esta refração, tem uma contribuição praticamente desprezável *para* a determinação do número de estrelas observáveis a olho nu. Essa escassa contribuição é ainda contrariada pela forte absorção da luz das estrelas que se encontram pouco elevadas sobre o horizonte.

#### 4. Conclusão

O processo utilizado é relativamente simples e não requer equipamento especial. Com ele, os alunos de uma escola secundária, ou de um clube de Astronomia, podem obter uma estimativa bastante satisfatória do número de estrelas observáveis a olho nu, num dado momento e de um dado local.

Com base nas considerações anteriores vemos que o senso comum e a tradição popular são grandemente exagerados, mesmo no caso dos melhores locais de observação. Esta conclusão, inesperada e desconcertante para muitas pessoas, não faz perder, contudo, a extraordinária beleza e encanto do céu nocturno.

Guilherme de Almeida é licenciado em Física, tendo incluído a Astronomia na sua formação académica. Autor de diversas obras sobre iniciação à Astronomia e observações astronómicas, assinou mais de 40 artigos e realizou numerosas acções de formação para professores. É formador do programa FOCO para as áreas de Astronomia e Física.