



AGA0106

Astronomia de Posição

Prof. Rogério Monteiro

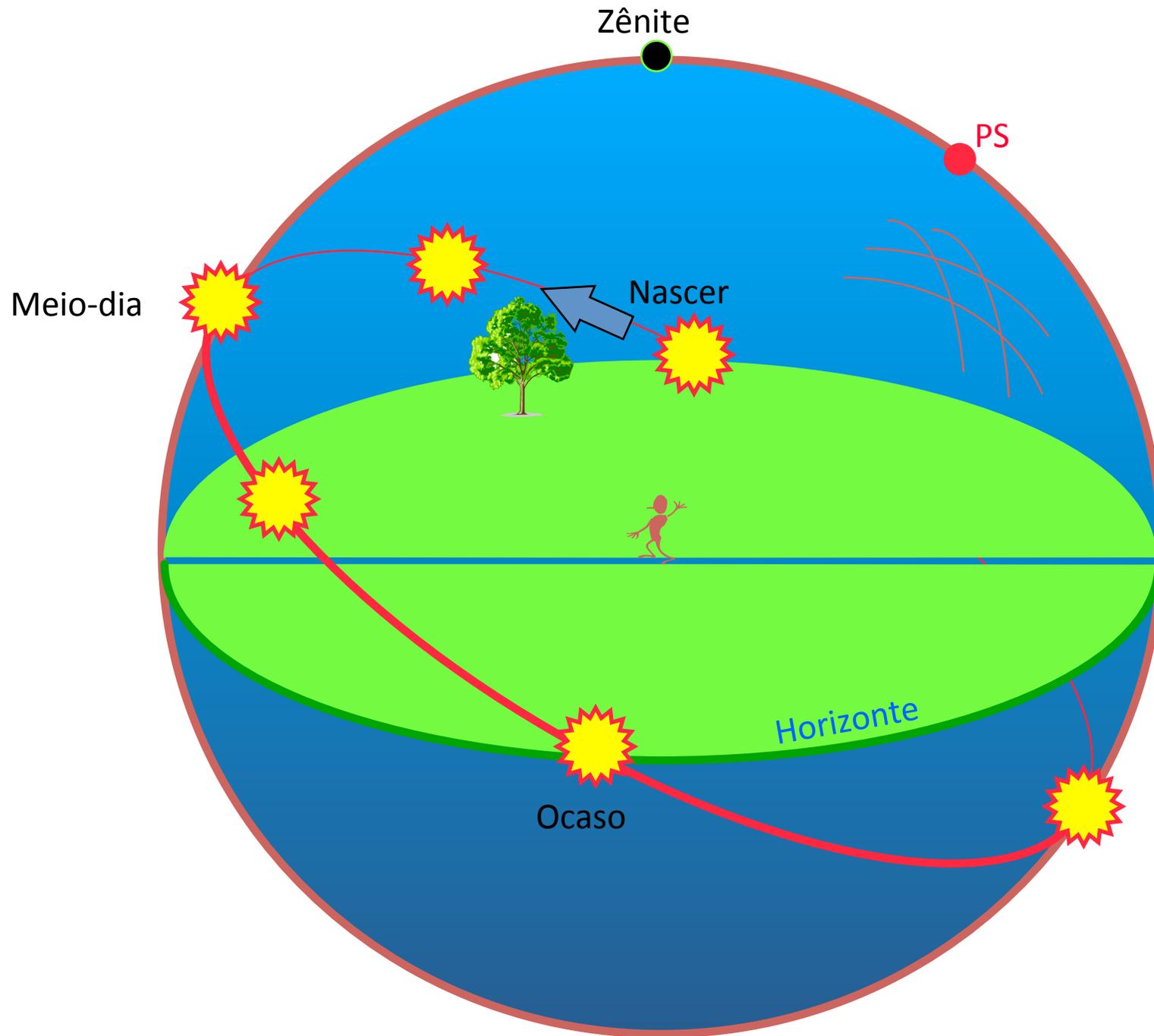
Movimento anual do Sol 1

Agradecimentos: Prof. Roberto Boczko e Prof. Alan Alves Brito

Aula A09

Tópicos da aula

- Movimento anual do Sol na esfera celeste
- Sistema eclíptico de coordenadas
- Sistema galáctico de coordenadas;
- Relação entre coordenadas ecléticas e galácticas;
- As estações do ano (primeira parte)



Evidências da rotação da Terra

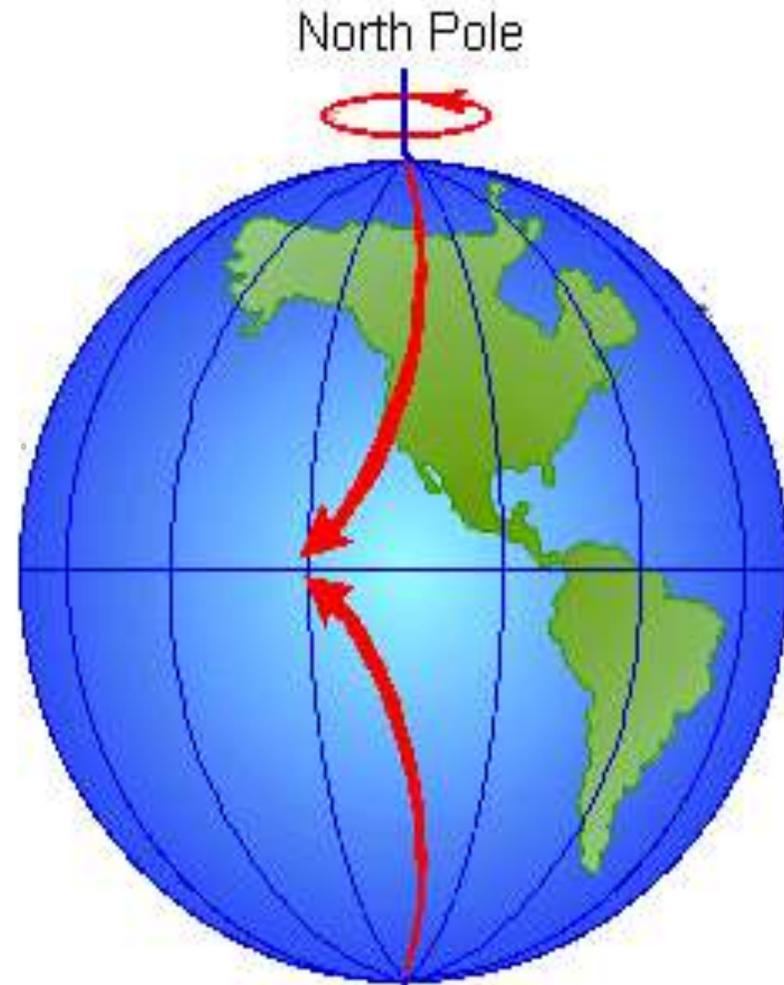
Evidência da Rotação da Terra

Força de Coriolis:

Lançando projétil desde os pólos

Durante seu “voo”: Terra girou de O para L

- Aceleração fictícia
(perpendicular à direção do movimento): Força de Coriolis (1792-1843)



Evidência da Rotação da Terra

Pêndulo de Foucault:

Pêndulo com $l = 60$ m no Pantheon (Paris 1851)

Plano de oscilação gira no decorrer de um dia

Se a Terra não girasse:

o plano de oscilação do pêndulo permaneceria imóvel pois forças presentes

(**tensão e gravidade**) permanecem no plano de oscilação

Como a Terra gira:

Observamos “fora” e “sobre” a Terra o que ocorre



Evidência da Rotação da Terra

Achatamento da Terra

- A Terra (e o Sol, os Planetas...) se comportam em grande escala como um fluido.
 - Rotação provoca aumento do diâmetro equatorial em relação ao diâmetro polar.
 - Na Terra:
 $R(p) = 6.356,8 \text{ km}$
 $R(eq) = 6.378,2 \text{ km}$
- a razão entre estes raios é 0,997 (21km de diferença entre os raios).

Evidências da translação da Terra

Evidência da Translação da Terra

Aberração da Luz

- Consideremos luz proveniente de astro:
- Composição do movimento:



observador + luz = aberração da luz

- Em repouso: chuva vertical
- Se eu caminho com v_{pessoa} :

aparente inclinação angular da chuva :
tanto > quanto > v_{pessoa}

Evidência da Translação da Terra

Aberração da Luz

- Terra move-se com V em torno do Sol
- Para observar 1 estrela no zênite: telescópio deve ser inclinado de θ para que quando luz atinja P , o telescópio possa receber luz.
- James Bradley (1729): descobriu aberração da luz:

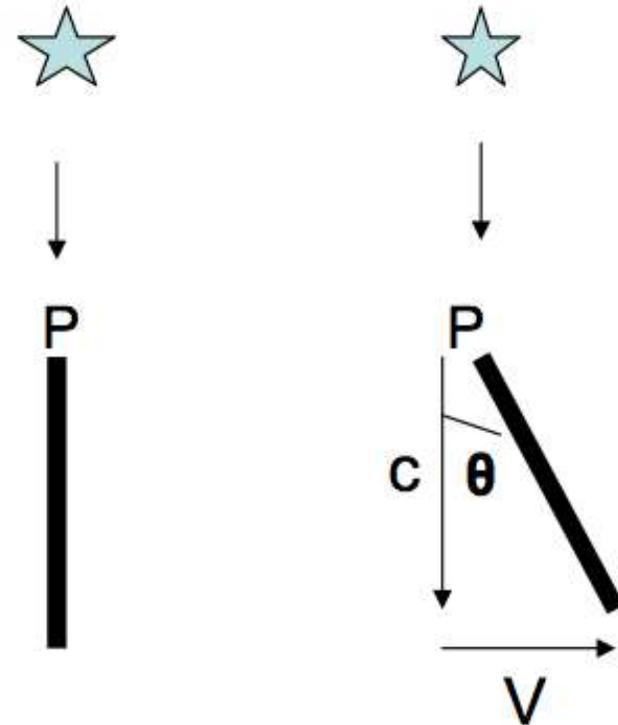
$\theta \sim \text{tg } \theta = V/c$ - θ bem pequeno:

$\theta \sim 20.49''$

- Bradley explicou esse efeito como causado pelo movimento orbital da Terra

- fornece V

$V = \theta \text{ rad } c = (9,934 \times 10^{-5} \text{ rad})(3 \times 10^5 \text{ km/s}) = 29,80 \text{ km/s}$



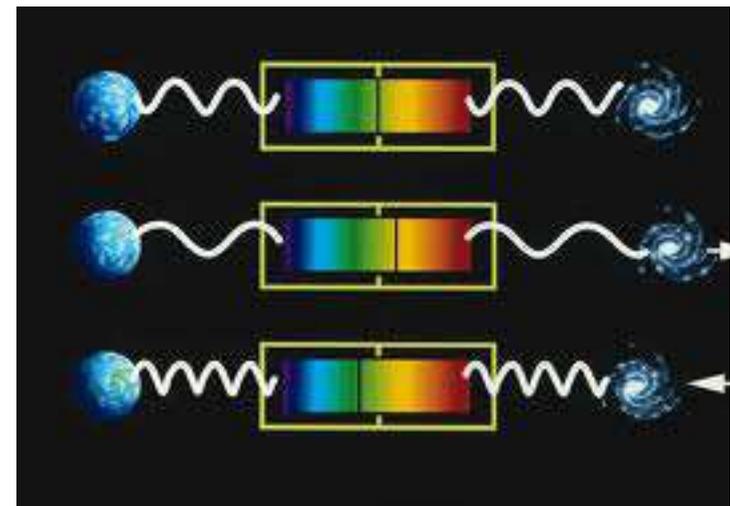
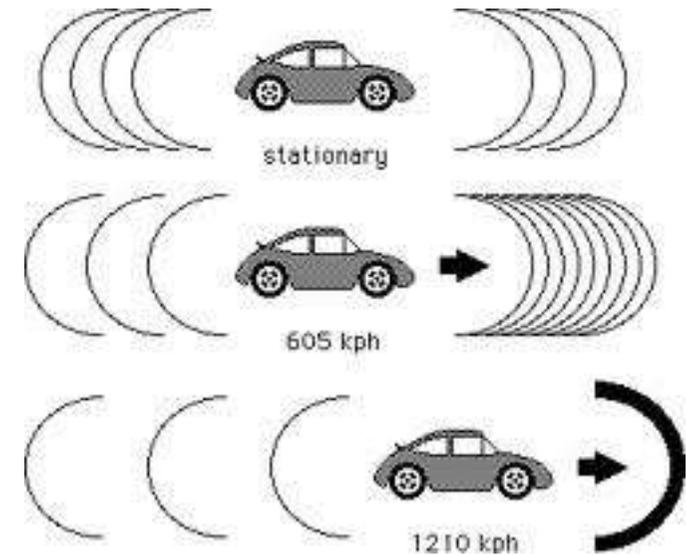
Evidência da Translação da Terra

Efeito Doppler

- Luz dos astros: radiação com comprimento de onda natural λ_0
- Quando há movimento entre fonte emissora de uma onda e o observador:

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} = \frac{v}{c}$$

- v**: velocidade radial do astro relativo à Terra
- λ** : comprimento de onda medido



Evidência da Translação da Terra

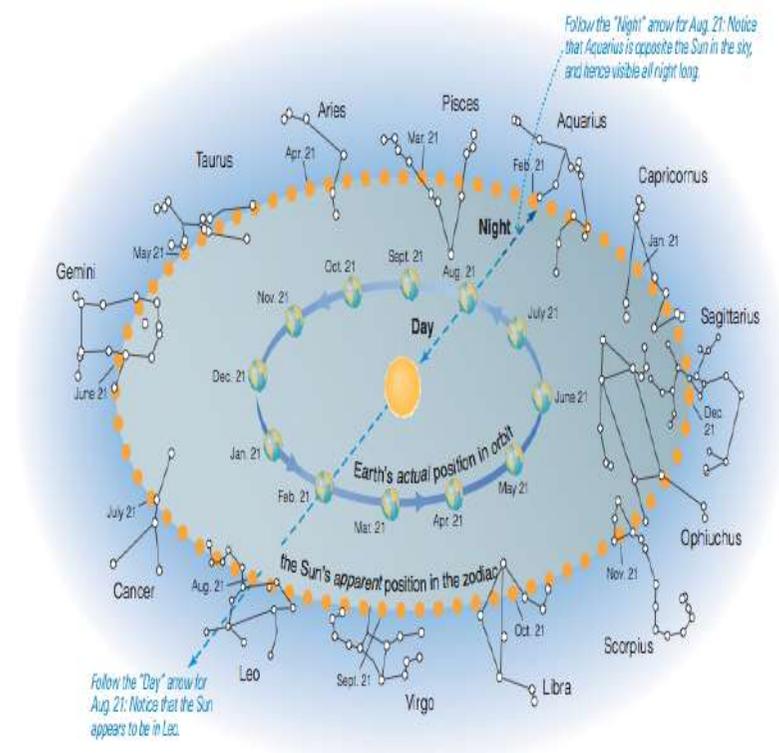
Efeito Doppler

Terra gira em torno do Sol na eclíptica (E):

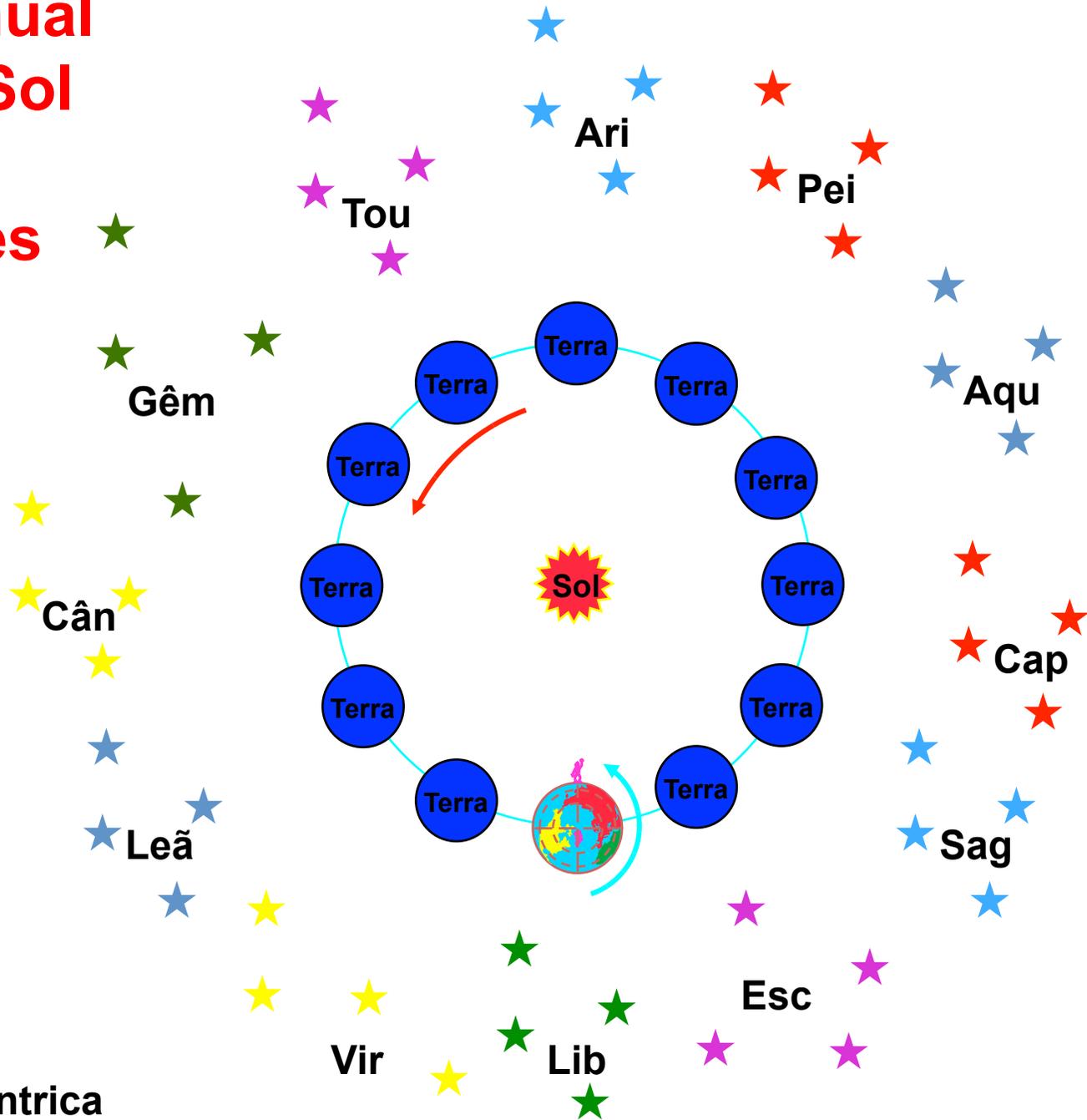
λ emitido pelos astros varia ao longo do ano à medida que T caminha por E

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} = \frac{v}{c}$$

$$v = 29,80 \text{ km/s}$$

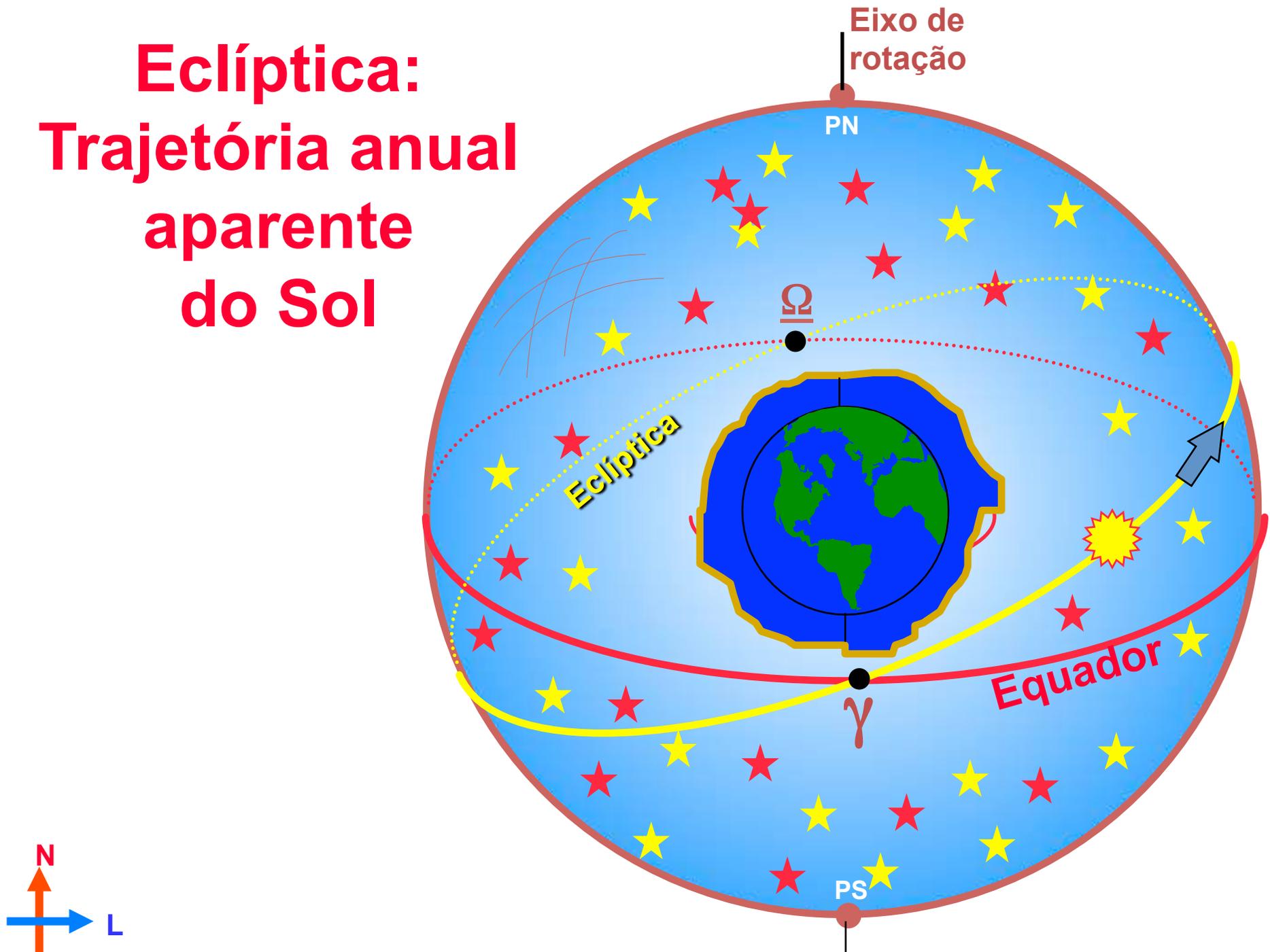


Movimento anual aparente do Sol pelas Constelações Zodiacais

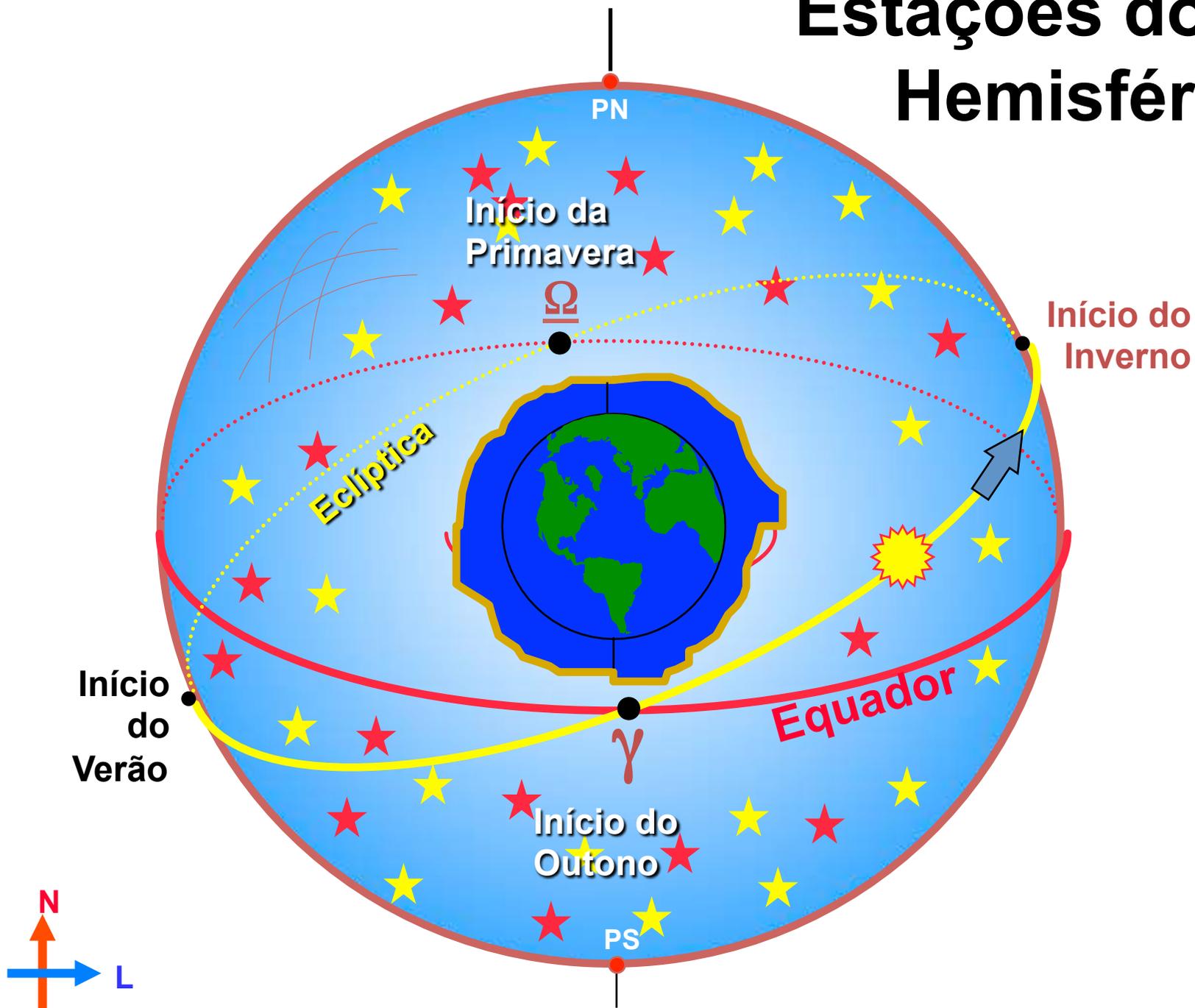


Hipótese heliocêntrica

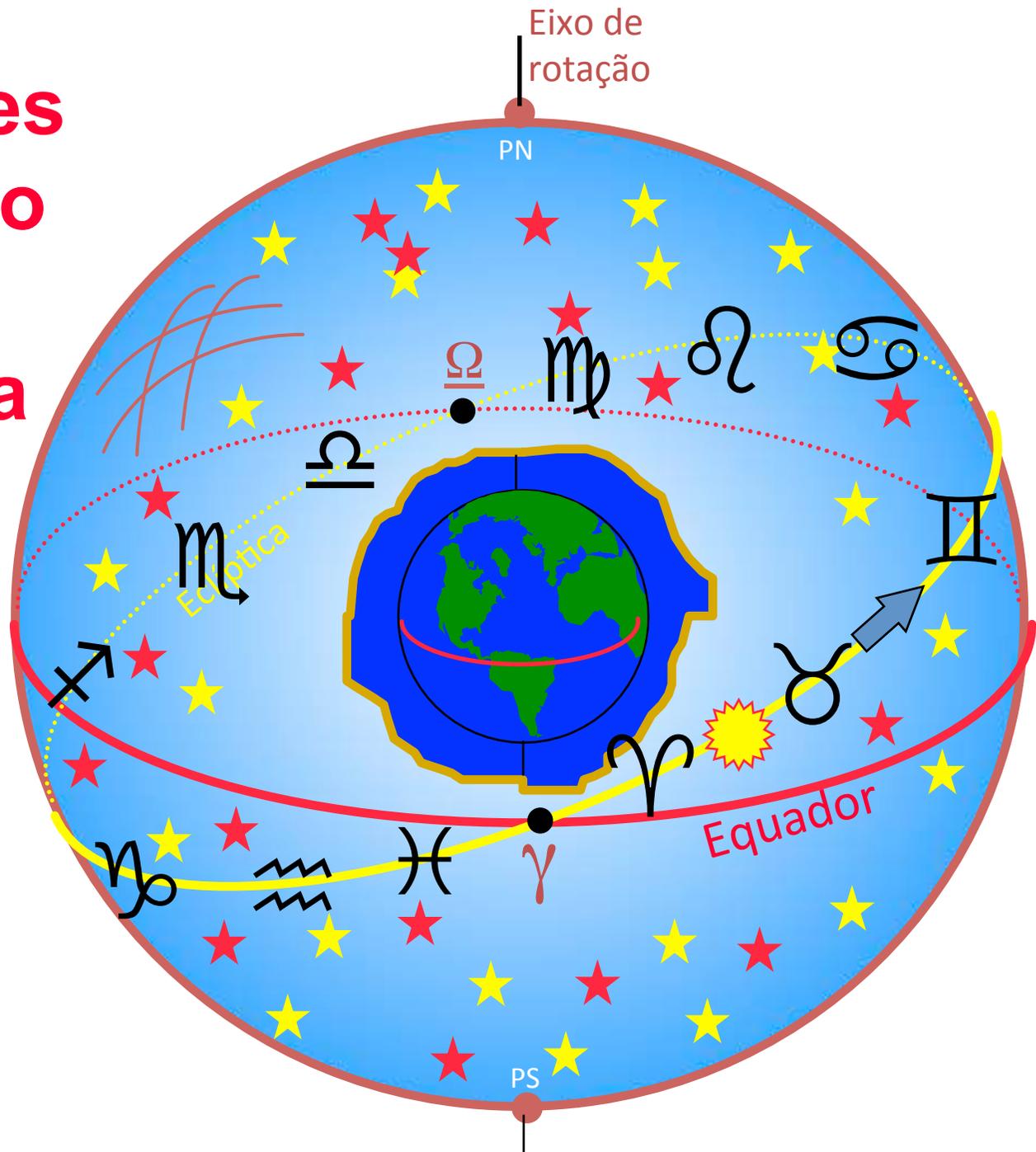
Eclíptica: Trajetória anual aparente do Sol



Estações do Ano: Hemisfério Sul

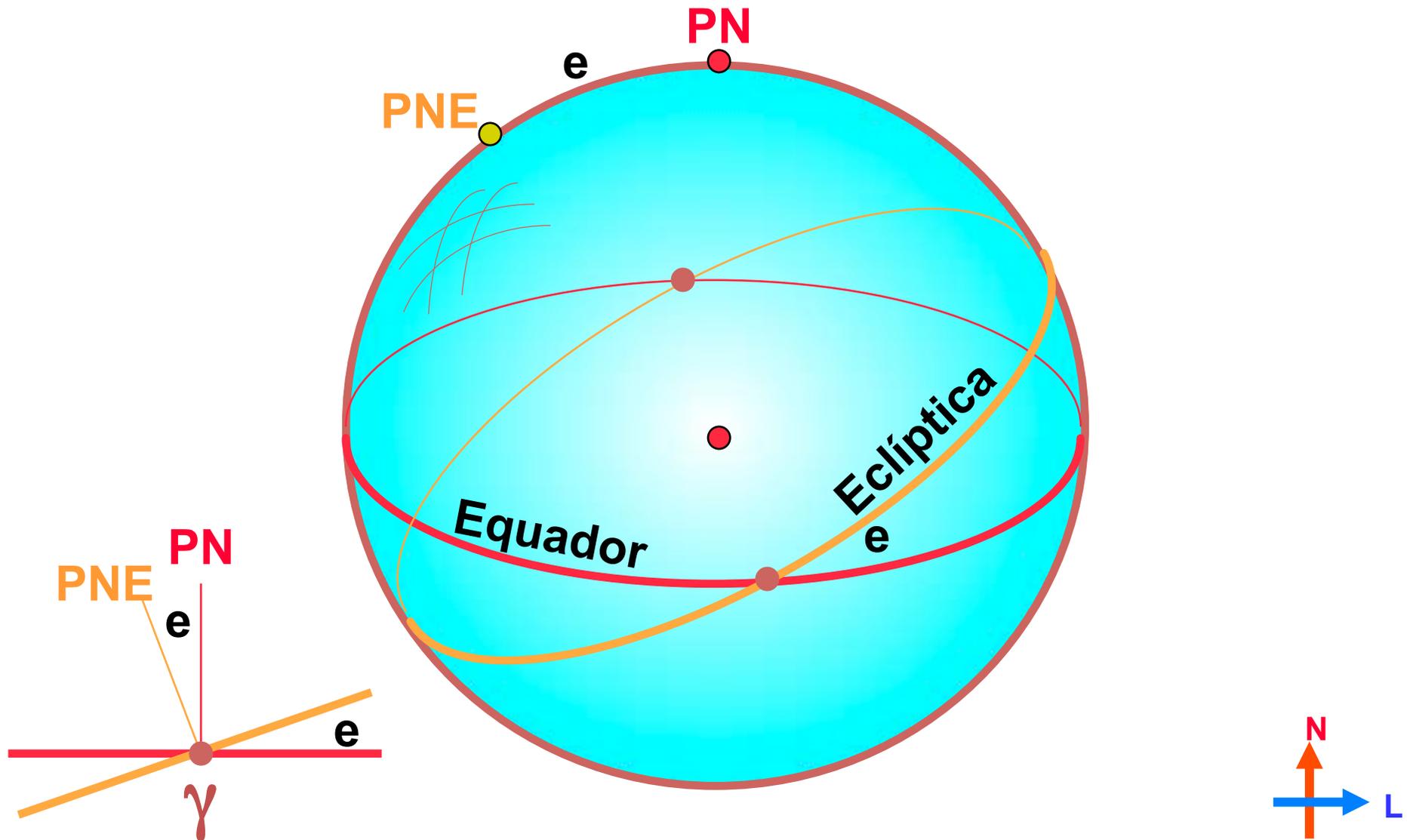


Constelações zodiacais no início da Astronomia



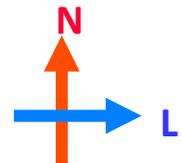
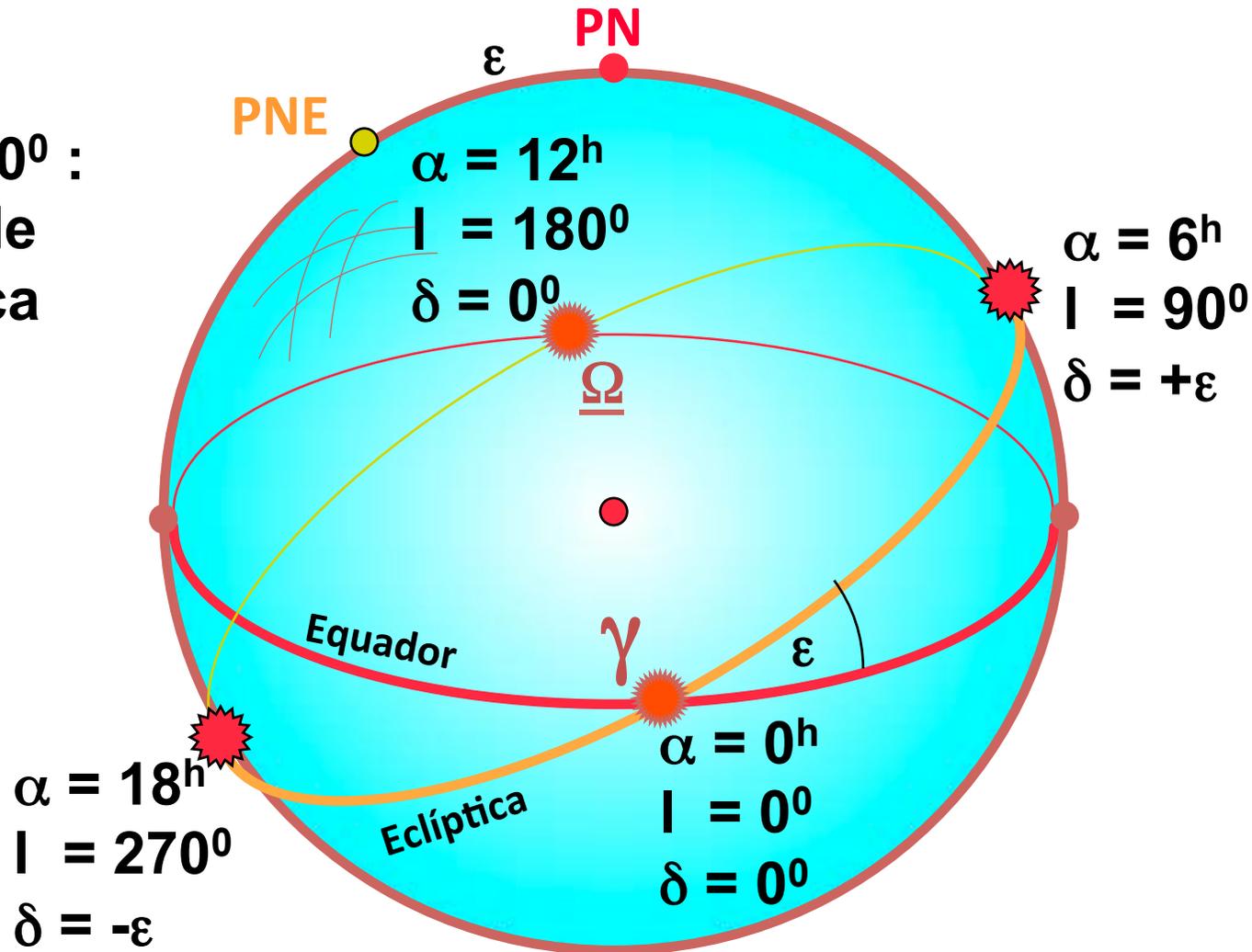
Sistema de coordenadas eclíptico

Sistemas Equatorial e Eclíptico

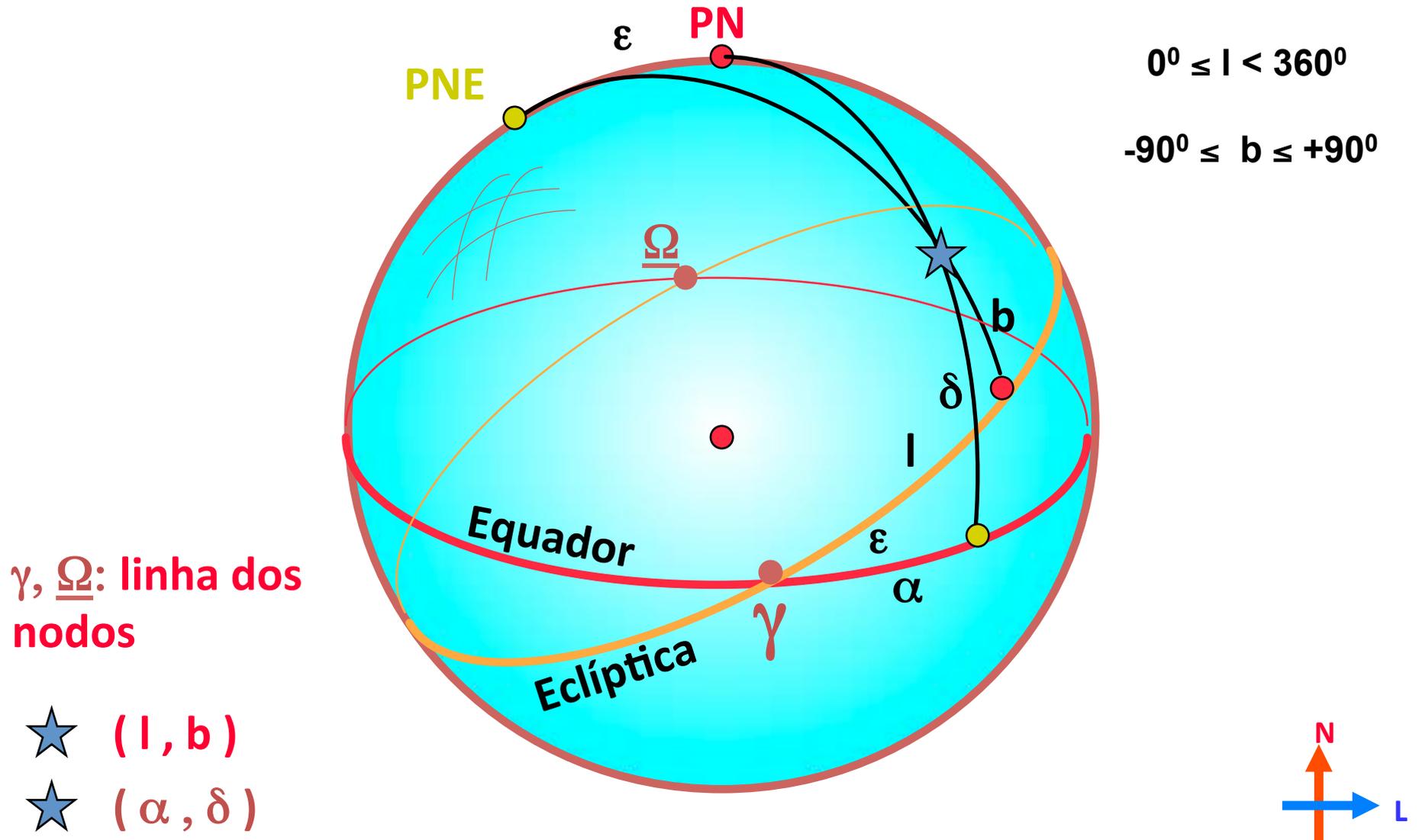


Coordenadas Particulares do Sol

$b_{\text{sol}} \equiv 0^\circ$:
Latitude
eclíptica

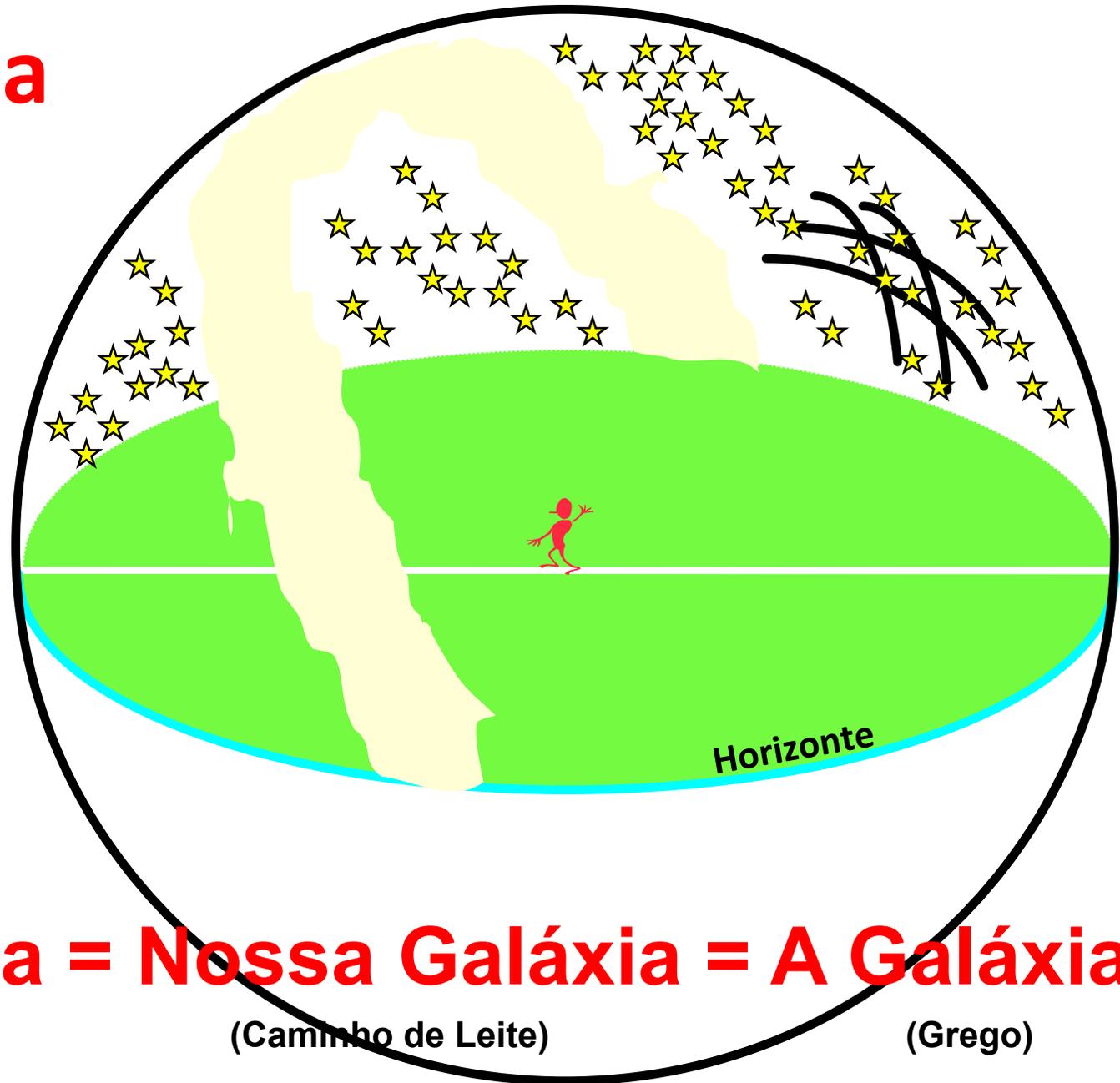


Coordenadas de uma estrela



Sistema de coordenadas galáctico

Via-Láctea



Via Láctea = Nossa Galáxia = A Galáxia

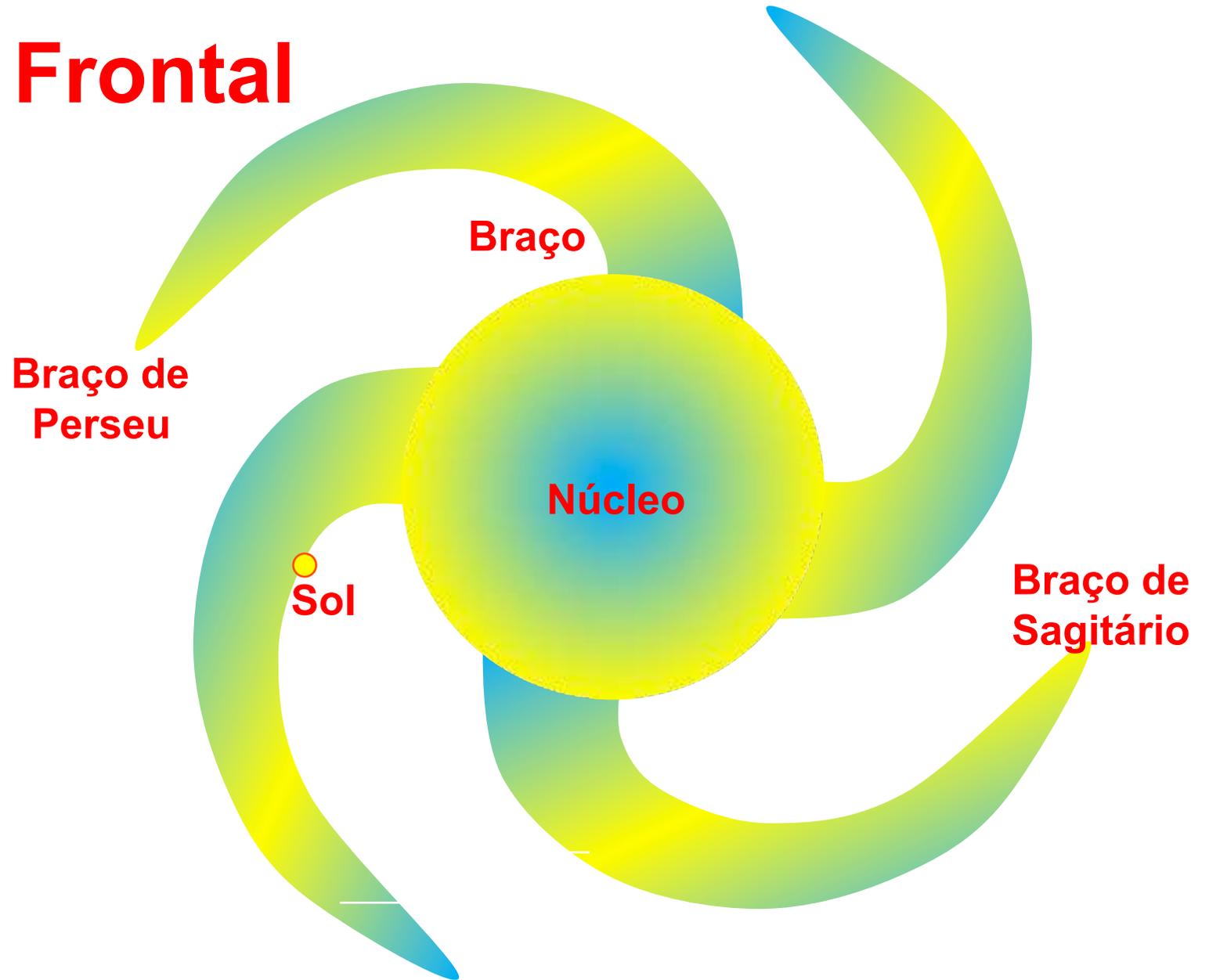
(Latim)

(Caminho de Leite)

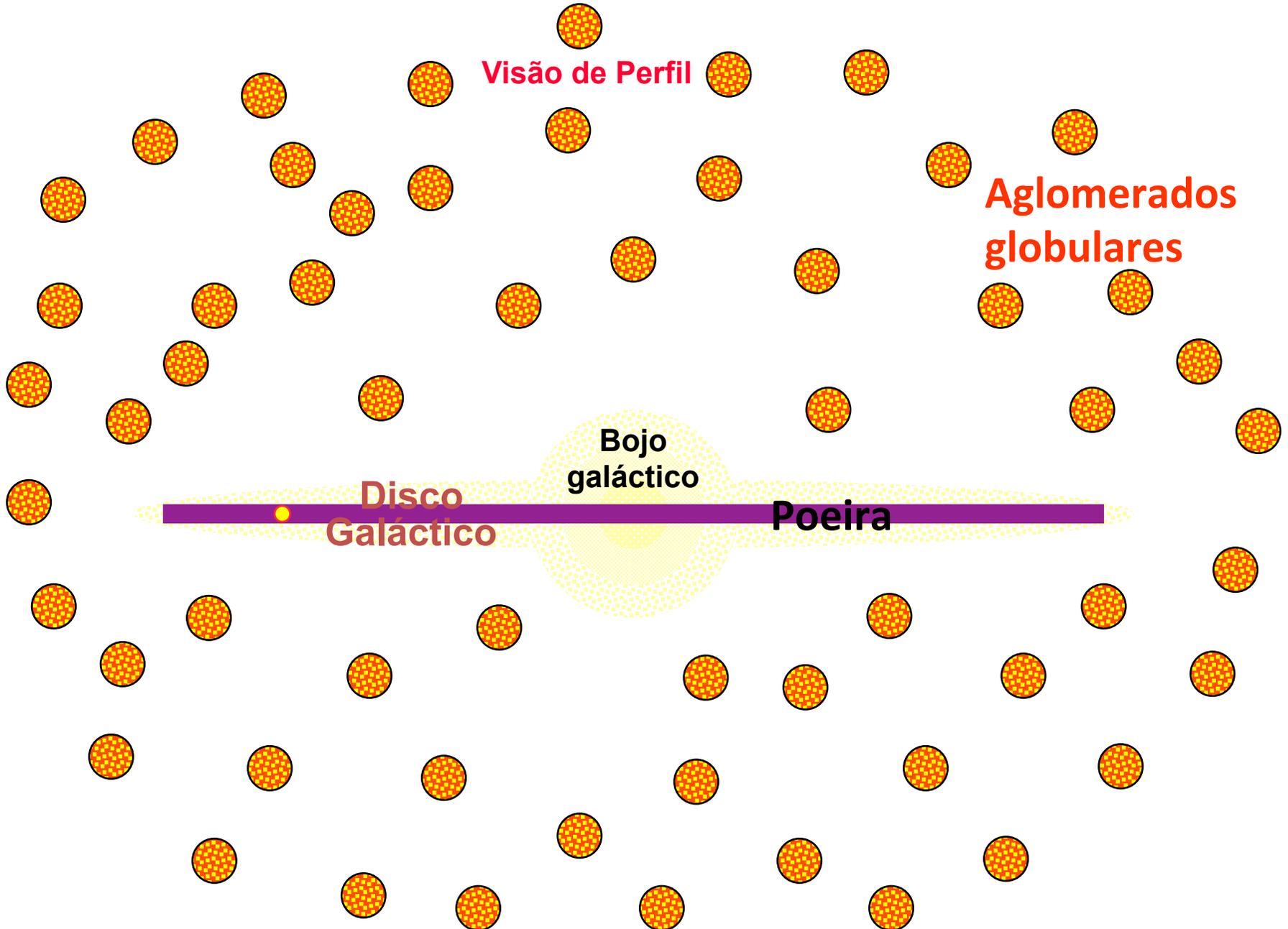
(Grego)

Nossa Galáxia

Visão Frontal

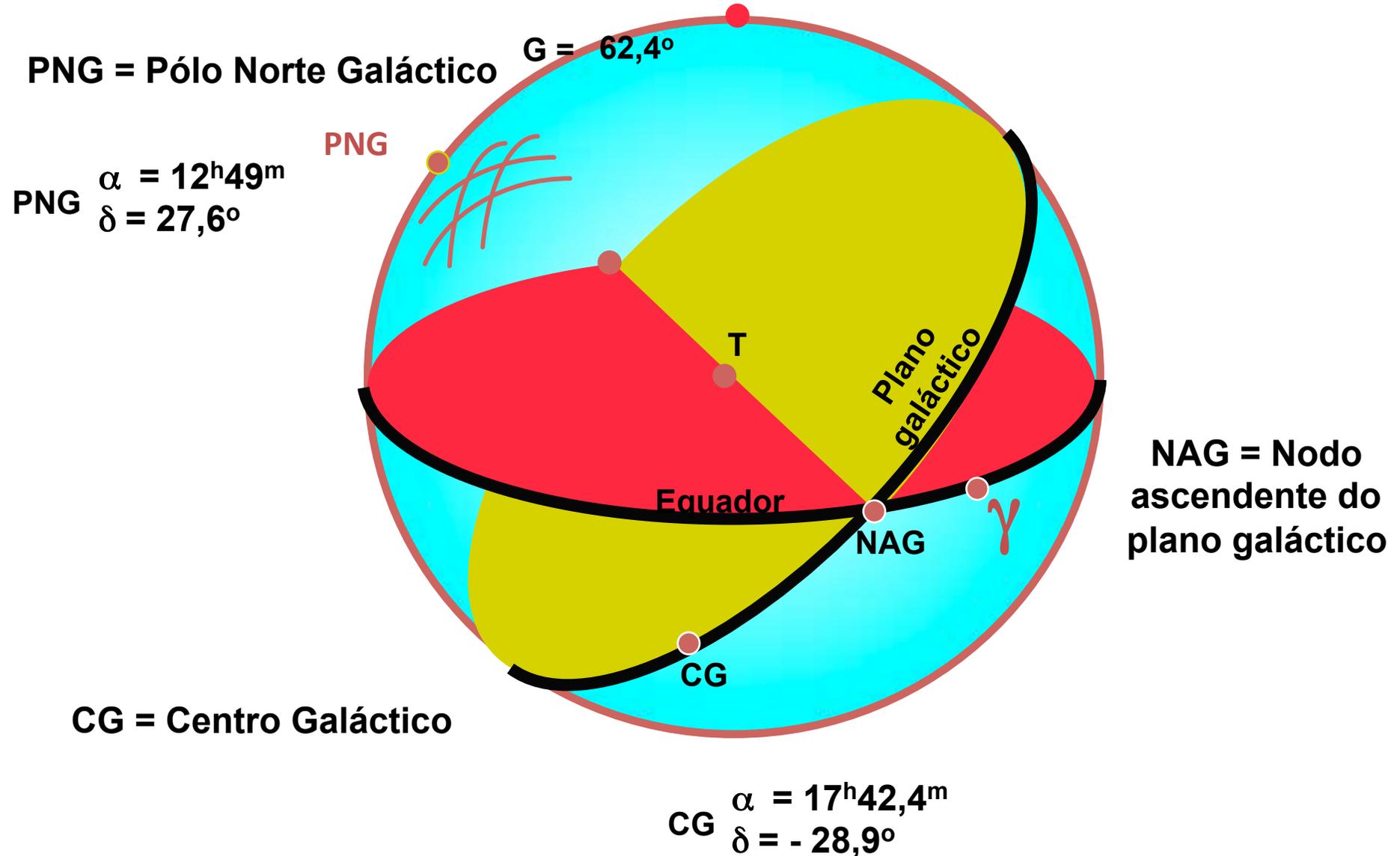


Nossa Galáxia

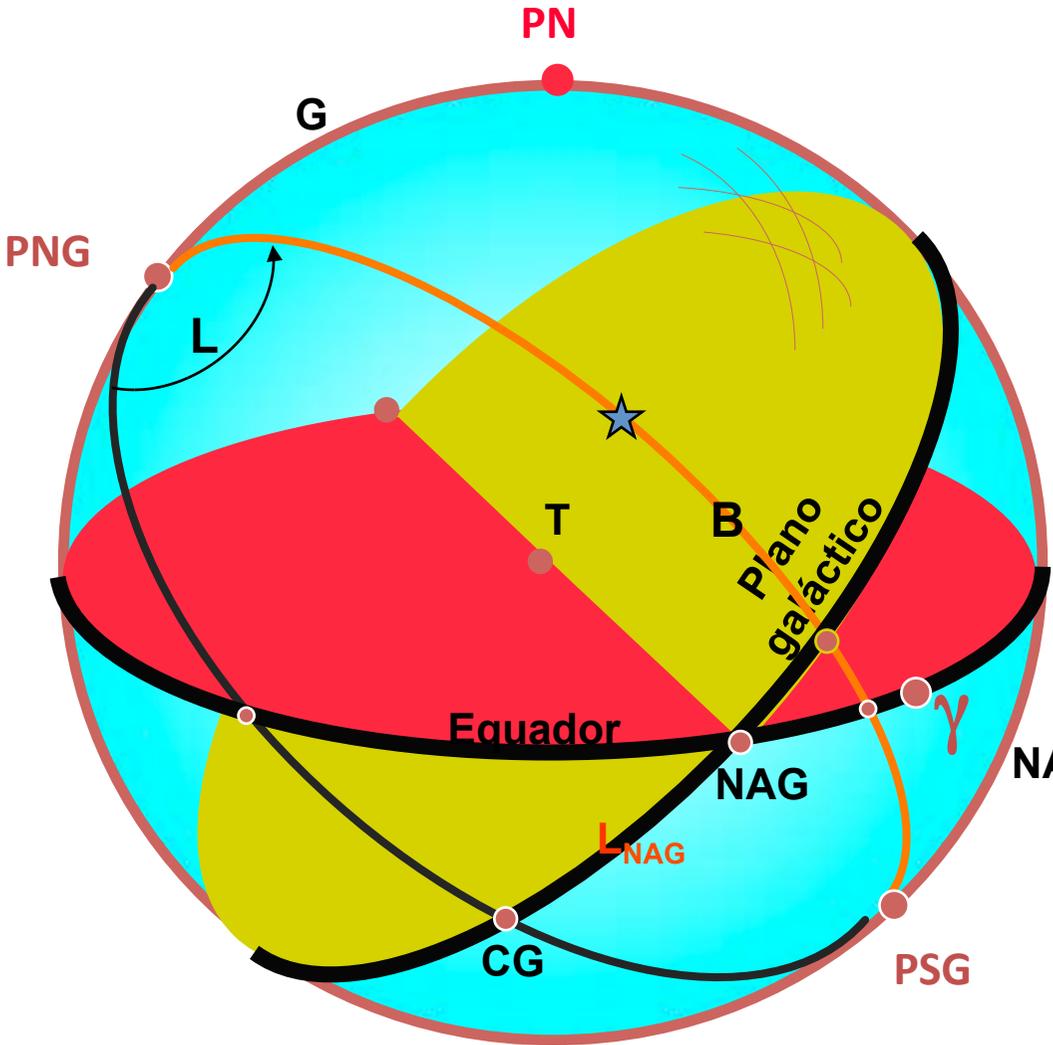


Posição do Plano Galáctico

G: ângulo entre o Equador e o plano galáctico



Coordenadas Galácticas

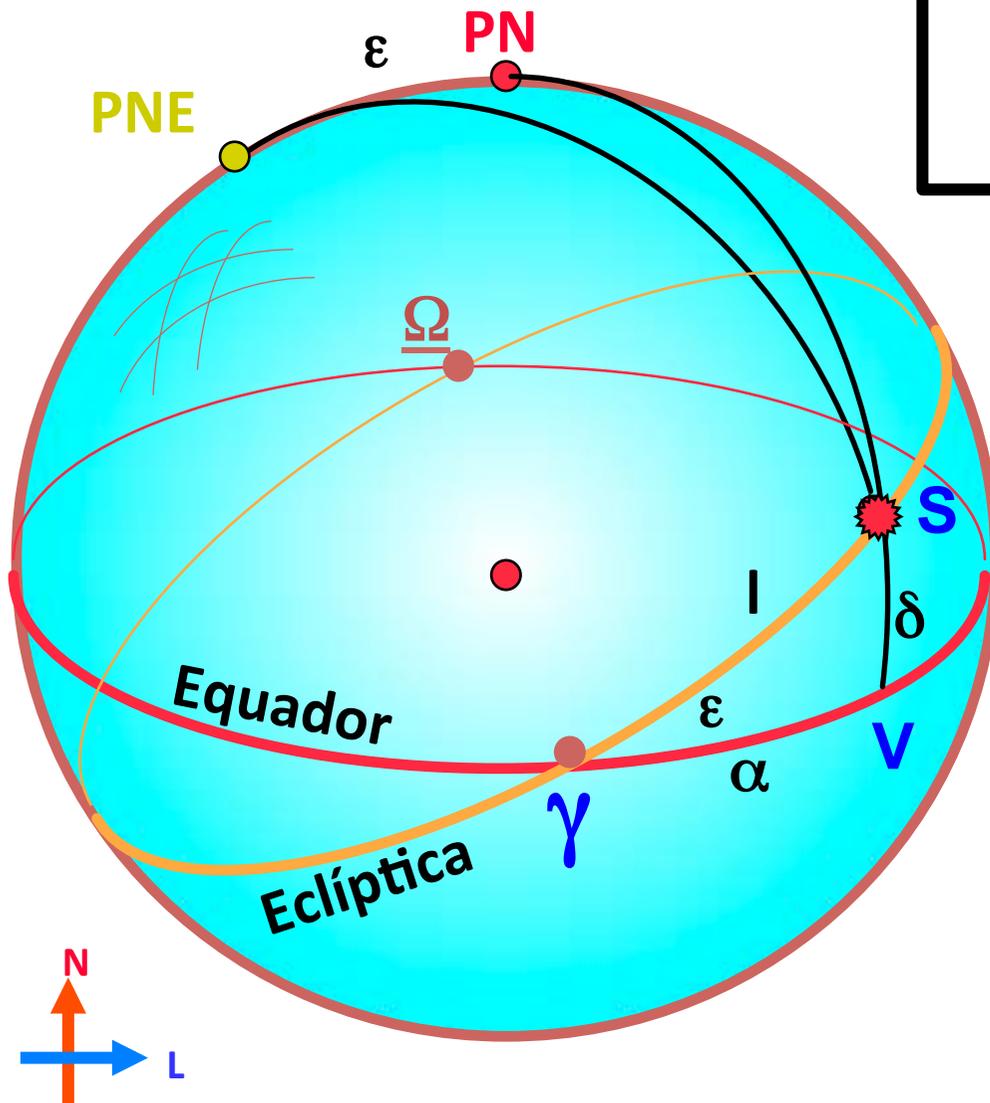


$\alpha = 18^{\text{h}}49^{\text{m}}$
 $\delta = 0,0^{\circ}$
 $L = 32,3^{\circ}$
 $B = 0$

★ L = longitude galáctica
B = latitude galáctica

Relação entre as coordenadas equatoriais e eclípticas

Relações entre as Coordenadas Equatoriais e Eclípticas do Sol



Lei dos senos: $S\gamma V$

$$\text{sens}(\delta) = \text{sen}(\varepsilon) \cdot \text{sen}(l)$$

Lei dos co-senos: lado l

$$\text{cos}(l) = \text{cos}(\delta) \cdot \text{cos}(\alpha)$$

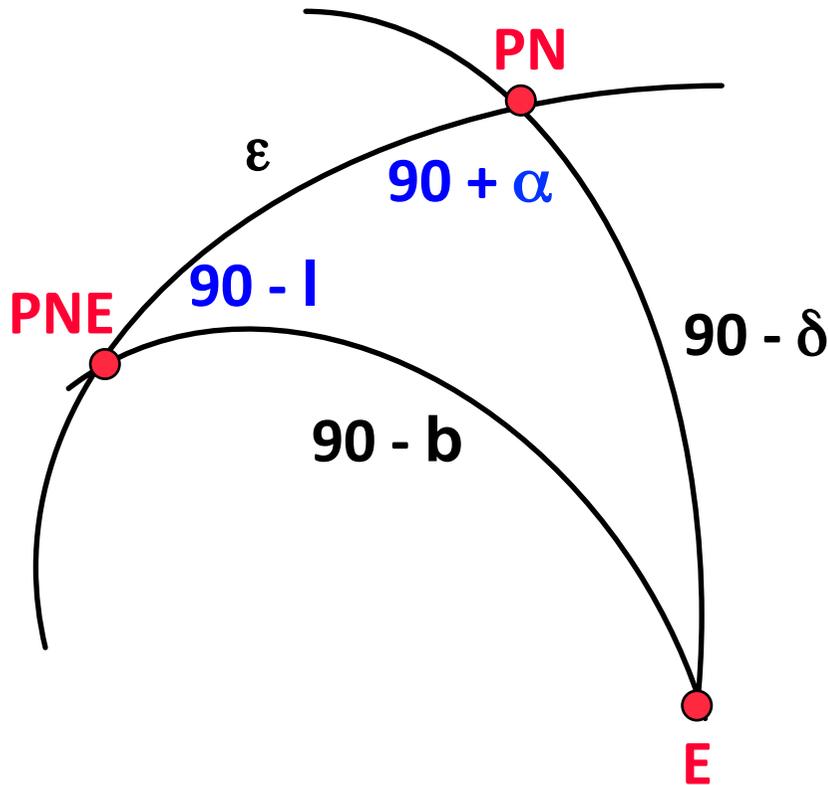
Lei dos co-senos e co-senos: $A = \varepsilon$, $B = 90^\circ$ e $c = \alpha$

$$\text{sen}(\alpha) = \text{tan}(\delta) \cdot \text{cot}(\varepsilon)$$

Fazendo $a = \delta$ e $B = 90^\circ$

$$\text{tan}(\alpha) = \text{tan}(l) \cdot \text{cos}(\varepsilon)$$

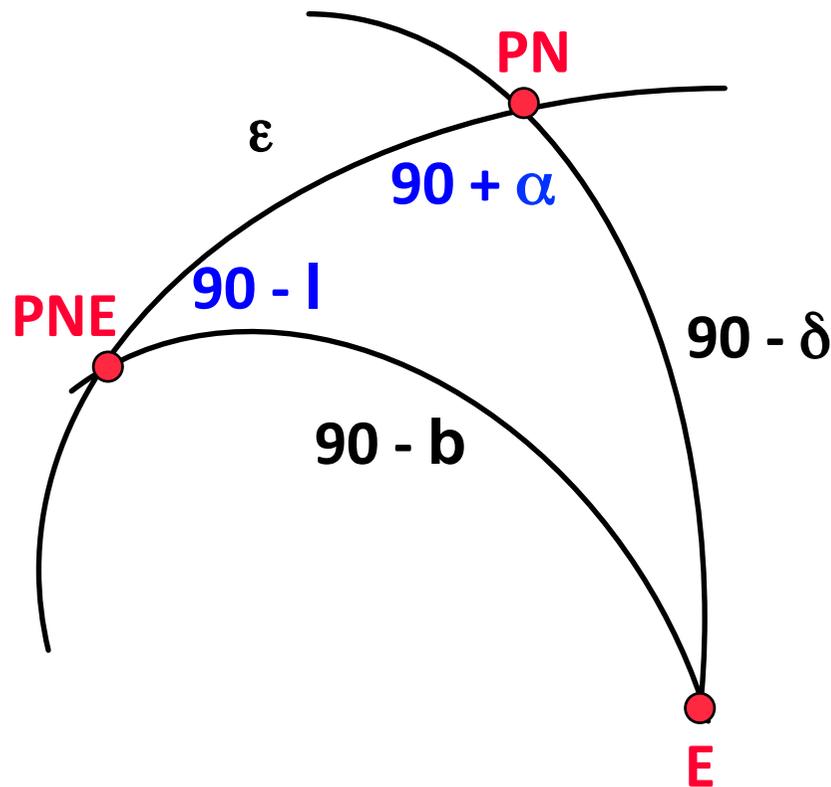
Relações entre as Coordenadas Equatoriais e Eclípticas de um Astro



$$A = PN; B = PNE; C = E$$

$$\begin{aligned} \sin(b) &= \cos(\varepsilon) \cdot \text{sen}(\delta) - \text{sen}(\varepsilon) \cdot \cos(\delta) \cdot \cos(\alpha) \\ \cos(b) \cdot \cos(l) &= \cos(\delta) \cdot \cos(\alpha) \\ \cos(b) \cdot \text{sen}(l) &= \text{sen}(\varepsilon) \cdot \text{sen}(\delta) + \cos(\varepsilon) \cdot \cos(\delta) \cdot \text{sen}(\alpha) \end{aligned}$$

Relações entre as Coordenadas Equatoriais e Eclípticas de um Astro

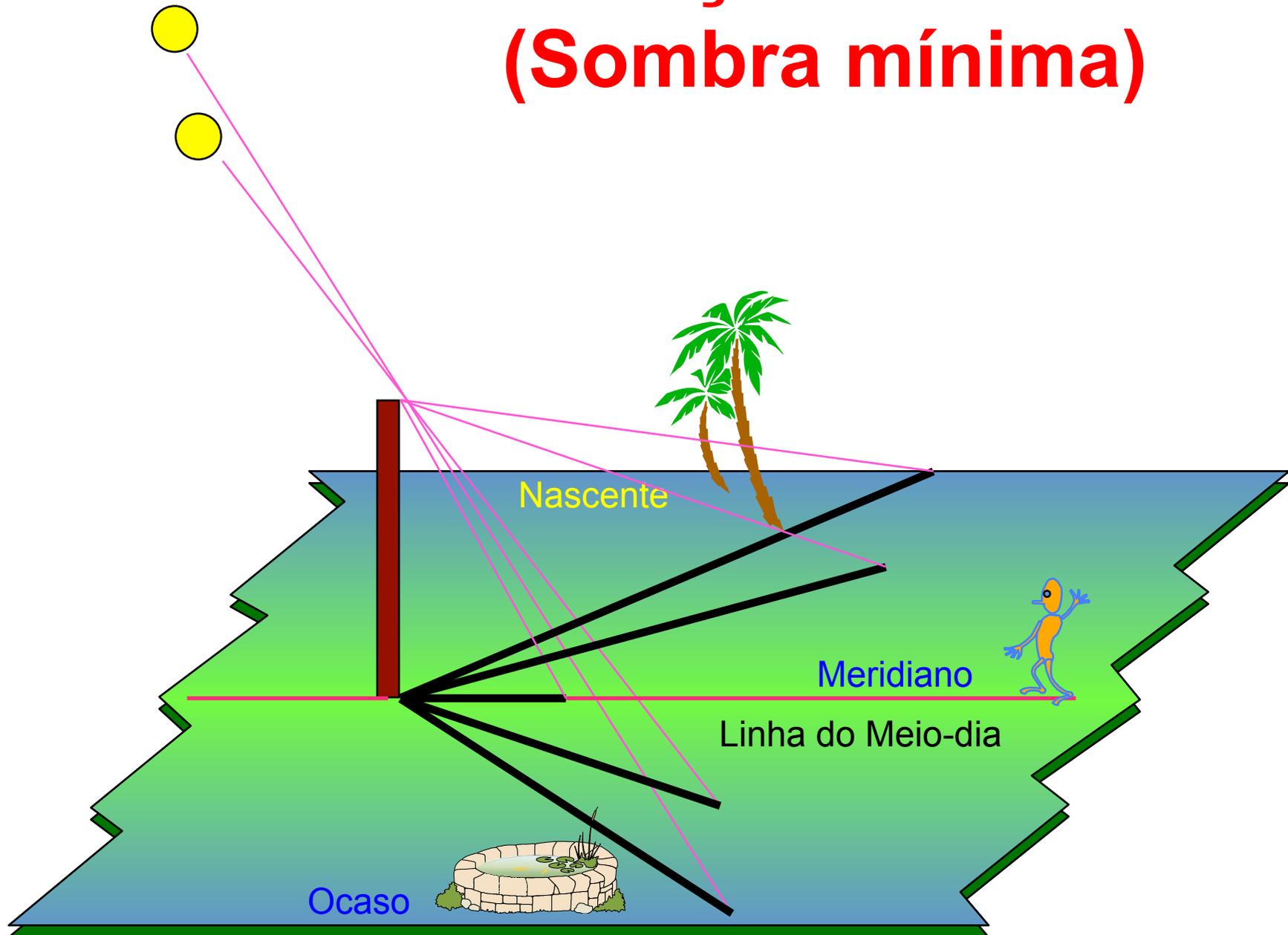


$A = PNE; B = E; C = PN$

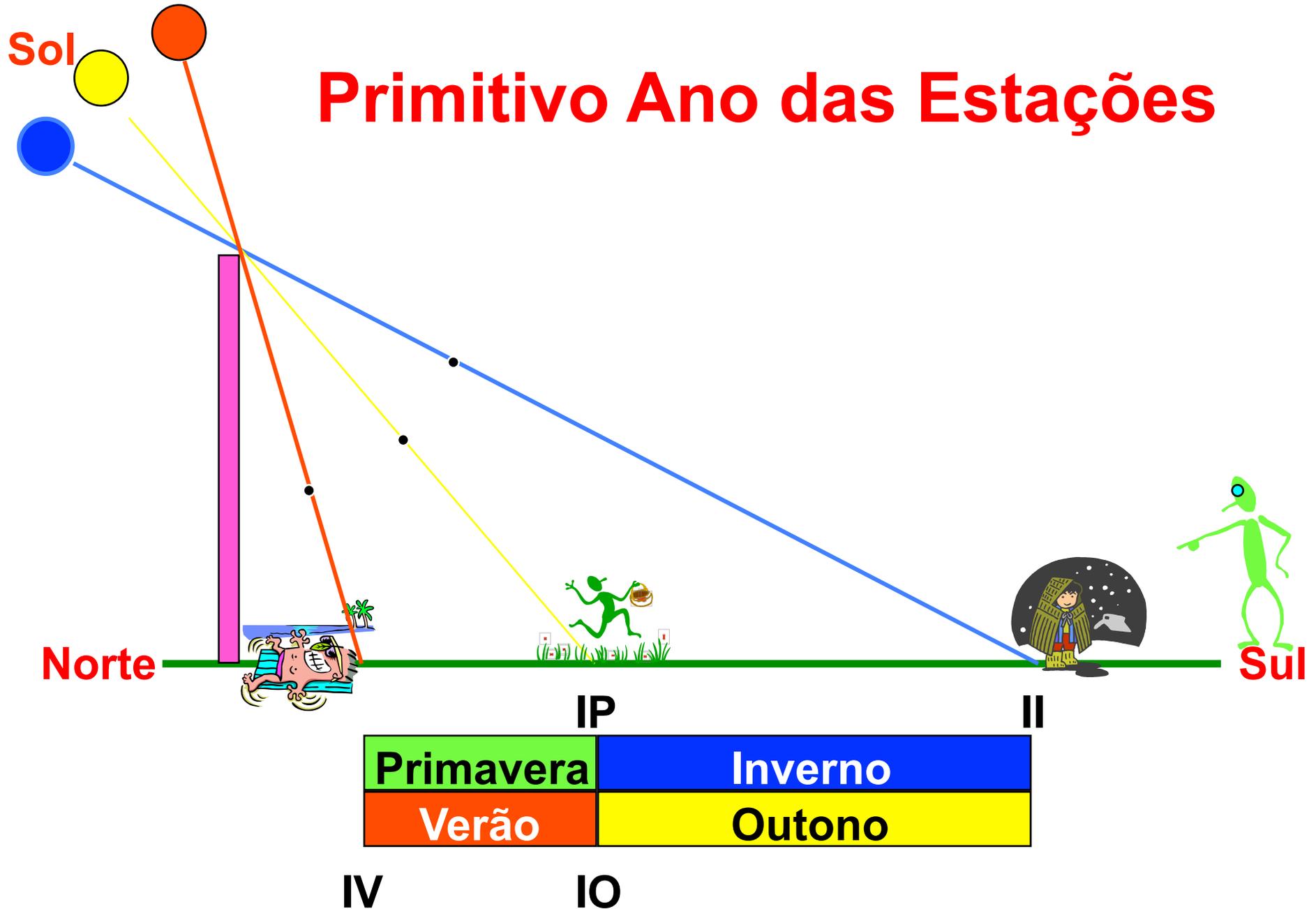
$$\begin{aligned}\text{sen}(\delta) &= \cos(\varepsilon).\text{sen}(b) + \text{sen}(\varepsilon).\cos(b).\text{sen}(l) \\ \cos(\delta).\cos(\alpha) &= \cos(b).\cos(l) \\ \cos(\delta).\text{sen}(\alpha) &= -\text{sen}(\varepsilon).\text{sen}(b) + \cos(\varepsilon).\cos(b).\text{sen}(l)\end{aligned}$$

As estações do ano

Determinação do meridiano (Sombra mínima)



Primitivo Ano das Estações



Ano das Estações ~ 365 dias: tempo para a sombra, ao meio-dia, ter o mesmo tamanho

Declinação do Sol ao Longo do Ano

$z_o = z_p = (z_i + z_v) / 2$: intermediária

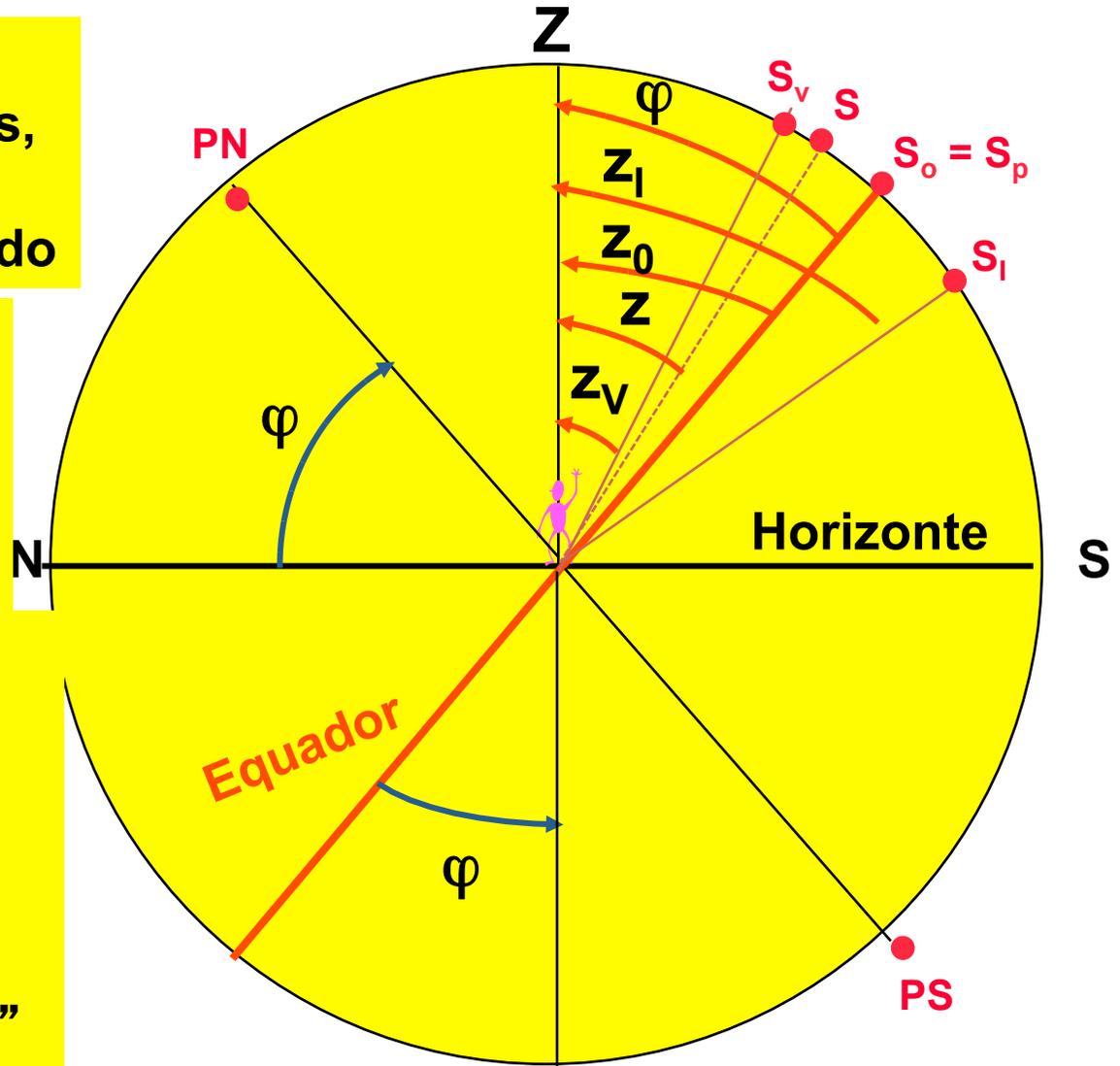
observacionalmente,
 $z_o = z_p = |\phi|$: nos equinócios,
 Sol no equador;
 Nos solstícios, mais afastado

$\delta_v = \phi +/ - z_v$
 $\delta_i = \phi +/ - z_i$
 $+A_{sol} = 0^0 ; -A_{sol} = 180^0$

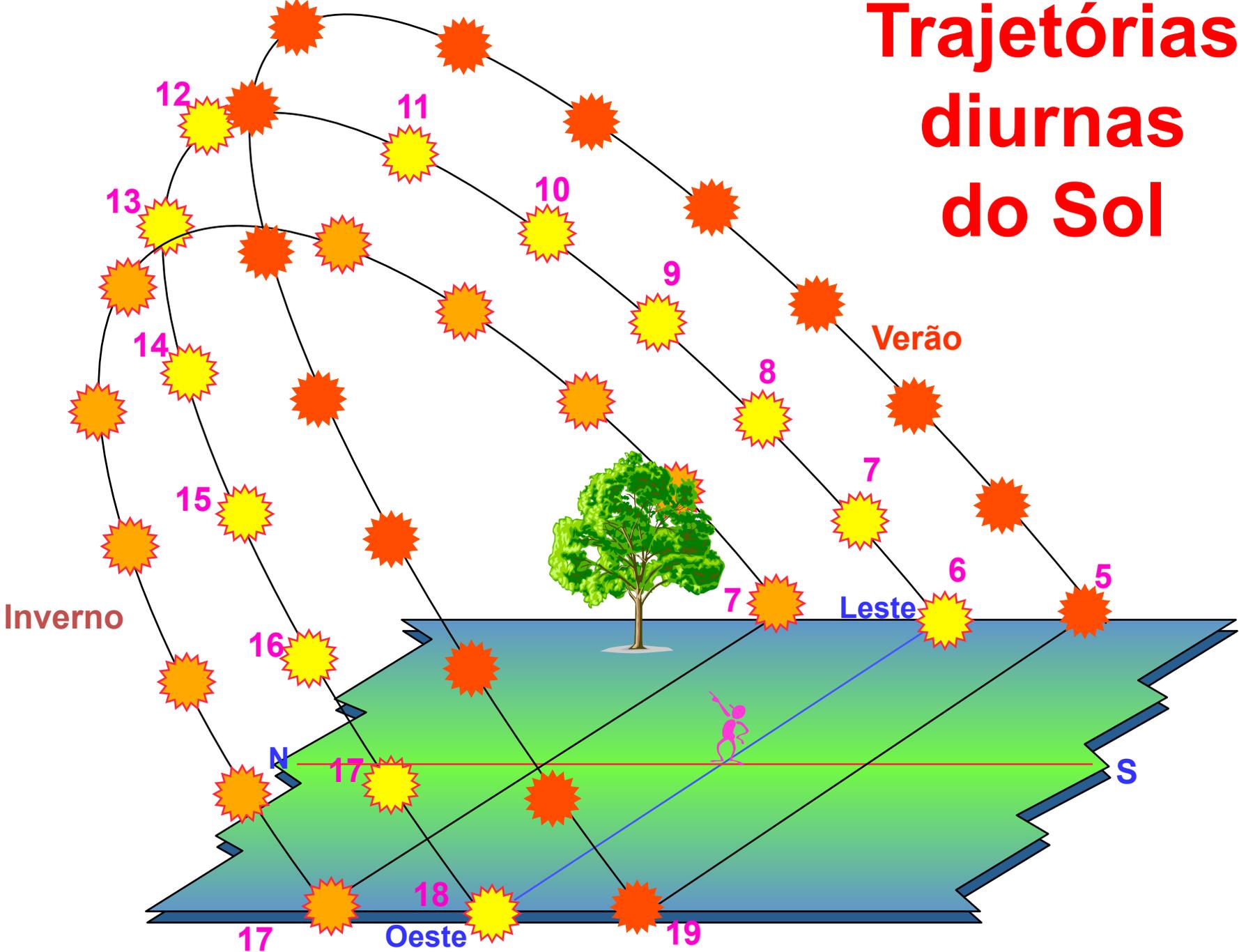
experimentalmente,

$\delta = 23^0 27' 08''$
 (obliquidade da eclíptica)

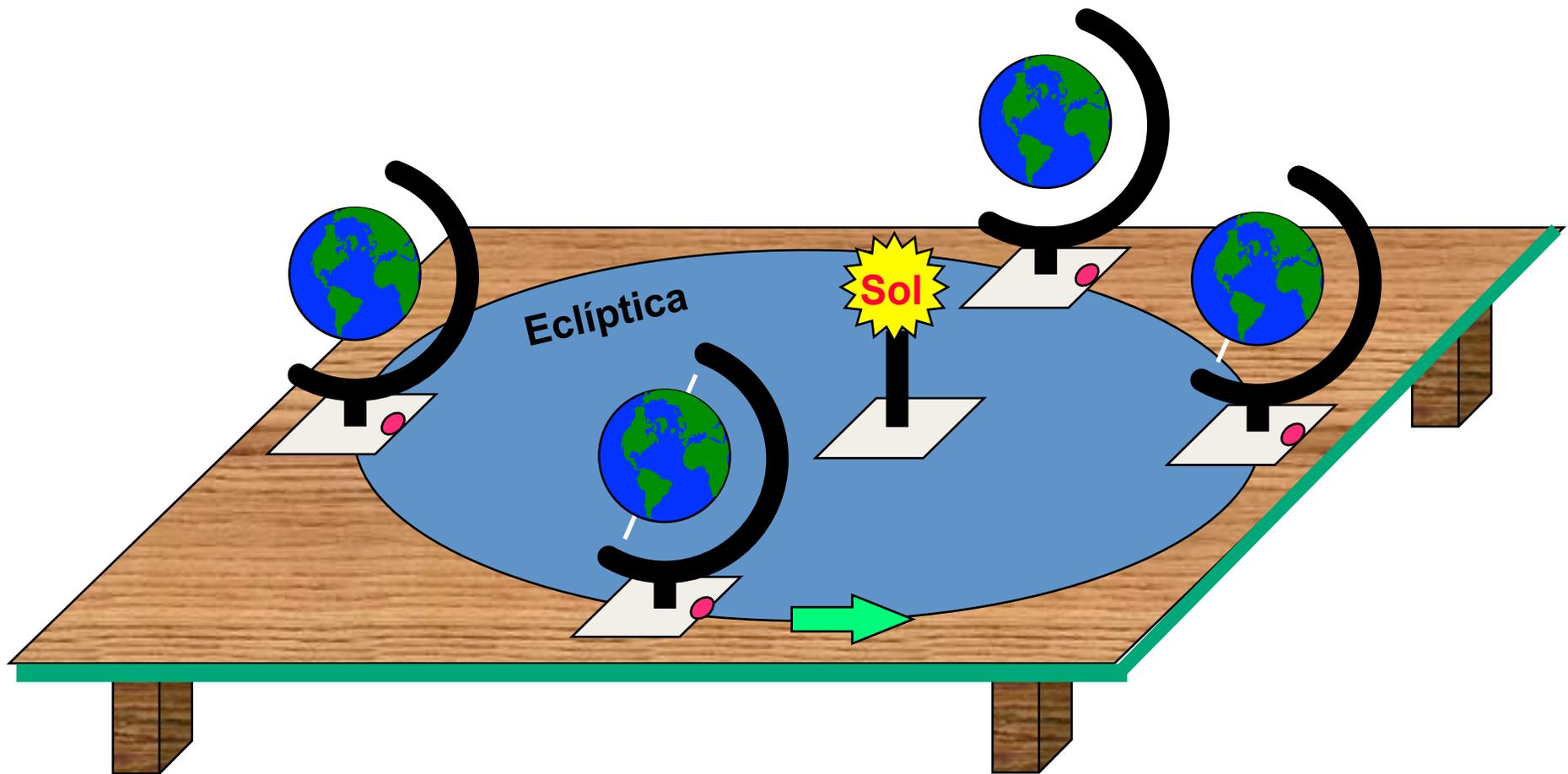
$-23^0 27' 08'' < \delta < +23^0 27' 08''$



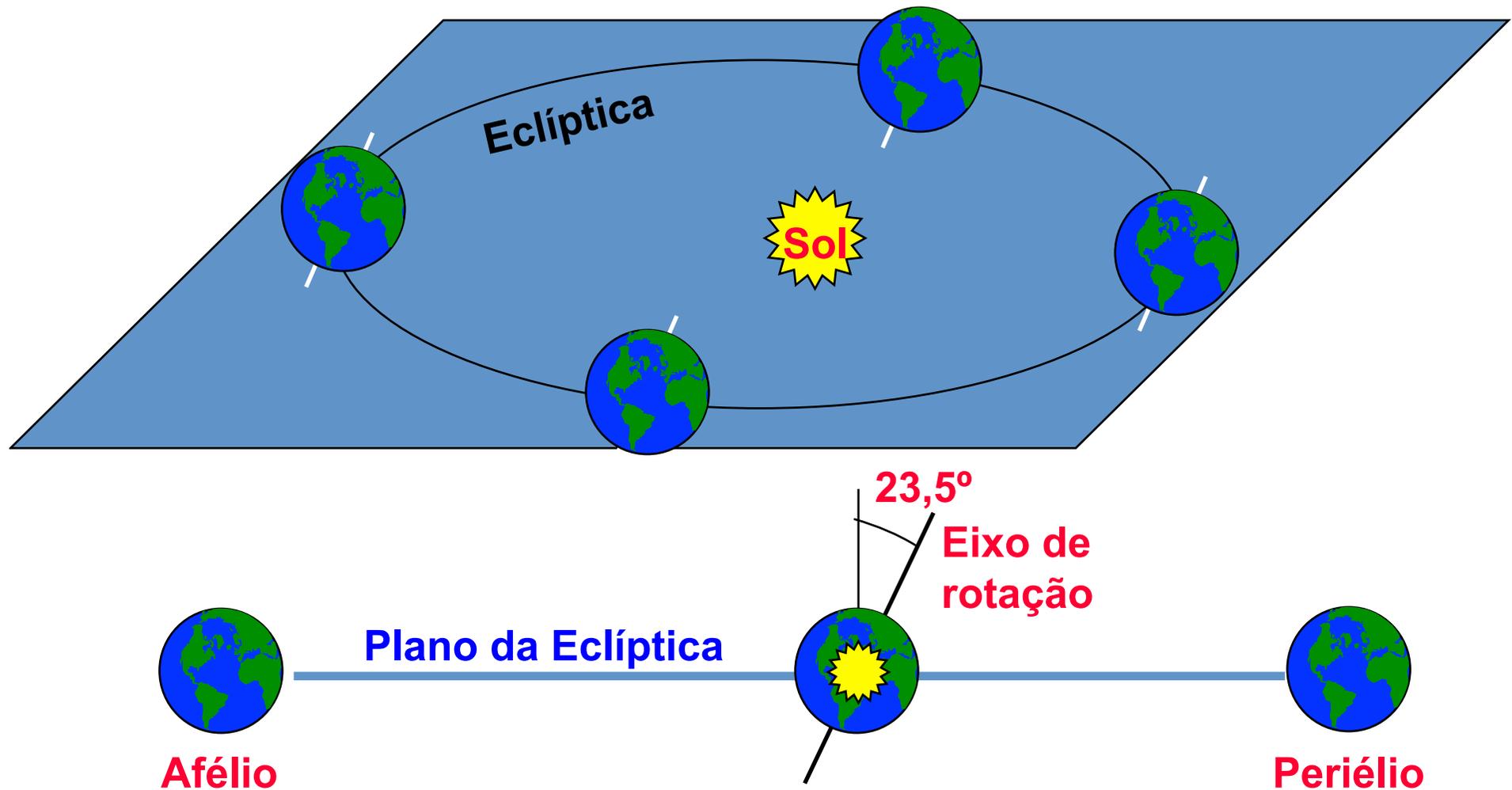
Trajetoórias diurnas do Sol



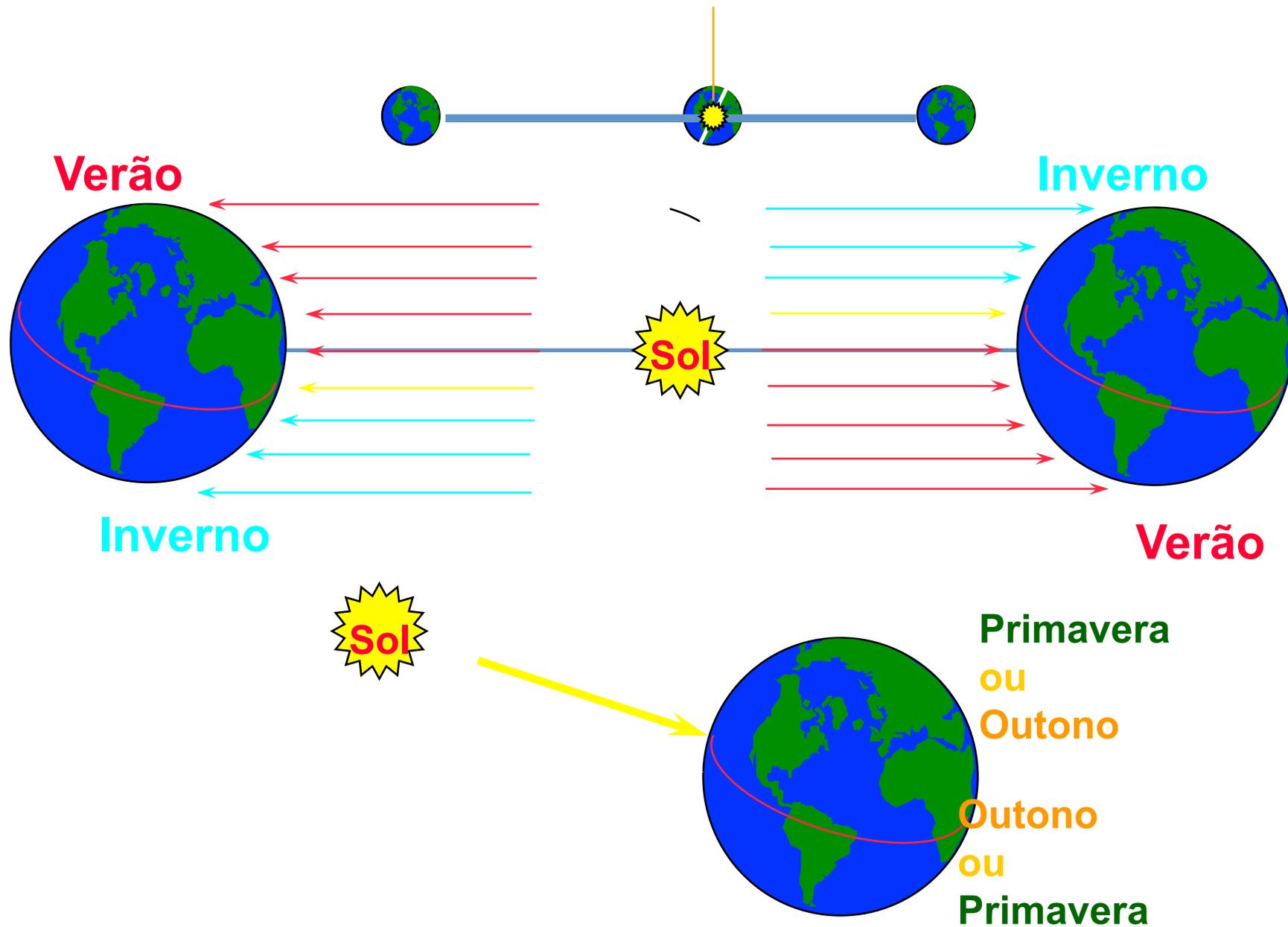
Esquema da Órbita da Terra em torno do Sol



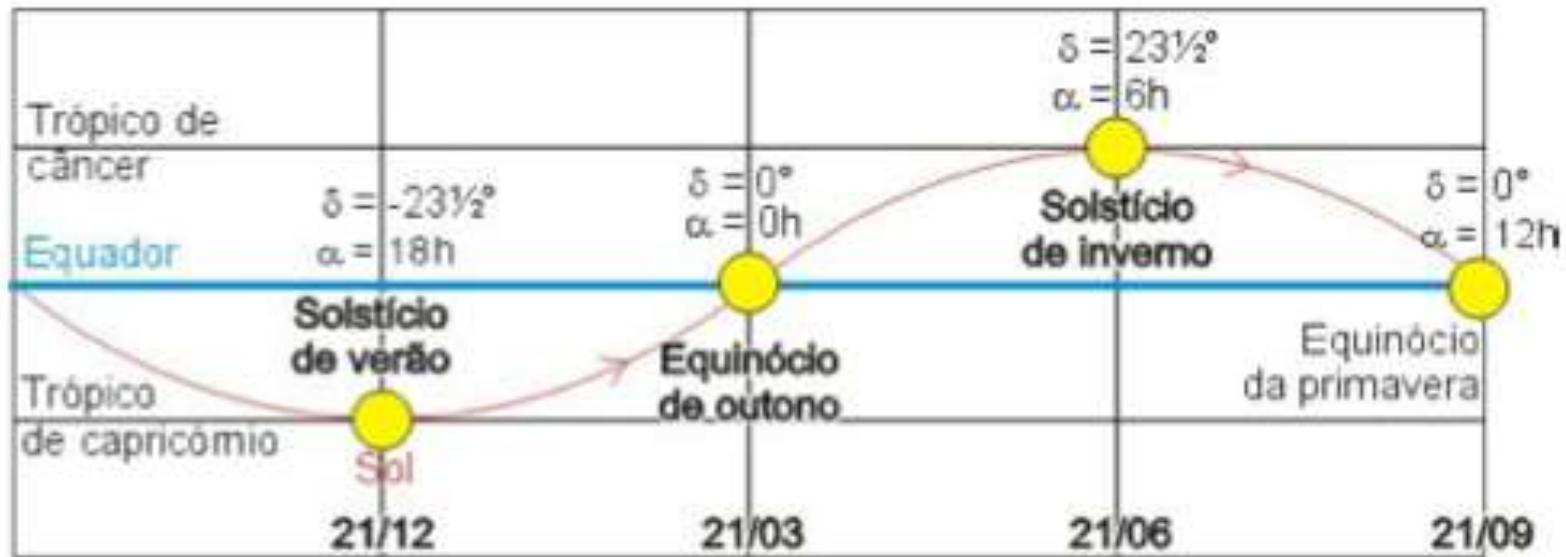
Órbita da Terra em torno do Sol



Motivo das Estações



Caminho do Sol



Definição dos Círculos Polares

Verão Boreal
22/jun



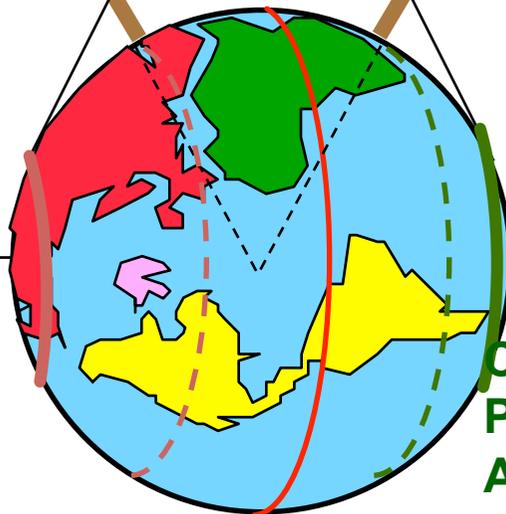
Verão Austral
22/dez



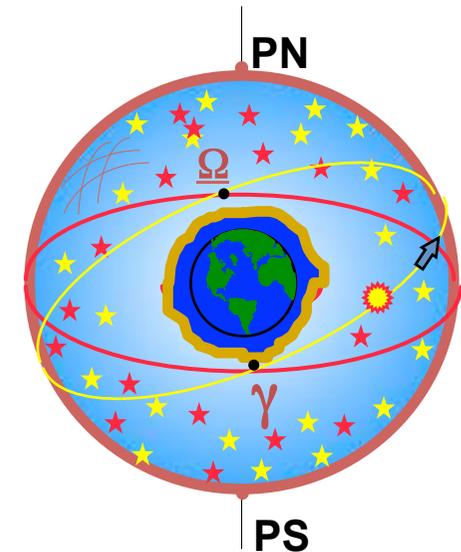
São os locais da Terra onde os raios solares, ao meio-dia dos solstícios, tangenciam a superfície da Terra.

Intersecção do eixo de rotação eclíptico com a face da Terra

PN
Círculo Polar Ártico



PS
Círculo Polar Antártico



Definição dos Trópicos

Verão Boreal
22/jun



Primavera

23/set

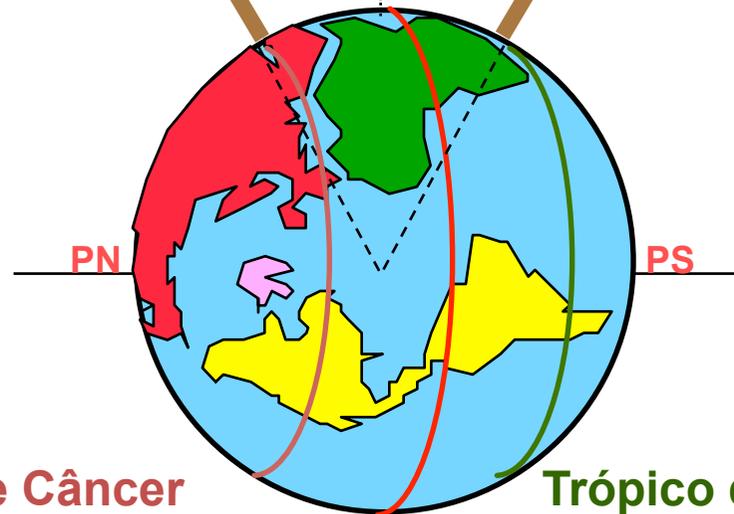


Outono
21/mar

Verão Austral
22/dez

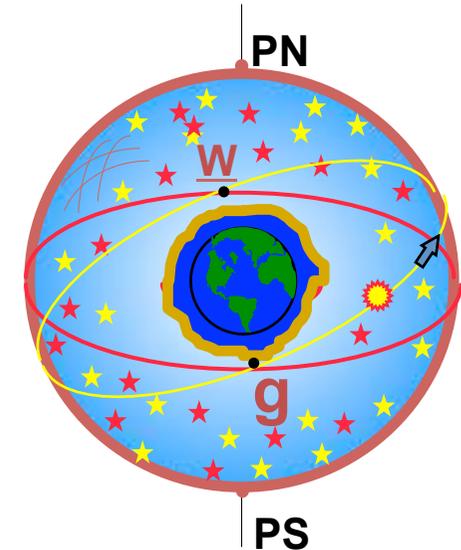


Locais da Terra onde, uma única vez por ano, a sombra de um poste vertical é um ponto ao meio-dia.

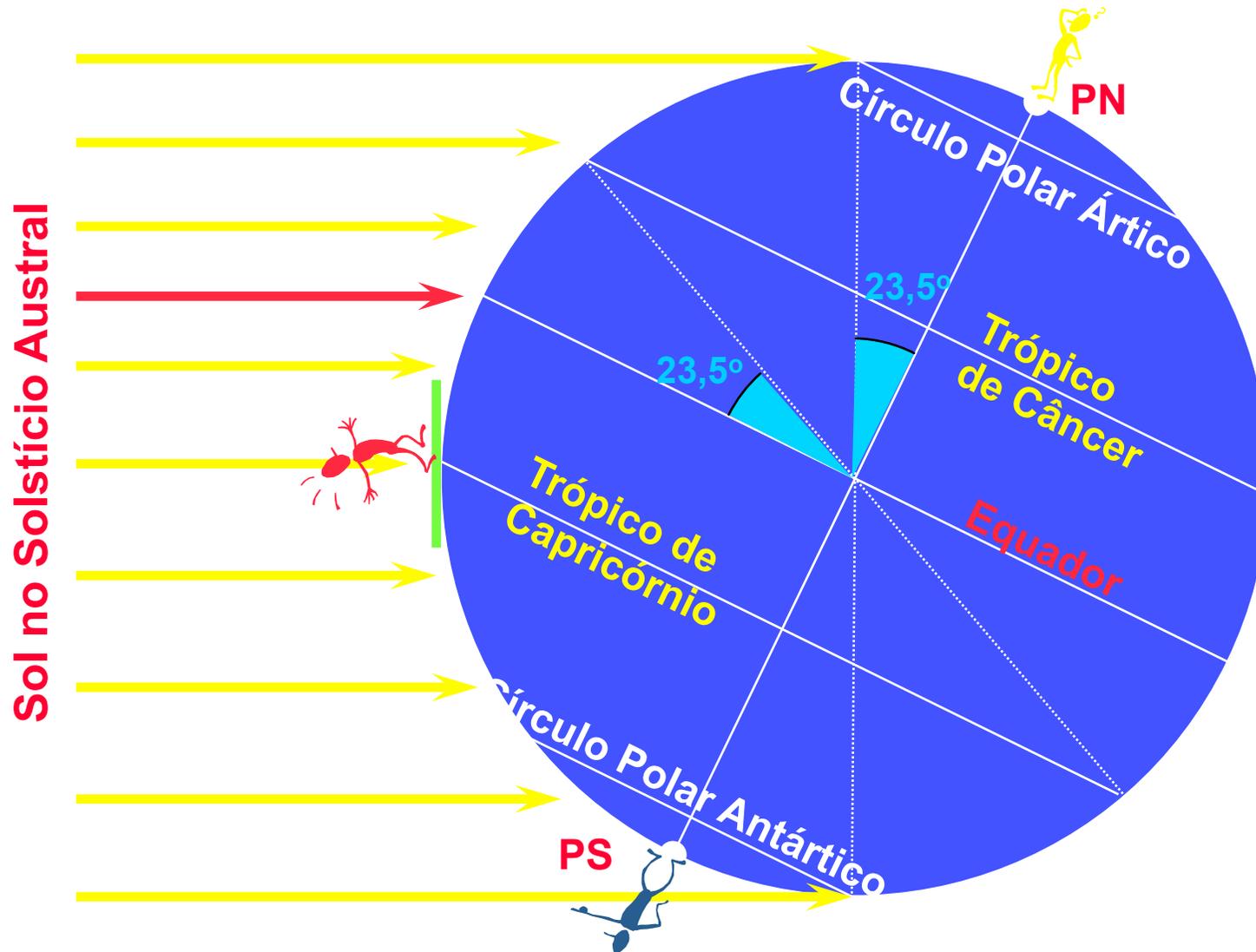


Trópico de Câncer

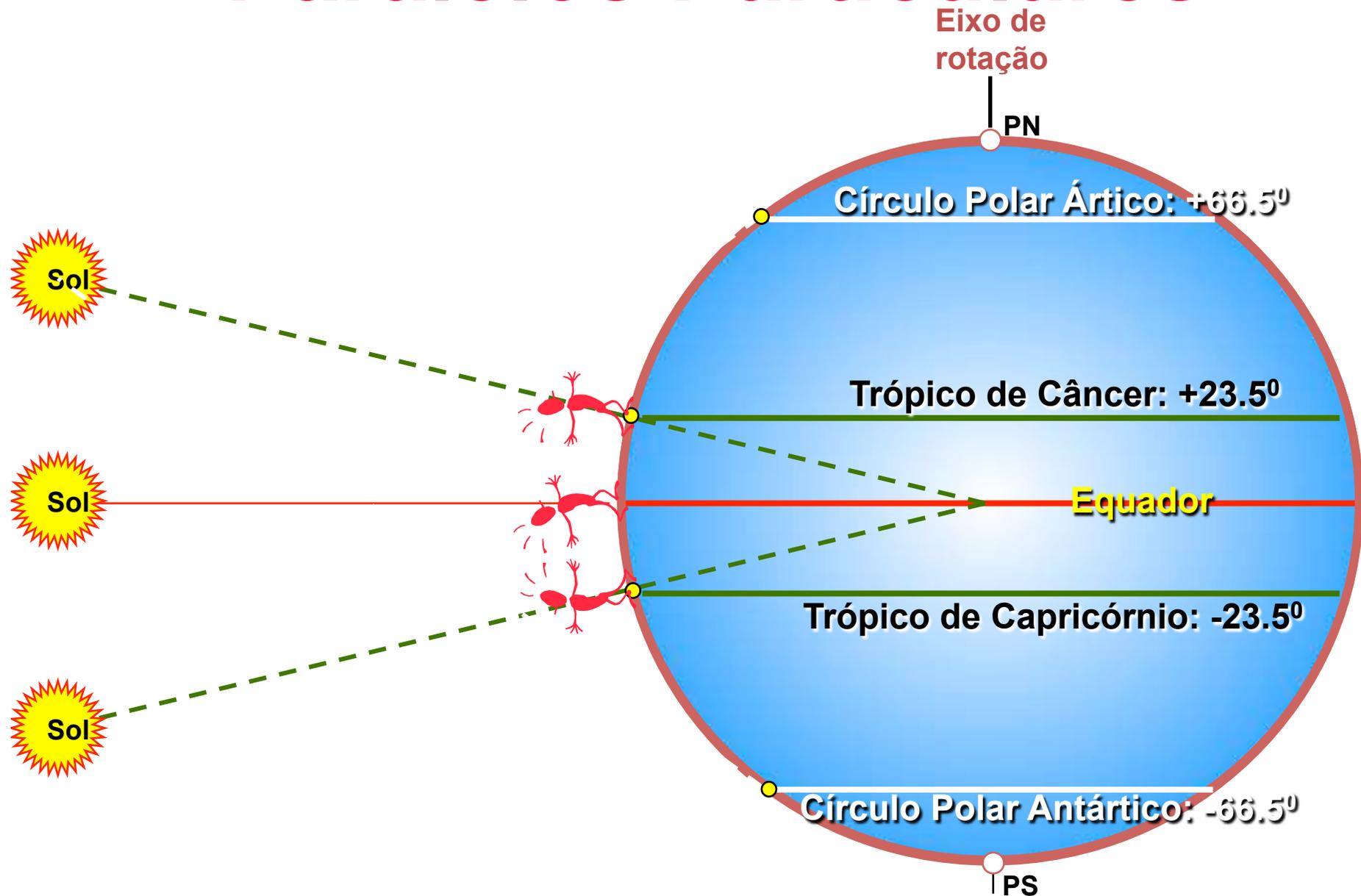
Trópico de Capricórnio



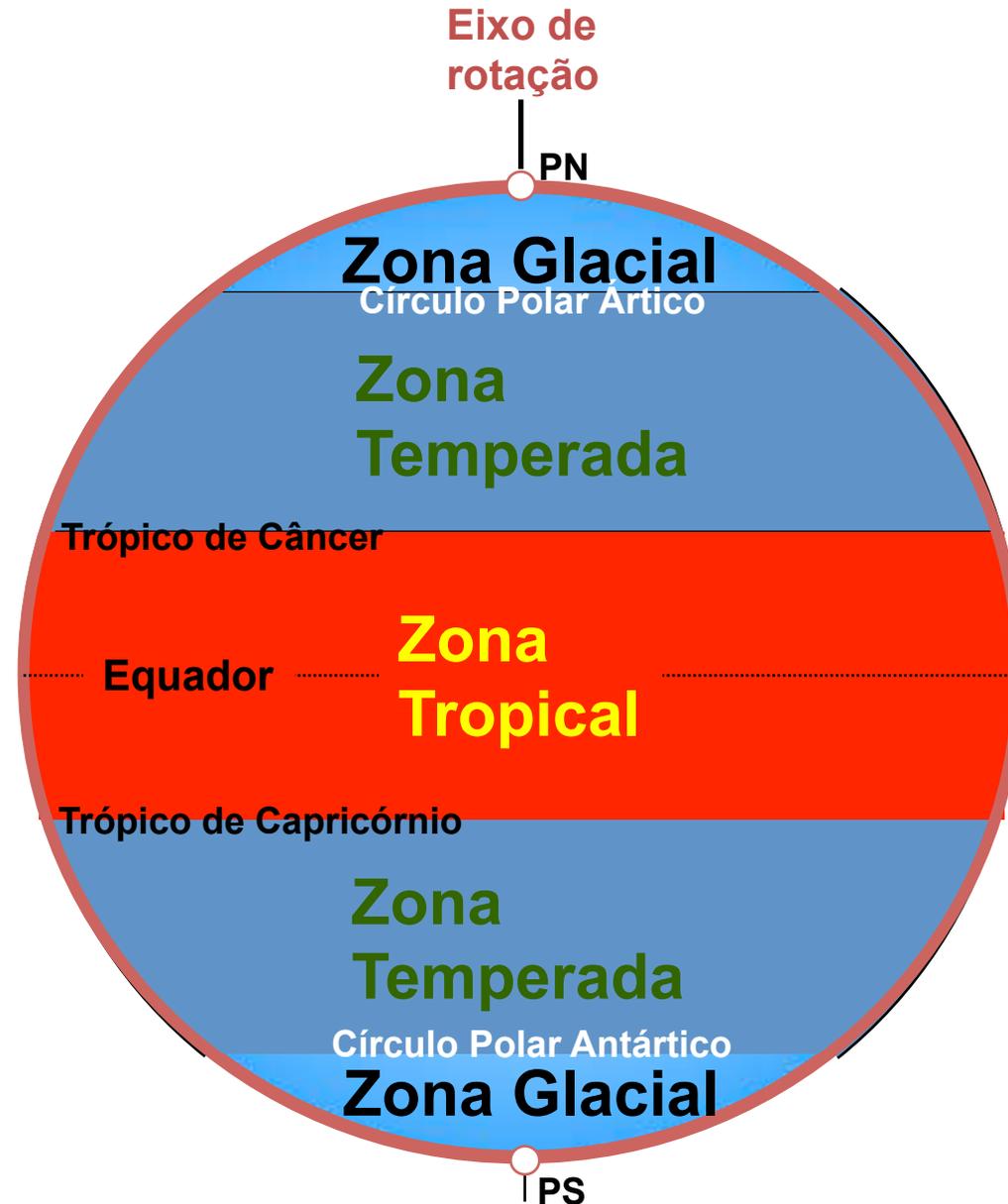
Importantes



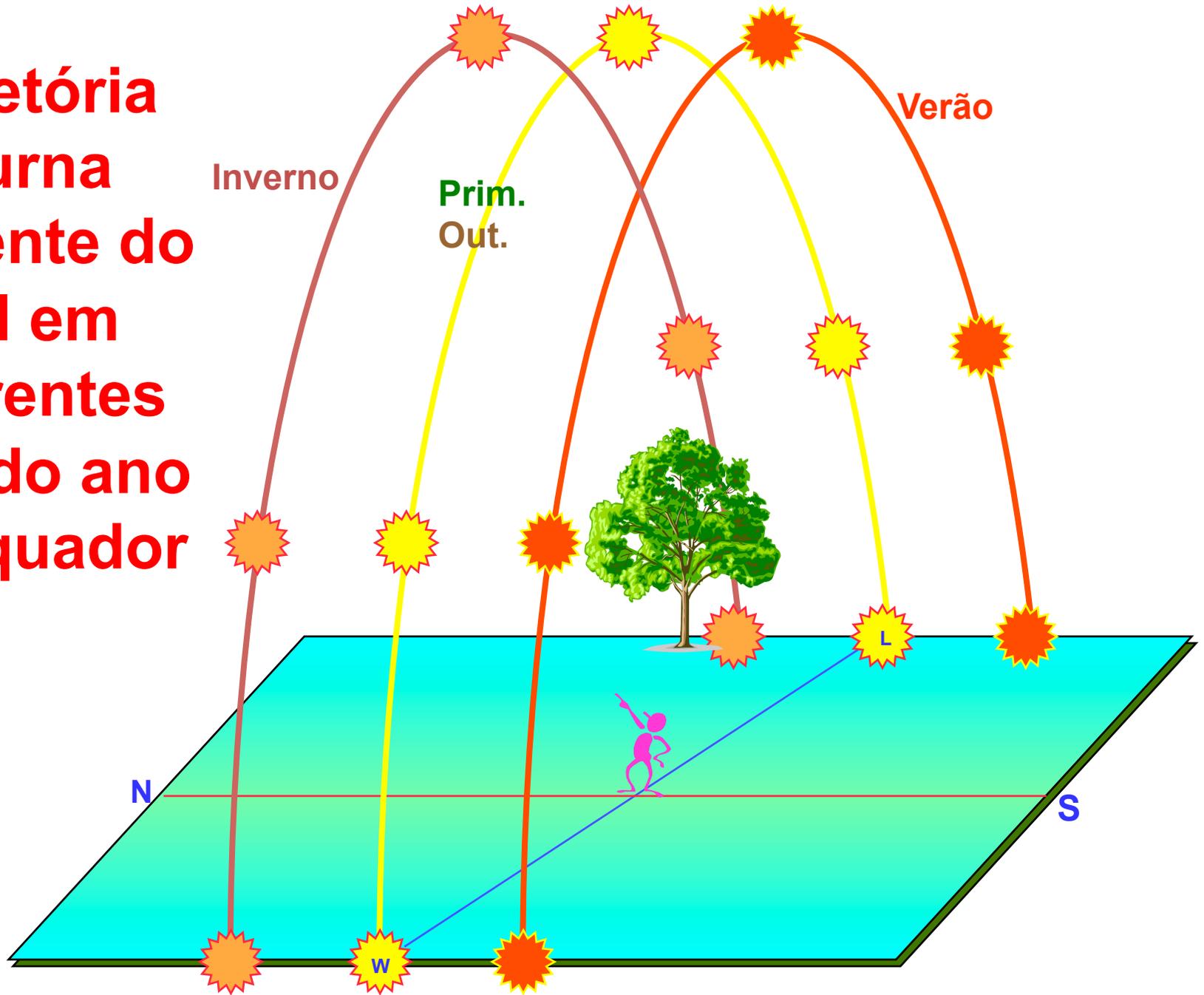
Paralelos Particulares



Zonas climáticas: diferentes quantidades de calor



**Trajetoória
diurna
aparente do
Sol em
diferentes
dias do ano
no equador**







Animação: Sky Explorer

A órbita do Sol e a incidência de luz na superfície da Terra

https://astro.unl.edu/naap/motion1/orbits_light.html

Animação: Sky Explorer

Simulador das estações do ano

[https://astro.unl.edu/naap/motion1/animations/
seasons_ecliptic.html](https://astro.unl.edu/naap/motion1/animations/seasons_ecliptic.html)

