

# Fundamentos de Astronomia e Astrofísica

## Astronomia Antiga, Esfera Celeste, Coordenadas e Movimento Diurno dos Astros

Rogemar A. Riffel

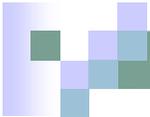
Sala: N101

e-mail: [rogemar@ufrgs.br](mailto:rogemar@ufrgs.br)

<http://www.if.ufrgs.br/~rogemar>

Livro texto: **Astronomia e Astrofísica – Kepler de Souza Oliveira Filho e Maria de Fátima Oliveira Saraiva**

Hipertexto: <http://www.astro.if.ufrgs.br>



# Avaliações

- **Uma prova por área + listas de exercícios**

- **1ª área: Terra e Céu**

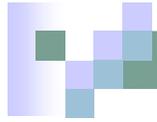
- Movimento diurno dos astros na esfera celeste
- Movimento anual do Sol e estações do ano
- Fases da Lua e eclipses
- Movimento dos planetas: o modelo heliocêntrico de Copérnico; Leis de Kepler; gravitação universal de Newton e Leis de Kepler generalizadas
- Sistema solar: planetologia comparada

- **2ª área: Estrelas**

- Distâncias astronômicas
- Fotometria: intensidade, fluxo e luminosidade; magnitudes; índices de cor; distribuição de energia das estrelas; corpo negro
- Espectroscopia: Leis de Kirchhoff; classificação espectral das estrelas e classes de luminosidade.;
- Diagrama HR e tipos de estrelas.
- O Sol como uma estrela: estrutura e fonte de energia.
- Evolução estelar.

- **3ª área: Galáxias e Cosmologia**

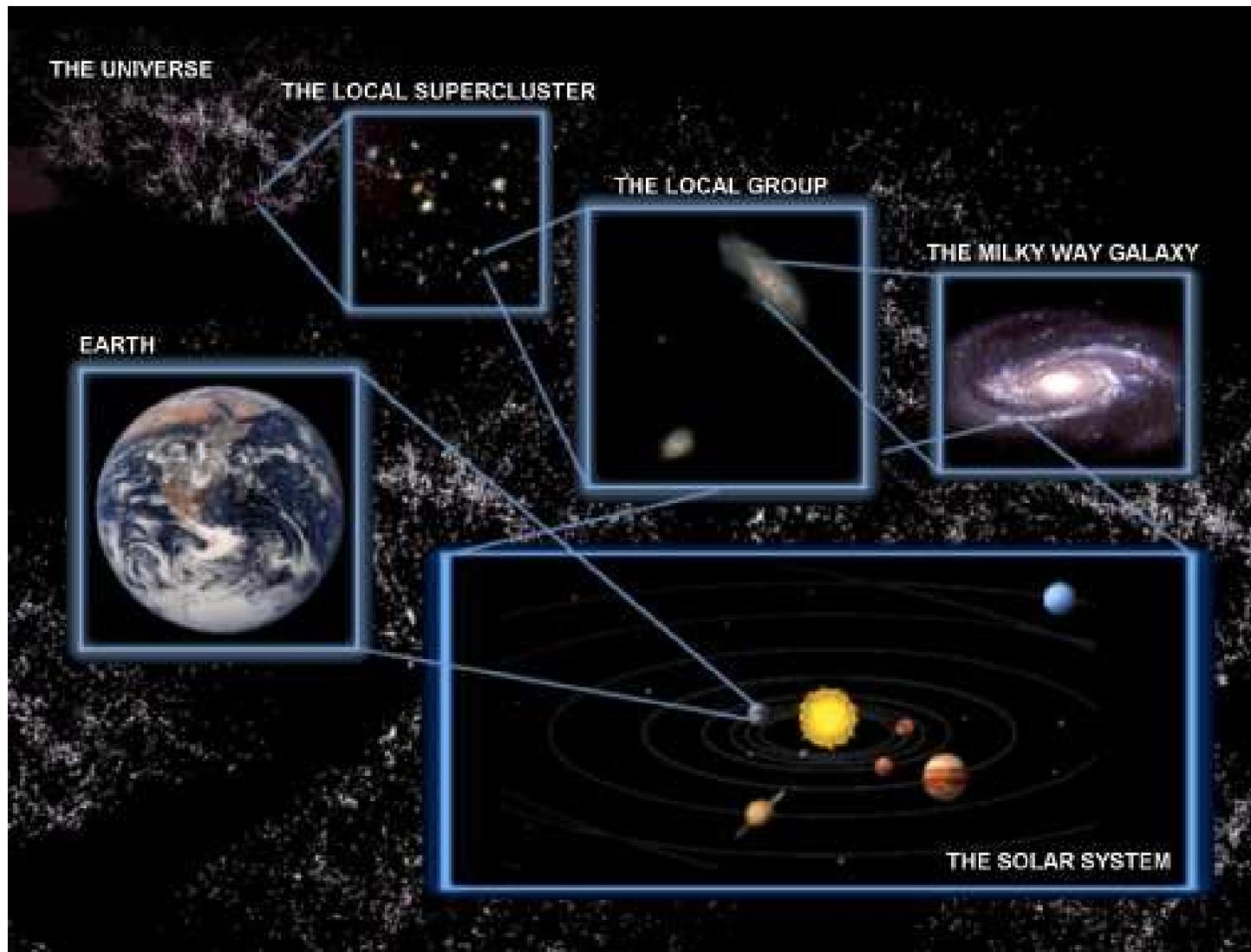
- A Via Láctea: forma, dimensão e massa; meio interestelar; populações estelares
- Outras galáxias: tipos morfológicos; determinação de massas, formação e evolução; Lei de Hubble.
- Cosmologia: expansão do universo; Big-Bang.

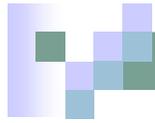


# Por que estudar astronomia?

- Entender o universo em que vivemos;
- Inovação tecnológica;
- Ciência básica.

# Nosso lugar no Universo





# Algumas imagens





## Orion Nebula Mosaic

PRC95-45a · ST ScI OPO · November 20, 1995  
C. R. O'Dell and S. K. Wong (Rice University), NASA

## Nebulosa Helix



Credit: NASA and The Hubble Heritage Team (STScI/AURA)

# The globular cluster Messier 62



Two Micron All Sky Survey  
– Southern Facility –  
2MASS Atlas Image Mosaic

Infrared Processing and Analysis Center & University of Massachusetts

# M31 - Andrômeda



copyright Robert Gendler 2002



# A astronomia antiga

- A astronomia é considerada a mais antiga das ciências
  - 3000 a.C. (chineses, babilônios, assírios e egípcios);
  - Os astros eram estudados com objetivos relacionados a astrologia e a contagem do tempo.

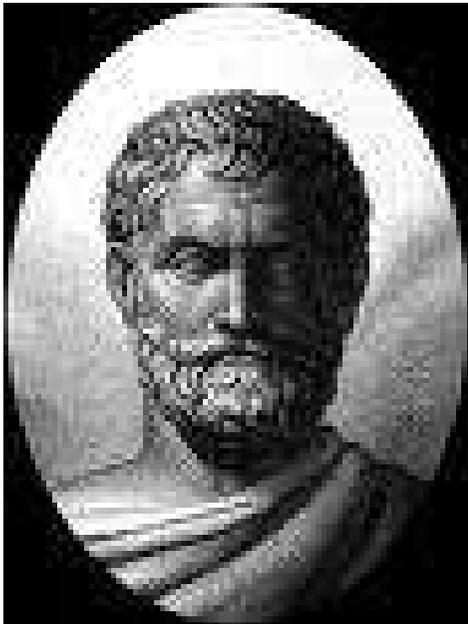


# A astronomia antiga

- O ápice da ciência antiga se deu na Grécia (de 600 a.C. a 400 d.C.)
  - Ultrapassados somente no séc. XVI;
  - Primeiros conceitos de esfera celeste – uma esfera incrustada de estrelas com a Terra no centro.
  - Imaginavam que a esfera celeste girava em torno de um eixo passando pela Terra.

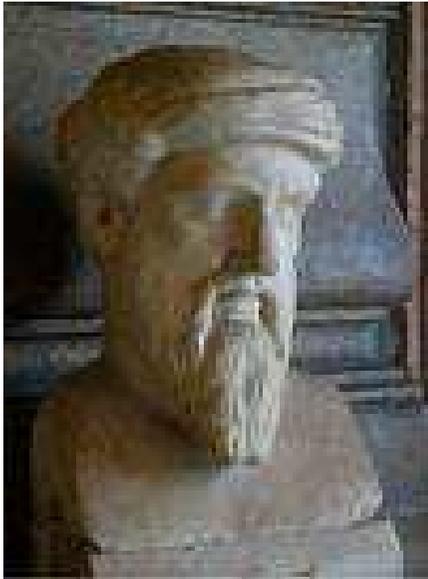
# Astrônomos da Grécia Antiga

## Tales de Mileto (~624 – 546 a.C.)



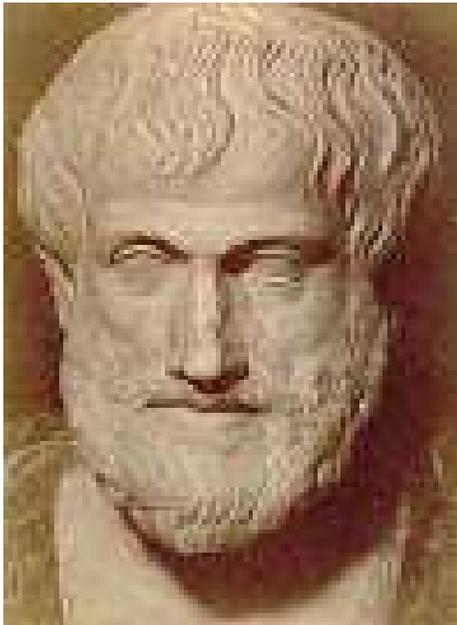
- Fundamentos de astronomia e geometria, trazidos do Egito.
- Pensava que a Terra era um disco plano em uma vasta extensão de água.

# Pitágoras de Samos (~572 – 497 a.C.)



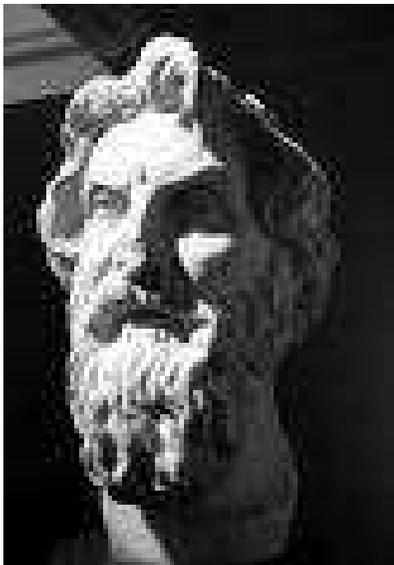
- Acreditava na esfericidade da Terra, da Lua e de outros corpos celestes.
- Achava que o Sol, a Terra, a Lua eram transportados por esferas separadas das que carregavam as estrelas.

# Aristóteles de Estagira (384 – 322 a.C.)



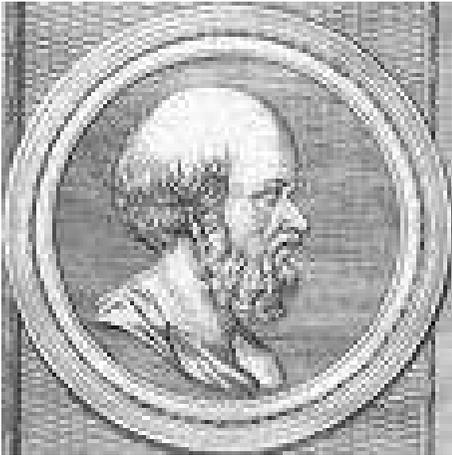
- Explicou que as fases da Lua dependem de quanto da parte da face da Lua iluminada pelo Sol está voltada para a Terra.
- Eclipses: **Solar:** a Lua passa entre a Terra e o Sol. **Lunar:** A lua entra na sombra da Terra.
- Argumentou a favor da esfericidade da Terra, já que a sombra da Terra na Lua durante em eclipse é sempre arredondada.

# Aristarco de Samos (310 – 230 a.C.)



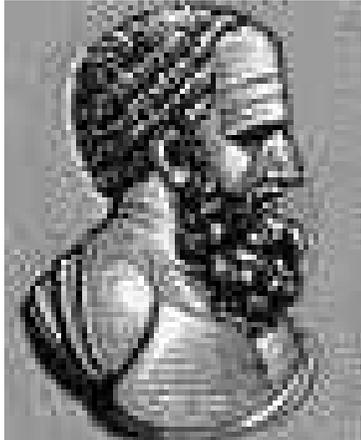
- Foi o primeiro a propor que a Terra se movia em torno do Sol (quase 2000 anos antes de Copérnico);
- Desenvolveu um método para determinar as distâncias do Sol e da Lua em relação a Terra;
- Mediu os tamanhos relativos da Terra, do Sol e da Lua.

# Eratóstenes de Cirênia (276 – 194 a.C.)



- Foi o primeiro a medir o diâmetro da Terra;
- Ao meio dia a luz solar atingia o fundo de um poço em Siena e em Alexandria (+ ao Norte) o Sol estava 7 graus mais ao Sul;
- O diâmetro da Terra é obtido dividindo se a circunferência por  $\pi$ .

# Hiparco de Nicéia (160 – 125 a.C.)



- Construiu um catálogo com a posição no céu e magnitude de 850 estrelas;
- As magnitudes eram divididas de 1 a 6;
- Deduziu corretamente a direção dos pólos celestes e a precessão;
- Estimou a distância da Lua como sendo 59 vezes o raio da Terra (60 é o valor correto).

# Ptolomeu (85 – 165 d.C.)

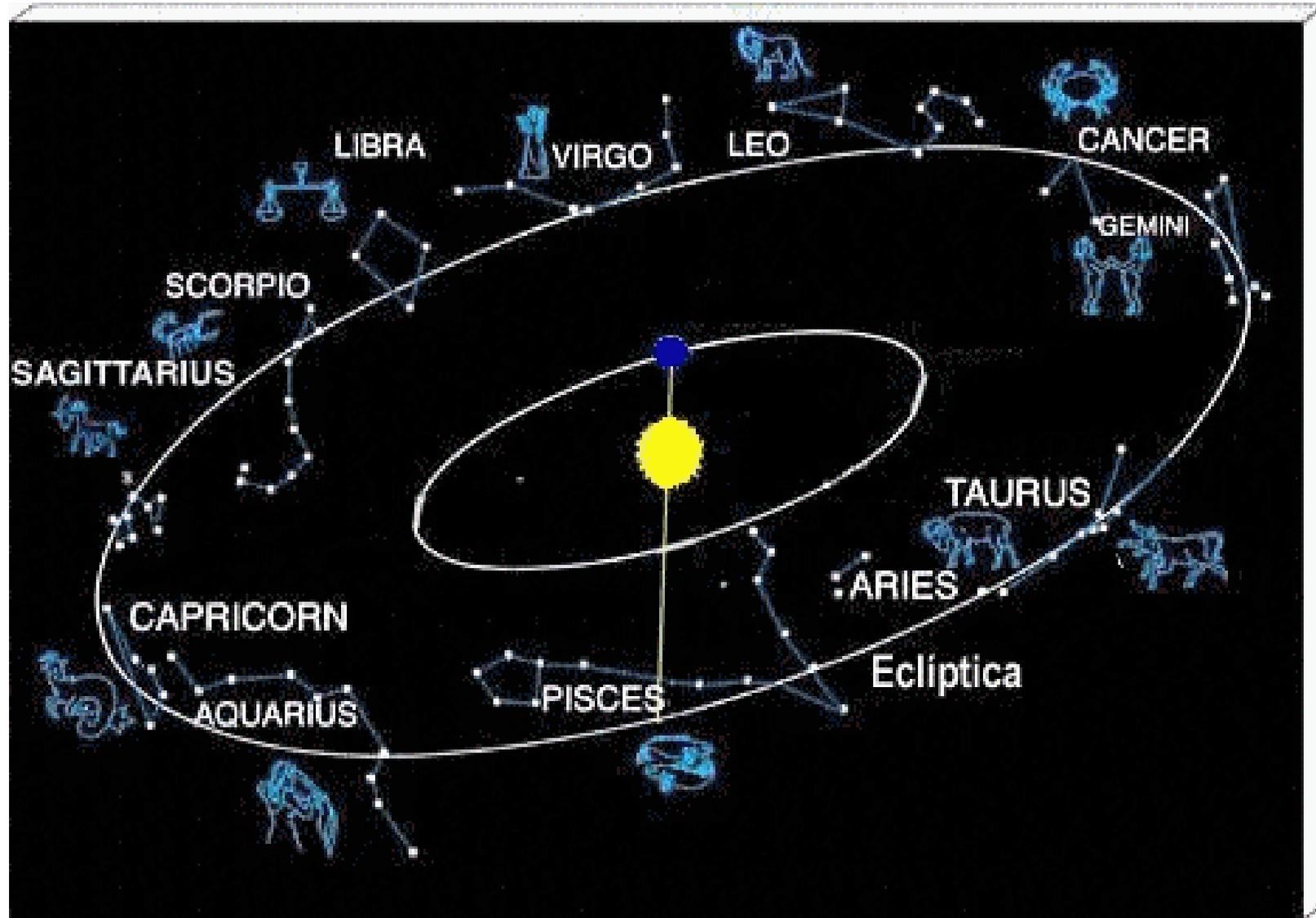
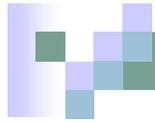


- Último astrônomo importante da antiguidade;
- Compilou uma série de 13 volumes de astronomia, que é a maior fonte de conhecimento sobre a astronomia na Grécia;
- Sua contribuição mais importante foi uma representação geométrica do sistema solar que permitia prever o movimento dos planetas com considerável precisão.



# Constelações

- São agrupamentos aparentes de estrelas, que os astrônomos da antiguidade imaginavam formar figuras de pessoas, animais ou objetos.
- Numa noite escura, pode-se ver entre 1000 e 1500 estrelas, sendo que cada estrela pertence a alguma constelação;
- Nos ajudam a separar o céu em porções menores.

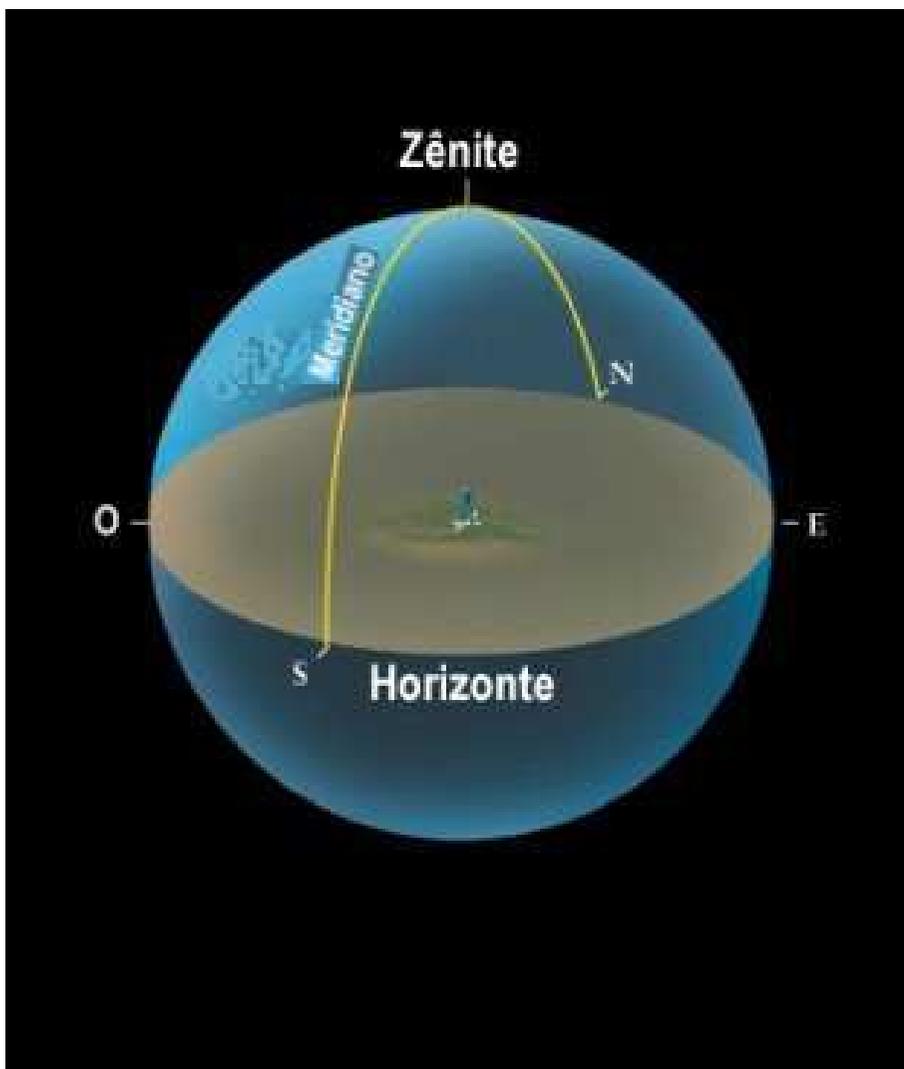




# A esfera celeste

- Os astros nascem no leste e se põem no oeste, o que causa a impressão de que a esfera celeste está girando de leste para oeste.
- Esse movimento é chamado de movimento diurno dos astros e é um reflexo do movimento de rotação da Terra;
- Existem algumas estrelas que descrevem uma circunferência completa no céu – estrelas circumpolares (altas latitudes).

# Planos e pontos importantes



**Horizonte:** É o plano tangente a Terra e perpendicular a vertical do lugar em que se encontra o observador;

**Meridiano do lugar:** círculo entre os pólos celestes formando  $90^\circ$  com o horizonte.

**Equador celeste:** É o círculo máximo em que o prolongamento do Equador da Terra intercepta a esfera celeste;

# Planos e pontos importantes

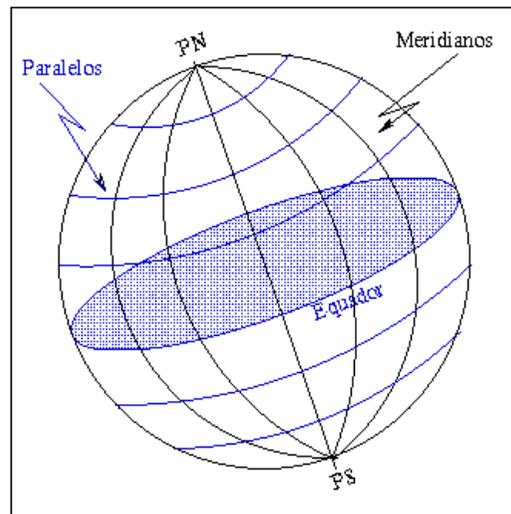
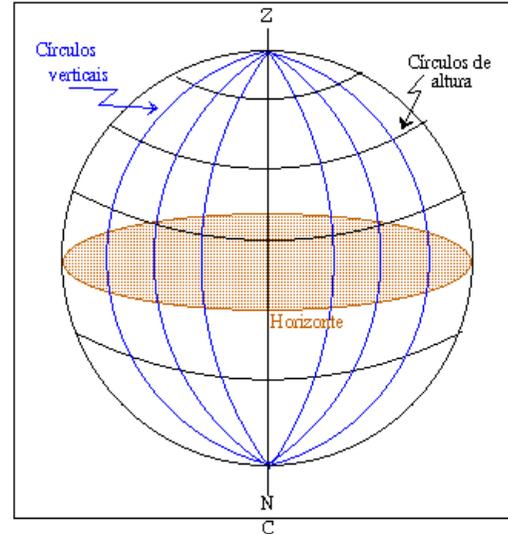
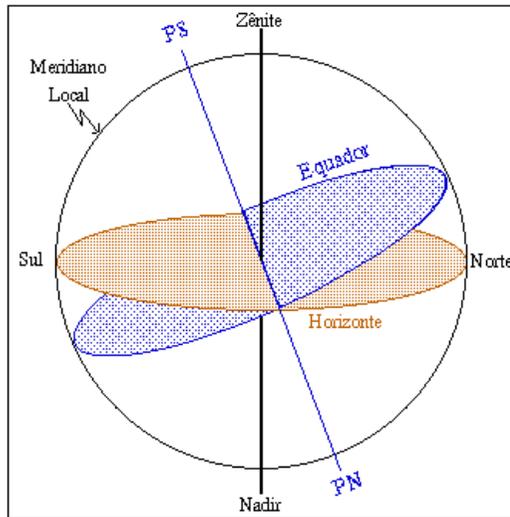


**Zênite:** É o ponto no qual a vertical do lugar intercepta a esfera celeste, acima do observador;

**Nadir:** Ponto oposto ao Zênite;

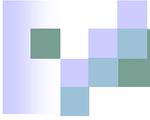
**Pólo celeste Sul (Norte):** É o ponto em que o prolongamento do eixo de rotação da Terra intercepta a esfera celeste, no hemisfério Sul (Norte).

# Planos e pontos importantes



**Círculo vertical:** É qualquer semicírculo máximo da esfera celeste que contém a vertical do lugar. Começam em Z e terminam em N.

**Paralelos:** São círculos na esfera celeste paralelos ao equador celeste.



# Sistemas de coordenadas

- Para determinar a posição de um astro no céu, precisamos definir um sistema de coordenadas;
- Utilizamos apenas coordenadas angulares, sem nos preocuparmos com as distâncias dos astros;
- A posição dos astros será determinada através de dois ângulos de posição.



# Coordenadas Geográficas

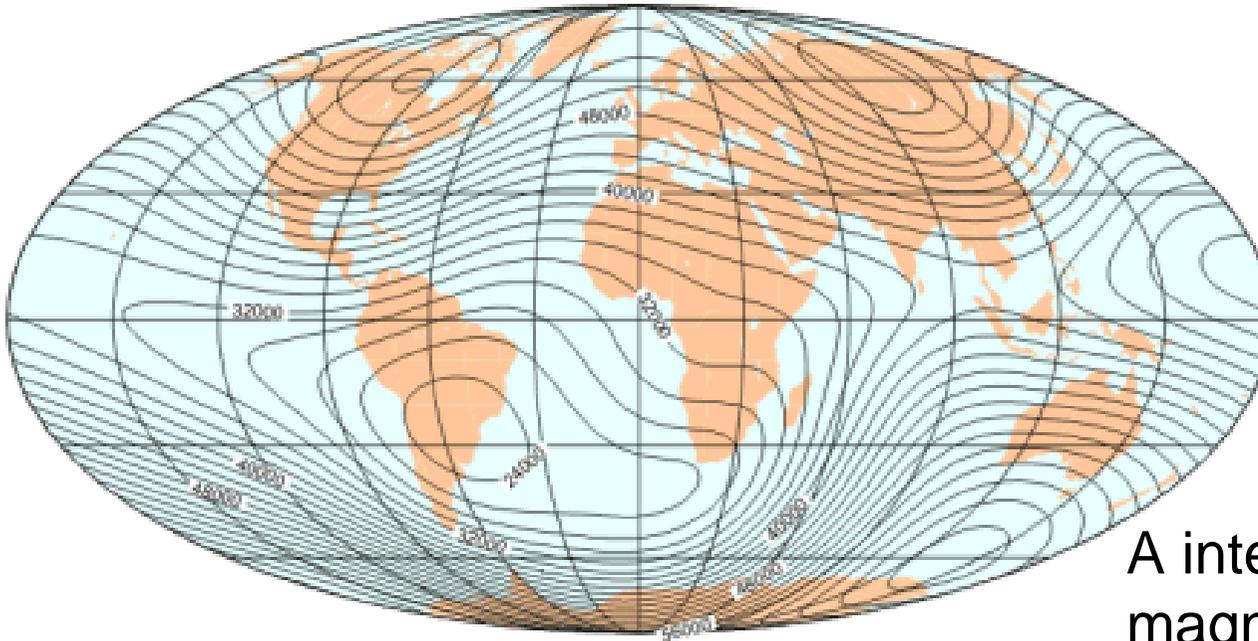
**Longitude Geográfica ( $\lambda$ ):** é o ângulo medido ao longo do equador da Terra, tendo origem no meridiano de referência (Greenwich) e extremidade no meridiano do lugar;

$$-180^{\circ}(\text{E}) \leq \lambda \leq +180^{\circ}(\text{W}); \quad -12\text{h}(\text{W}) \leq \lambda \leq +12\text{h}(\text{E}).$$

**Latitude Geográfica ( $\phi$ ):** é o ângulo medido ao longo do meridiano do lugar, com origem no equador e extremidade no lugar.

$$-90^{\circ}(\text{S}) \leq \phi \leq +90^{\circ}(\text{N}).$$

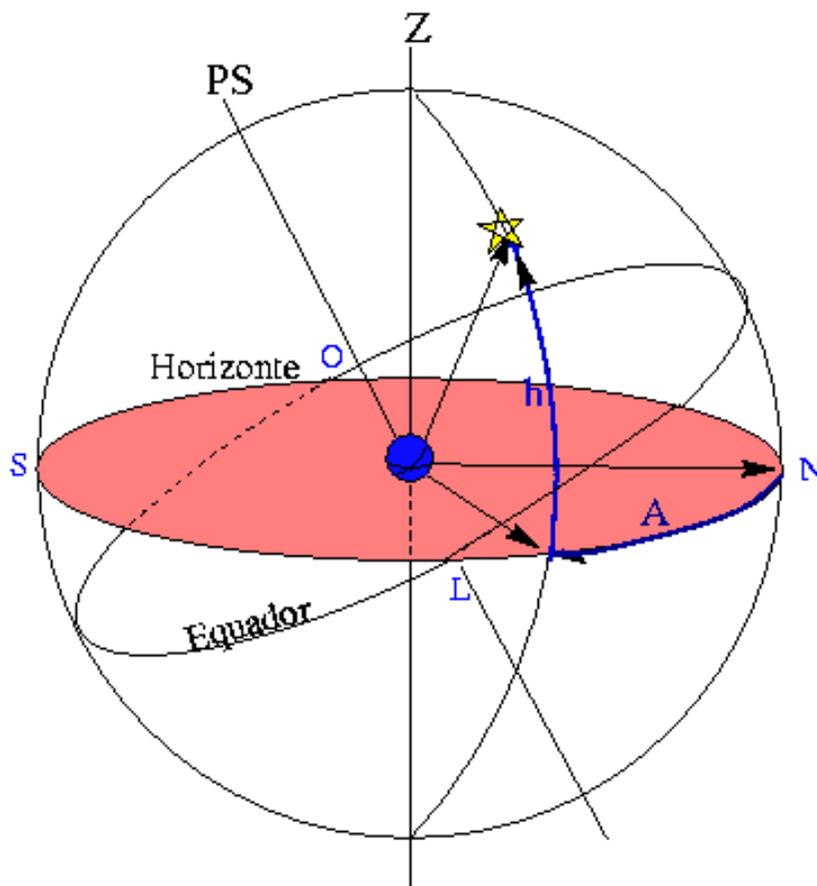
# Campo magnético terrestre



A intensidade do campo magnético da Terra é de aproximadamente 25 000 a 65 000 nT (0,25 a 0,65 gauss)



## O sistema horizontal



**Azimute (A):** é o ângulo medido sobre o horizonte, no sentido horário, com origem no norte e fim no círculo vertical do astro:

$$0^{\circ} \leq A \leq 360^{\circ}$$

**Altura (h):** é o ângulo medido sobre o círculo vertical do astro, com origem no horizonte e fim no astro. O complemento da altura é a distância zenital (z) com origem no zênite e fim no astro:

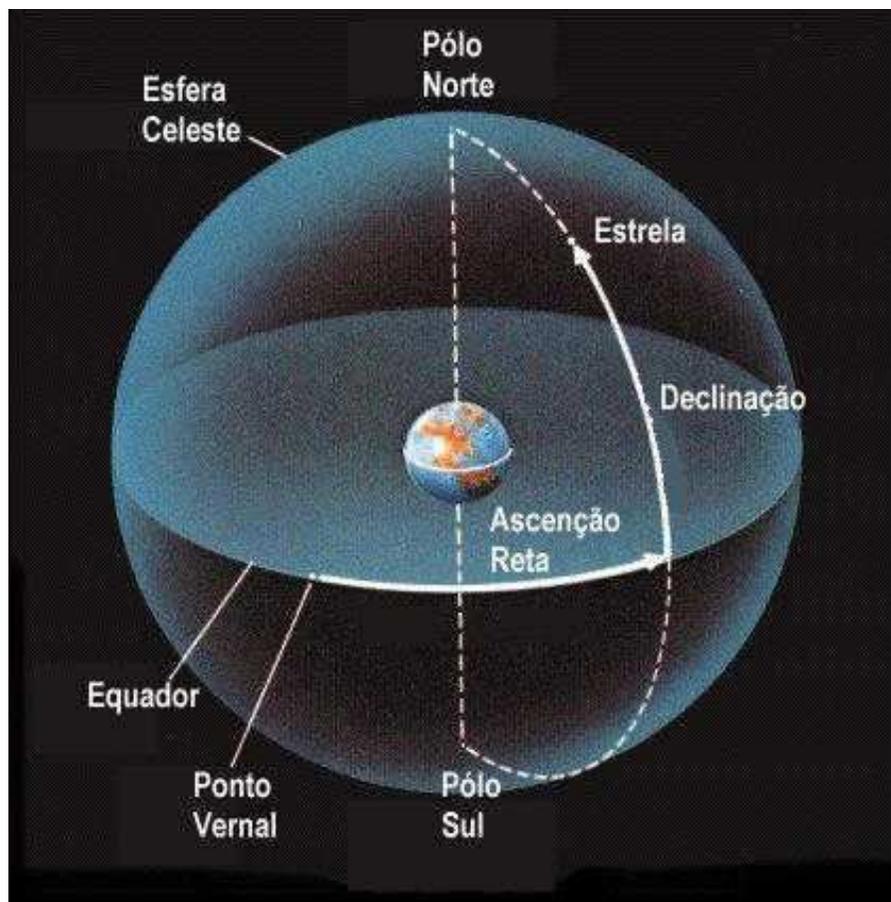
$$-90^{\circ} \leq h \leq +90^{\circ}$$

$$0^{\circ} \leq z \leq 180^{\circ}$$

O plano fundamental é o horizonte.

O sistema horizontal é um sistema local.

# O sistema equatorial celeste



**Ascensão reta ( $\alpha$ ) ou (AR):** ângulo medido sobre o equador, com origem no meridiano que passa pelo *ponto vernal* e fim no meridiano do astro.

$$0h \leq \alpha \leq +24h \quad (\text{aumenta para E})$$

**Ponto Vernal (Áries ou Gama):** é um ponto do Equador, ocupado pelo Sol no equinócio de primavera do Hemisfério Norte (~22 de março).

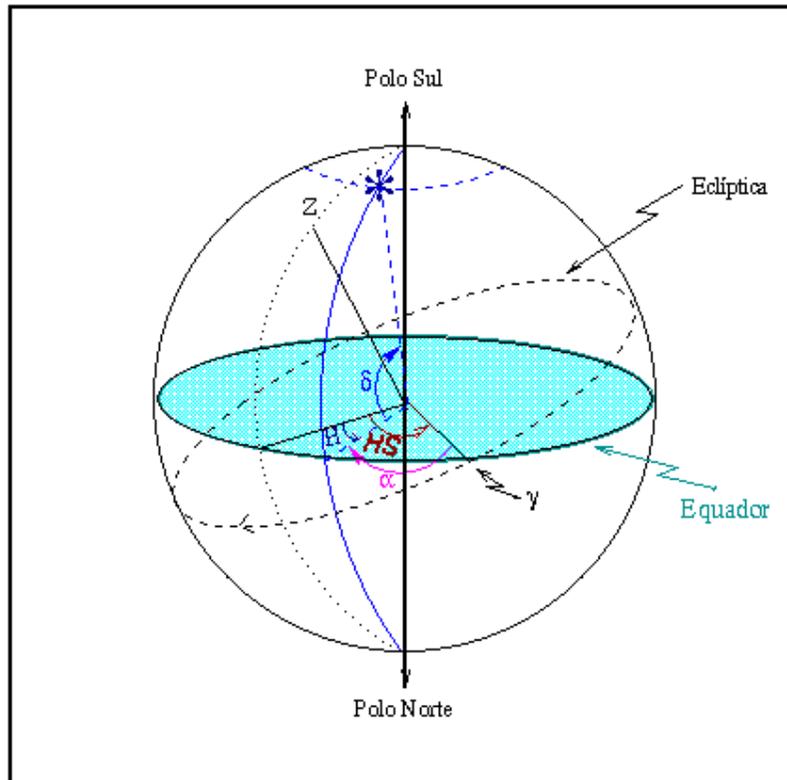
**Declinação ( $\delta$ ):** ângulo medido sobre o meridiano do astro, com origem no Equador e extremidade no astro:

$$-90^\circ \leq \delta \leq +90^\circ$$

**O plano fundamental é o Equador Celeste**

**Não depende das coordenadas do lugar!**

# O sistema equatorial local



**O plano fundamental é o Equador!**

Agora a coordenada ao longo do equador não é constante e é chamada de

**ângulo horário (H):** ângulo medido sobre o equador, com origem no meridiano local e extremidade no meridiano do astro.

$$-12h(E) \leq H \leq +12h(W)$$

A outra coordenada é a **Declinação (δ)**

**Tempo Sideral:** Intervalo de tempo decorrido entre duas passagens sucessivas do ponto vernal pelo meridiano do lugar.

**Hora Sideral (HS):** ângulo horário do ponto vernal

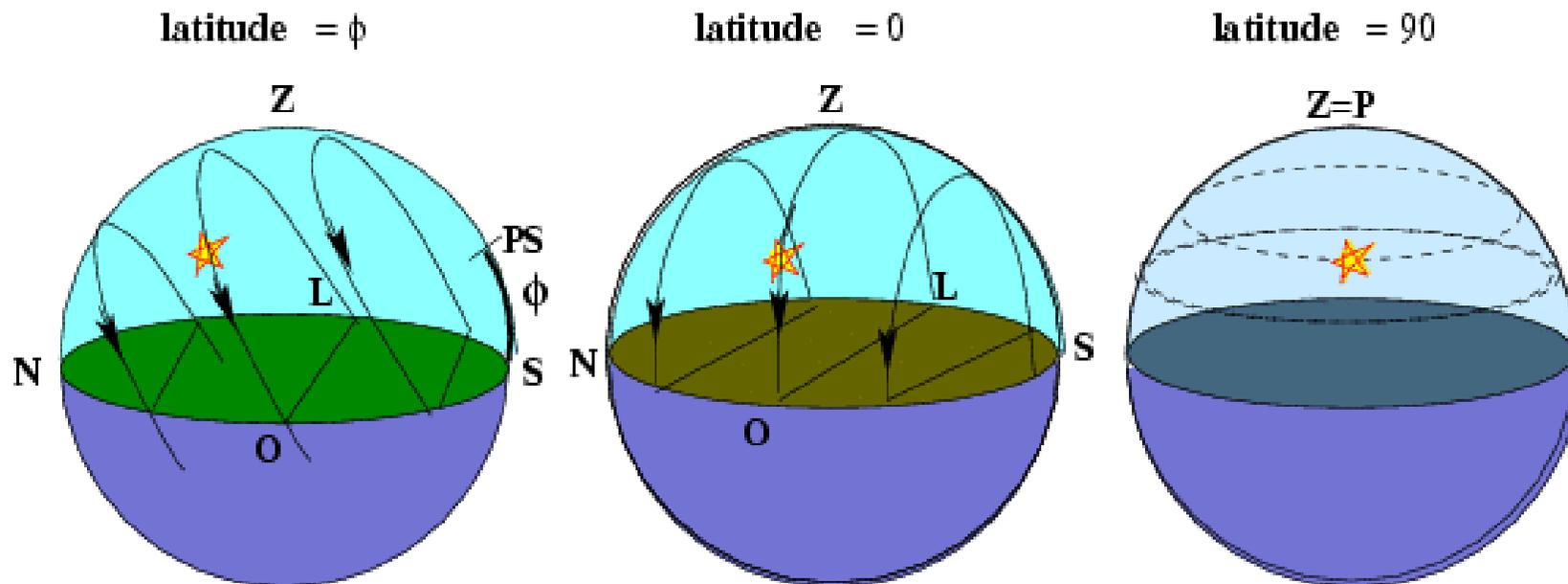
$$HS = H^* + \alpha^*$$



# Movimento diurno dos astros

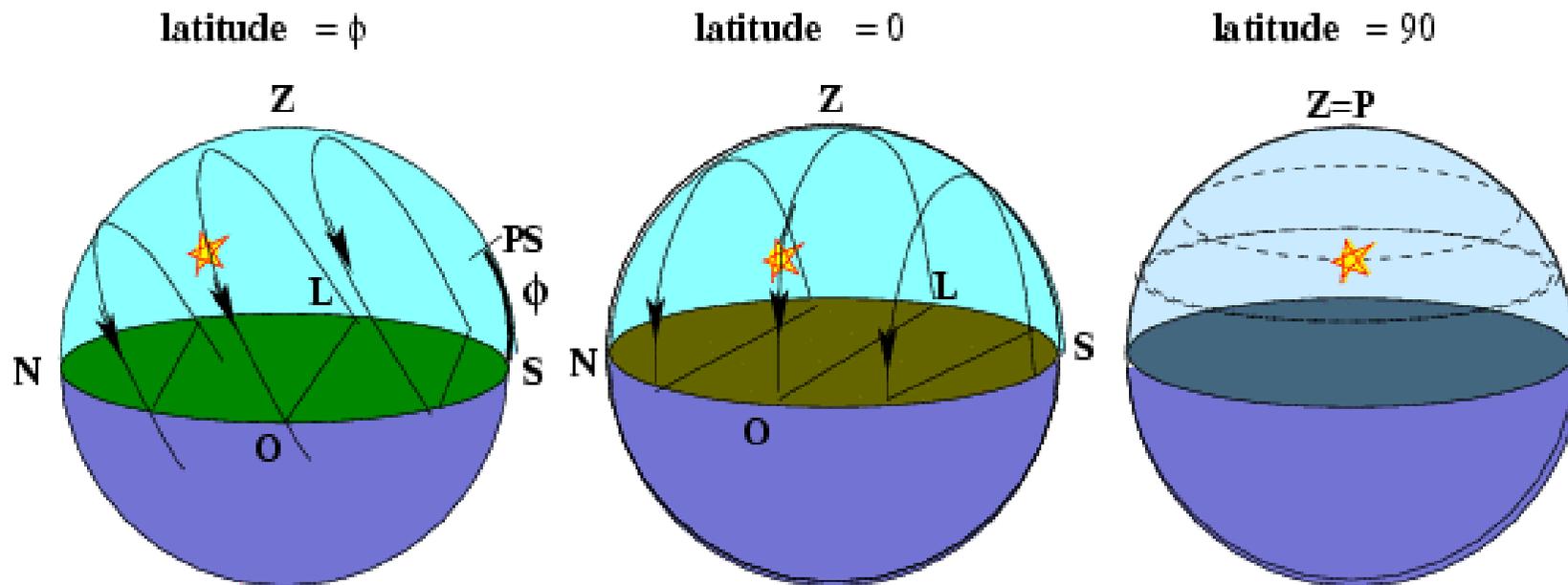
- O movimento diurno dos astros, de leste para oeste, é um reflexo do movimento de rotação da Terra, de oeste para leste.
- Ao longo do dia, todos os astros descrevem no céu arcos paralelos ao Equador.
- A orientação destes arcos em relação ao horizonte depende da latitude do lugar.

# Movimento diurno dos astros



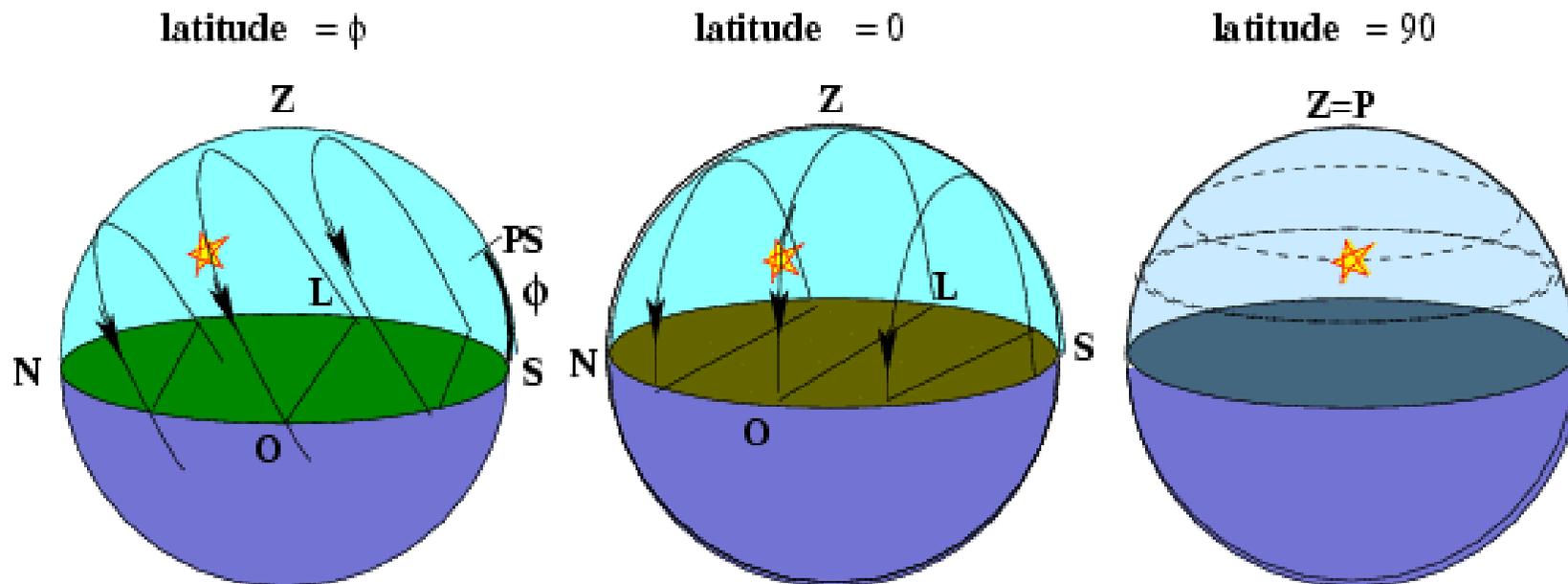
**Nos pólos:** Todas as estrelas do mesmo hemisfério do observador permanecem 24 h acima do horizonte e descrevem no céu círculos paralelos ao horizonte.

# Movimento diurno dos astros



**No Equador:** Todas as estrelas nascem e se põem, permanecendo 12 h acima do horizonte e 12 h abaixo dele. Todas as estrelas podem ser vistas ao longo do ano

# Movimento diurno dos astros



**Latitude Intermediária:** Algumas estrelas têm nascer e ocaso, outras permanecem 24 h acima do horizonte, outras 24 h abaixo dele. As estrelas visíveis descrevem no céu arcos com uma certa inclinação em relação ao horizonte, a qual depende da latitude do lugar.



Movimento diurno das estrelas em Mauna Kea (Havaí). É mostrado o céu próximo ao horizonte leste. (Autor: Richard Wainscoat; website: [www.photoresourcehawaii.com/fotoshowpro/detail.php](http://www.photoresourcehawaii.com/fotoshowpro/detail.php))



# Fenômenos do movimento diurno

**Nascer e ocaso:** são os instantes em que o astro aparece e desaparece no horizonte, respectivamente.

**Passagem Meridiana:** É o instante em que o astro atinge a máxima altura, ou a mínima distância zenital.

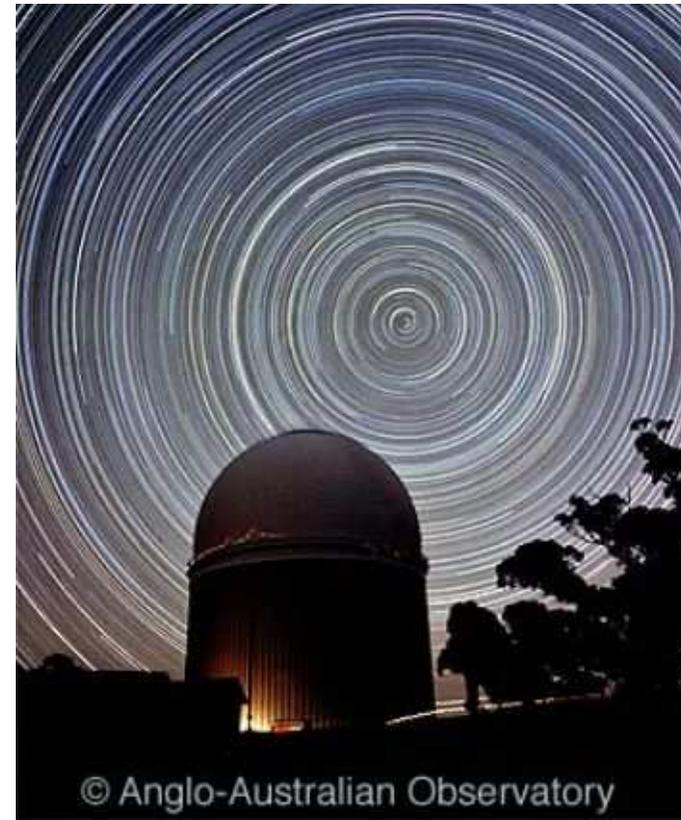
Os astros fazem duas passagens meridianas por dia: a passagem meridiana superior (quando sua elevação é máxima) e a passagem meridiana inferior (quando sua elevação é mínima).

# Fenômenos do movimento diurno

**Estrelas circumpolares:** Não têm nascer nem ocaso, fazem as duas passagens meridianas acima do horizonte.

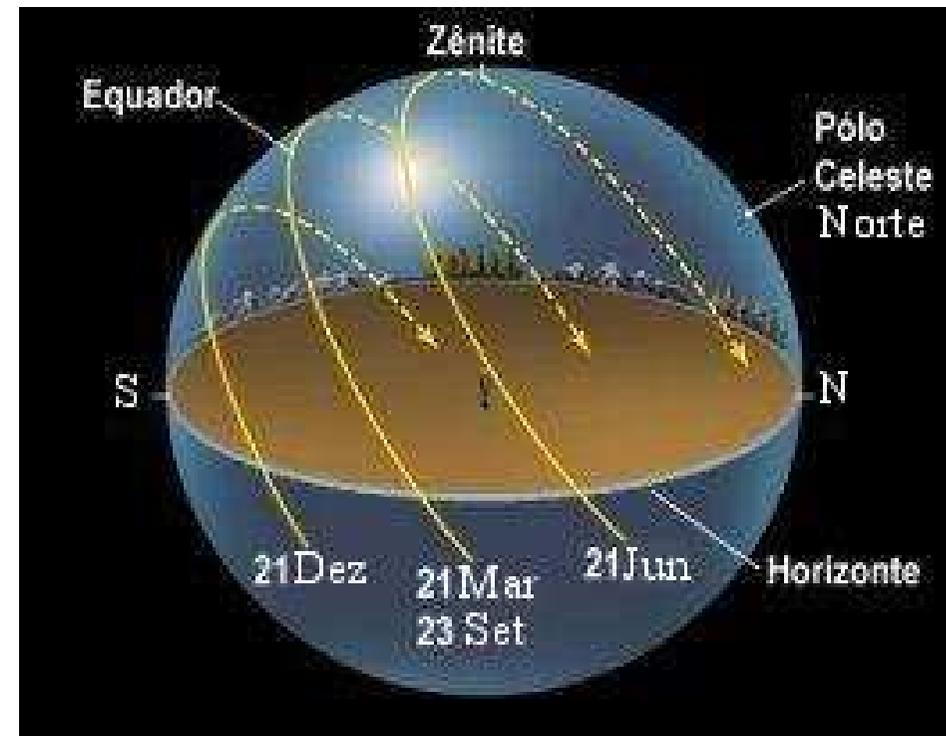
Nos pólos todas as estrelas acima do horizonte são circumpolares.

No equador nenhuma estrela é circumpolar.



# Movimento diurno do Sol

- De leste para oeste;
- Ao contrário das "estrelas fixas", o círculo diurno do Sol varia de dia para dia, no ciclo de um ano, se afastando ou se aproximando do equador celeste dependendo da época do ano.

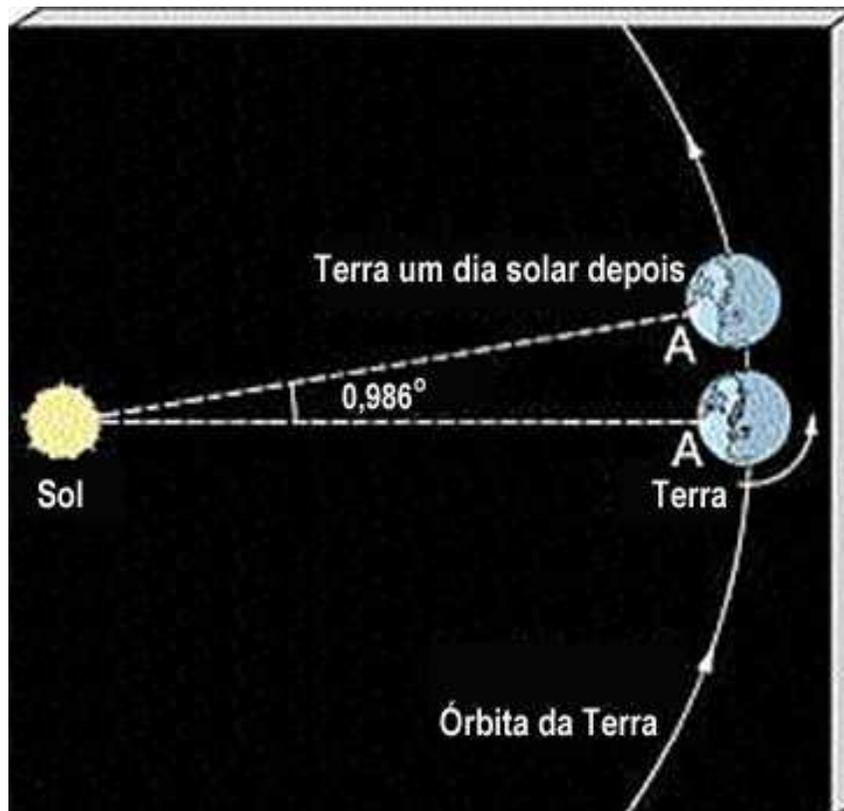




# Medida do tempo

- Se baseia no movimento de rotação da Terra (rotação aparente da esfera celeste);
- **Dia:** tempo necessário para a Terra dar uma volta em torno de seu eixo em relação a um ponto de referência.
- **Tempo sideral** toma como referência para medir a rotação da Terra o ponto Vernal;
- **Tempo solar** toma como referência o Sol para medir a rotação da Terra o Sol

# Dia Sideral e Solar



**Dia Sideral:** é o intervalo de tempo decorrido entre duas passagens sucessivas do ponto vernal pelo meridiano do lugar.

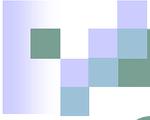
**Dia Solar:** é o intervalo de tempo decorrido entre duas passagens sucessivas do Sol pelo meridiano do lugar.

É 3m56s mais longo do que o dia sideral. Essa diferença é devida ao movimento de translação da Terra em torno do Sol, de aproximadamente 1 grau (4 minutos) por dia ( $360^\circ/\text{ano} = 0,986^\circ/\text{dia}$ ).



# Calendário

- Dificuldades para a criação de um calendário, pois o ano não é múltiplo exato da duração do dia ou do mês.
- **Ano Sideral:** É o período de revolução da Terra em torno do Sol com relação às estrelas. Seu comprimento é de 365,2564 dias solares médios, ou **365d 6h 9m 10s**.
- **Ano Tropical:** É o período de revolução da Terra em torno do Sol com relação ao Equinócio Vernal, isto é, com relação ao início das estações. Seu comprimento é 365,2422 dias solares médios, ou **365d 5h 48m 46s**. O calendário se baseia no ano tropical.



## Calendário

- Os **egípcios** (4000 a.C.) utilizaram inicialmente um ano de **360 dias**, começando com a enchente anual do Nilo.
- Quando o desvio na posição do Sol se tornou notável adicionaram **5 dias**.
- Ainda havia um deslocamento lento que somava 1 dia a cada 4 anos. Assim, o ano tinha duração de **365,25 dias**.
- Nosso calendário atual está baseado no calendário **romano**, que era lunar. Como o período sinódico da lua é de 29,5 dias, um mês tinha 29 dias e outro 30 dias, totalizando **354 dias**;
- A cada 3 anos era introduzido um mês a mais para completar três anos solares;



## Calendário

- A maneira de introduzir o 13<sup>o</sup> mês se tornou muito irregular, de forma que em 46 a.C., Júlio César introduziu o calendário **Juliano**, no qual a cada três anos de 365 dias seguia outro de 366 dias (ano bissexto);
- O ano Juliano tem em média **365,25 dias** e vigorou por 1600 anos;
- Em 325 d. C., o concílio de Nicéia fixou a data da Páscoa como sendo o primeiro domingo depois da lua cheia que ocorre em ou após o Equinócio Vernal, fixado em 21 de março.



## Calendário

- Em 1585, durante o papado de Gregório XIII, o Equinócio Vernal já estava ocorrendo em 11 de março, antecipando muito a data da Páscoa. O papa então introduziu uma nova reforma no calendário;
- Tirou 10 dias do ano de 1582, para recolocar o Equinócio Vernal em 21 de março.
- Introduziu a regra de que anos múltiplos de 100 não são bissextos, a menos que sejam também múltiplos de 400;
- Ano gregoriano = 365,2425 dias; Ano tropical = 365,2122 dias. A diferença de 0,0003 dias corresponde a 26 segundos ( 1 dia a cada 3300 anos);

$$1 \text{ ano tropical} = 365 + 1/4 - 1/100 + 1/400 - 1/3300 \text{ (dias)}$$



# Próxima Aula

- Movimento Anual do Sol;
- Estações do Ano;
- Fases da Lua;
- Eclipses.