

6º Encontro do
Hotel de Hilbert - EH2
20 a 25 de novembro de 2018

Mentores

ASTROMETRIA

Prof. Dr. Luciano Soares Pedroso
UFVJM – Diamantina/MG

Quase verão de 2018

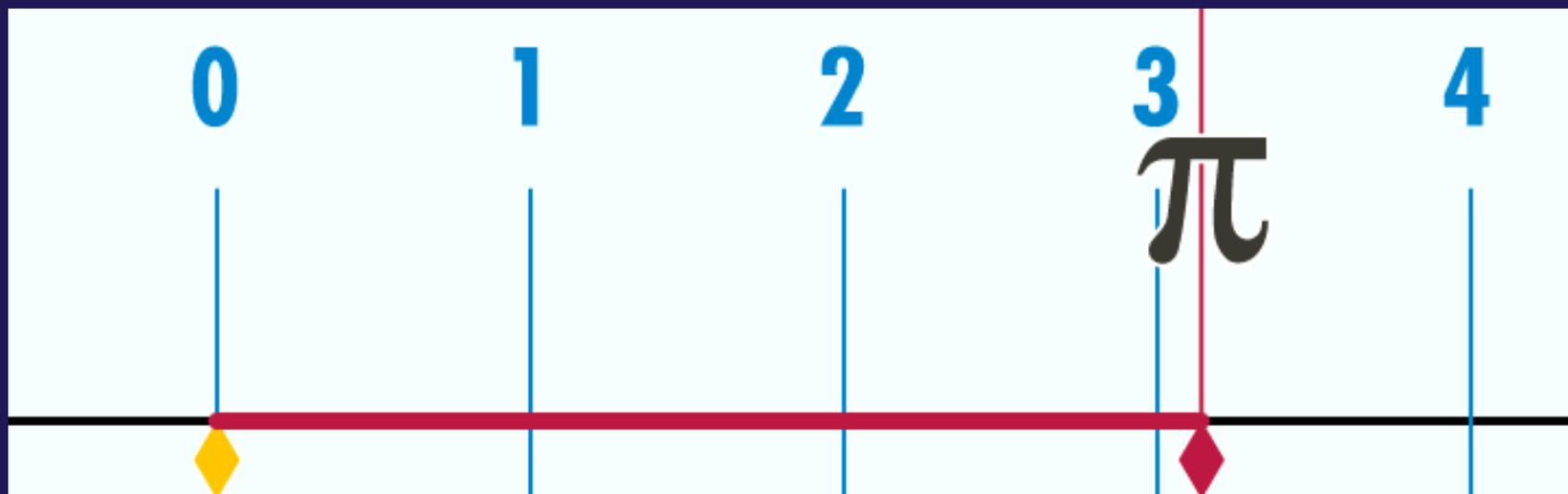
Um jornal é melhor que uma revista. Um cume ou encosta é melhor que uma rua. No início parece que é melhor correr do que andar. É preciso experimentar várias vezes. Prega várias partidas, mas é fácil de aprender. Mesmo os adultos podem achá-lo divertido. Uma vez com sucesso, as complicações são minimizadas. Os pássaros raramente se aproximam. Muitas pessoas, às vezes, fazem ao mesmo tempo, contudo isso pode causar problemas. É preciso muito espaço. É necessário ter cuidado com a chuva, pois destrói tudo. Se não houver complicações, pode ser muito agradável. Uma pedra pode servir de âncora. Se alguma coisa se partir, perdemo-lo e não teremos uma segunda chance.







Observe com criticidade!!!



Jardim Botânico no Rio de Janeiro: OBMEP - 2015



OBMEP
*Somando novos talentos
para o Brasil*

INSCRIÇÕES ATÉ 31 DE MARÇO
somente na página www.obmep.org.br

PROVAS 1ª FASE 2 DE JUNHO
PROVAS 2ª FASE 12 DE SETEMBRO

Informações (21) 2529-5084



A sombra projetada pela sua seta pode ser utilizada para medir as horas (ver diagrama).
O relógio de sol equatorial, mencionado neste folheto, está instalado no Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Trata-se de uma criação do artista Sérgio Menezes doado pelo Fundação Paraterra, de Curitiba. Seu tipo de construção nos lembra o "Cabeleço" das civilizações da América. Sua criação deve-se ao Projeto "O Cabeleceiro" de 2008, iniciativa da prefeitura para o Memorial Sul.

RELÓGIO DE SOL CLASSICO



Quando o sol está no ponto mais alto do céu, a sombra projetada pela seta indica a hora.

RELÓGIO DE SOL EQUATORIAL





**inscrições até
02 de abril de 2018**

**somente na página
www.obmep.org.br**

**Escolas Públicas + Privadas
informações: (21) 2529-5084**

**provas 1ª fase
05 de junho de 2018**

**provas 2ª fase
15 de setembro de 2018**

OBMEP 2018

Somando novos talentos para o Brasil

Bom, como vocês
podem ver, a órbita de
um planeta é elíptica...

simulação

Johannes Kepler

J. Harris





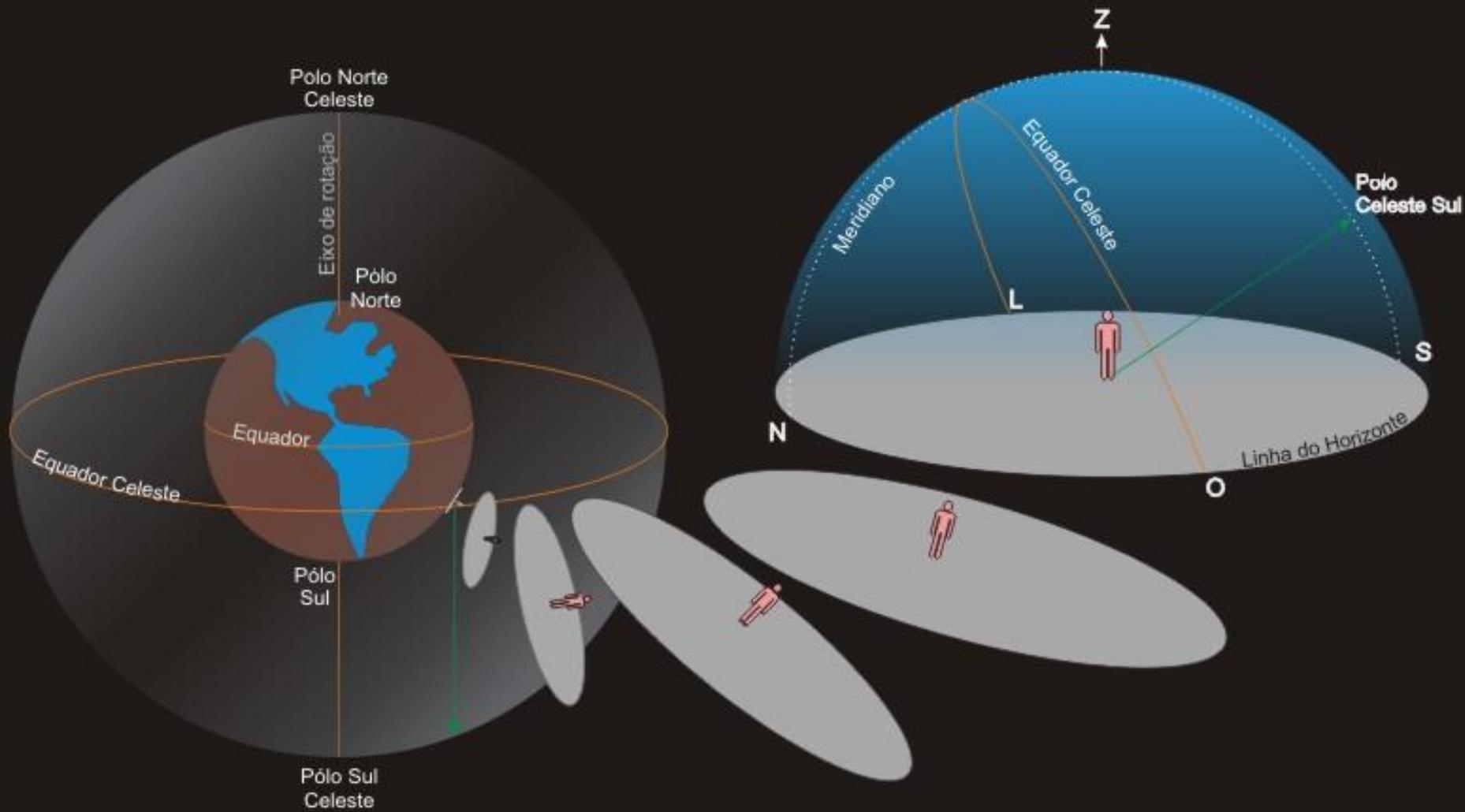
Vamos ao que interessa!

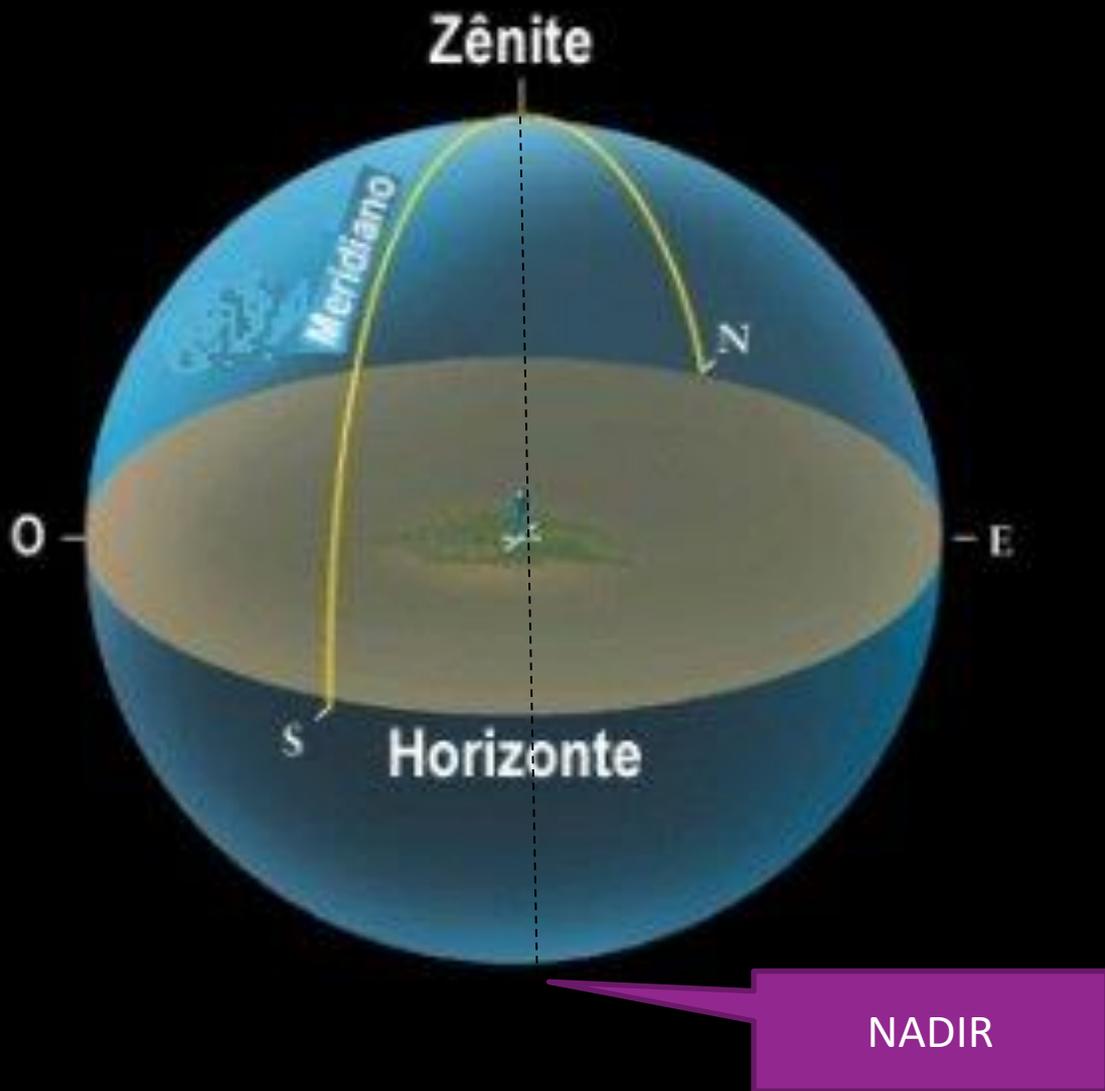


Referencial:

Vamos a um experimento...

Ou dois...



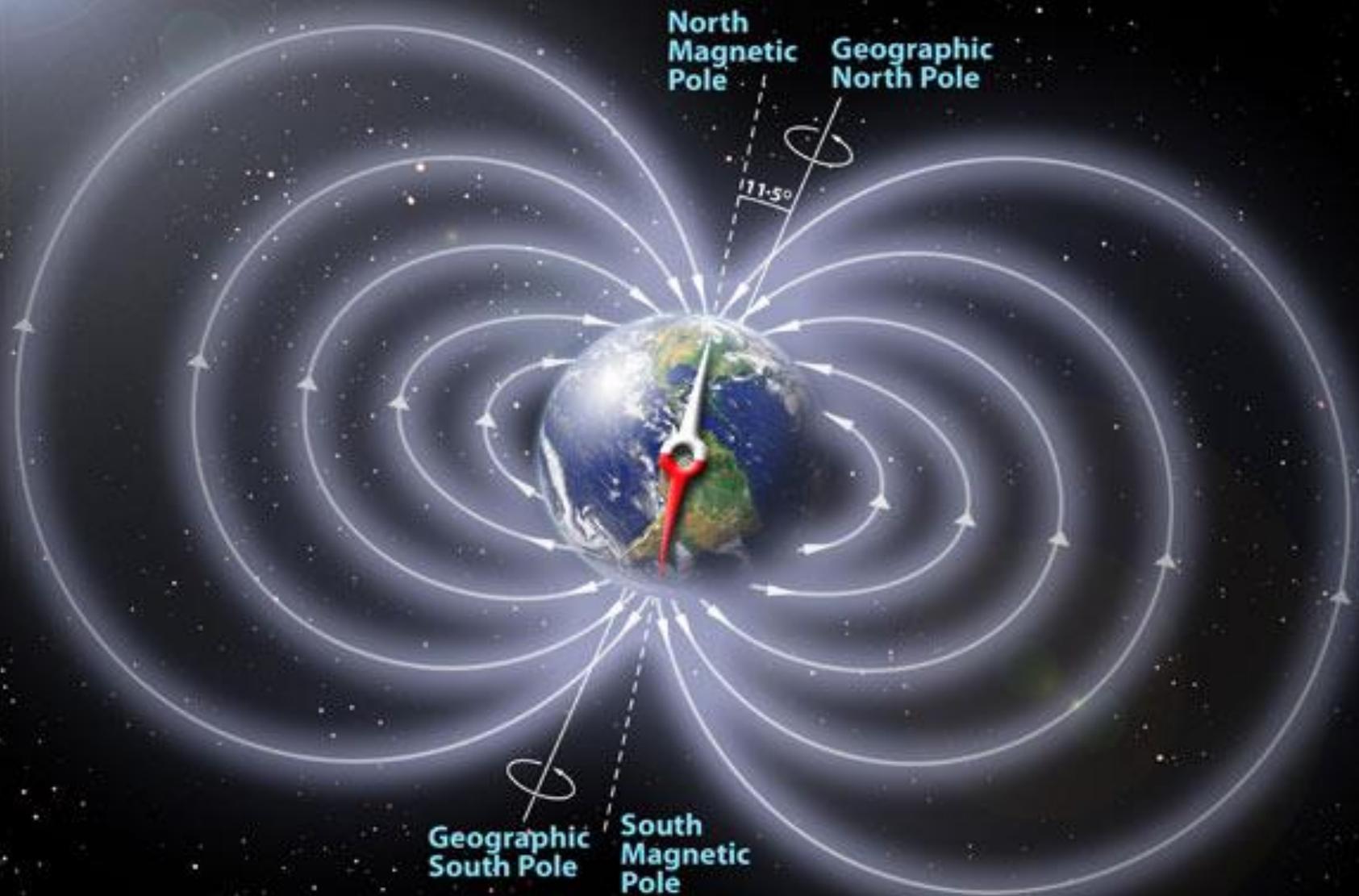




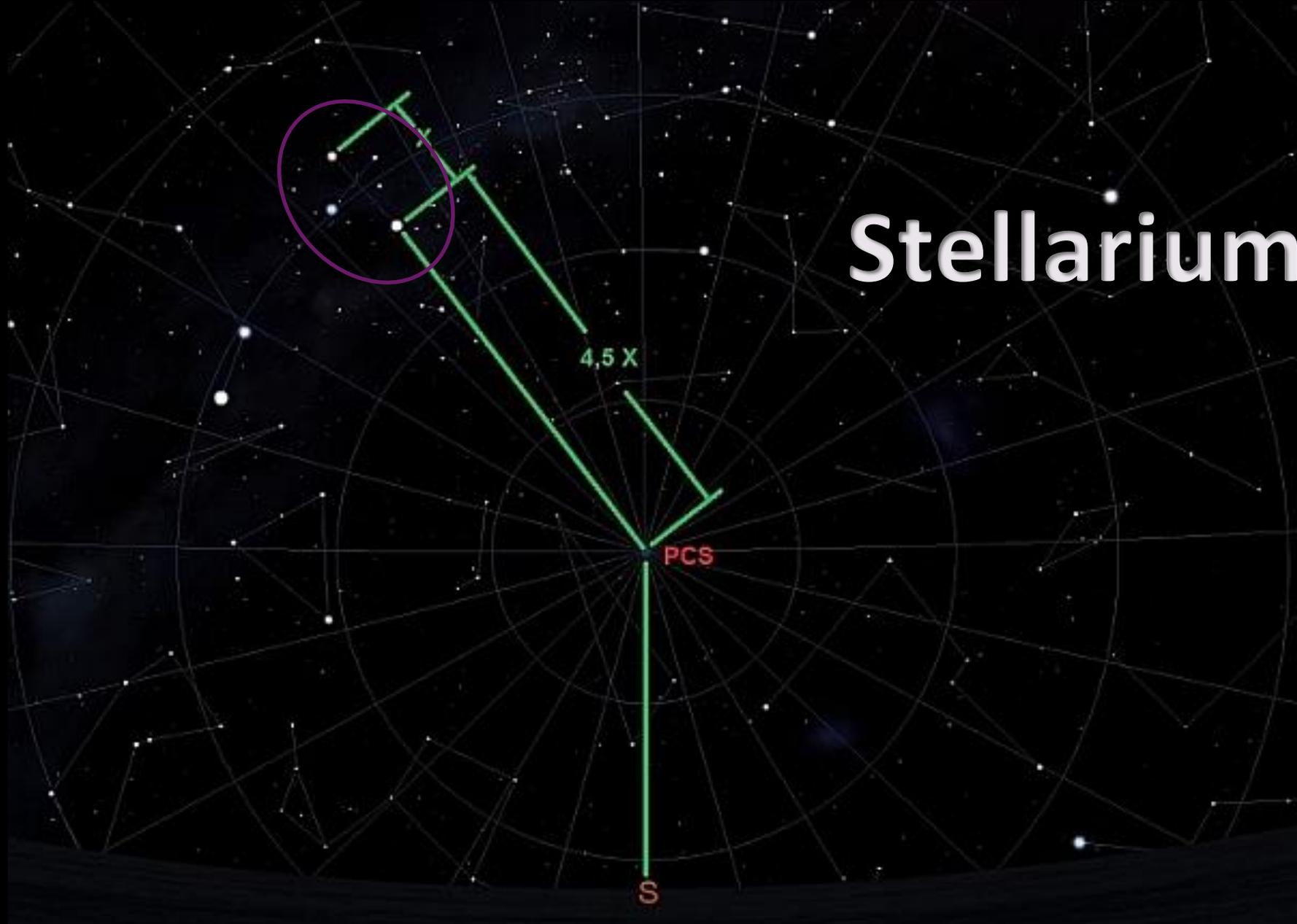
A Terra

Aliás, quantos
polos há em
nosso sistema
de medida?

The Earth's Magnetic Field



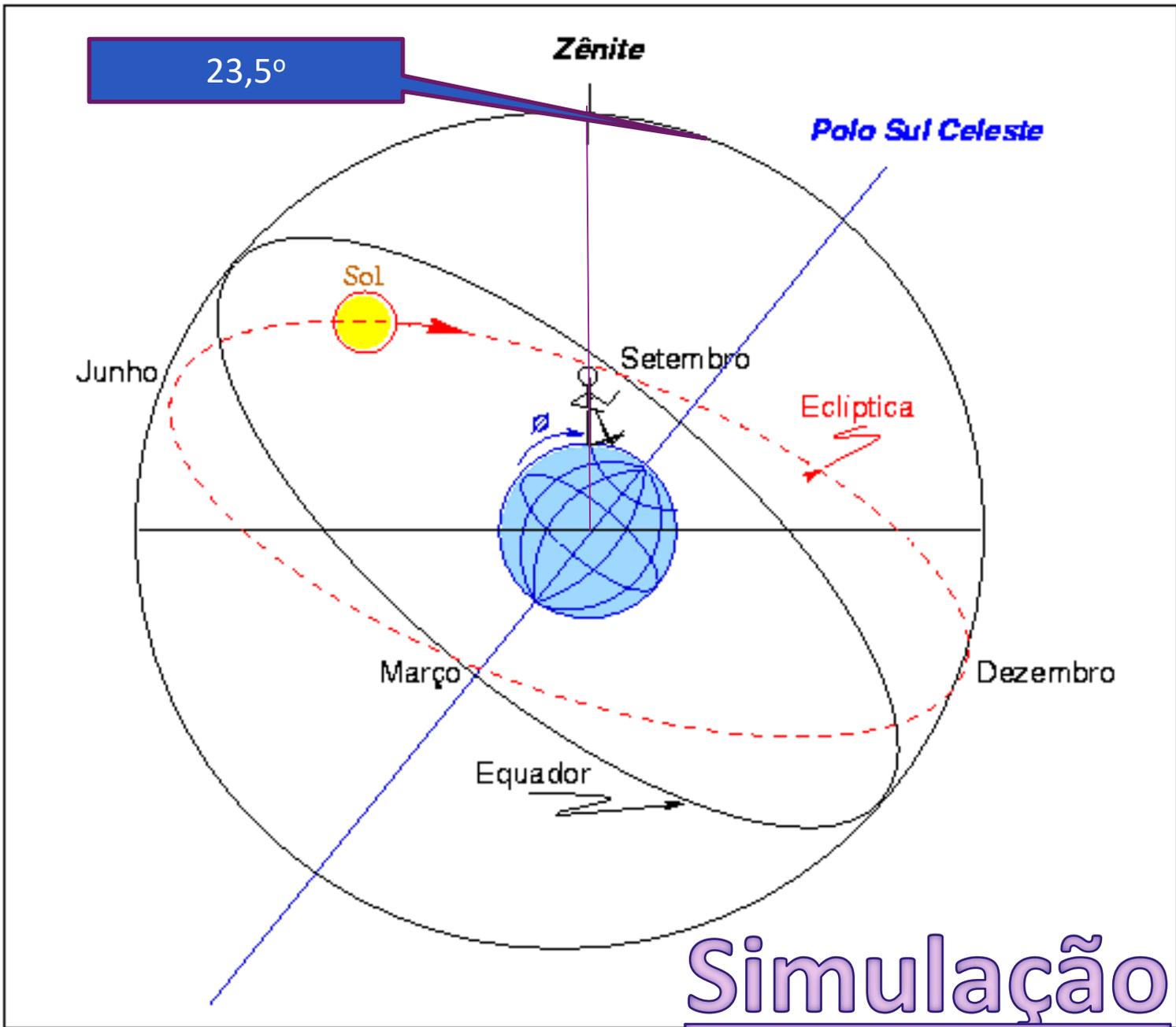
Stellarium



4,5 X

PCS

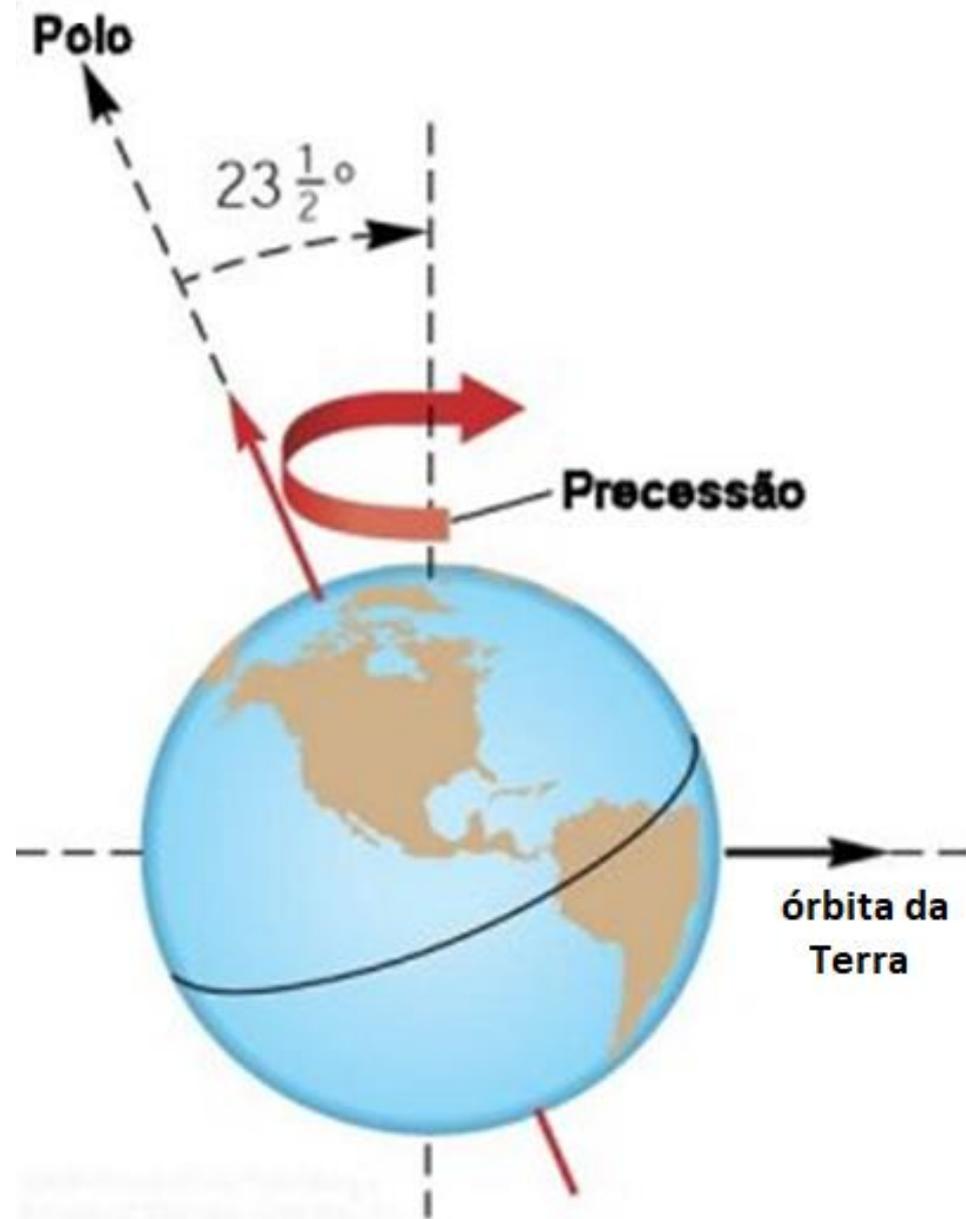
S

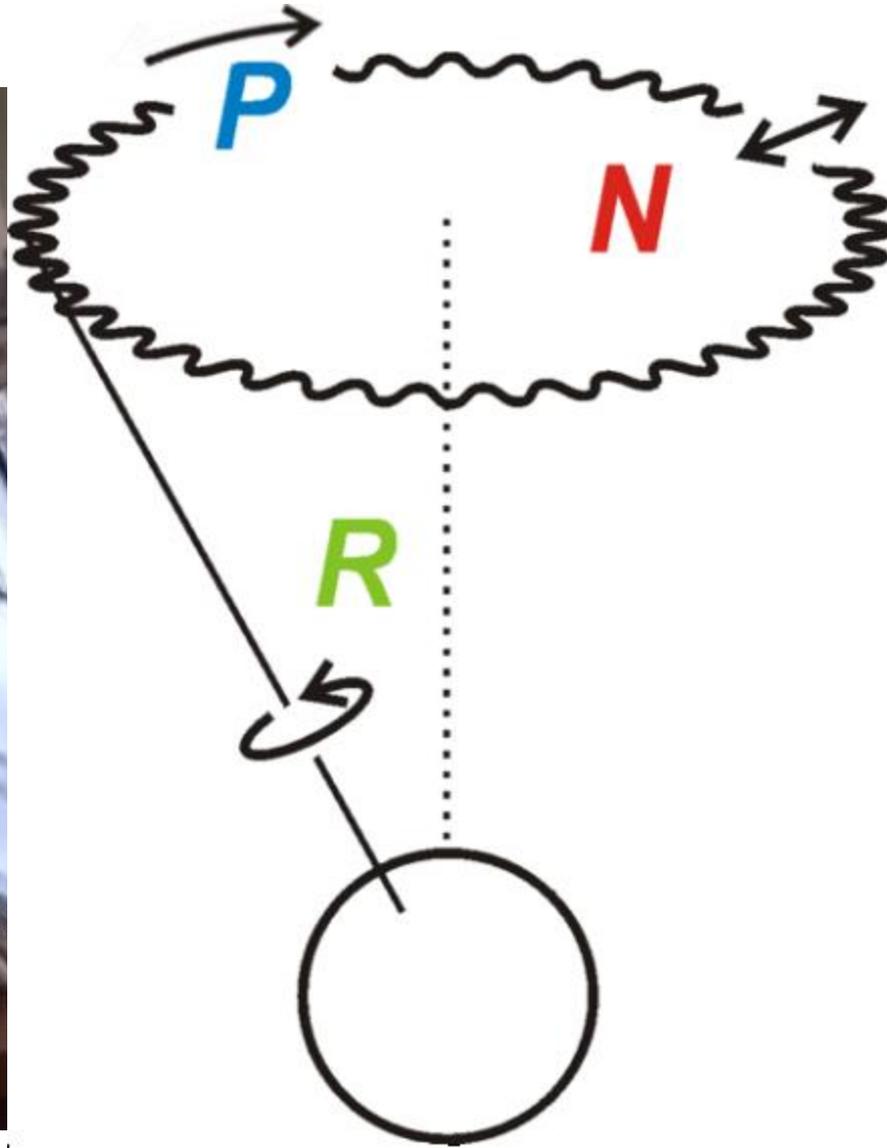




A Terra

Aliás, quantos
movimentos
possui o nosso
planeta?







Como descobrimos isso?

- ✓ Qual o seu signo zodiacal?
- ✓ Uhmmmm
- ✓ Veja agora!!





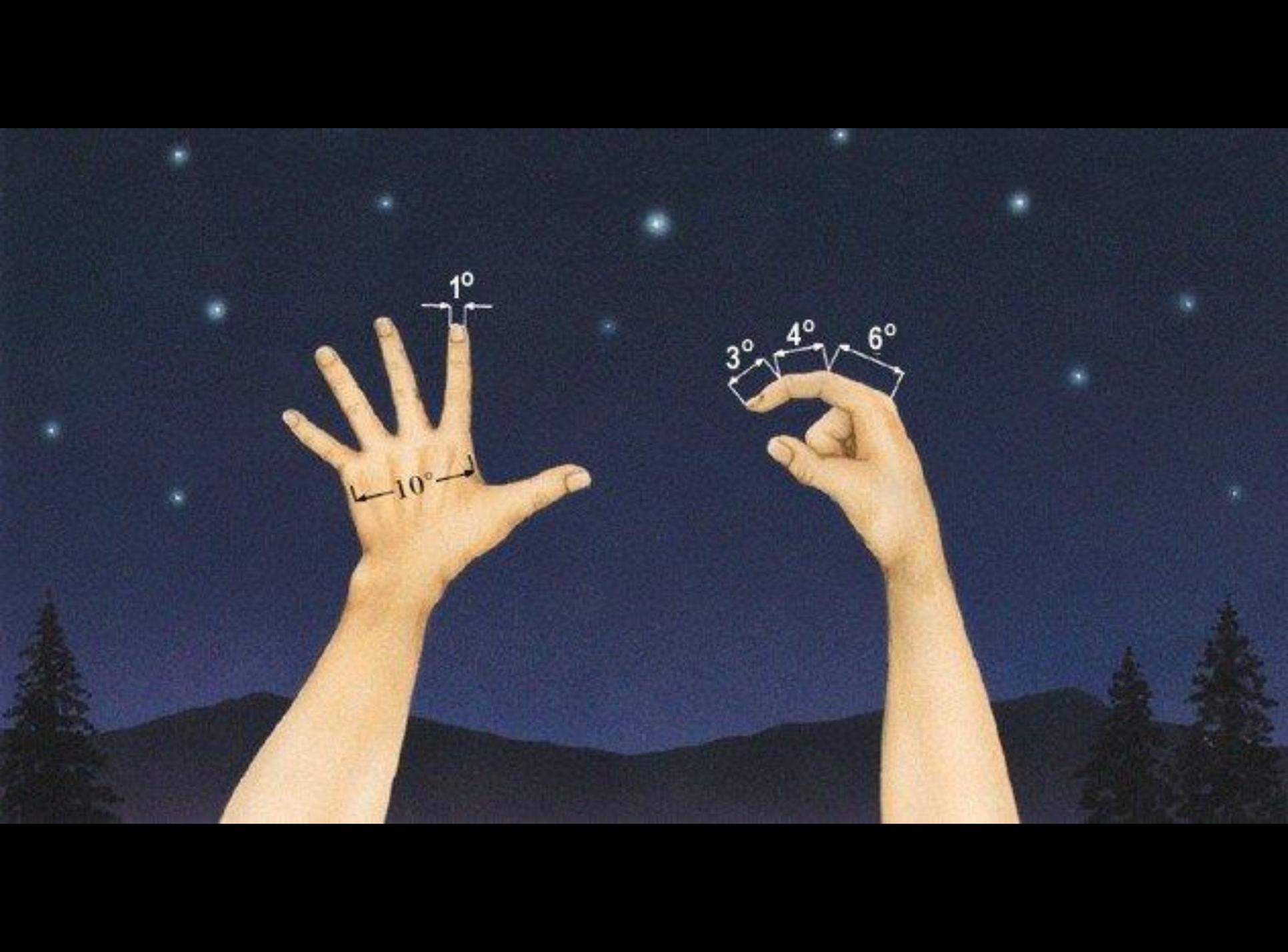
Mediu, errou!!!!

Em Astronomia e mais especial em **ASTROMETRIA**, o conceito de medir está intrínseco.

Albert Einstein

“É natural ao ser humano transformar
TUDO em NÚMEROS!”





10°

1°

3°

4°

6°

Lua

Tipo: **satélite natural**

Magnitude: **-12.36**

Magnitude Absoluta: 0,21

Mean Opposition Magnitude: -12,74

AD/DEC (J2000,0): 4h43m51.42s/+18°59'09.3"

AD/DEC (na data): 4h44m58.95s/+19°01'09.4"

AH/DEC: 19h43m12.21s/+19°01'09.4"

AZ/ALT: +60°36'32.7"/+12°20'22.4"

LG/LAT: -179°52'01.1"/-17°14'10.4"

Longitude/Latitude Súper Galáctica: -17°39'05.2"/-42°37'17.7"

Longitude/Latitude Eclíptica (J2000,0): +72°00'21.3"/-3°16'19.7"

Longitude/Latitude Eclíptica (na data): +72°16'28.4"/-3°16'11.1"

Obliquidade da eclíptica (na data): +23°26'07.7"

Tempo Sideral Médio: 0h28m12.2s

Tempo Sideral Aparente: 0h28m11.2s

Constelação IAU: Táu

Distância do Sol: 0,990UA (148,069 M km)

Distância: 0,002466UA (368836,161 Km)

Diâmetro Aparente: +0°32'23.2"

Período Sideral: 27,32 dias (0,075 a)

Dia Sideral: 655h43m11,5s

Dia Solar Médio: 708h44m2,8s

Synodic period: 29,53 dias (0,081 a)

Ângulo da Fase: +11°05'56,8"

Alongamento: +168°52'24,0"

Iluminado: 99,1%

Albedo: 0,120

Moon age: 15,6 days old

Táuridas do Sul

Aldebaran

Lua

Táuridas do Norte

Rigel

Betelgeuse

NE

L



Data e hora [X]

Data e hora			Dia juliano		
2018	-	11 - 23	21	:	30 : 51

Stellarium



O início de tudo (ou quase tudo!!)

- A astrometria inicia com a composição do primeiro catálogo de estrelas. Hiparco de Nicéia (c.190-c.120 a.C.), considerado o maior astrônomo da era pré-cristã, construiu um observatório na ilha de Rodes, onde fez observações durante o período de 147 a 127 a.C. Como resultado, ele compilou um catálogo com a posição no céu e a magnitude de 850 estrelas.



Astrometria

Astrometria ou **astronomia de posição** é o ramo da Astronomia que lida com a medida precisa da posição das estrelas e de outros corpos celestes, assim como de suas distâncias e seus movimentos.



Astrometria

Para isso, o Astrômetra observa os astros com os instrumentos disponíveis, anota sua posições e datas de observação. Em seguida, utilizando processos de matemática e estatística, o Astrômetra procura elaborar modelos matemáticos que permitam prever a posição dos referidos astros em qualquer instante e para qualquer observador sobre a Terra.



Marte ??

SIM!!!

É o Astrômetra que dará à Humanidade
e feliz notícia de sua destruição total!!





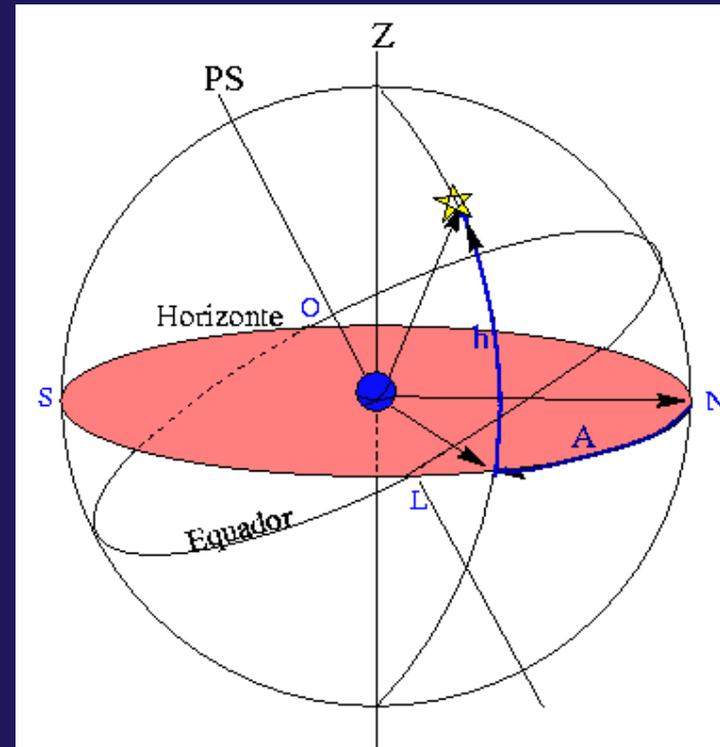
Sistema de Coordenadas Astronômicas

- **Coordenadas do Sistema Horizontal**

- ✓ Azimute (A) (medida no plano do horizonte, origem no ponto **cardenal** Norte)
- ✓ Altura (h) (medida perpendicularmente ao horizonte, **origem nele**)

Stellarium

simulação



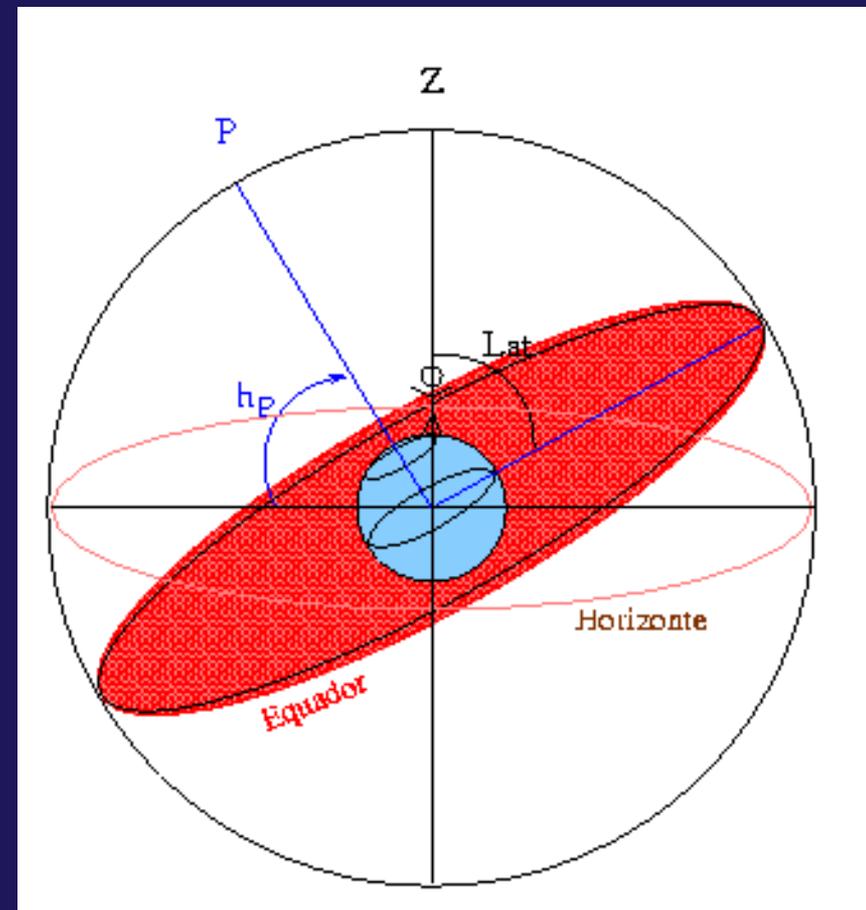


Definição astronômica de latitude:

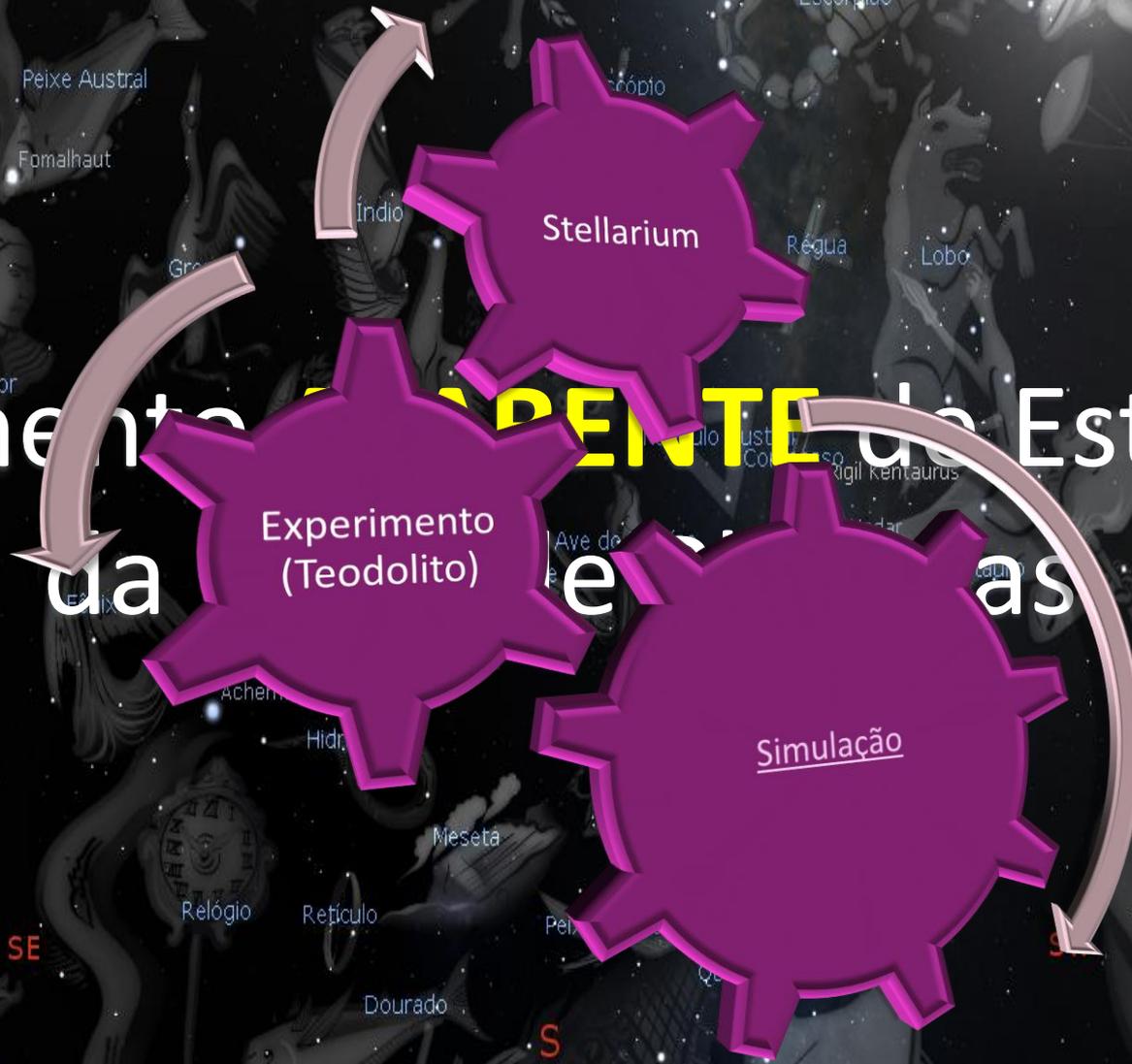
A latitude de um lugar é igual à altura do polo elevado.

Stellarium

Simulação



Movimento da Terra e o Movimento Aparente das Estrelas

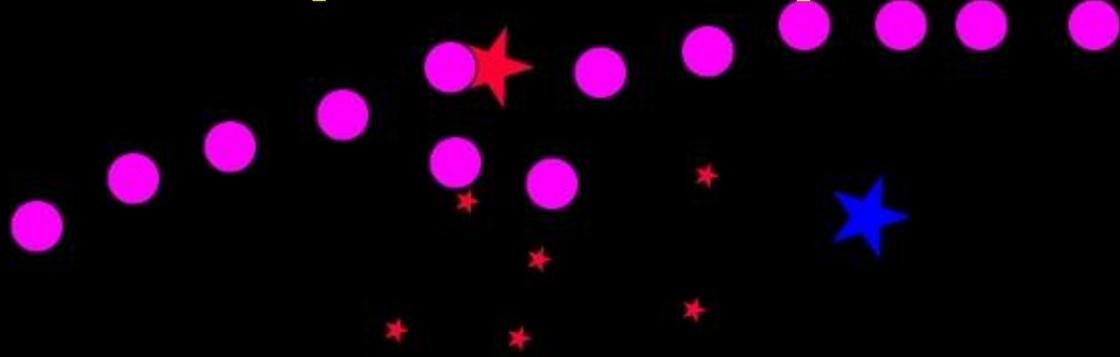




Datas importantes no Hemisfério Sul

Data do ano	Hemisfério Sul
20 e 21 de março	Equinócio de Outono
20 e 21 de junho	Solstício de Inverno
22 e 23 de setembro	Equinócio de Primavera
20 e 21 de dezembro	Solstício de Verão

Movimentos aparentes dos planetas



laçada

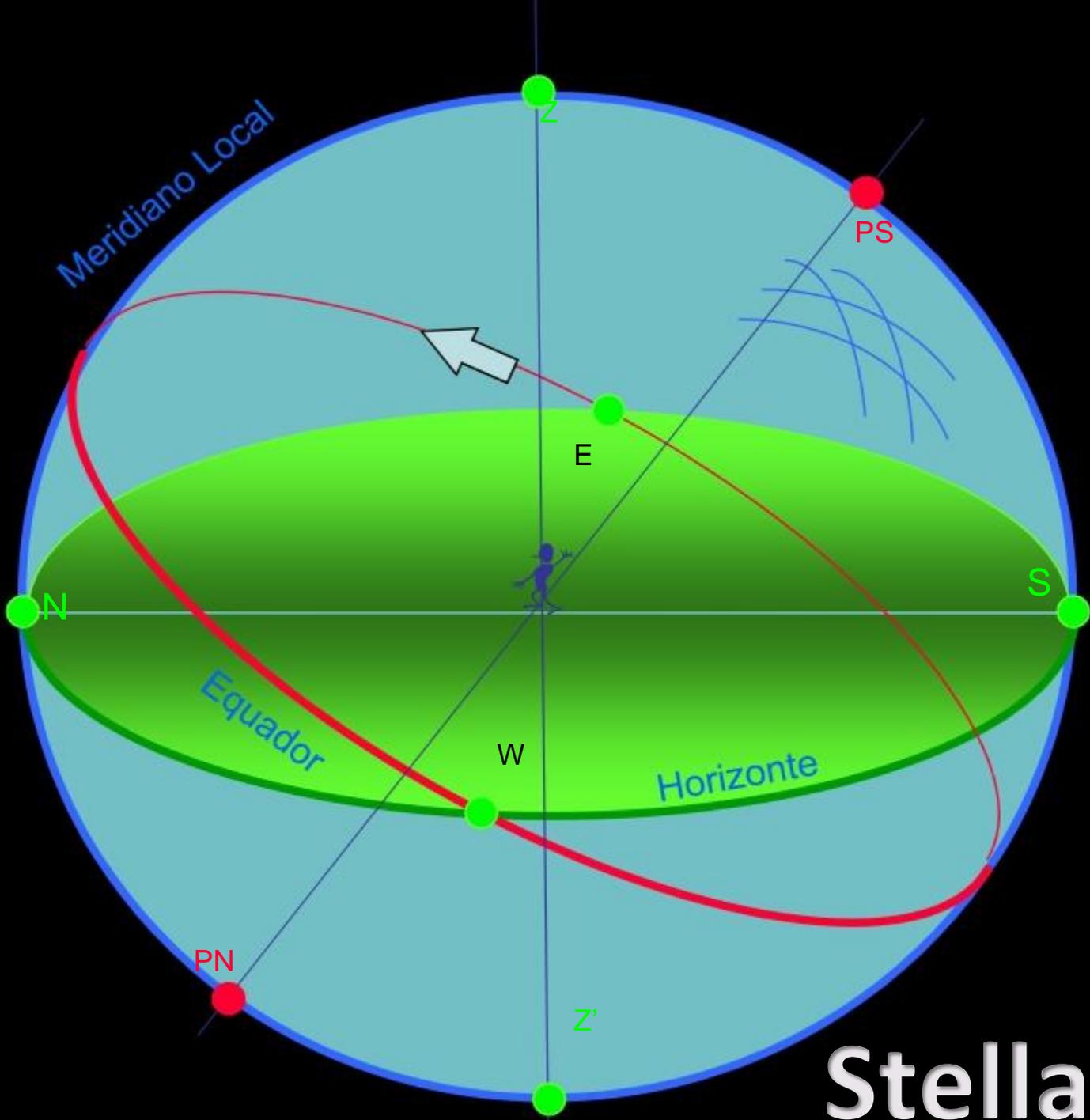
Norte

Oeste

Leste







Stellarium

Sistema Equatorial de Coordenadas

(α, δ)

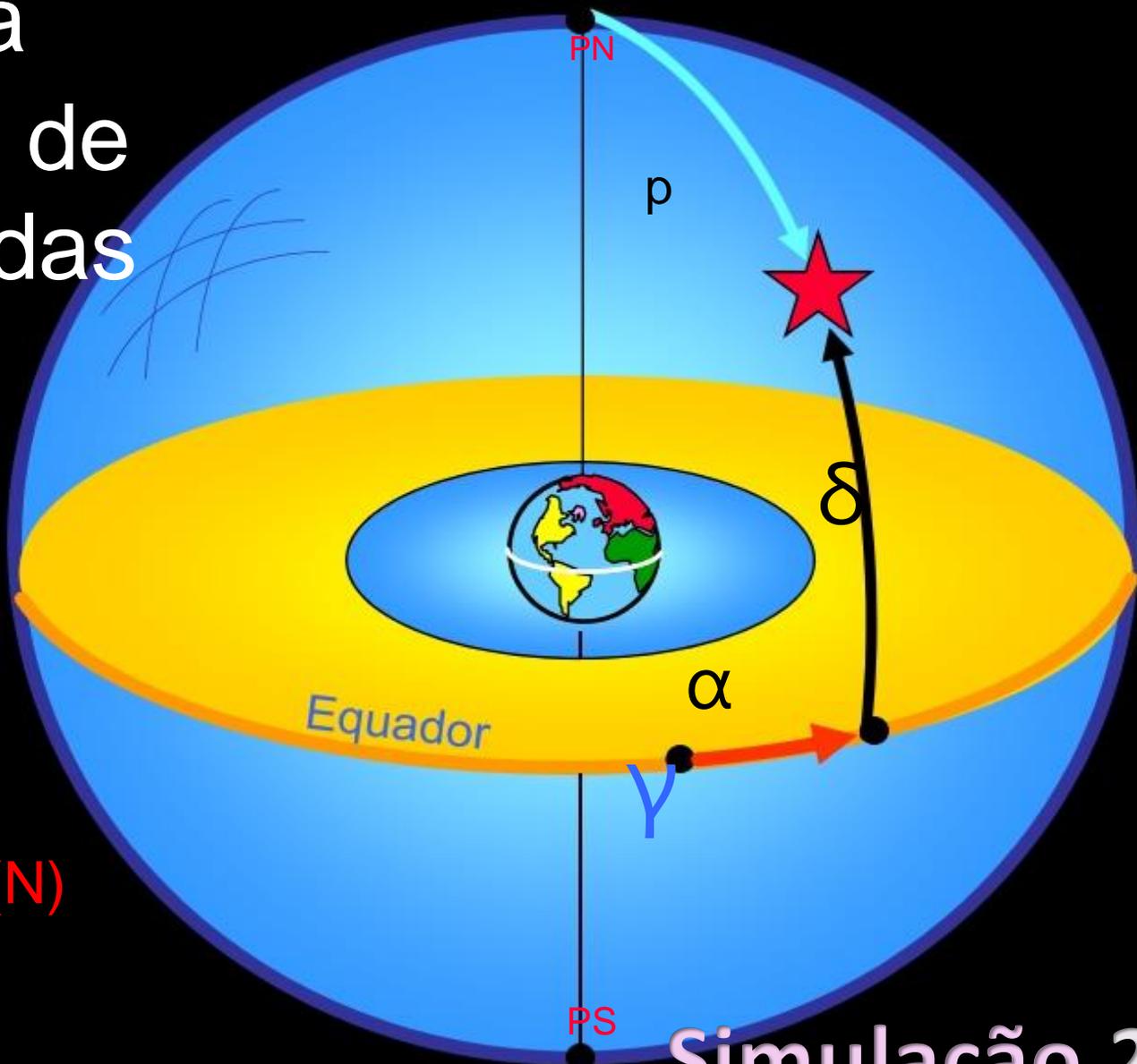
Ascensão reta

$$0_h \leq \alpha < 24_h$$

Declinação

$$(S) -90^\circ \leq \delta \leq +90^\circ (N)$$

Simulação 1



Simulação 2



Trajetória diária dos astros





Escalas e Distâncias Astronômicas

- Diversas são as técnicas de determinação de distâncias em Astronomia, porém essas se aplicam a escalas específicas. Portanto, antes de descrevermos as técnicas, é útil fazer uma breve explanação sobre as unidades e as escalas de distância do Universo. Vejamos.....



Escalas do Universo

- As unidades mais comuns para descrevermos as distâncias em Astronomia são o ano-luz (ly), a unidade astronômica (UA) e o parsec (pc).
- O ano-luz é a distância que a luz percorre em um ano, ou seja, $c \times 365 \text{ dias} \times 24 \text{ h} \times 3600 \text{ s} \approx 9,46 \cdot 10^{15} \text{ m}$,
- onde $c \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, é a velocidade da luz no vácuo.
- Devemos notar que, apesar do nome, a unidade é derivada do produto da velocidade pelo tempo, que corresponde a uma unidade de distância.



Unidade Astronômica

A unidade astronômica é a distância média entre o Sol e a Terra e foi originalmente definida como sendo o raio da órbita circular newtoniana de uma partícula de massa desprezível, livre de perturbações, que se move com uma velocidade angular média de 0,01720209895 radianos por dia (BIMP, 2006). Entretanto, em 2012, a IAU (*International Astronomical Union*) convencionou o valor (IAU, 2012)

$$1 \text{ UA} = 149.597.870.700 \text{ m.}$$



Unidade Astronômica

$$1 \text{ UA} = 149.597.870.700 \text{ m.}$$

Para efeito de cálculo, costuma-se adotar

$$1 \text{ UA} \approx 1,50 \cdot 10^{11} \text{ m} = \\ = 150 \text{ milhões de km.}$$

A UA costuma ser usada para expressar distâncias dentro do Sistema Solar.



Parsec

O parsec (pc) é uma unidade bastante utilizada para expressar distâncias em grandes escalas no Universo tais como as escalas cosmológicas. Essa unidade é definida como sendo a distância na qual podemos enxergar um objeto de comprimento igual a 1 UA, disposto transversalmente à linha de visada, subtendido por um ângulo de 1" de arco.



Parsec

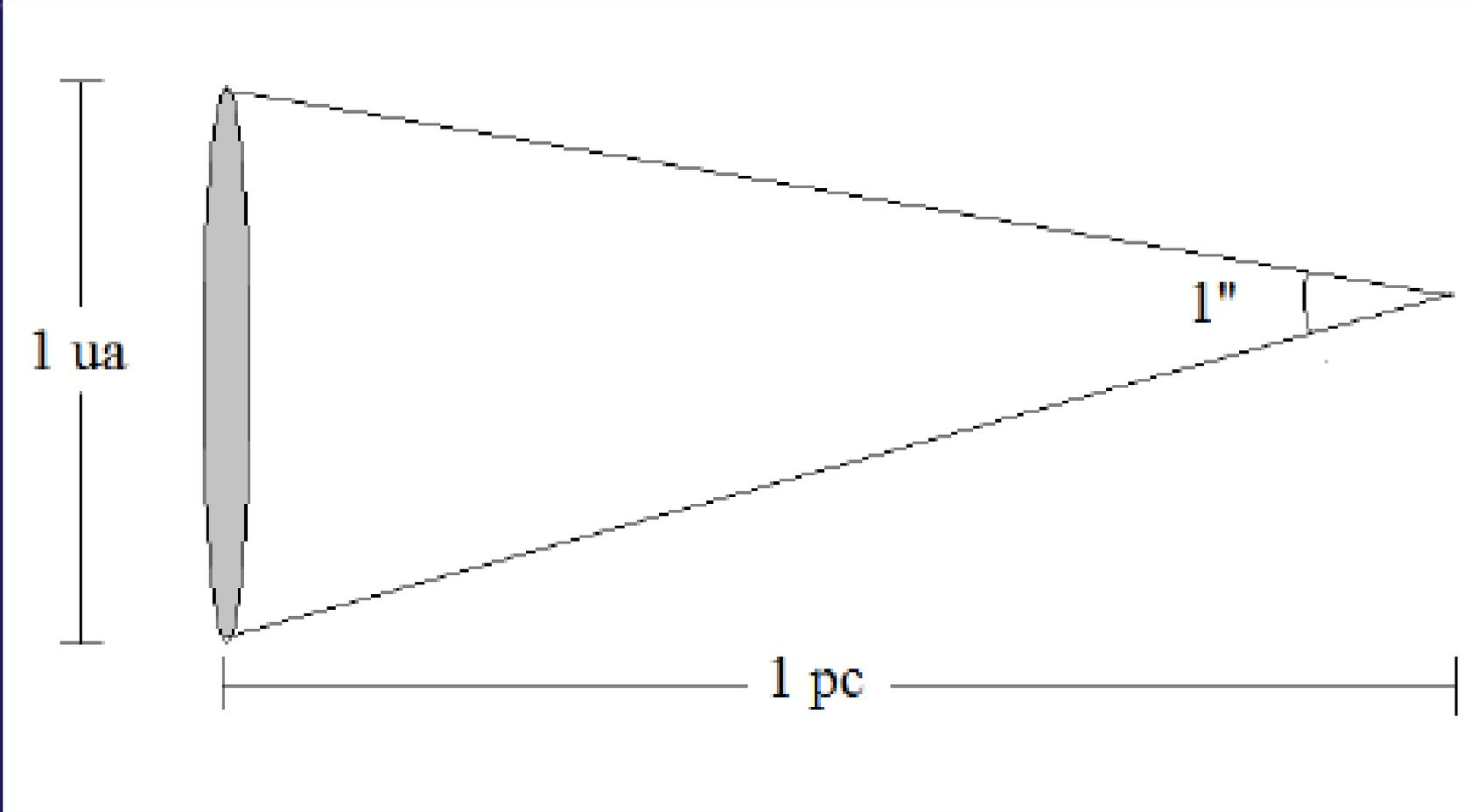
Podemos inferir que $1 \text{ pc} = 1 \text{ UA}/1''$. Como $1 \text{ UA} = 149.597.870.700 \text{ m}$ e $1'' = (1/3600)^\circ \times \pi/180 \text{ rad}$, temos, então que

$1 \text{ pc} \approx 3,09 \cdot 10^{16} \text{ m}$. Ou ainda:

$1 \text{ pc} \approx 2,06 \cdot 10^5 \text{ UA} \approx 3,26 \text{ ly}$.



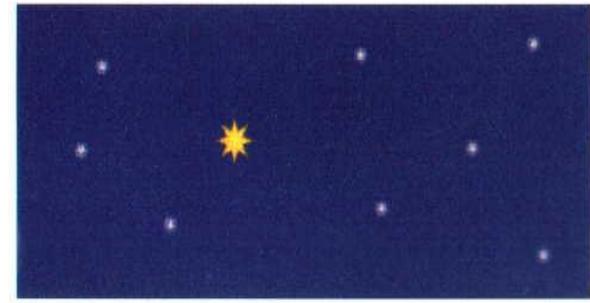
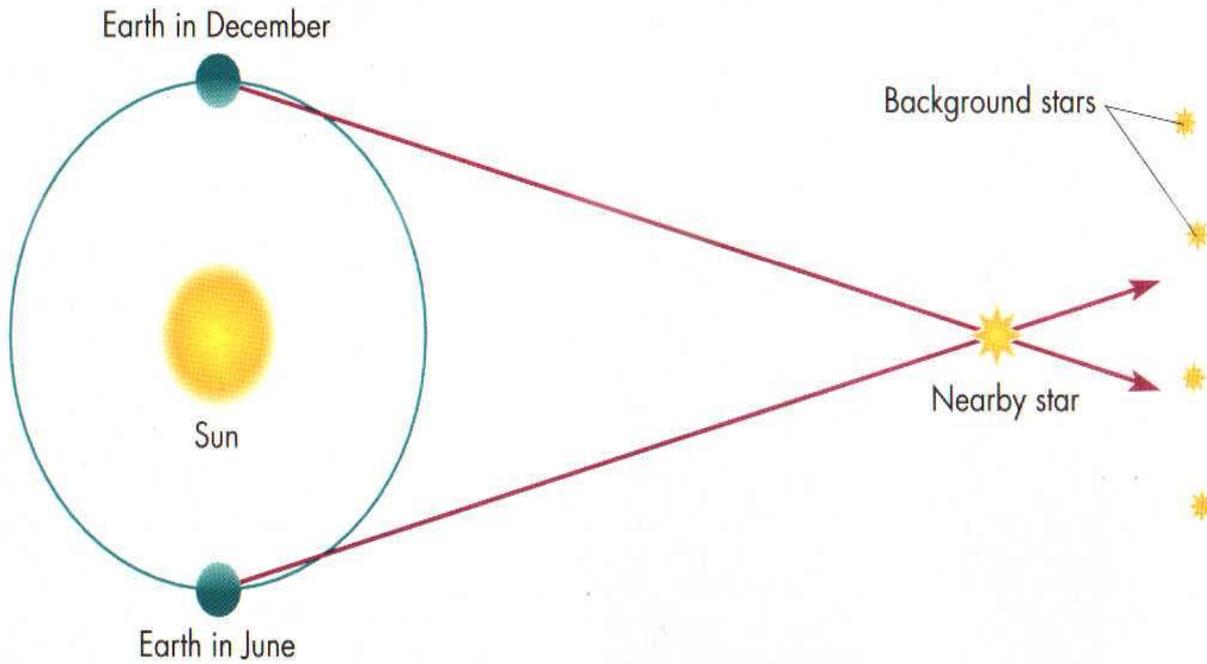
Parsec



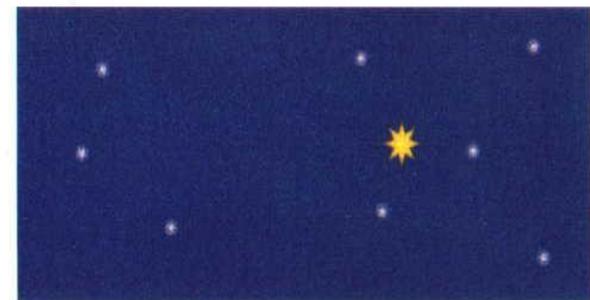
PARSEC = **PAR** (parallax); **SEC** (one arc-second)



Descoberta da Paralaxe



June



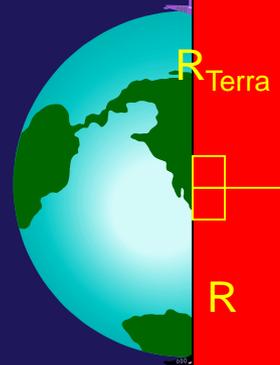
December



Afinal, o que é a Paralaxe?

Vejo algo estranho entre as estrelas azul escuro e azul claro...

Descobri uma estrela verde entre a azul e a marrom!!!



Distância ao objeto

α

NEO (em rota de colisão com a Terra!)

Okay! Confirmo sua descoberta. Parabéns!

Não vejo nada...





Do triângulo retângulo temos que:

$$\tan \alpha_{rad} = \frac{R_{Terra}}{d_{objeto}}$$

$$1'' = 4,8481369579 \times 10^{-6} \text{ rad}$$

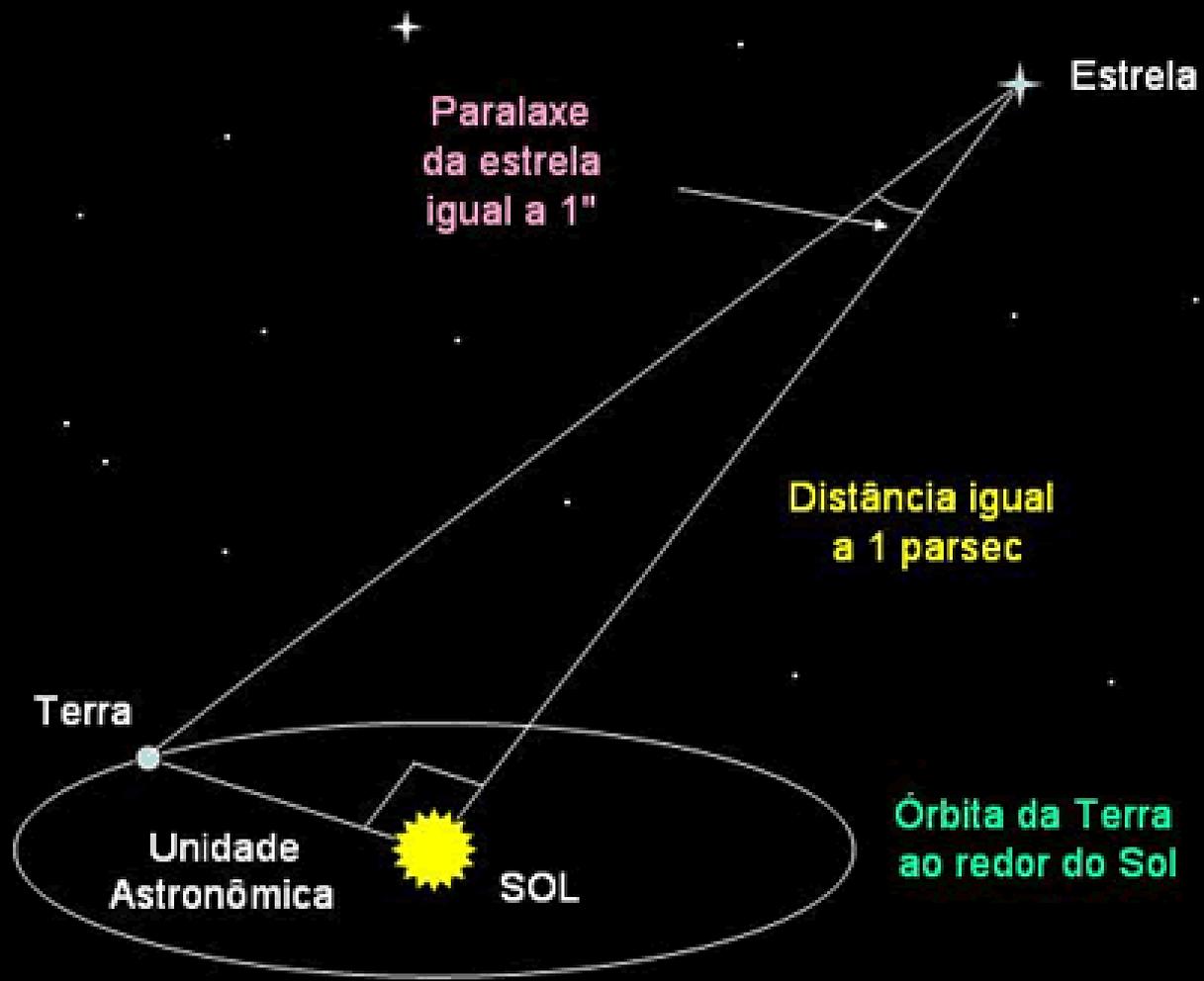


$$\tan \alpha_{rad} \sim \alpha_{rad}$$

$$\alpha_{rad} = \frac{R_{Terra}}{d_{objeto}}$$

Simulação-2

Simulação-1





Medir com trigonometria

a) Teodolito Didático;

b) Paralaxe Trigonométrica.



- Brilhos diferentes podem significar distâncias diferentes!

Betelgeuse



131 pc

Vega



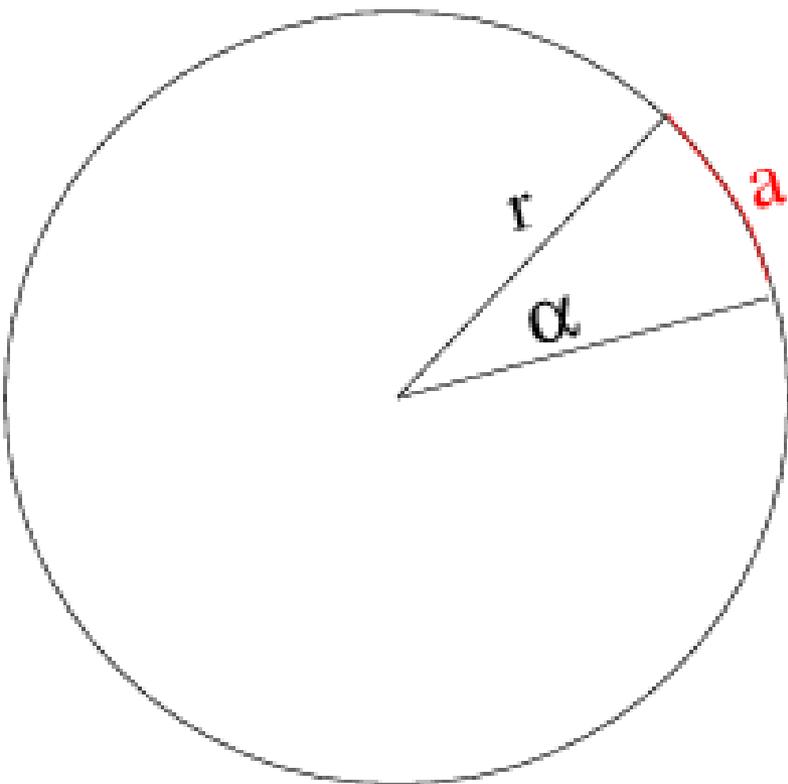
7,76 pc

Sirius



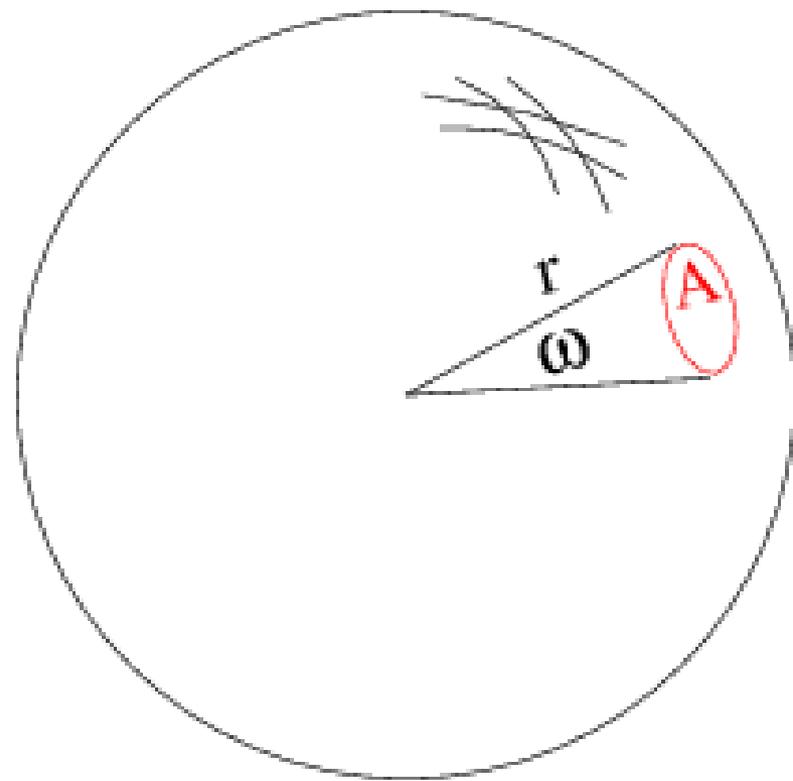
2,64 pc

Ângulo Sólido



$$\alpha = \frac{a}{r}$$

radiano



$$\omega = \frac{A}{r^2}$$

ESFERORradiano



Magnitudes

Porque o brilho de um astro é medido em magnitudes?

Há 2000 anos, o grego Hiparco de Nicéia (c.190-120 a.C.) dividiu as estrelas visíveis a olho nu de acordo com seu brilho aparente, atribuindo magnitude 1 à mais brilhante e 6 às mais fracas. Na definição de Hiparco, as de magnitude = 1 são as vinte primeiras estrelas que aparecem após o pôr-do-sol.



Magnitudes

Às estrelas mais brilhantes do céu noturno era atribuída a primeira magnitude ($m = 1$), enquanto as estrelas mais tênues tinham a sexta magnitude ($m = 6$), que é o limite da percepção visual humana (sem o auxílio de um telescópio). Cada grau de magnitude era considerado como o dobro do brilho do grau seguinte (**uma escala logarítmica**), embora esta razão fosse subjetiva, pois não existiam fotodetectores.

A small globe icon showing the Earth, positioned in the top left corner of the slide.

Qual a distância de uma Estrela?

- Inicialmente pensava-se que todas estavam a mesma distância.





Cruzeiro do Sul



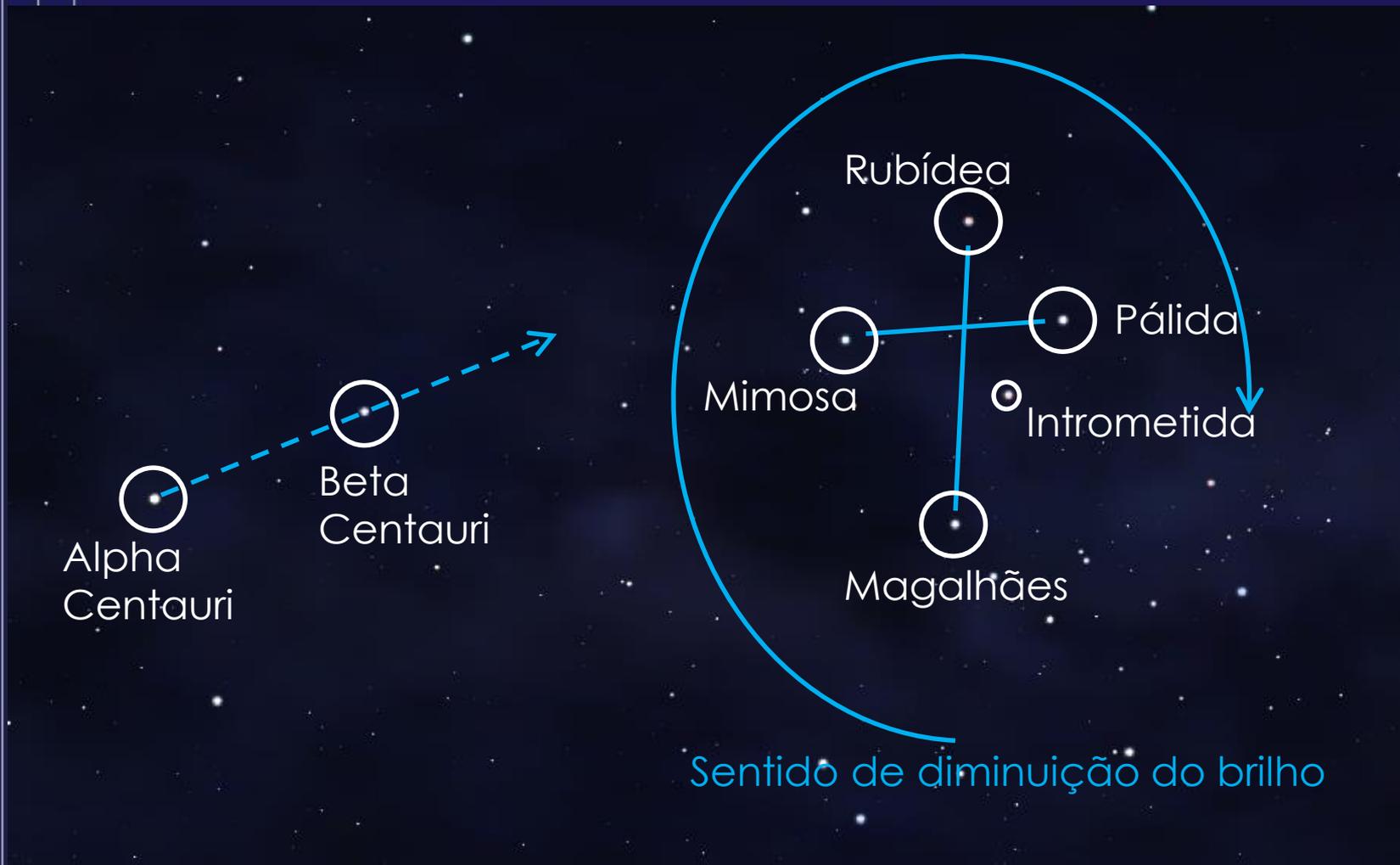
Créditos das figuras:
Científica e Cultural
Autoria: Tamire



Centro de Divulgação
de Astronomia
de São Carlos - Área 1.



Reconhecimento do Cruzeiro do Sul



The diagram shows the Southern Cross constellation against a starry background. Five stars are highlighted with yellow circles and connected by a dashed white line. Each star is also connected to a label by a solid yellow horizontal line. The labels are: Rubídea (Gamma Crucis) at the top, Mimosa (Beta Crucis) on the left, Magalhães ou Acrux (Alpha Crucis) at the bottom, Pálida (Delta Crucis) on the right, and Intrometida (Epsilon Crucis) on the right. The stars are arranged in a cross-like pattern.

Rubídea
(*Gamma Crucis*)

Mimosa
(*Beta Crucis*)

Magalhães ou Acrux
(*Alpha Crucis*)

Pálida
(*Delta Crucis*)

Intrometida
(*Epsilon Crucis*)



Tamanho X Brilho

E assim pensava-se em classifica-las pelo **tamanho**.

Somente no século XIX, após as primeiras medidas, é que se percebeu que as estrelas estavam tão distantes que a classe não representava tamanho e sim **brilho**.



Magnitudes

Na definição moderna, existem 15 estrelas mais brilhantes que magnitude 1 e 48 até magnitude 2. A olho nu, com boa acuidade e num local escuro, podemos observar até a galáxia Andrômeda, que está a dois milhões de anos-luz de distância.



Curiosidade:

A pupila do olho humano, quando adaptada ao escuro, tem aproximadamente 8 mm. Um telescópio com 8 cm de diâmetro, tem uma área $(80 \text{ mm}/8 \text{ mm})^2=100$ vezes maior e portanto capta 100 vezes mais fótons.

**“ Mais energia corresponde a mais pessoas
“cegas””**

O olho humano demora em torno de 25 min para ter a pupila totalmente dilatada!



Como é isso????

$$m = -5 \log_{10} (D_t/D_o)$$

Portanto, uma estrela de magnitude 6 ao ser observada com um telescópio de 8 cm (área coletora 10 vezes a do olho humano no escuro) vai aparecer com magnitude 1.



Magnitudes

- O brilho aparente de um astro é o fluxo medido na Terra e, normalmente, é expresso em termos da magnitude aparente m , que por definição é dada por:

A estrela Vega é o referencial!!

$$m = -2,5 \log F + \text{const}$$

Pogson em 1856. Até hoje!!!!



Fluxo luminoso

FLUXO LUMINOSO É A QUANTIDADE DE ENERGIA RADIANTE CAPAZ DE SENSIBILIZAR O OLHO HUMANO.

A Unidade desta Grandeza é o Lumen, que corresponde à Quantidade de Energia Radiante capaz de sensibilizar os Olhos durante um segundo.

Fluxo luminoso Símbolo Φ Unidade: Lúmen (lm)



Experimento:

Vamos fazer um pequeno experimento:

a) Com uma lanterna e o smartphone, vamos descobrir o fluxo luminoso em Lux (*lx*);

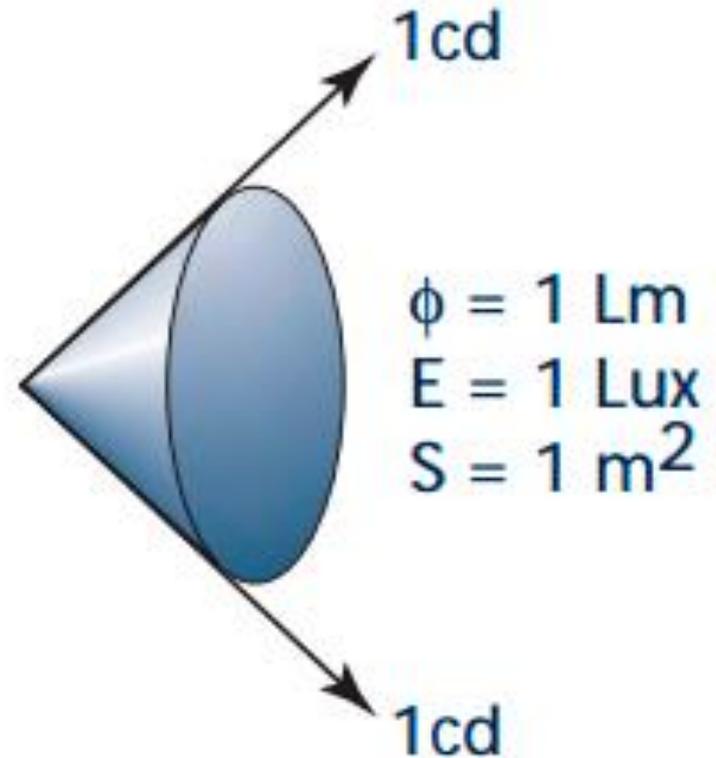
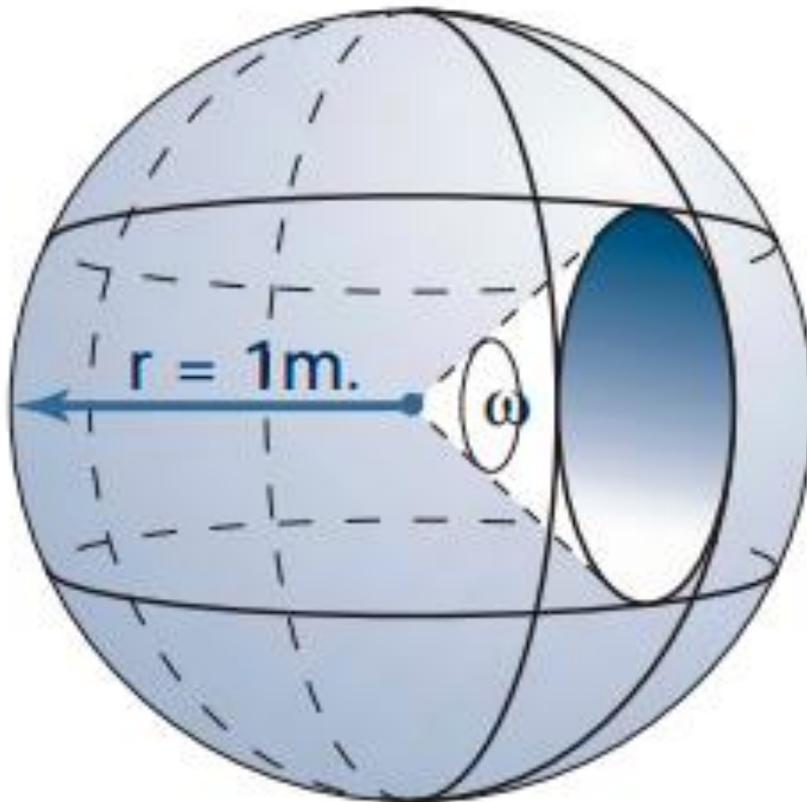
b) Vamos converter para lumen (*lm*);

$$\Phi_{V(lm)} = E_{V(lx)} \times 4 \cdot \pi \cdot r^2_{(m^2)}$$

Agora vamos calcular o magnitude aparente da lanterna.



Grandezas luminosas fundamentais:





Magnitudes

$$m = M + 5 \log r(\text{pc}) - 5^*$$

onde m e M são as magnitudes aparente e absoluta da estrela, respectivamente, e $r(\text{pc})$ sua distância a nós em parsecs.

Vamos ver isso no Stellarium

	Nome da estrela	Constelação	magnitude Aparente
0.	Sol	nenhuma	-26,72
1.	Sirius	Cão Maior	-1,46
2.	Canopus	Quilha	-0,72
3.	<u>Alpha Centauri</u>	<u>Centauro</u>	-0,28
4.	Arcturus	Boieiro	-0,05
5.	Vega	Lira	0,03
6.	Capella	Auriga / Cocheiro	0,08
7.	Rigel	Orion	0,12
8.	Procyon	Cão Menor	0,38
9.	Achernar	Erídano	0,46
10.	Betelgeuse	Orion	0,50
11.	Hadar	Centauro	0,61
12.	Aldebaran	Touro	0,85
13.	Antares	Escorpião	0,96
14.	Spica	Virgem	0,98
15.	Regulus	Leão	+1,09



As três mais brilhantes:

1º Sirius – Esta é a estrela mais brilhante do céu noturno. Podemos observá-la na constelação do Cão Maior. Sirius possui uma magnitude aparente de $-1,45$, e está a uma distância de cerca de $8,6$ anos-luz da Terra. Na realidade Sirius é um sistema binário de estrelas constituído pela estrela Sirius A (a estrela maior) e Sirius B, uma estrela ***anã branca*** que só é possível ser observada com recurso de grandes telescópios.



As três mais brilhantes:

2º Canopus – A segunda estrela mais brilhante do céu noturno. Situa-se na constelação de Carina. A sua magnitude aparente é de $-0,65$ e está a cerca de 310 anos-luz de distância de nós.



As três mais brilhantes:

3º Alfa Centauri (Rigel) – Situada na constelação de Centauro, apresenta uma magnitude aparente de $-0,27$ e está a 4,4 anos-luz do nosso planeta. Trata-se na realidade de um sistema de 3 estrelas ligadas gravitacionalmente. A estrela Alfa Centauri A e Alfa Centauri B estão relativamente próximas uma da outra. A outra estrela deste sistema, de nome Próxima Centauri, está mais afastada das outras duas, sendo a estrela mais próxima de nós, estando “apenas” a 4,2 anos-luz de distância. Apesar disso Próxima Centauri só é observável com recurso de bons telescópios, dado tratar-se de uma ténue estrela *anã vermelha*.



Aparente X Absoluta

	Nome	magnitude aparente (m)	Magnitude absolute (M)	Distância (d, em pc)
1	Sirius	-1.44	1.45	2.64
2	Canopus	???	-5.53	95.9
3	Arcturus	-0.05	-0.31	11.3
4	Rigel Kentaurus	-0.01	4.34	1.35
5	Vega	0.03	0.58	???
6	Capella	0.08	???	12.9
7	Rigel	0.18	-6.69	???
8	Procyon	???	2.68	3.50
9	Betelgeuse	0.45	???	132
10	Achernar	0.45	-2.77	44.0

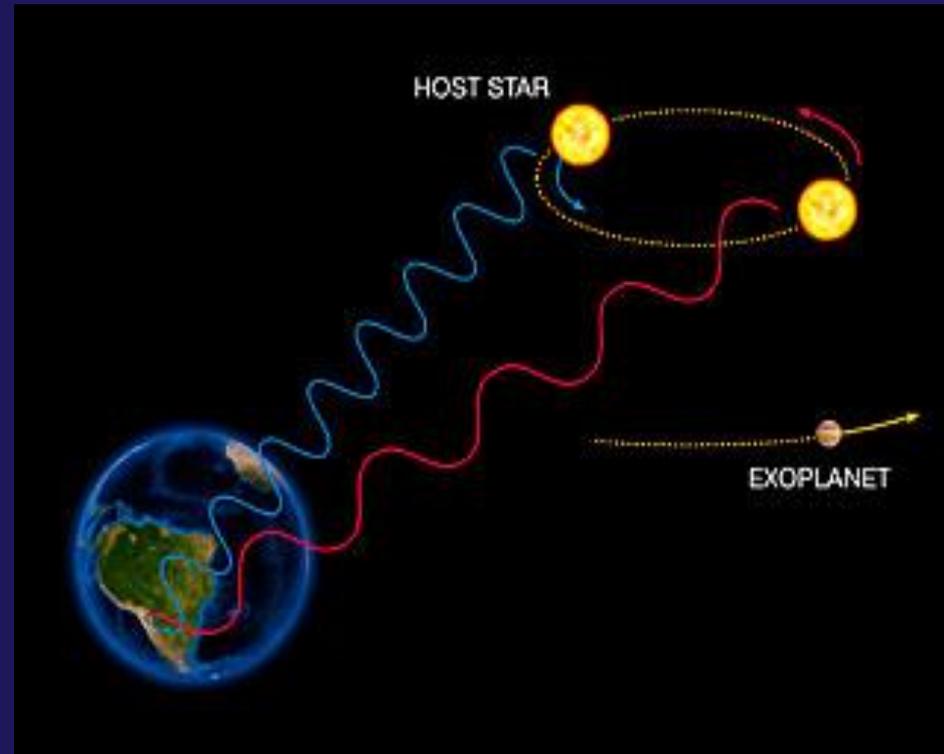
Exoplanetas

A large, reddish-orange planet with white and red horizontal stripes and a ring system is the central focus. To its right is a bright yellow star with a lens flare. Below the planet is a smaller, grey, cratered moon-like body. The background is a dark space filled with numerous small white stars.

Velocidade radial

A estrela e o planeta orbitam em torno do centro de massa do sistema. A distância da estrela à Terra varia de forma periódica.

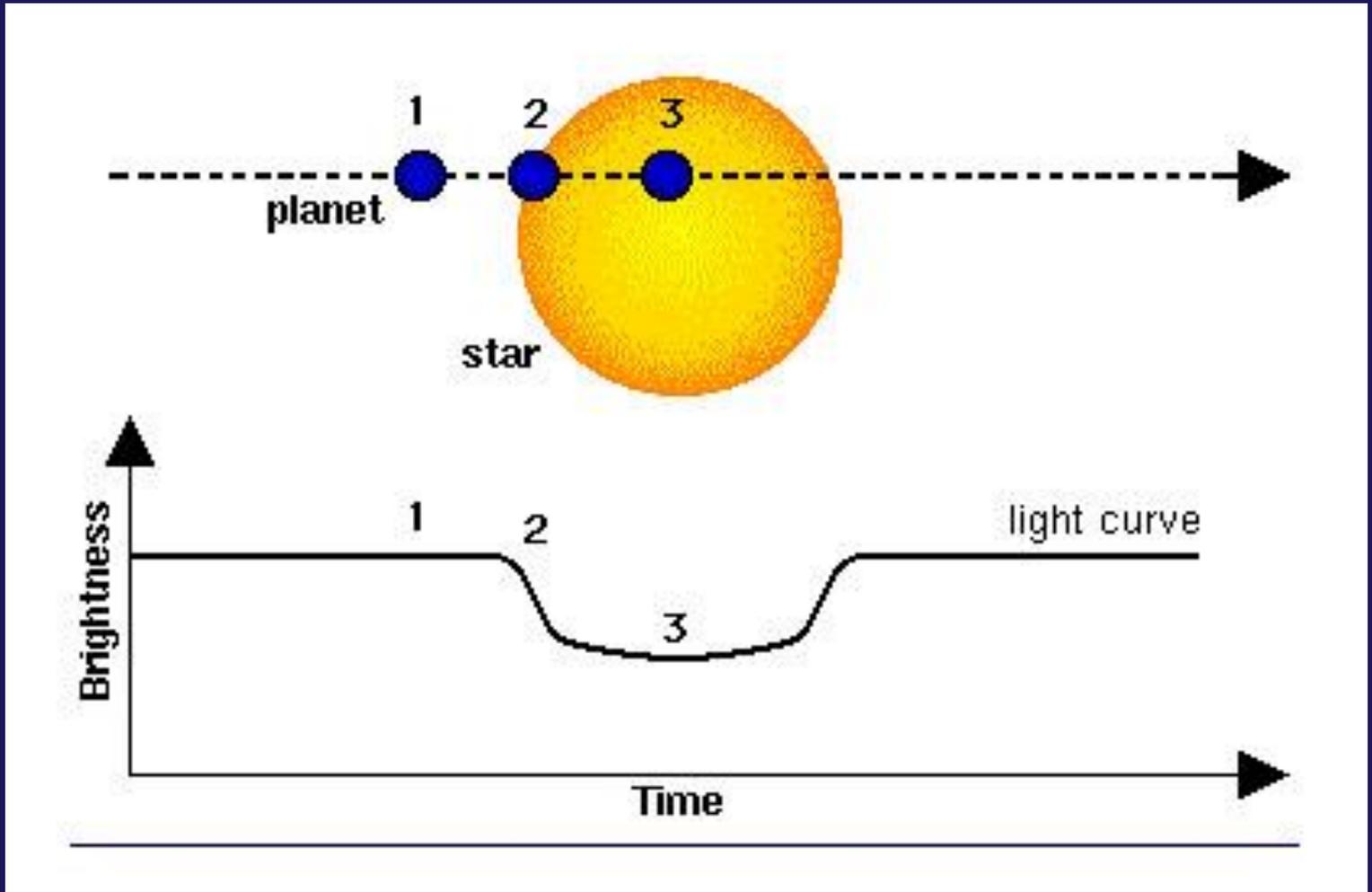
Quando a estrela está em aproximação a sua luz é desviada para o azul e quando está a afastando-se temos um desvio para o vermelho.



<http://www.eso.org/public/images/eso0722e/>



Trânsito



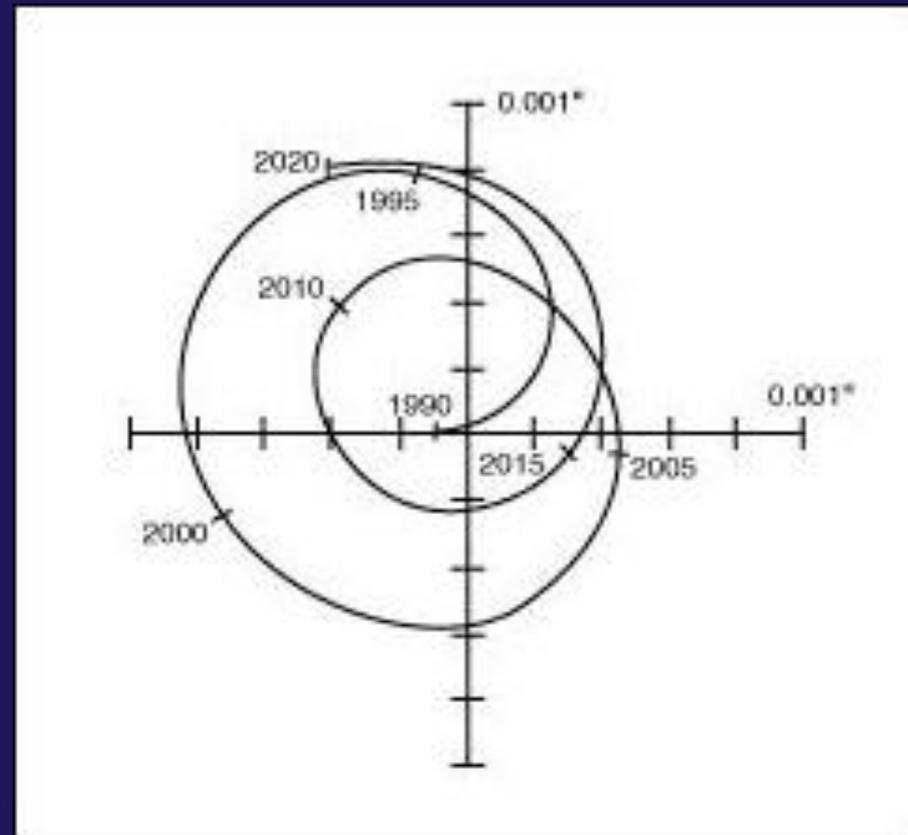


Astrometria

Caso exista um planeta a estrela deverá oscilar ligeiramente devido à ação gravitacional do mesmo.

Deslocamento astrométrico do Sol causado por Júpiter com seria visto por um observador a cerca de 30 anos luz da Terra.

simulação





Ferramentas para medida do Céu

- Planisfério estelar dos Hemisférios Sul e Norte;
- Planisfério Lunar;
- Relógio do Cruzeiro do Sul;
- Relógio Lunar;
- Relógio Solar;
- Obter a latitude local com Astrolábio didático

Obrigado



mentores.pedroso@gmail.com



Em um futuro próximo...

- 50 ou 100 mil anos:
- “Todas são objetos independentes, a distâncias diferentes de nós e entre si, e cada uma se move independentemente da outra”, Os sóis mais distantes, como os do Cinturão de Órion (ou Três Marias), parecem se mover menos, enquanto os mais próximos mudam radicalmente de posição em um período de 150 mil anos. Se a humanidade continuar por aqui daqui a cem milênios, vai ter que inovar as histórias e os nomes das constelações, a começar pelo Cruzeiro do Sul – **que estará mais para Linhas Paralelas do Sul.**

A dança das constelações!







Agora
acabou!!