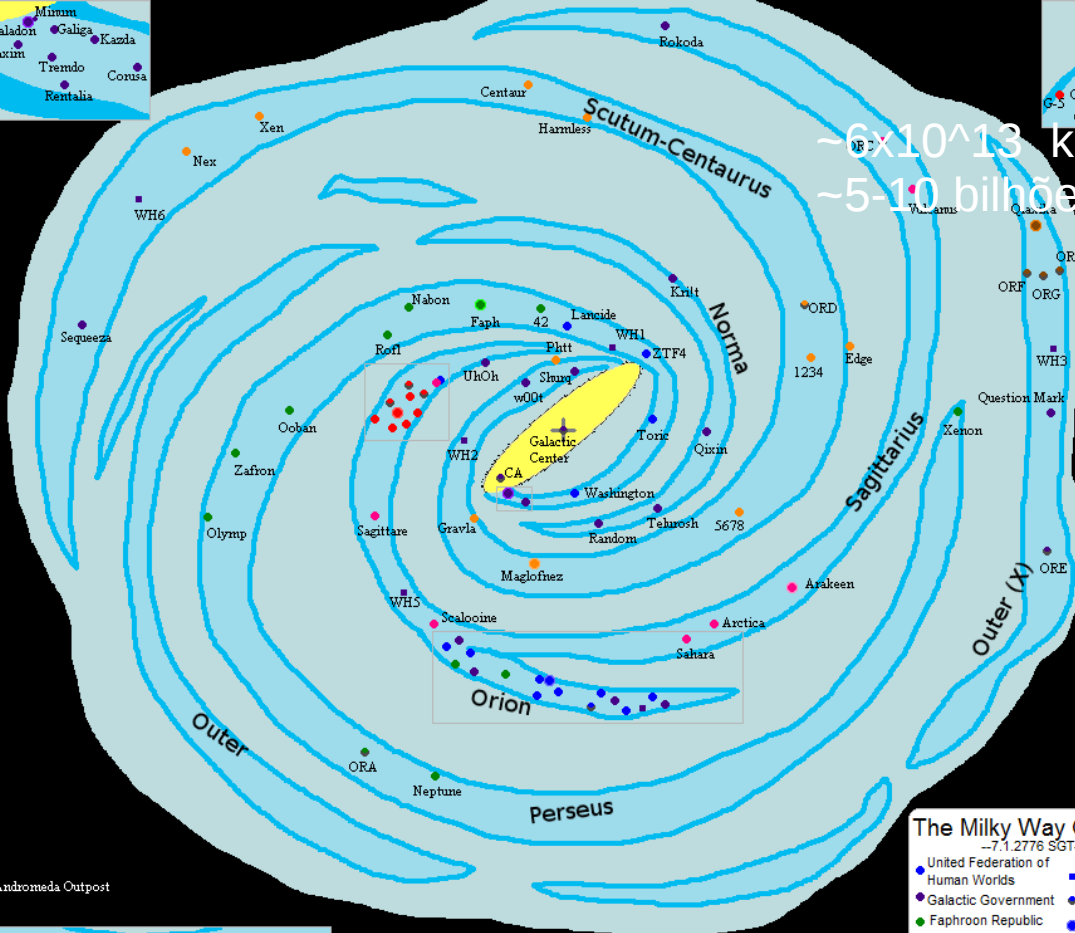


1. Mecânica do sistema solar

FIS004

Gustavo Guerrero

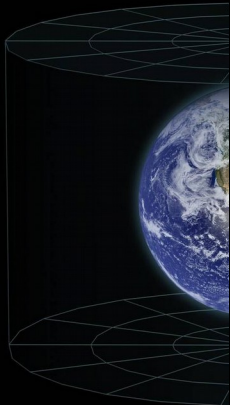
6371 km
4.5 bilhão



$\sim 6 \times 10^{13}$ km
 $\sim 5-10$ bilhões de anos

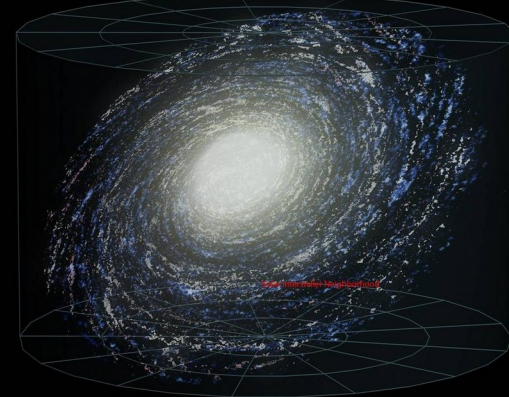


$\sim 1.42 \times 10^{18}$ km
 ~ 150.000 anos luz
 $\sim 12-13$ bilhões de anos

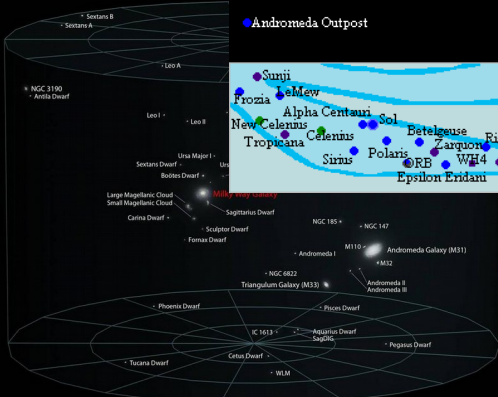


orhood

Milky Way Galaxy



Local Gal



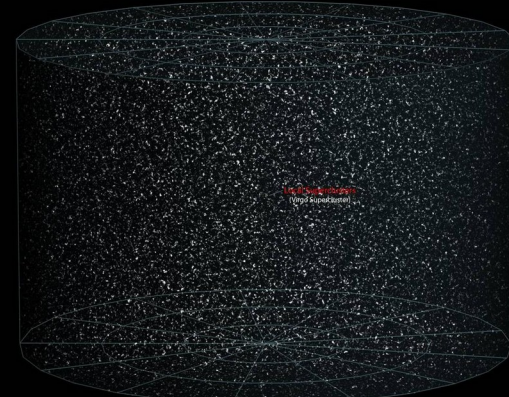
The Milky Way Galaxy
-7.1.2776 SGT-

- United Federation of Human Worlds
- Galactic Government
- Faphroon Republic
- Arakeen Empire
- Alien League
- Graxlan Empire
- Qlaxikia
- Wormhole
- Black Hole
- Capital

© 2776 University of Megaladon

s

Observable Universe



$\sim 10.000.000$ anos luz
 ~ 13 bilhões de anos

~ 90 bilhões de anos luz
 ~ 13.8 bilhões de anos

1 a.l. = distancia que a luz viajou durante 1 ano com $v = 300.000$ km/s
1 a.l. = $c \Delta t = 10$ tri km = 10×10^{12} km

Observando o Céu

Dia Claro: estabelecido pelo movimento diurno aparente do Sol:

Sol: **nasce** no oriente (leste)

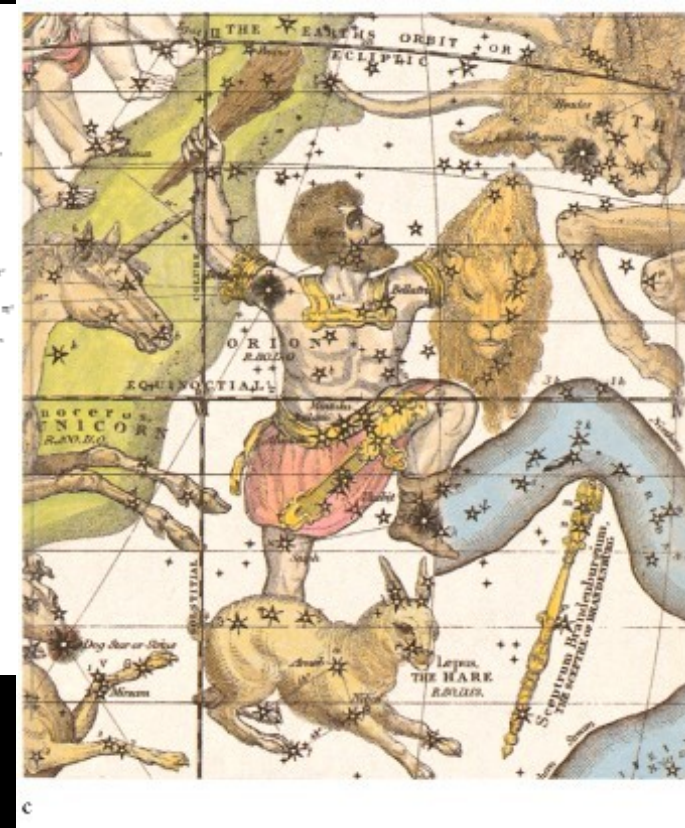
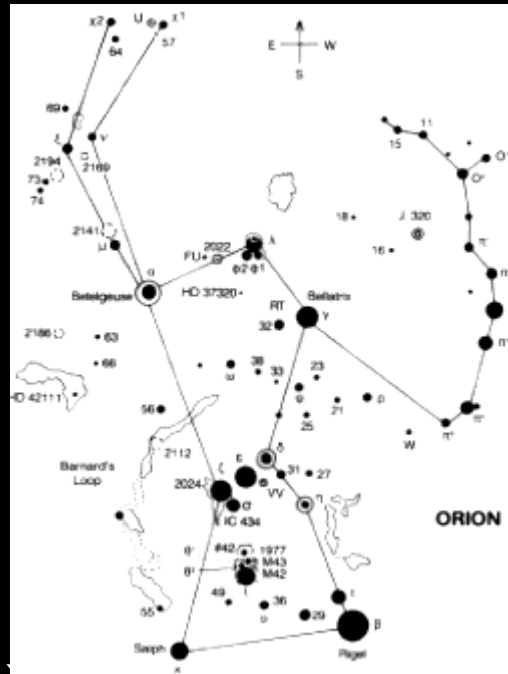
poe-se no “ocaso” no ocidente (oeste)

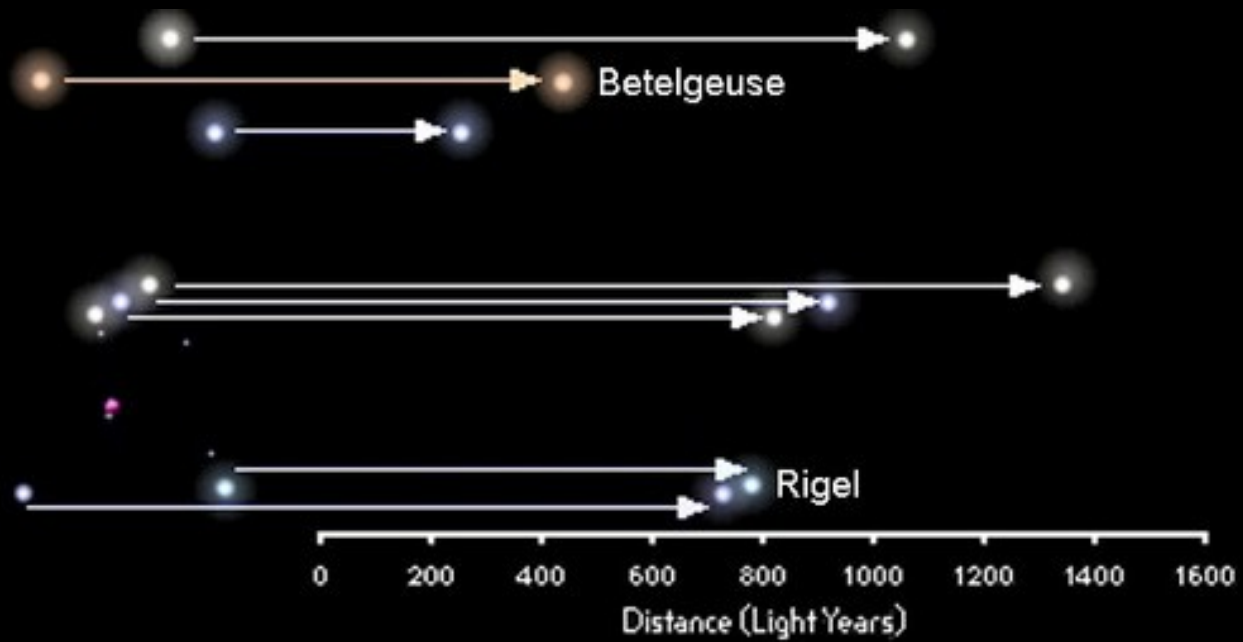
Noite: movimento noturno aparente: do instante em que se poe o Sol até o instante em que volta a nascer novamente

Movimento diário aparente = movimento que os astros “parecem” realizar no céu (abóbada celeste) em ~ 1 dia (**de L para O**)

Constelações

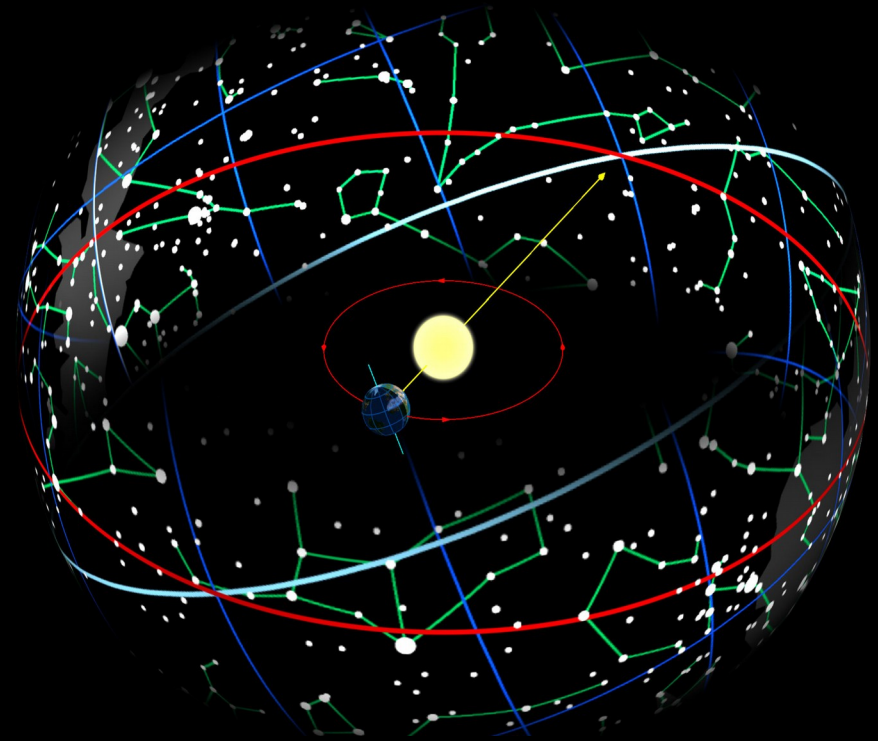
- Noite: 3000 pontos fixos vistos no céu (a olho nu) + outros 3000 do outro lado do céu.
- Constelações são aparentes agrupações de estrelas (projeções)
- Foram usadas na antiguidade como mecanismo de navegação e ajuda temporal (para ter controle das estações)





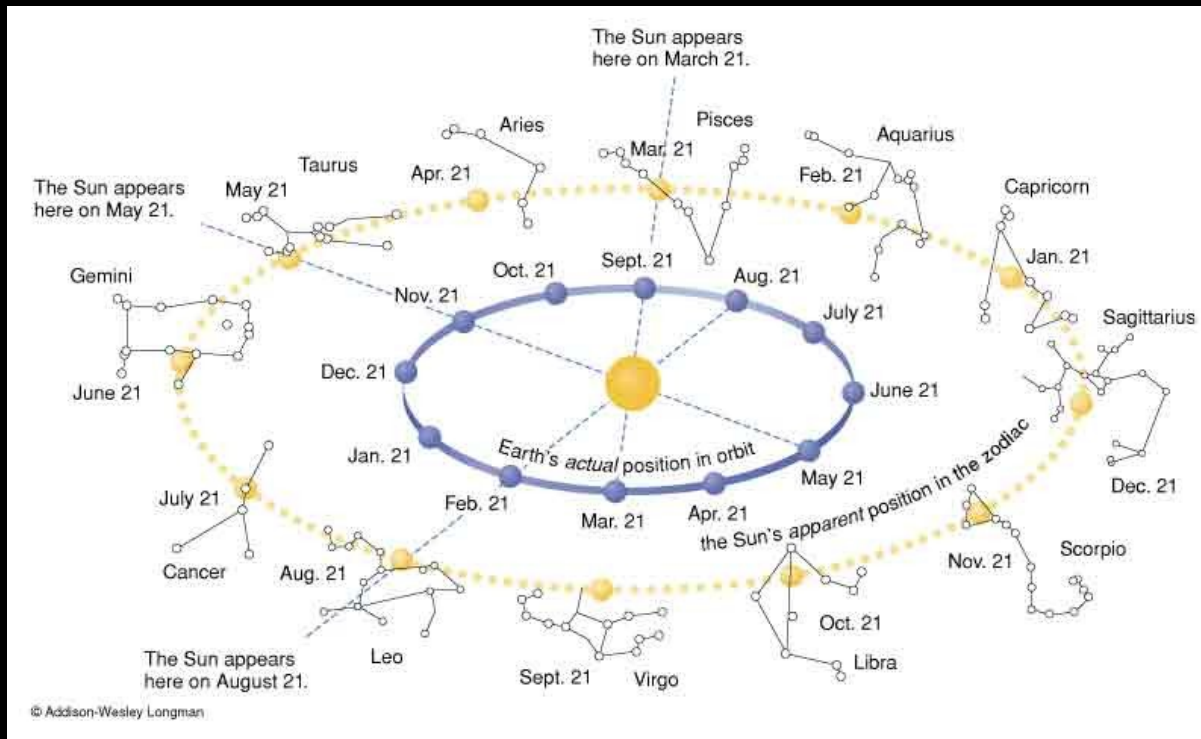
Constelações

- Hoje existem 88 constelações catalogadas
- Terminologia usada ainda hoje para especificar largas regiões do céu (como geólogos usam continentes para localizar-se na Terra)
- **Noite:** constelações movem-se de leste para oeste (= Sol), mas posição relativa das constelações não muda
- As estrelas estão fixas nas constelações



Eclíptica: projeção sobre a esfera celeste da trajetória aparente do Sol observada a partir da Terra

Constelação	Signo Tradicional	Atualmente (2011)	Duração
Áries	22 de março a 21 de abril	20 de abril a 14 de maio	25 dias
Touro	22 de abril a 21 de maio	15 de maio a 21 de junho	38 dias
Gêmeos	22 de maio a 21 de junho	22 de junho a 21 de julho	30 dias
Câncer	22 de junho a 21 de julho	22 de julho a 11 de agosto	21 dias
Leão	22 de julho a 21 de agosto	12 de agosto a 17 de setembro	37 dias
Virgem	22 de agosto a 21 de setembro	18 de setembro a 31 de outubro	44 dias
Libra	22 de setembro a 21 de outubro	1 de novembro a 22 de nov.	22 dias
Escorpião	22 de outubro a 21 de novembro	23 de novembro a 30 de nov.	8 dias
Sagitário	22 de novembro a 21 de dez.	19 de dezembro a 20 de janeiro	33 dias
Capricórnio	22 de dezembro a 21 de janeiro	20 de janeiro a 16 de fevereiro	28 dias
Aquário	22 de janeiro a 21 de fevereiro	17 de fevereiro a 12 de março	24 dias
Peixes	22 de fevereiro a 21 de março	13 de março a 19 de abril	38 dias





Bootes

Centaurus

Carina

Crux

Libra

Corona Borealis

Scorpius

Ophiuchus

Hercules

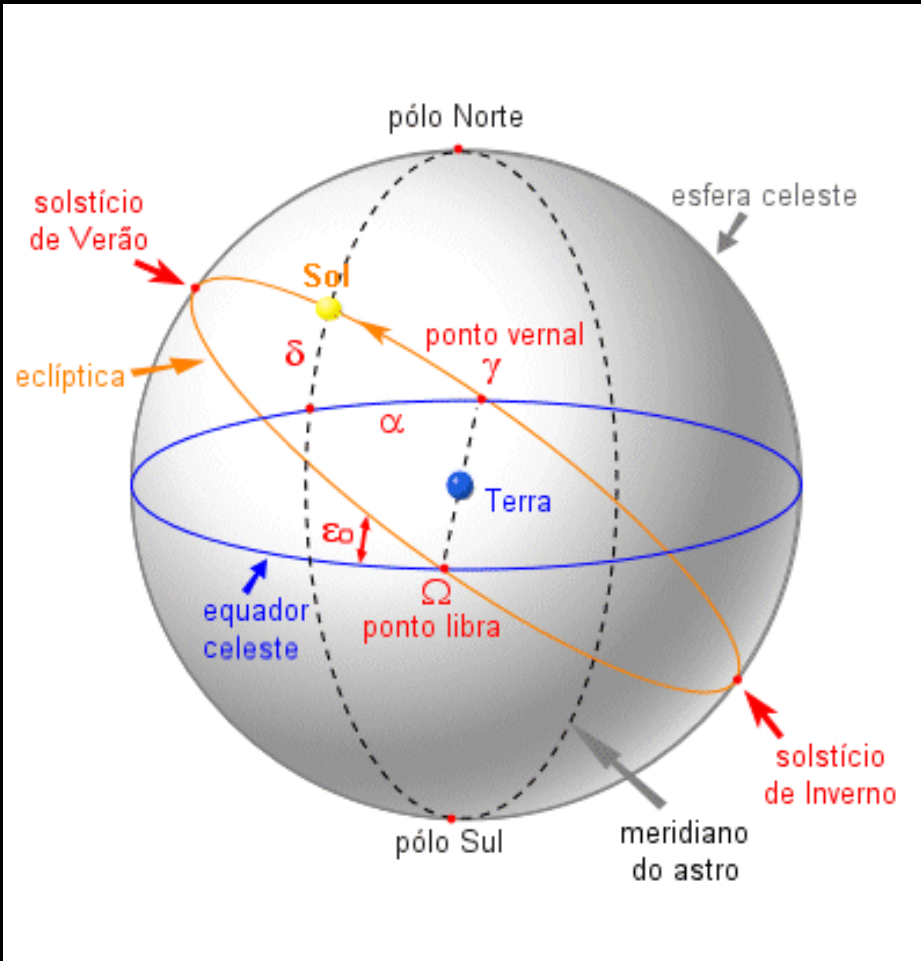
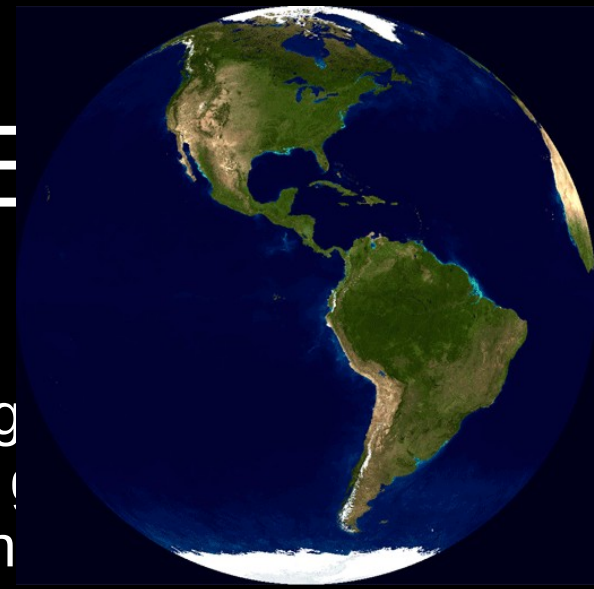
Sagittarius



Cosntelação da Ema
Tupi-Guarani

x

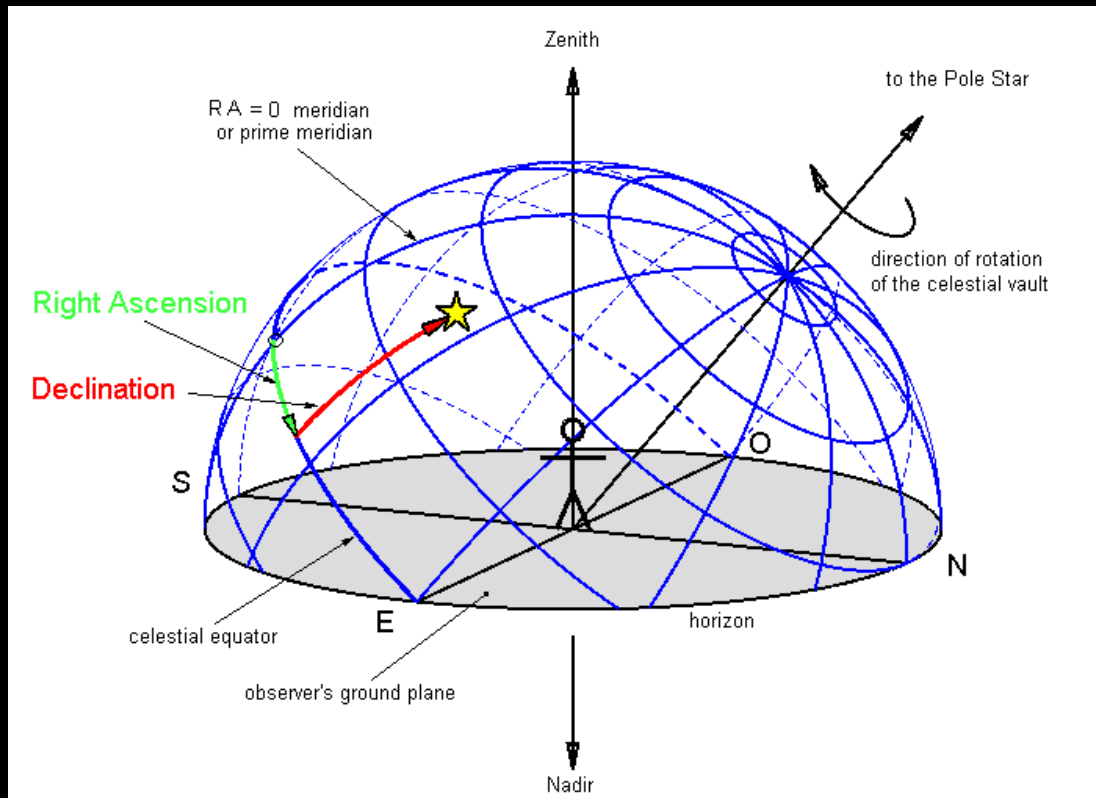
A Esfera Celeste (E



- Esfera imaginária que representa a terra e que gira em torno do eixo (prolongamento do eixo de rotação da terra)
- Os astros se movimentam (aparentemente) de leste a oeste
- Mas é a terra quem gira de oeste para leste
- Hoje utilizamos a EC para visualizar posições de estrelas no céu

Coordenadas astronômicas

Sistema equatorial celeste

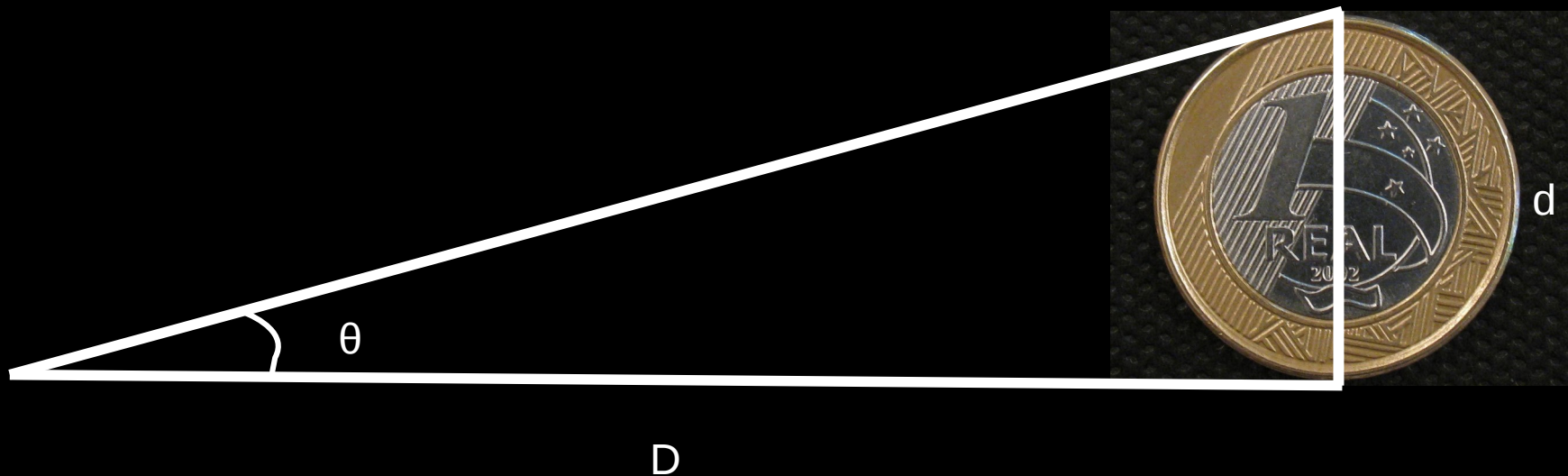


- **Equador celeste:** Interseção do equador terrestre com o da esfera celeste
- **Ascensão reta:** arco medido sobre o equador, com origem no meridiano que passa por Aries (posição do sol no céu no equinoxio de primavera, outono, no hemisfério norte)
 - Entre 0h e 24h (0 e 360 graus)
- **Declinação:** Arco medido sobre o meridiano, com origem no equador
 - Entre -90 e +90

Ângulos

- Na esfera celeste, medimos distâncias e tamanhos dos objetos com ângulos
- 360 graus corresponde a um círculo completo
- **Em horas, minutos e segundos angulares:**
 - $360^\circ = 24 \text{ h} = 2 \pi \text{ rad}$
 - $15^\circ = 1 \text{ h} = 60 \text{ m} = 3600 \text{ s}$
 - $1^\circ = 4 \text{ m} = 240 \text{ s}$
- **Em minutos (') e segundos (") de Arco**
 - 1 grau (1°) se divide em 60 minutos de arco ($60'$)
 - 1 minuto ($1'$) de arco se divide em 60 segundos de arco
 - Logo $1^\circ = 60' = 3600''$
 - $1' = 60''$

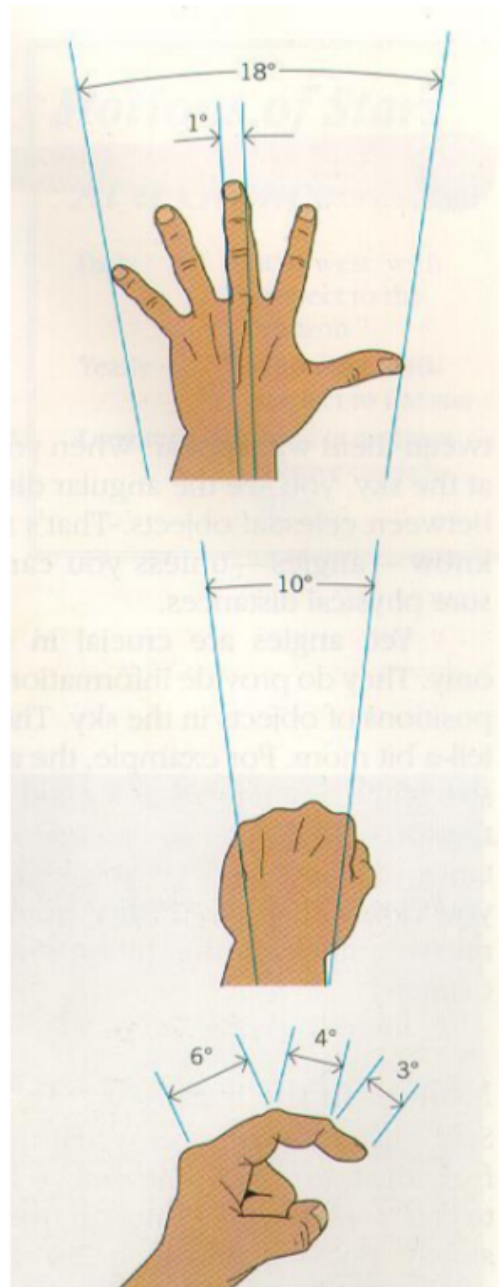
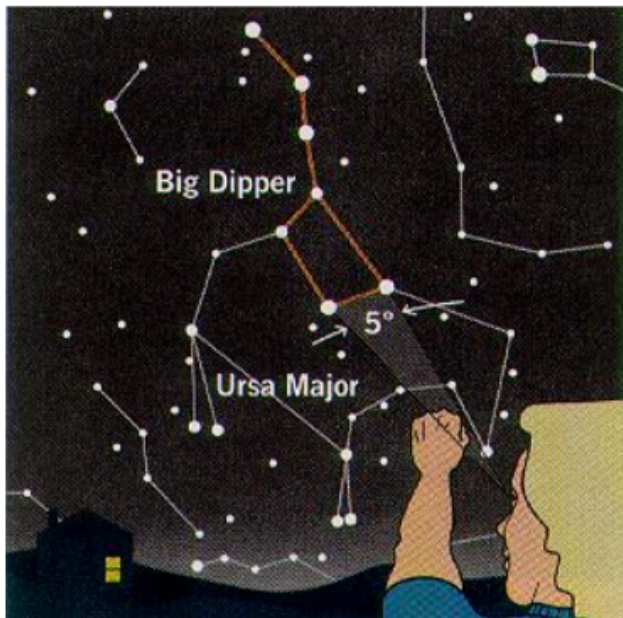
- O olho humano pode distinguir até $\sim 1' = 0,017^\circ$
- Com o braço estendido, uma mão aberta tem $\sim 20^\circ$
- o polegar, tem $\sim 2^\circ$



A que distancia teria que estar a moeda para o ângulo ser de $1'$?

Astronomia com as mãos !

Medições angulares elementares

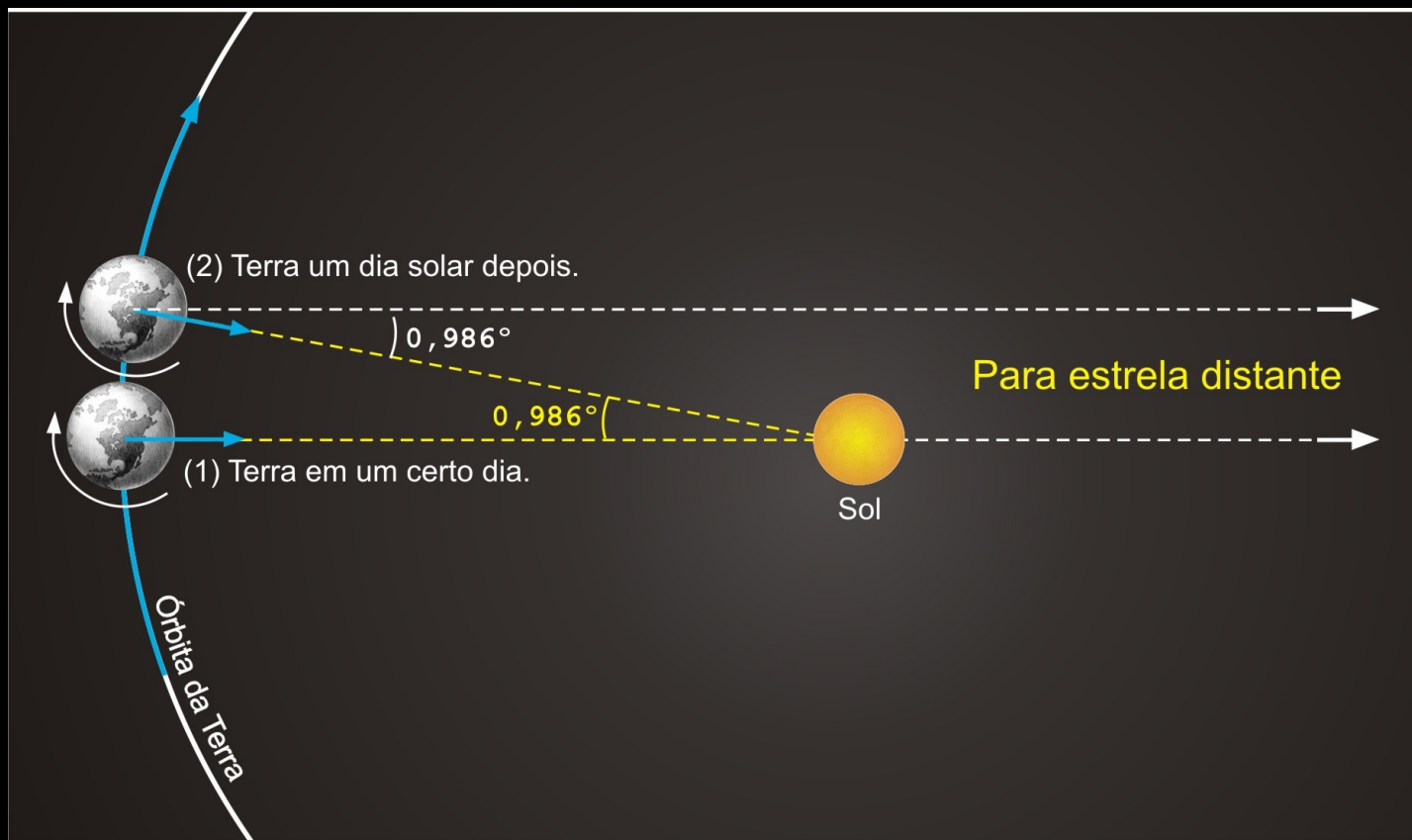


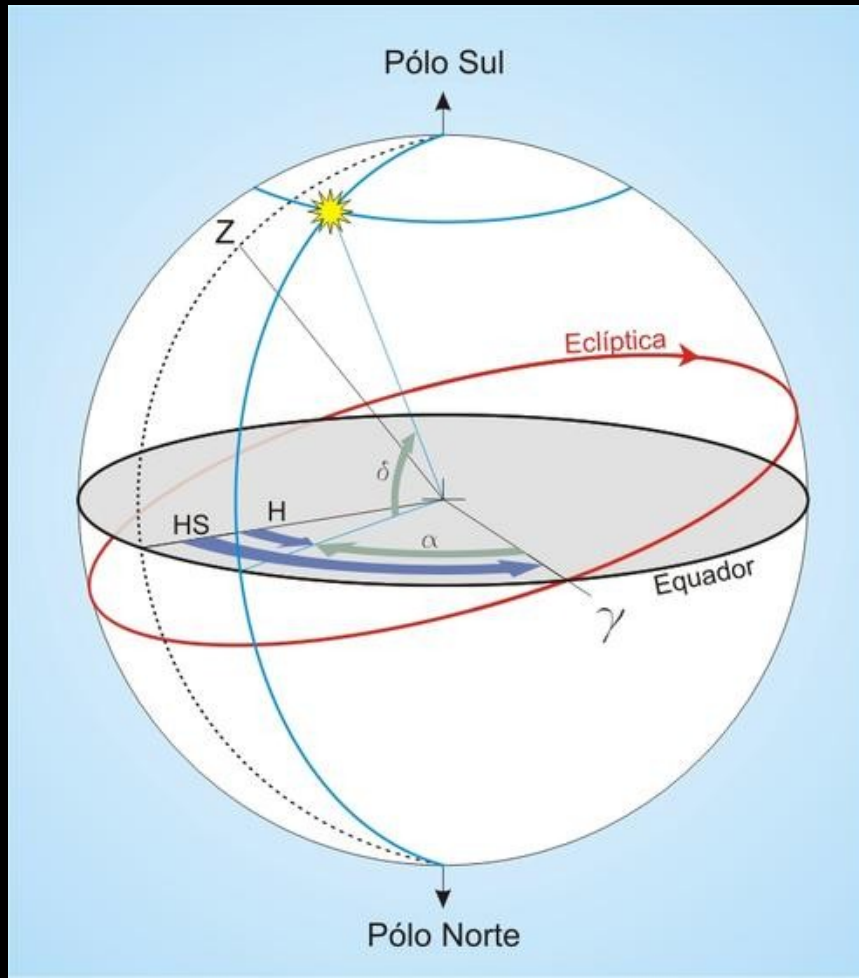
Não esquecer: ângulo pequeno NÃO é o mesmo que distância pequena ! -

O que vemos está SEMPRE projetado na esfera celeste. Distância é uma das coisas mais difíceis de se medir em astronomia.

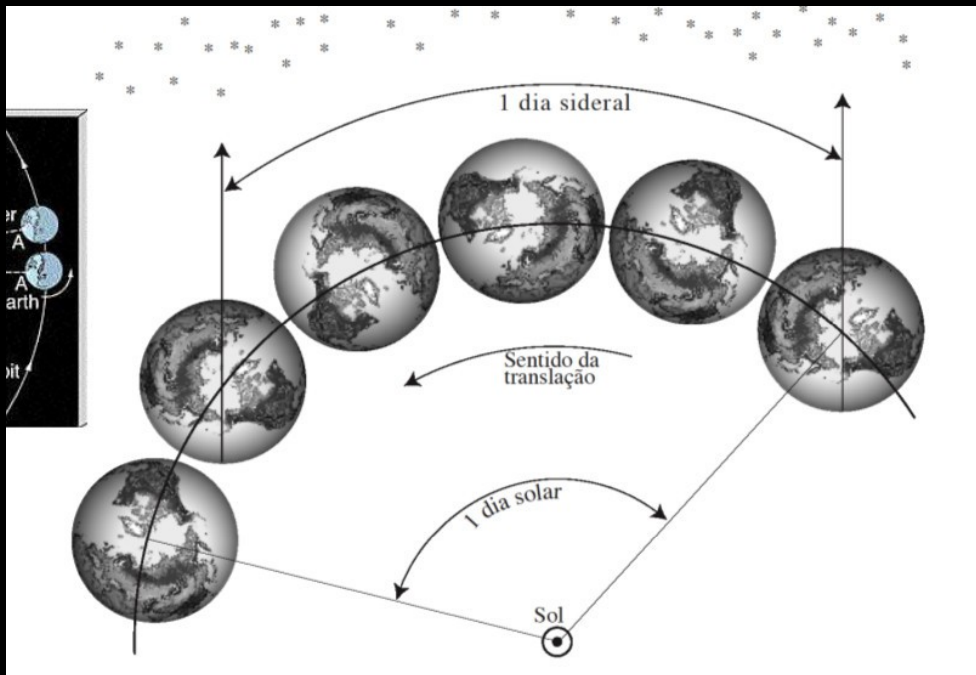
Movimento do sol e as estrelas

- Observações geocêntricas (feitas da terra)
- O movimento diário das estrelas é consequência da rotação da terra, podemos assim definir o **tempo solar**:
 - 1 dia solar = Δt entre 2 nasceres de Sol = 24 h



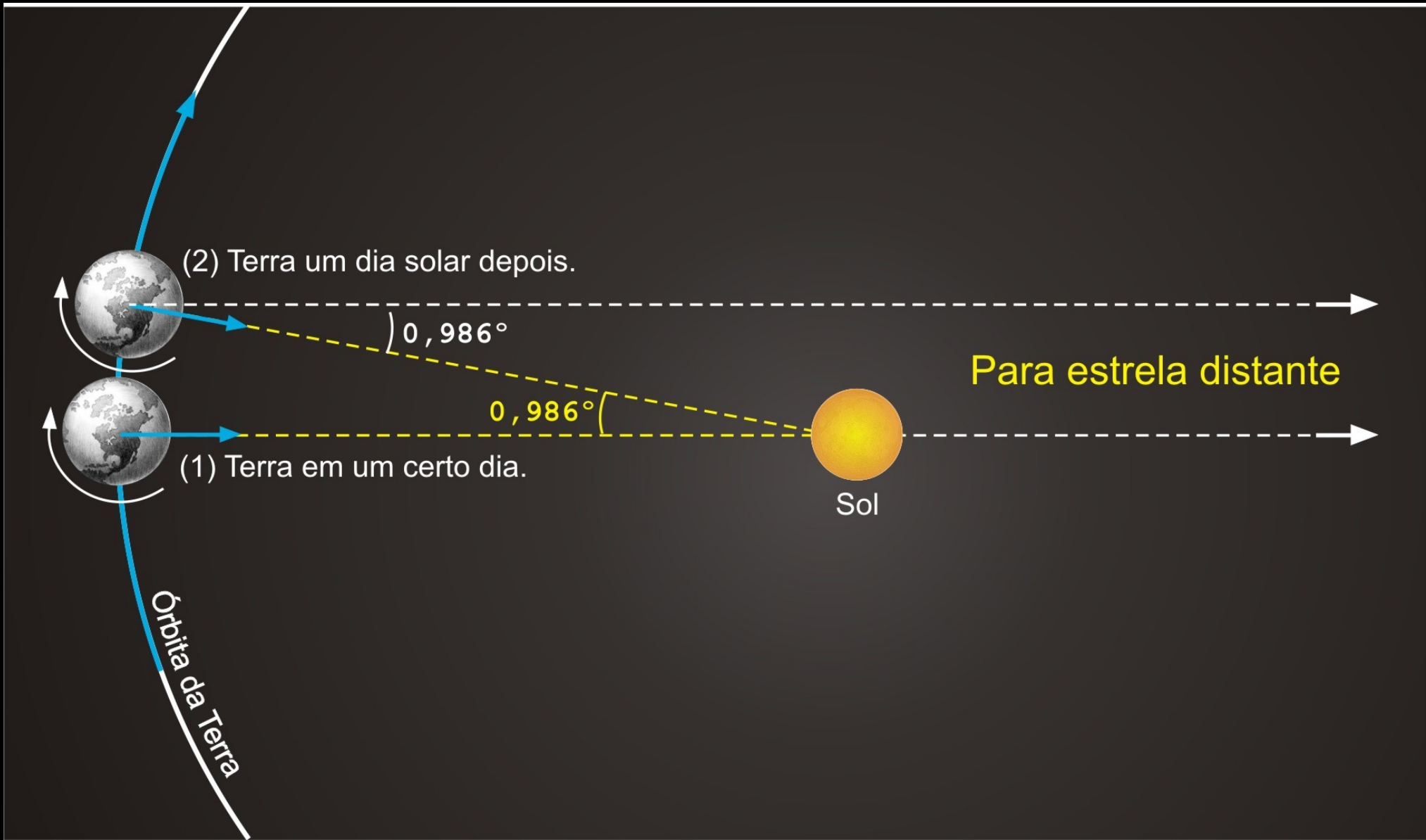


- Existe também o **tempo sideral**:
- **Hora sideral**: Ângulo horário do ponto Aries. Pode ser medida a partir de qualquer estrela pela relação
 - $HS = H^* + \alpha^*$
 - H: ângulo horário, é o ângulo entre o meridiano local (linha pontilhada) e o meridiano da estrela (linha azul)
 - α : ascensão reta
 - Um dia medido em relação as estrelas fixas durante o dia solar marca um dia sideral



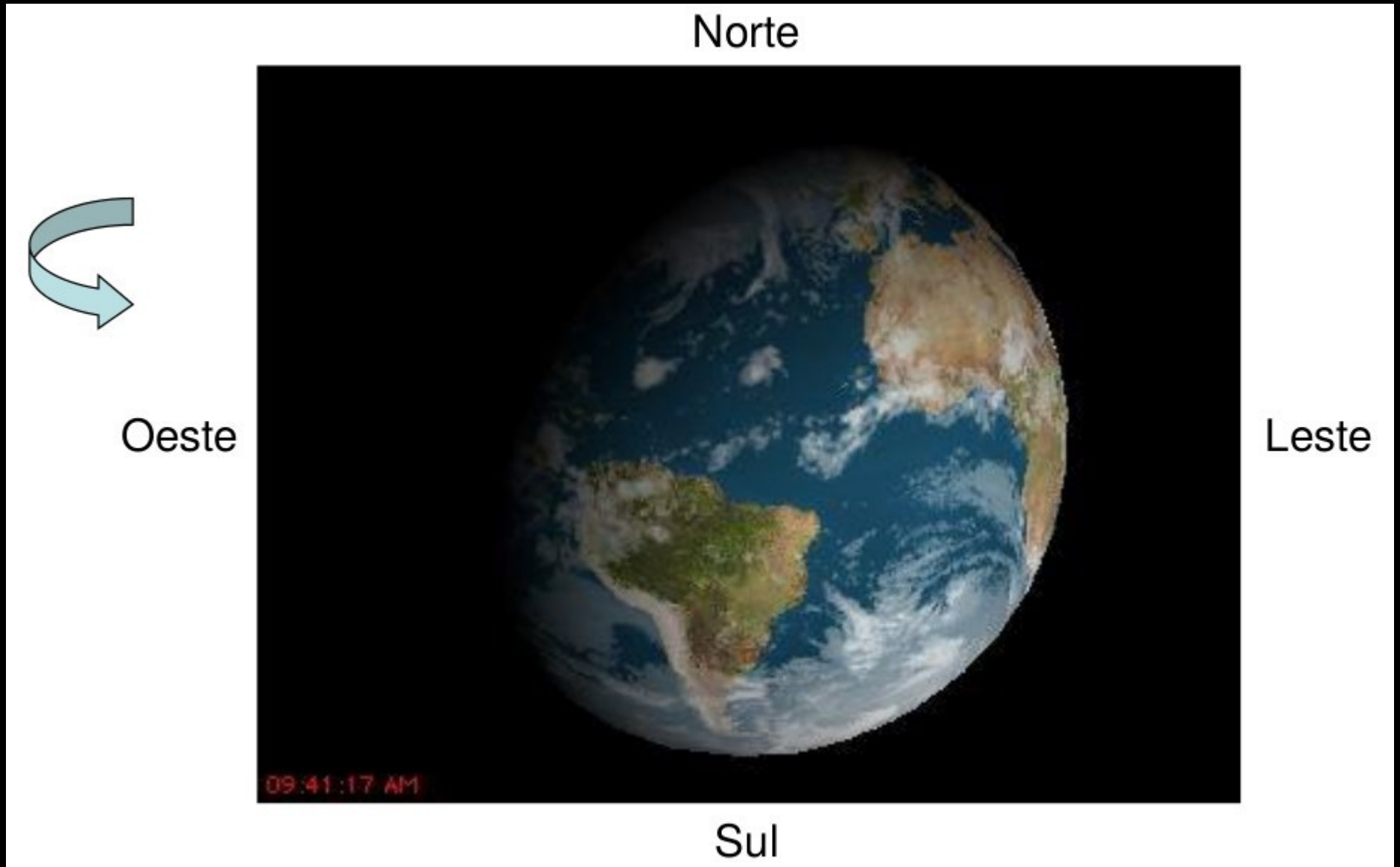
- **Dia solar \neq dia sideral:**

- A terra gira ao redor de seu eixo mas também move-se ao redor do Sol
- Ao redor do Sol $> 360^\circ$ em 1 ano (~ 365 dias), $\sim 1^\circ$ por dia
- A cada dia a terra tem que rodar em torno de si pouco mais que 360° : $\sim 361^\circ$ para o Sol apontar na mesma posição aparente no meridiano local
- Dia SOLAR (24h) = $361^\circ >$ dia SIDERAL (verdadeiro período de rotação)
- Como a terra demora 4 minutos para girar de 1° em torno de si mesma:
 - Dia SOLAR (24 hs) = 4 minutos mais longo
 - que o SIDERAL (23 h 56 m 04 s)

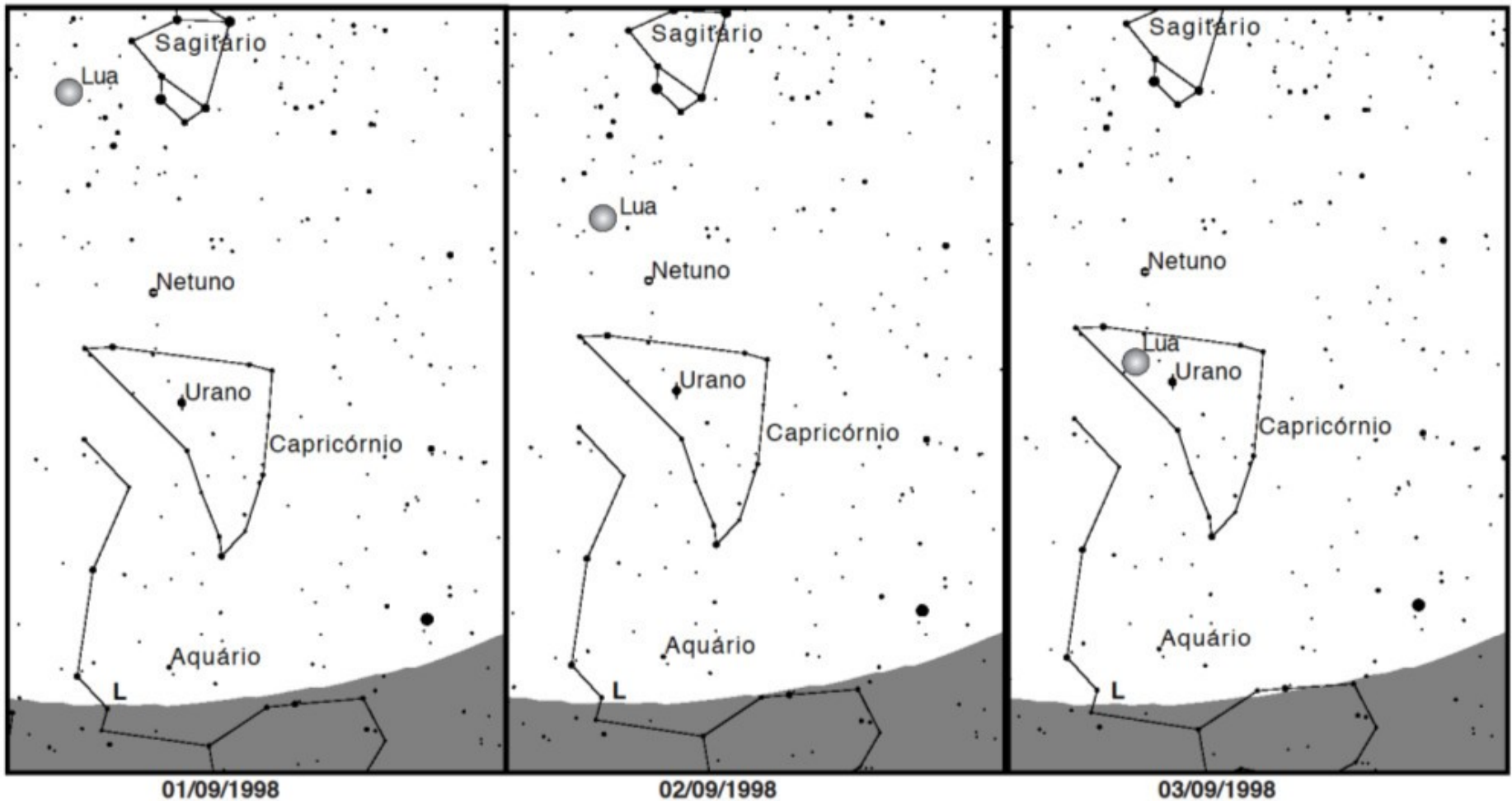


Rotação da terra

Determina o movimento aparente dos astros

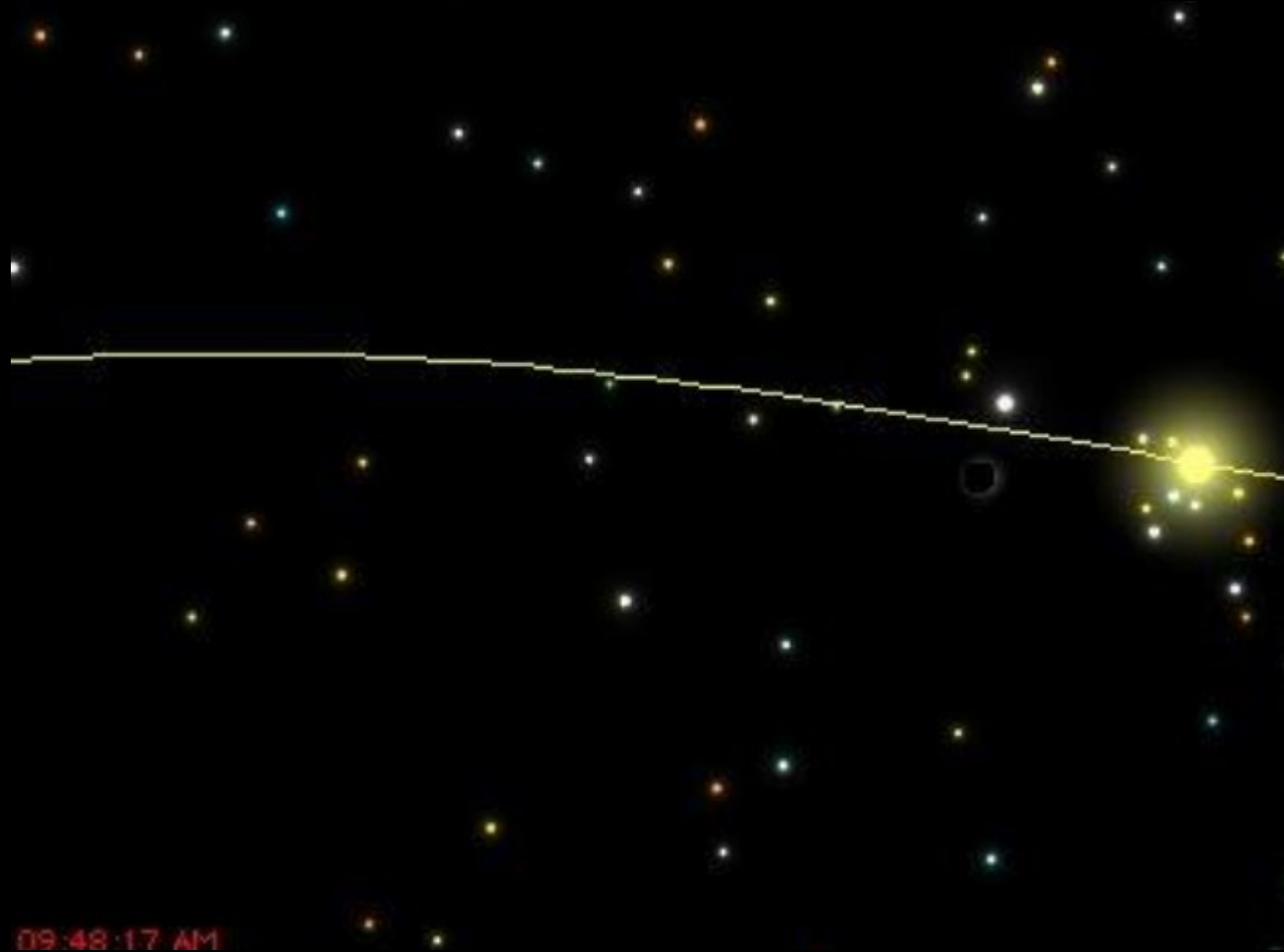


Translação da terra



- Imagens feitas para o mesmo horário (18h) em 3 dias consecutivos.
- As estrelas nascem ~4 min mais cedo cada dia (por causa da translação da T ao redor do Sol de 4 min. por dia).

A translação da terra implica o movimento aparente do sol ao longo da eclíptica



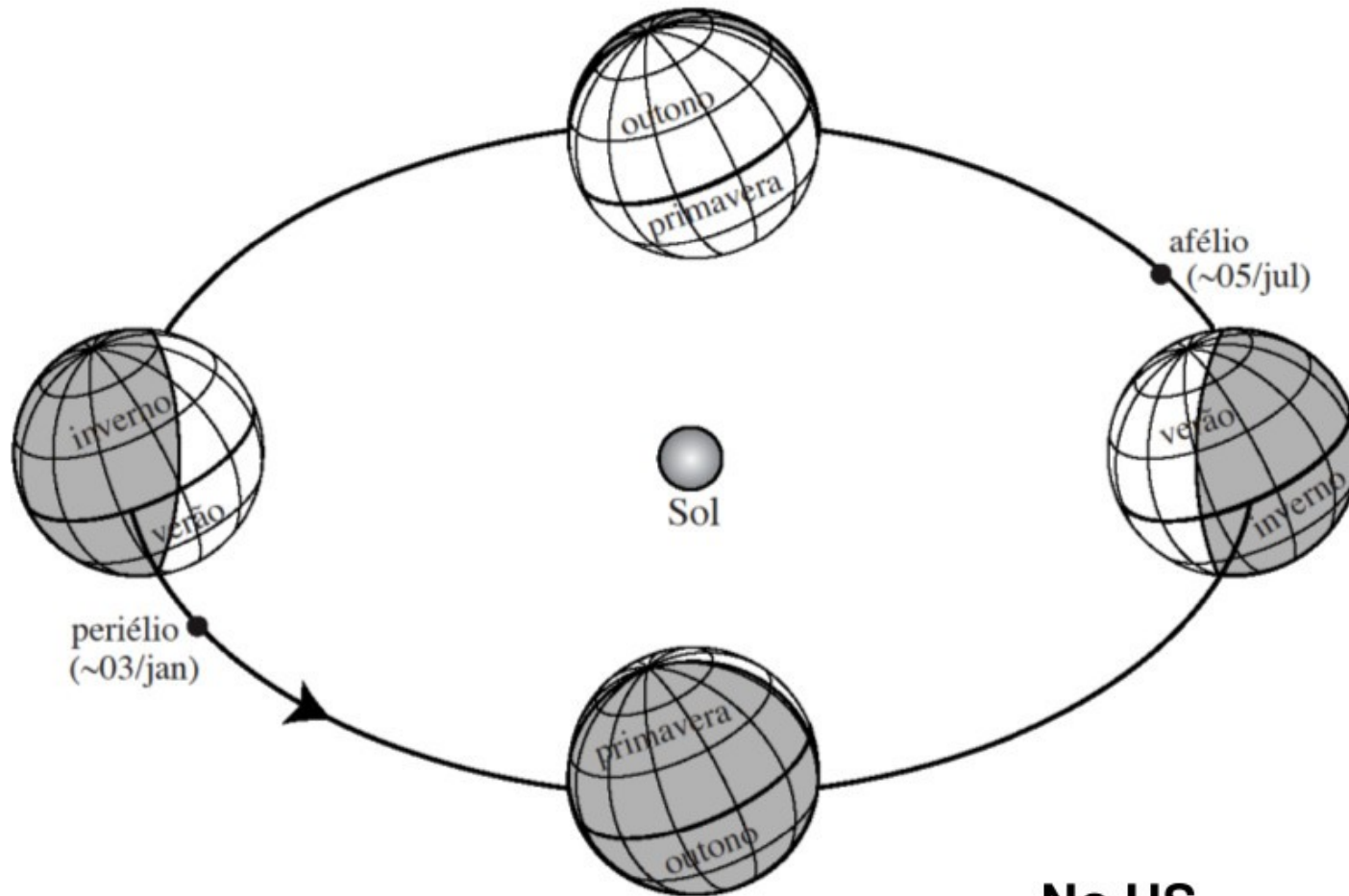
- Como a T move-se ao redor do Sol, este parece mover-se pela EC no decorrer de 1 ano através das estrelas “fixas”: caminho traçado:

- **ECLIPTICA**

- 23.5° com equador da EC (inclinação do plano de orbita da T ao redor do Sol)
- 12 constelações cortadas pela ECLIPTICA: Constelações do Zodíaco
- Planetas, Lua e Sol: movem-se com relação as estrelas fixas pela faixa do Zodíaco



Estações do ano



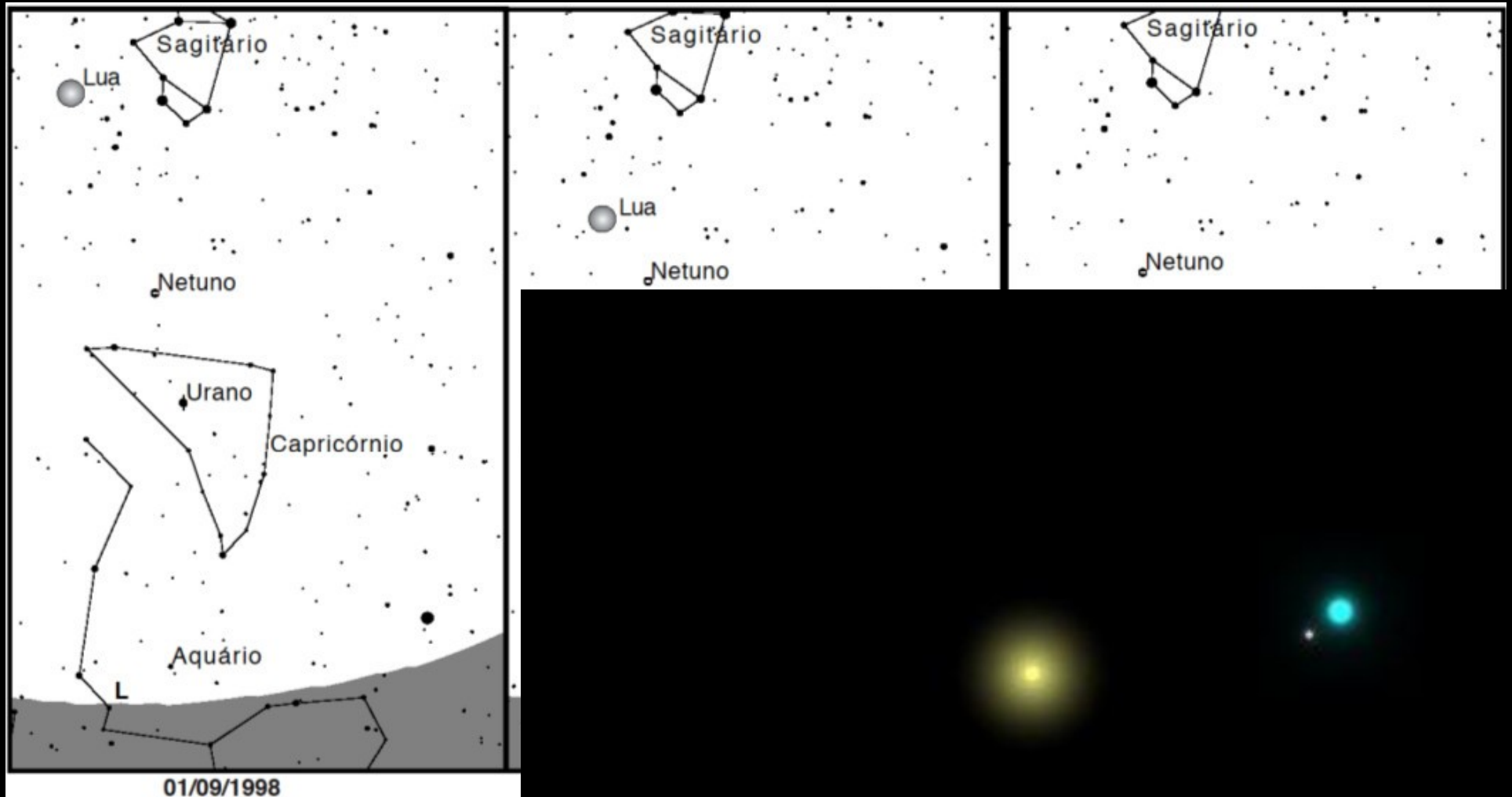
No HS

	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Início aproximado	21/03	21/06	23/09	22/12
Duração média (dias)	92,76	93,65	89,84	88,99

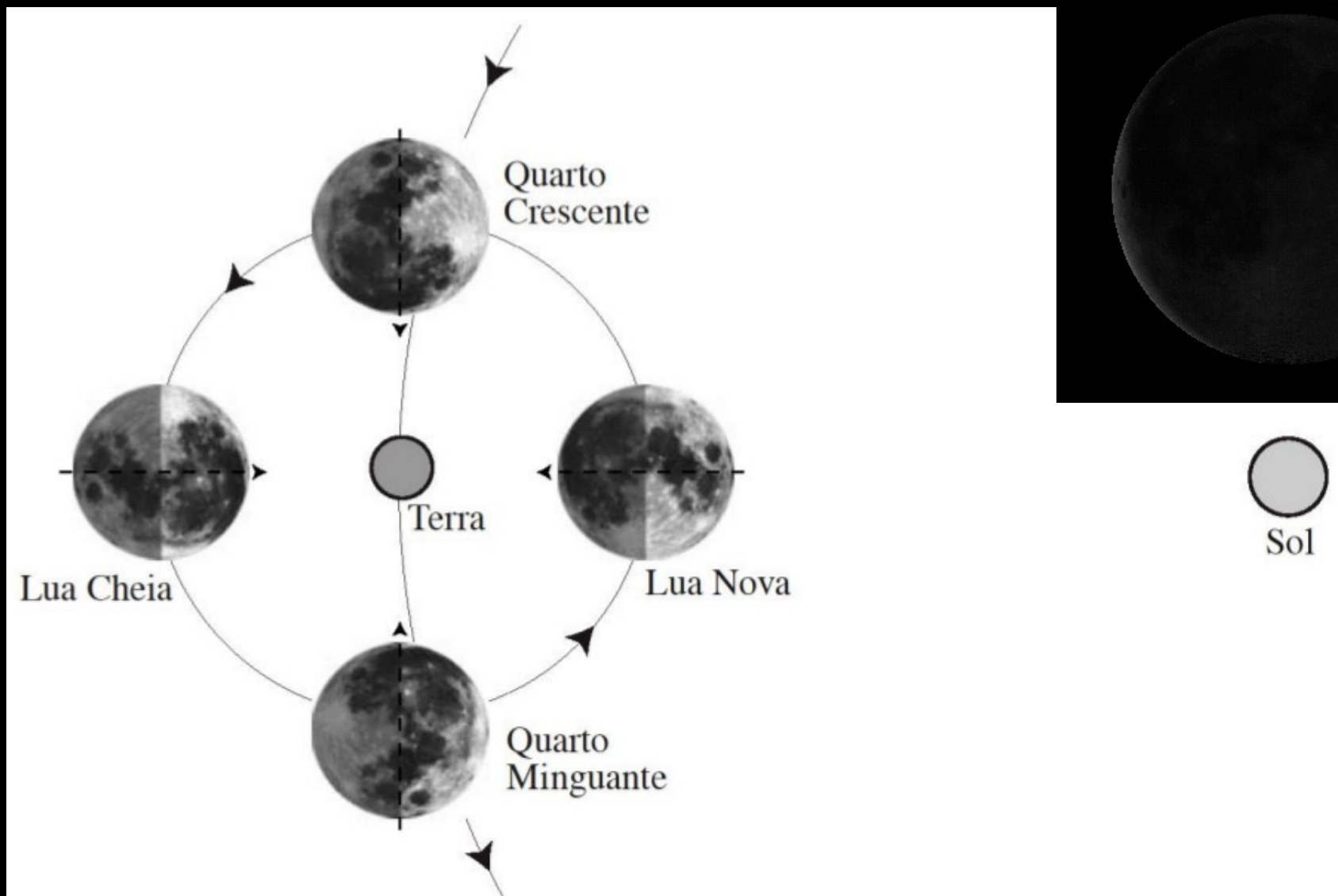
O movimento aparente do sol



Movimento da lua



A Lua tem um movimento
Oeste para Leste



- A Lua sempre mostra o mesmo lado para a terra (Fases da Lua: Aristarco Séc. III a.c.)
 Período de rotação da Lua em torno da T: 29d12h44m3s (mês sinódico. As fases da lua estão relacionadas com este período.
 O período na EC é de 27.3 dias (igual ao período de rotação sobre seu eixo)

Movimento Planetario

Durante 1 noite: estrelas distantes movem-se ligeiramente atraves do ceu descrevendo movimento diurno

Ao curso de 1 ano: o Sol movimenta-se pela ECLIPTICA a taxa praticamente constante

Comportamento das estrelas, Sol e Lua em torno da T: “ORDENADO”

Mas nao os PLANETAS: NAO mantem posicao fixa na EC e parecem “VAGAR” por ela

Nunca se afastam demais do plano da ECLIPTICA

Movem-se de O para L em relacao as estrelas fixas mas parecem acelerar e desacelerar descrevendo loops: indo para frente e para traz (vistos da T)

Variam em brilho: + brilhantes quando + proximos da T

Marte, Jupiter, Saturno: parecem + brilhantes quando em movimento retrogrado (de L para O)

Breve Histórico

Pitágoras (550 a.C.) ⇒ números; intervalos musicais; geometria.

Platão (350 a.C.) ⇒ Universo Geocêntrico movimento dos astros em torno da Terra com velocidade uniforme (cte.) - **T centro do Universo**

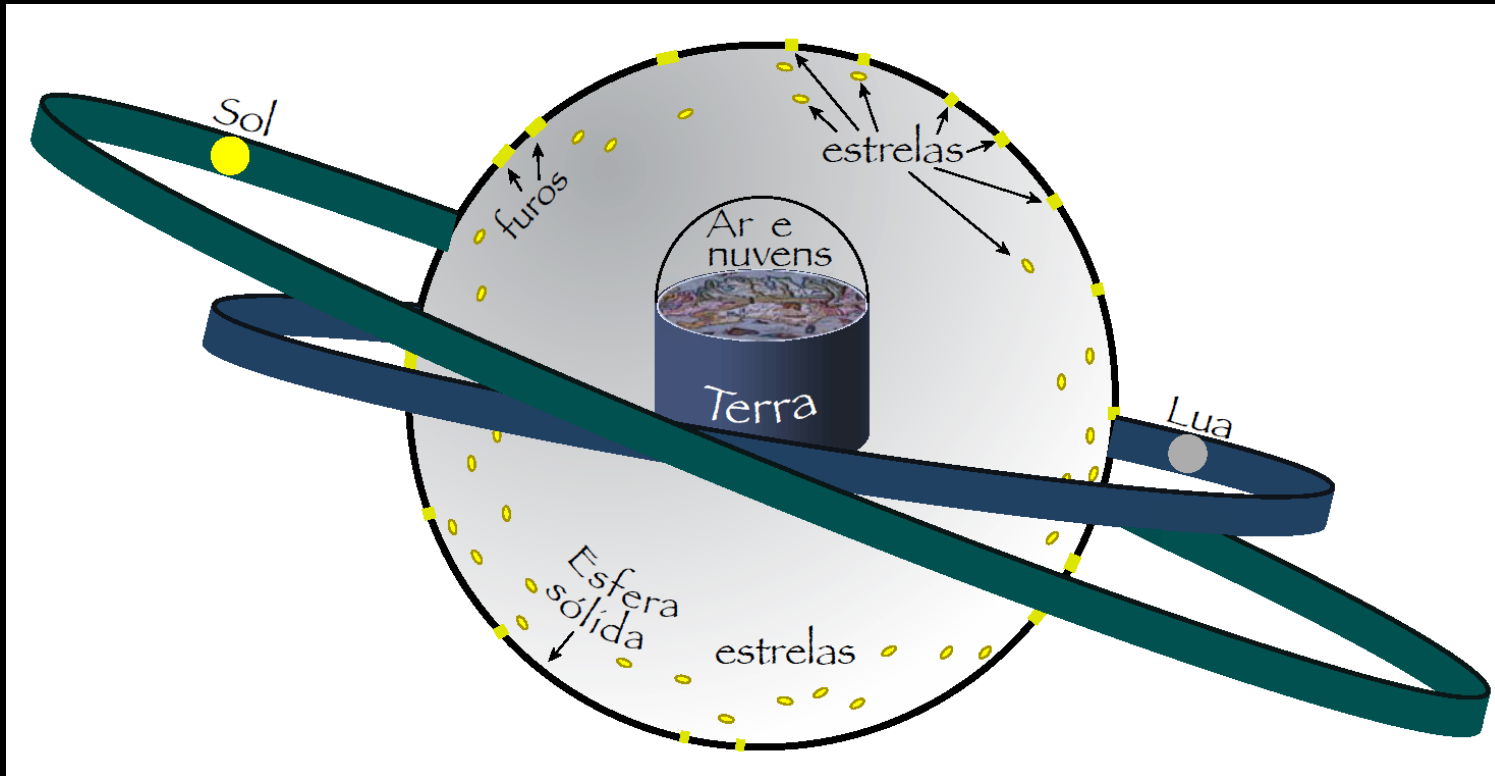
Universo Geocentrico: conceito que persistiu até o séc. XVI (pensamento Aristotélico)

Hiparcos (150 a.C.) ⇒ planetas se movem em órbitas pequenas (epiciclos) que giravam em torno de órbitas maiores (deferentes).

Ptolomeu (100 d.C.) ⇒ refinou o sistema de epiciclos ⇒ Terra deslocada do centro do deferente ⇒ compromete o esquema anterior de movimento uniforme.

Sistema geocêntrico

- Anaximandro (~560 a.c.)

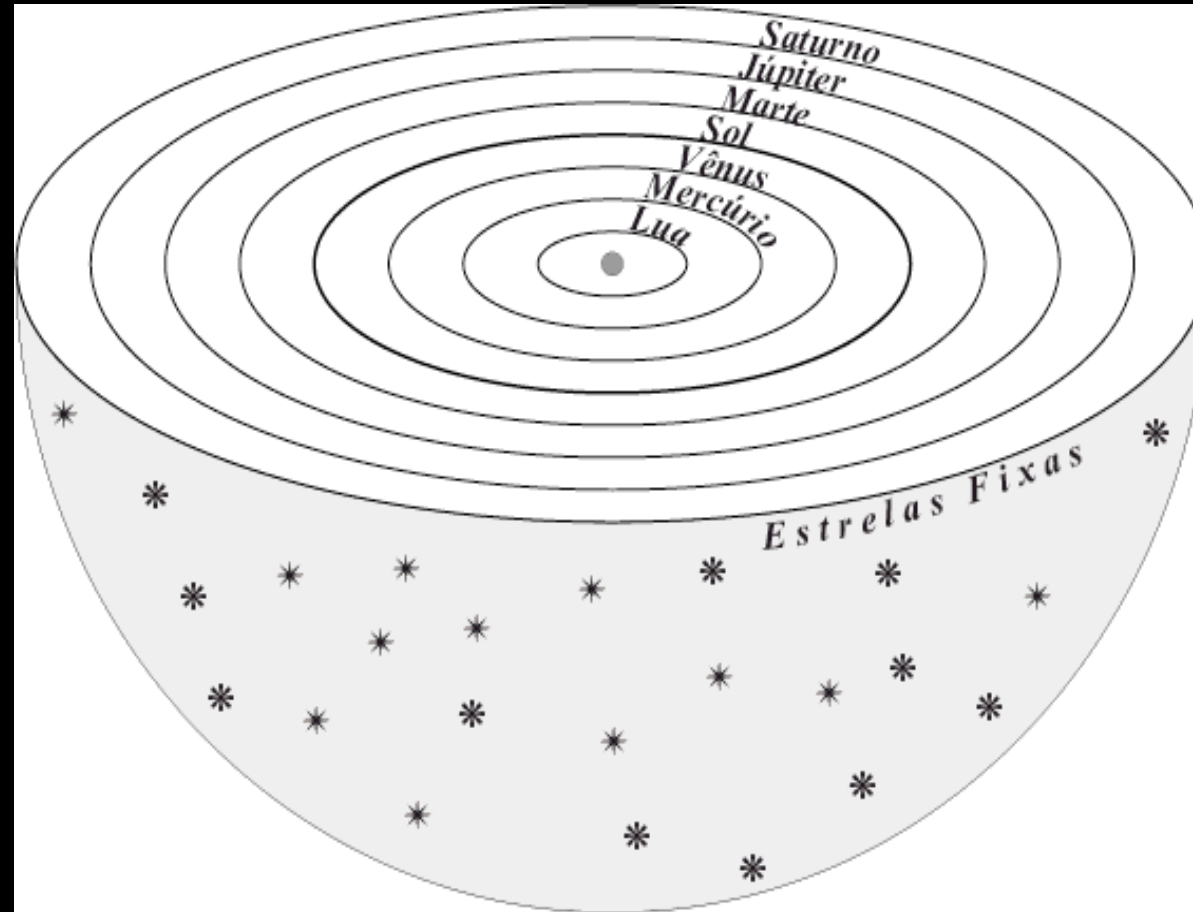


Terra (plana) imóvel, no centro do universo

O Sol, a Lua e os astros se movem em círculos ao redor da Terra

Sistema geocêntrico

- Aristóteles (~320 a.c.)



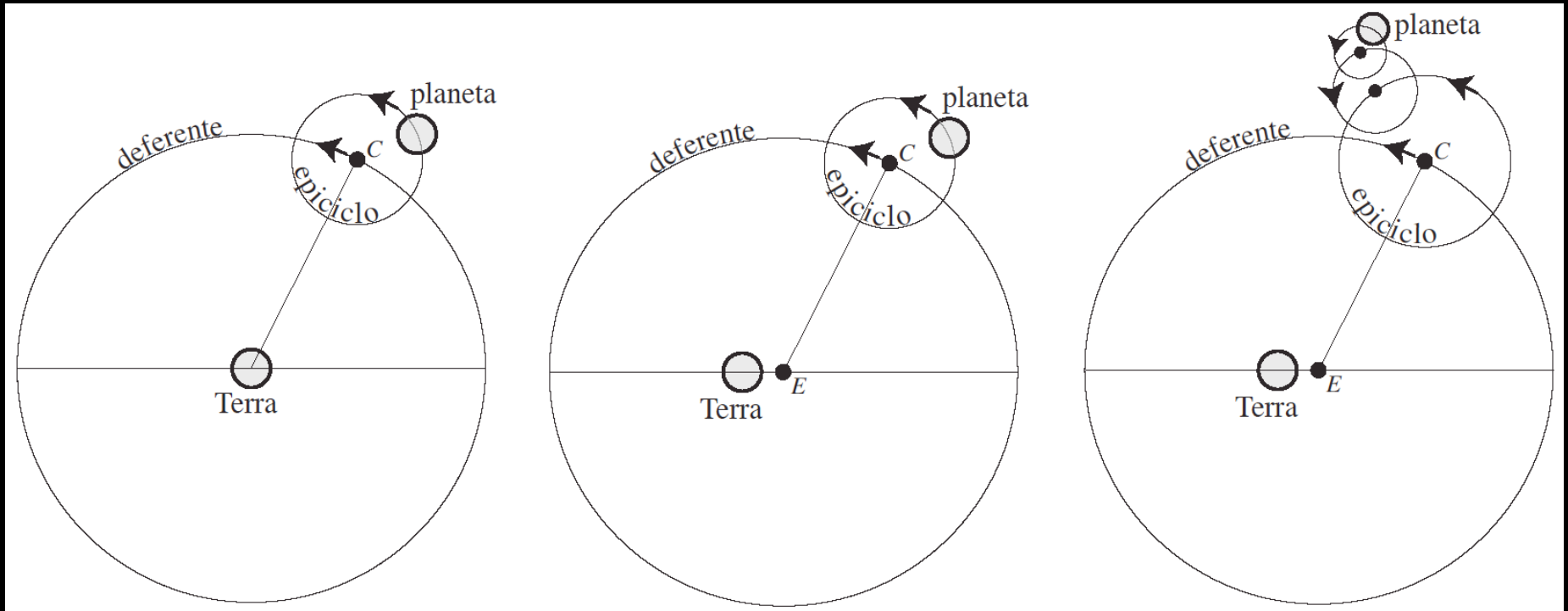
Terra imóvel, no centro do universo

O Sol e os astros se movem em círculos ao redor da Terra

Inspirou Universo de Dante

Sistema geocêntrico

- Apolônio (~230 a.c.); Hiparco (~140 a.c.); Ptolomeu (~130 d.c.)



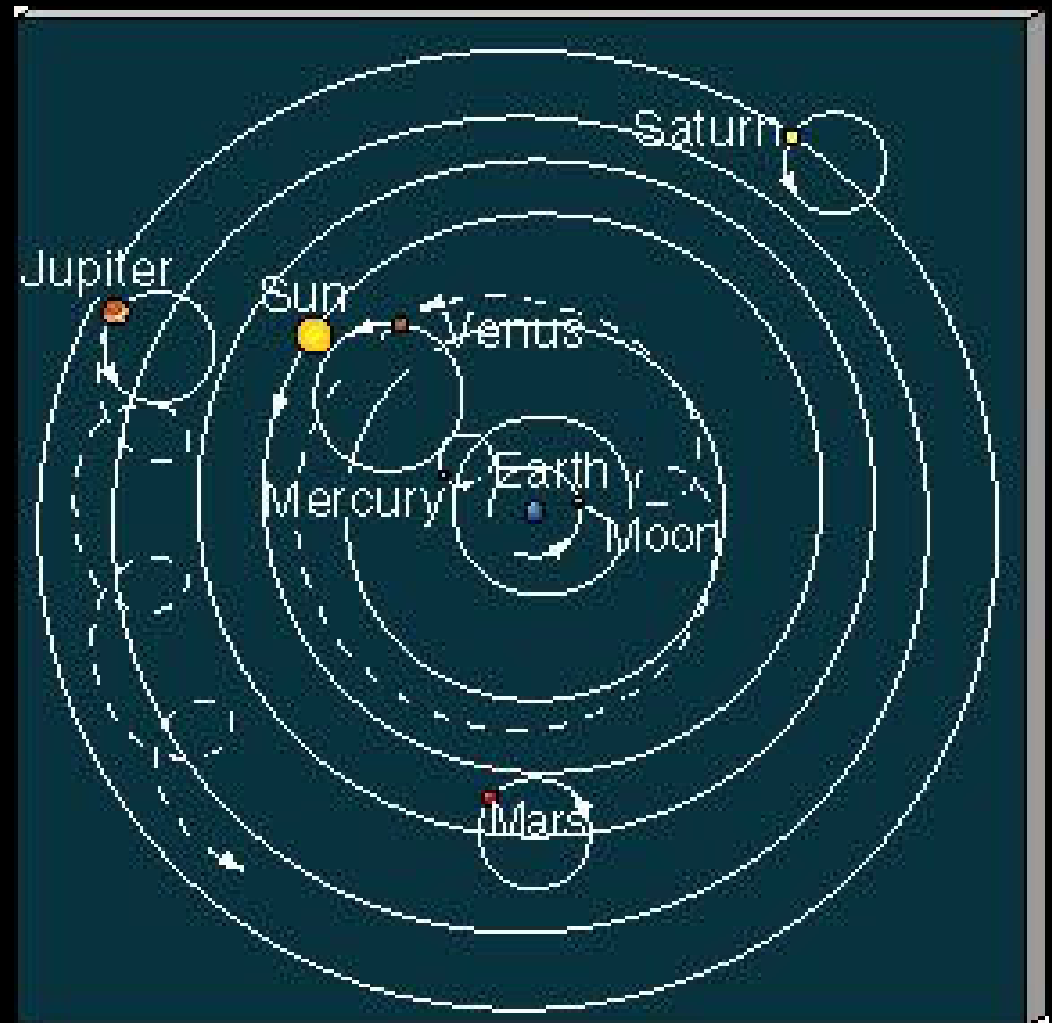
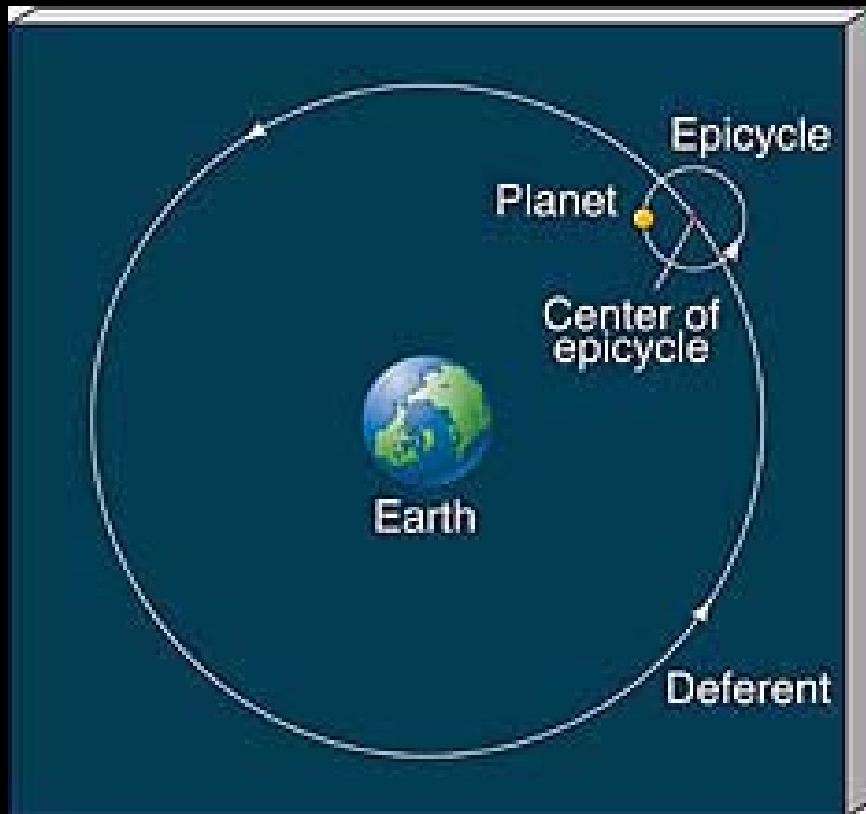
Terra imóvel, no centro do universo

O Sol e os astros se movem em vários círculos ao redor da Terra:

complexidade do movimento aparente dos planetas: Mercúrio e Venus « oscilam em torno do Sol com distâncias angulares máximas de 41° (Venus) e 25° (Mercúrio)

Teoria dos epicíclis

Epíclis - Modelo Ptolomaico: dezenas de ciclos (perdurou 13 séculos)

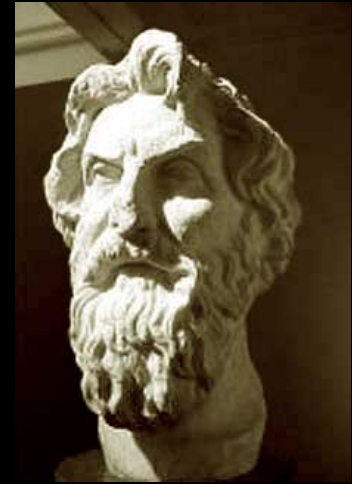


Modelo Heliocêntrico

Aristarco (~260 a.c.)

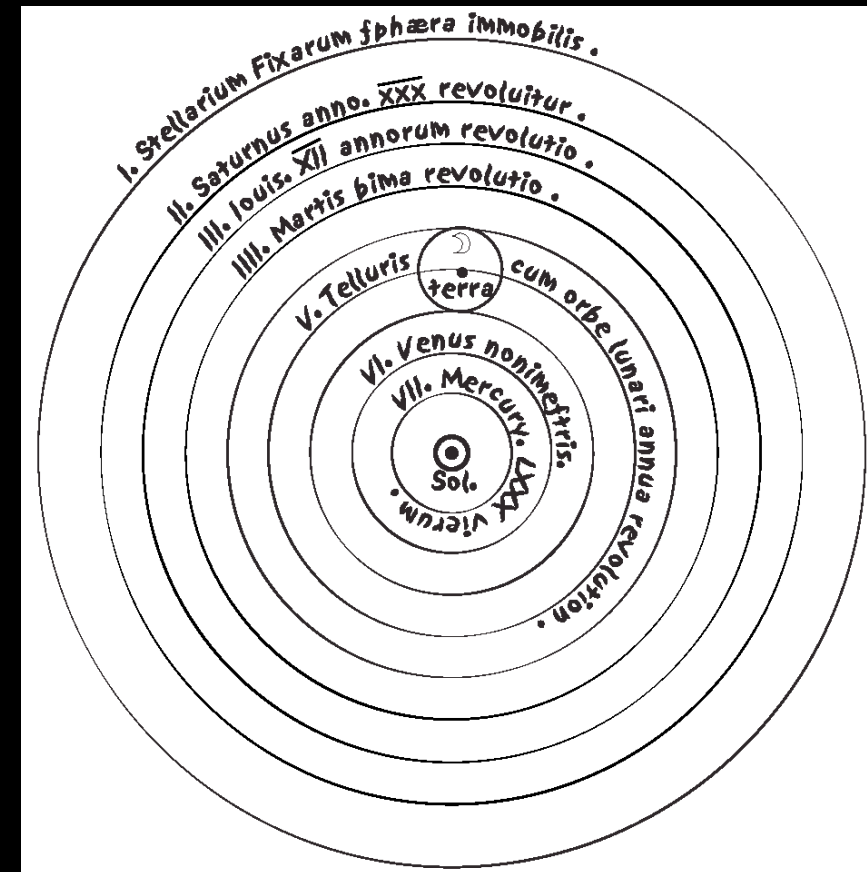
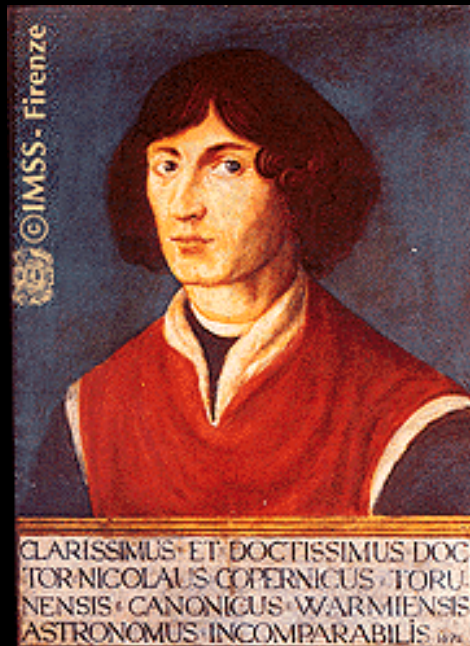
Universo heliocêntrico

A Terra se move em torno do Sol



- Nicolau Copérnico (1543)

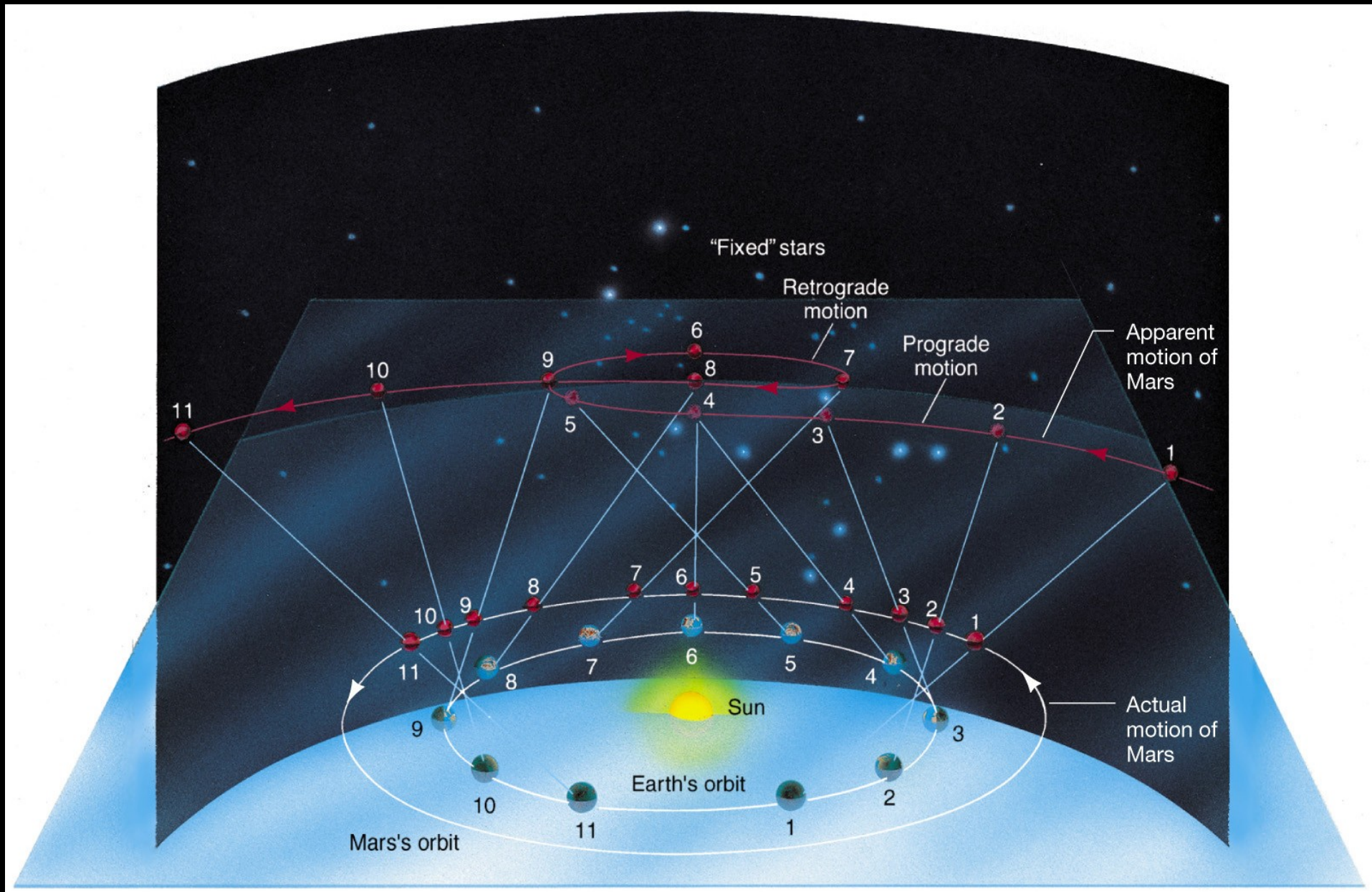
- Órbitas circulares em torno do Sol



Modelo Heliocentrico

- Sol no centro; T gira em torno do proprio eixo e do Sol
- Explica movimentos diurnos e sasonais, e mudancas sasonais no ceu
- Explica movimento dos planetas: circular e uniforme (como convinha aos dogmas da epoca)
- Ordem dos planetas ao redor do Sol: quanto $>$ periodo da orbita: $>$ distancia do planeta
- Explica os loops dos planetas

Modelo Heliocentrico: explica *loops* dos planetas

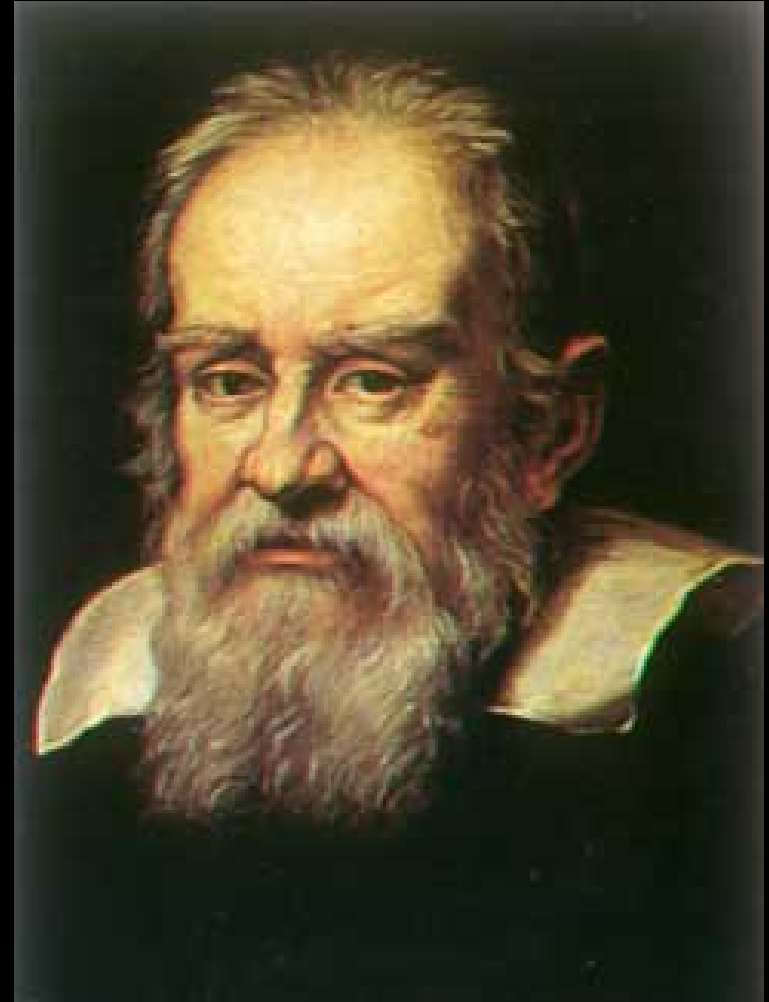


Retrograde Motion of Planets Explained

Modelo Heliocentrico: era moderna

Galileu Galilei (1564 – 1642)

- “Eppur si muove”
- Com a luneta construída por ele mesmo detectou 4 luas orbitando indiscutivelmente em torno de Júpiter. Foi uma prova irrefutável do modelo heliocêntrico.



Modelo Heliocentrico: era moderna

Tycho Brahe (~ 1590)

observações detalhadas do movimento dos planetas, em particular de Marte.
(mas acreditava no universo geocêntrico)



- **Johannes Kepler (1609)**

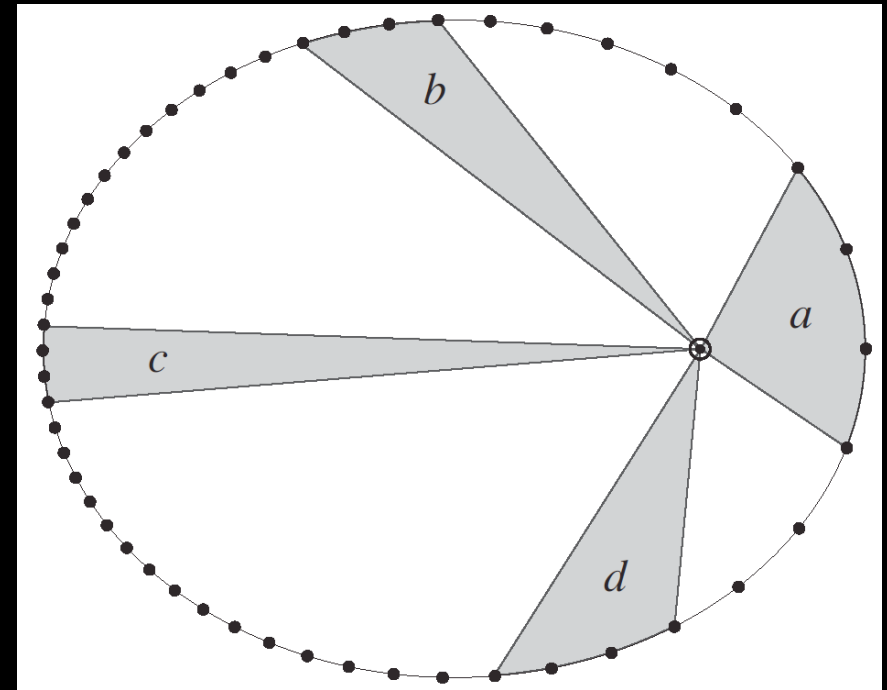
- Utiliza dados de Tycho Brahe.
- Inicialmente acredita no universo geocêntrico, mas adota a visão heliocêntrica devido à sua própria análise
- Observando dados: abandona movimento circular do SS: adota elipses



Movimento Heliocentrico

- **Johannes Kepler**

- Órbitas elípticas em torno do Sol
- **3 leis empíricas dos movimentos planetários** (entre 1609–1619):
 - Os planetas se movem em elipses, com o Sol em um dos focos;
 - A linha que liga o Sol a um dado planeta varre áreas iguais em tempos iguais;
 - O quadrado da razão dos períodos de translação de 2 planetas é igual ao cubo da razão entre as distâncias dos planetas ao Sol



Explicadas pela teoria da gravitação de Newton (1687)

$$\left(\frac{P_1}{P_2}\right)^2 = \left(\frac{a_1}{a_2}\right)^3$$