

Astronomia de Posição
2º semestre - 2023

Aula_19 – 04/12/2023

Sistema de Referência Espacial

Gaia/ESA/DPAC

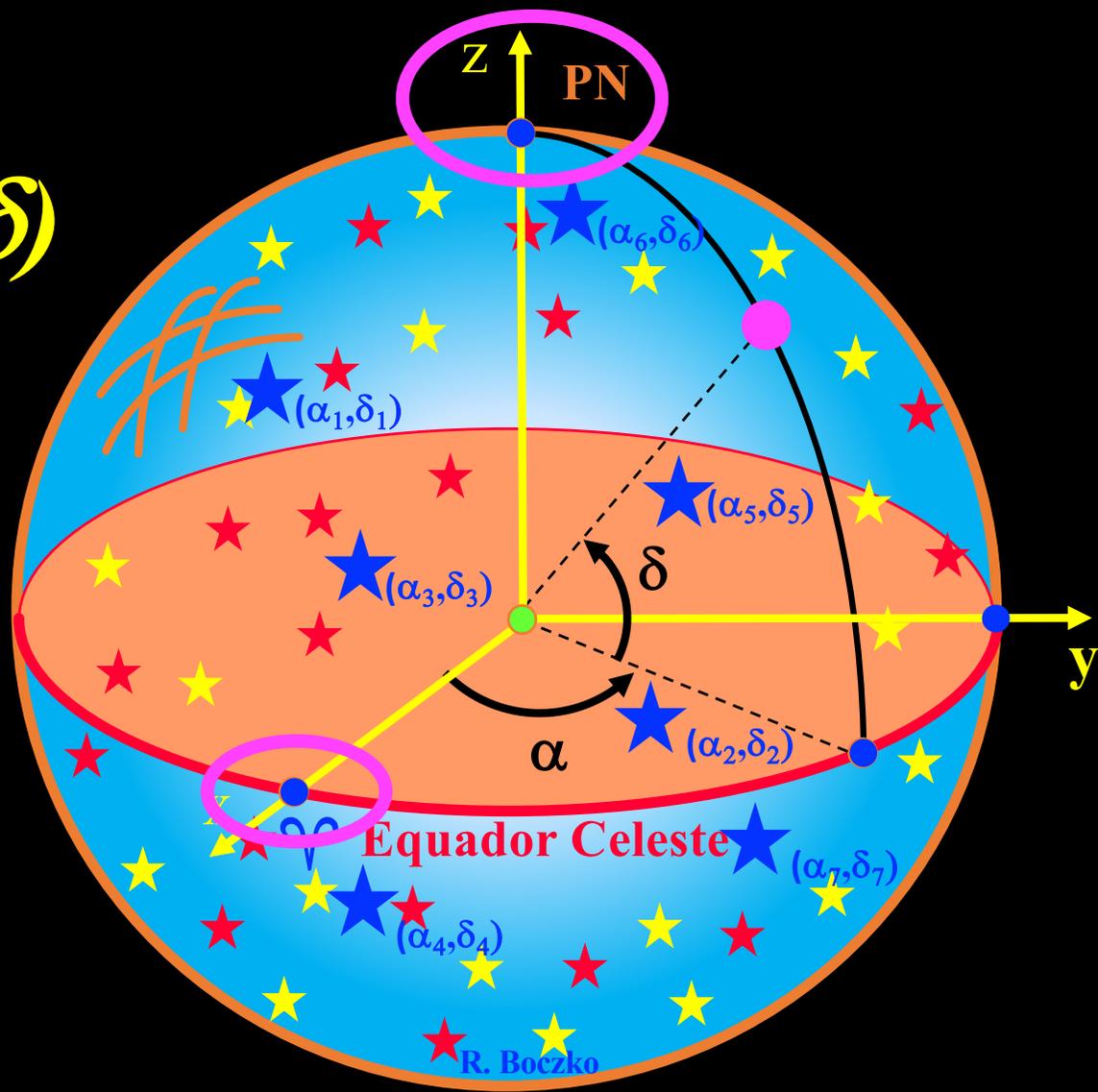
Ramachrisna Teixeira
IAG-USP
rama.teixeira@iag.usp.br

Definição e materialização

*coordenadas (α, δ)
referências*



*posições
absolutas*



Sistema de Referência Espacial

Catálogo Astrométrico

Ident	Alpha (hms)	Delta (^o ['] ["])	σ_α (mas)	σ_δ (mas)	$\mu_\alpha \cos(\delta)$ (mas/yr)	μ_δ (mas/yr)	σ_μ (mas/yr)	σ_μ (mas/yr)	σ_V (mag)	t_0 (yr)	t_1 (yr)	J (mag)	H (mag)	K (mag)	T_{eff} (K)	2MASS	
BE 1	18 7 47.0166	-31 49 03.953	30.4	25.9	0.7	0.9	7.0	6.2	14.5	0.2	2005.5	2006.1	9.9	9.0	8.6	3210	18074701-3149039
BE 2	18 7 47.3399	-31 47 56.530	19.1	14.7	-7.9	-3.5	4.0	3.2	12.9	0.1	2005.0	2005.7	11.4	11.1	10.9	5142	18074733-3147565
BE 3	18 7 48.0310	-31 51 22.742	40.3	40.7	-12.8	9.7	8.5	10.4	15.1	0.2	2004.6	2005.7	12.0	11.4	11.2	3889	18074803-3151227
BE 4	18 7 48.1652	-31 50 07.639	35.8	35.2	-9.2	14.2	8.0	8.3	14.8	0.2	2004.9	2005.6	13.0	12.6	12.5	5667	18074815-3150076
BE 5	18 7 48.2868	-31 47 08.429	21.6	21.8	3.5	-13.3	4.7	5.0	13.9	0.1	2005.2	2005.8	11.3	10.7	10.5	4610	18074828-3147085
BE 6	18 7 48.3413	-31 51 06.093	30.9	28.8	16.5	2.2	6.8	5.0	14.2	0.1	2005.1	2005.8	10.3	9.3	9.0	3398	18074835-3151062
BE 7	18 7 48.6490	-31 43 12.708	13.8	14.0	-1.0	3.2	2.9	3.1	13.3	0.1	2004.9	2005.6	11.3	10.7	10.6	4888	18074865-3143127
BE 8	18 7 49.5413	-31 4														18074953-3142480	
BE 9	18 7 49.5598	-31 4														18074954-3145408	
BE 10	18 7 49.6815	-31 4														18074968-3149411	
BE 11	18 7 49.8491	-31 4														18074984-3142182	
BE 12	18 7 50.3163	-31 4														18075031-3148057	
BE 13	18 7 50.4428	-31 5														18075044-3151088	
BE 14	18 7 50.7754	-31 4														18075077-3146320	
BE 15	18 7 51.0238	-31 4														18075101-3141507	
BE 16	18 7 51.2692	-31 4														18075126-3149128	
BE 17	18 7 51.3847	-31 5														18075137-3151520	
BE 18	18 7 51.5444	-31 5														18075154-3151041	
BE 19	18 7 51.7029	-31 4														18075168-3150001	

Como podemos ter as coordenadas de estrelas de referência em relação a um sistema de referência que elas irão definir e materializar

Ascensão reta absoluta

Tempo Sideral

$$TS = H_{\gamma}$$

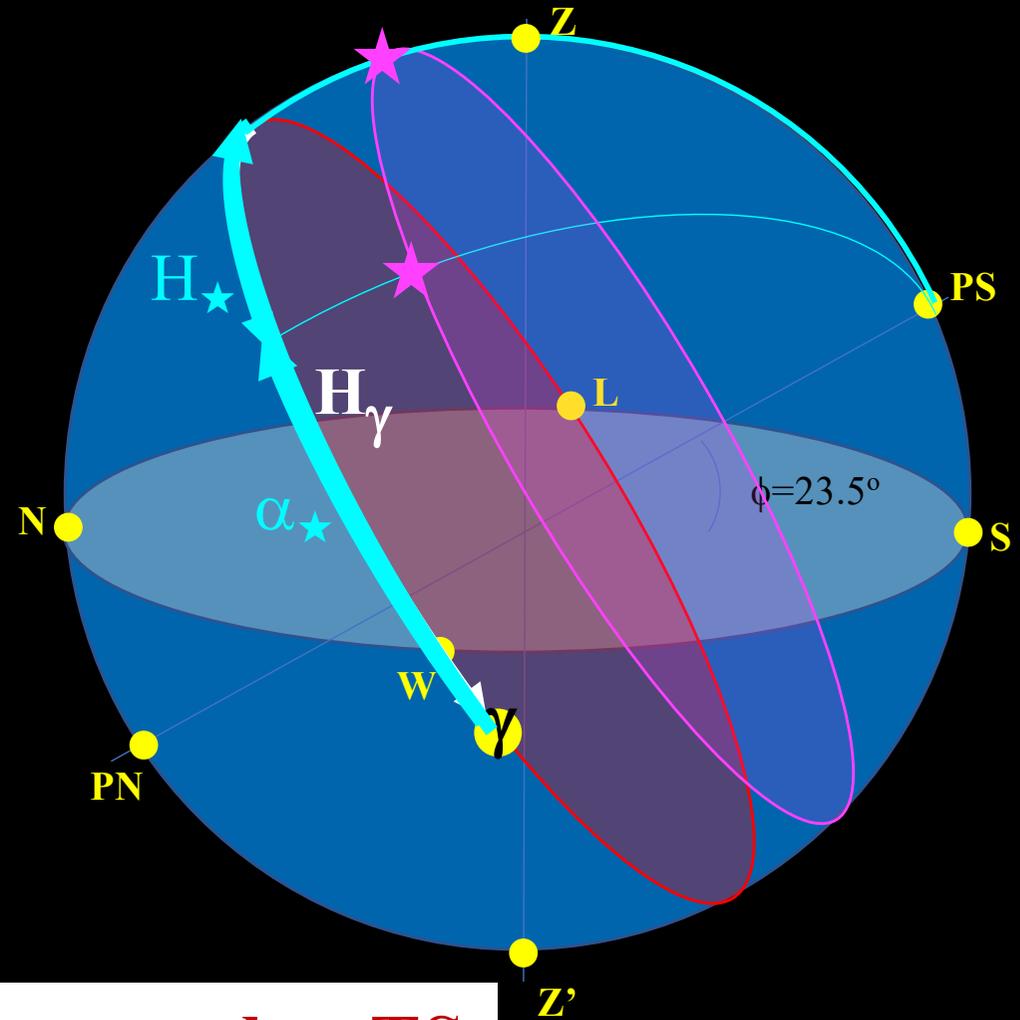
$$TS = H_{\star} + \alpha_{\star}$$

culminação superior



$$H_{\star} = 0 \Rightarrow \alpha_{\star} = TS$$

observações do Sol \Rightarrow equinócio vernal \Rightarrow TS



Declinação absoluta

Culminação Superior

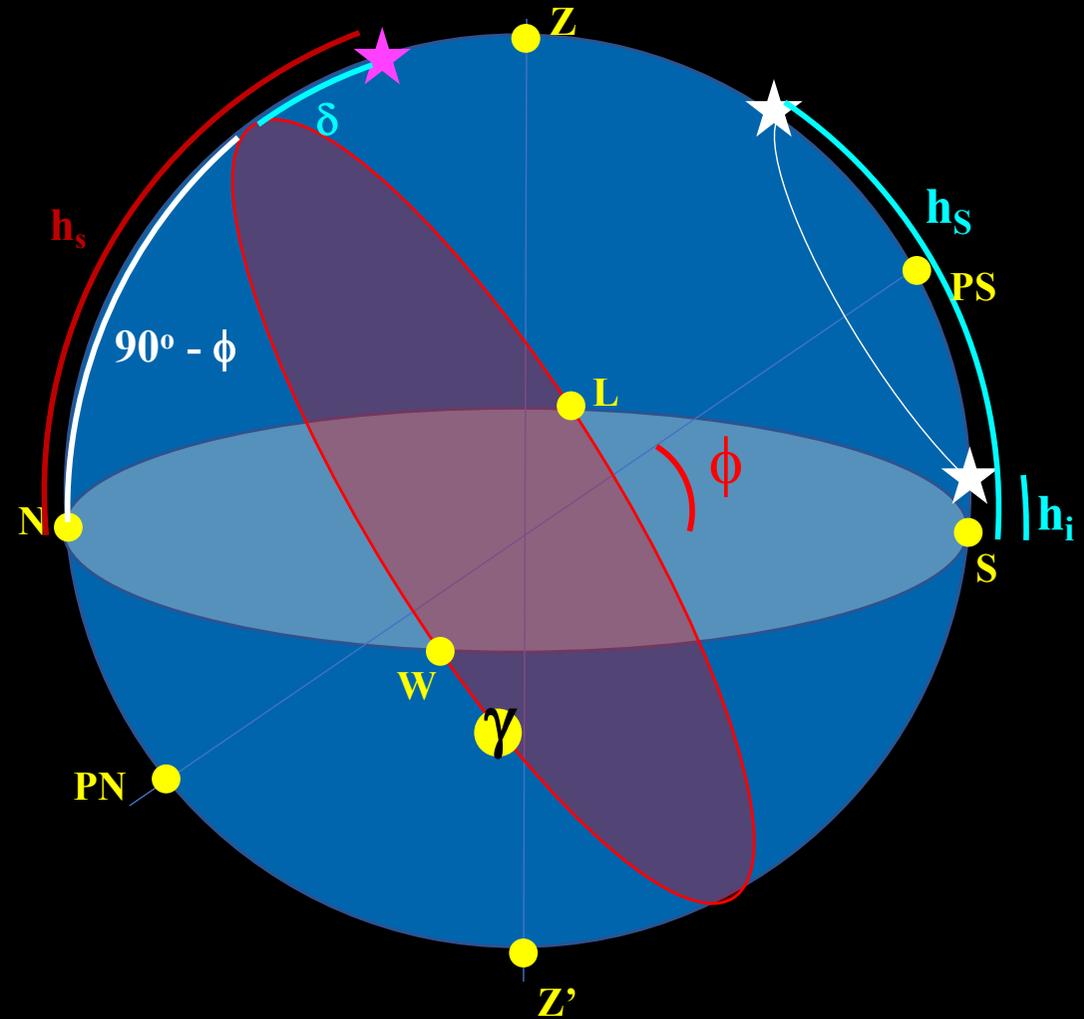


$$\delta_{\star} = h_s + \phi - 90^{\circ}$$

circumpolar



$$\phi = (h_s + h_i)/2 \Rightarrow PS/PN$$

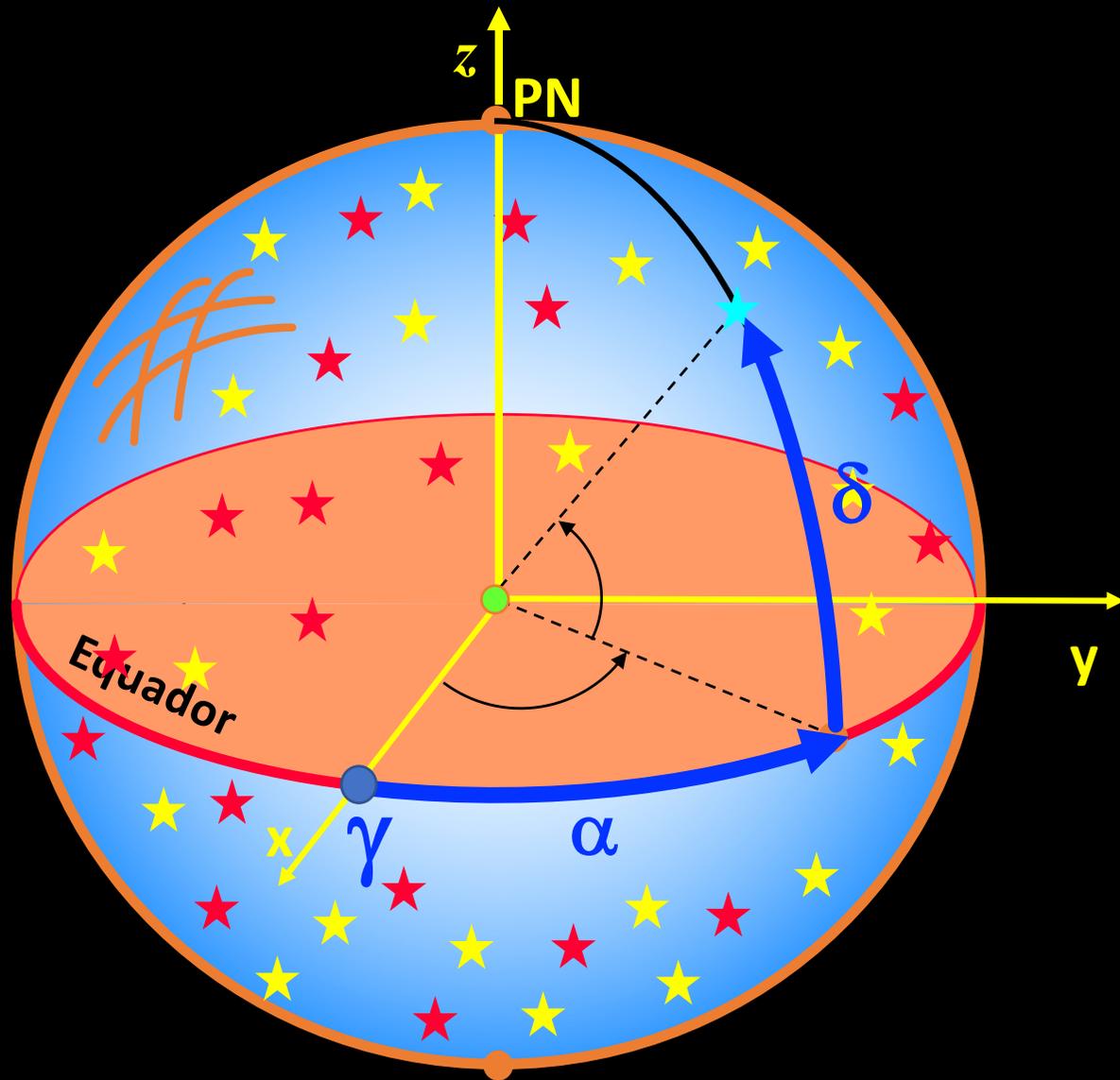


Inercialidade origem



Inercialidade origem

- *Topocêntrica*
 $V \sim 500\text{m/s}$
 $a \sim 0.04\text{m/s}^2$
- *Geocêntrica*
 $V \sim 30.000\text{m/s}$
 $a \sim 0.006\text{m/s}^2$
- *Baricêntrica*
 $V \sim 200.000\text{m/s}$
 $a \sim 10^{-10}\text{m/s}^2$





*posição θ vista de uma
origem “inercial”*

*posição θ' vista de uma
origem acelerada*

$$\Delta\theta = \theta - \theta'$$

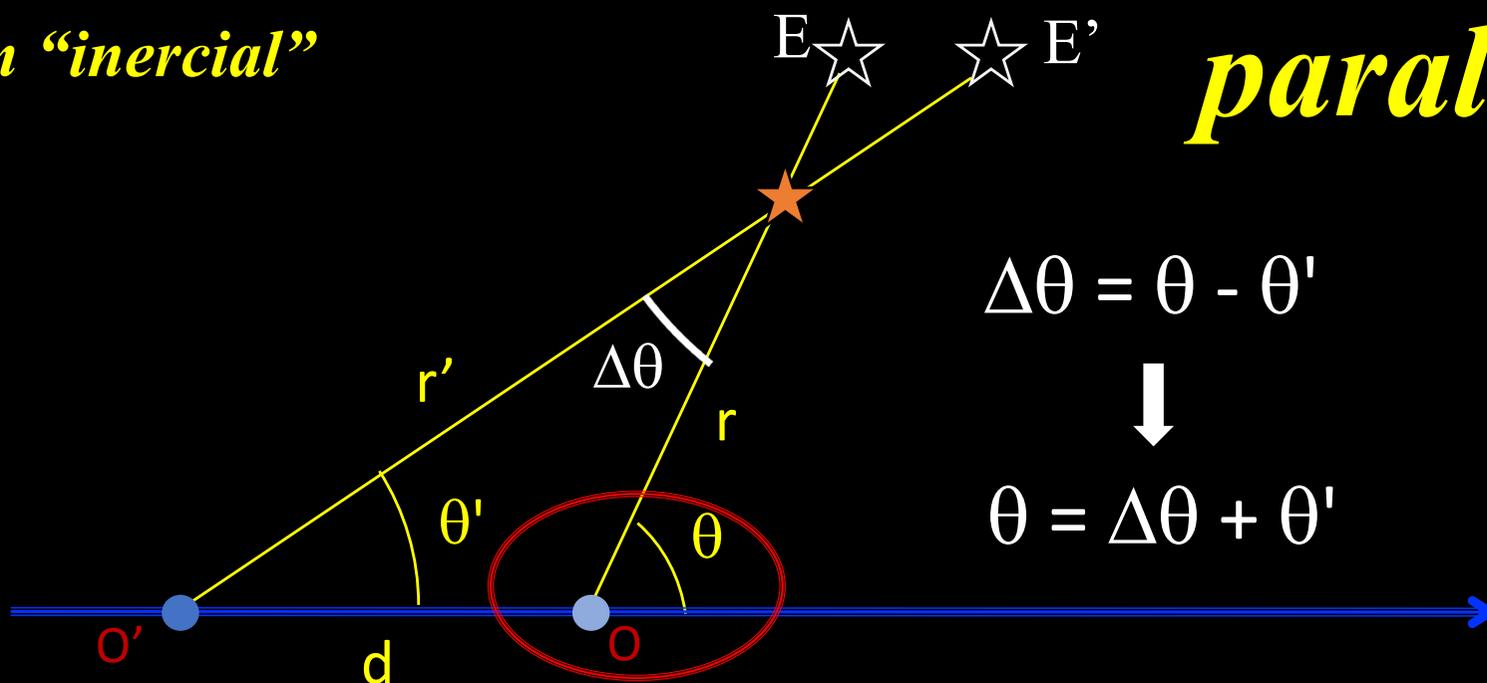


$$\theta = \theta' + \Delta\theta$$

Paralaxe

$o' = \text{origem acelerada}$

$o = \text{origem "inercial"}$



paralaxe

$$\Delta\theta = \theta - \theta'$$



$$\theta = \Delta\theta + \theta'$$

$$\Delta\theta \propto (d/r)$$

Deslocamento paralático anual



Paralaxe Anual: Elipse de Paralaxe

E: posição da estrela

TE_G

Visão Geocêntrica

E_G: posição geocêntrica

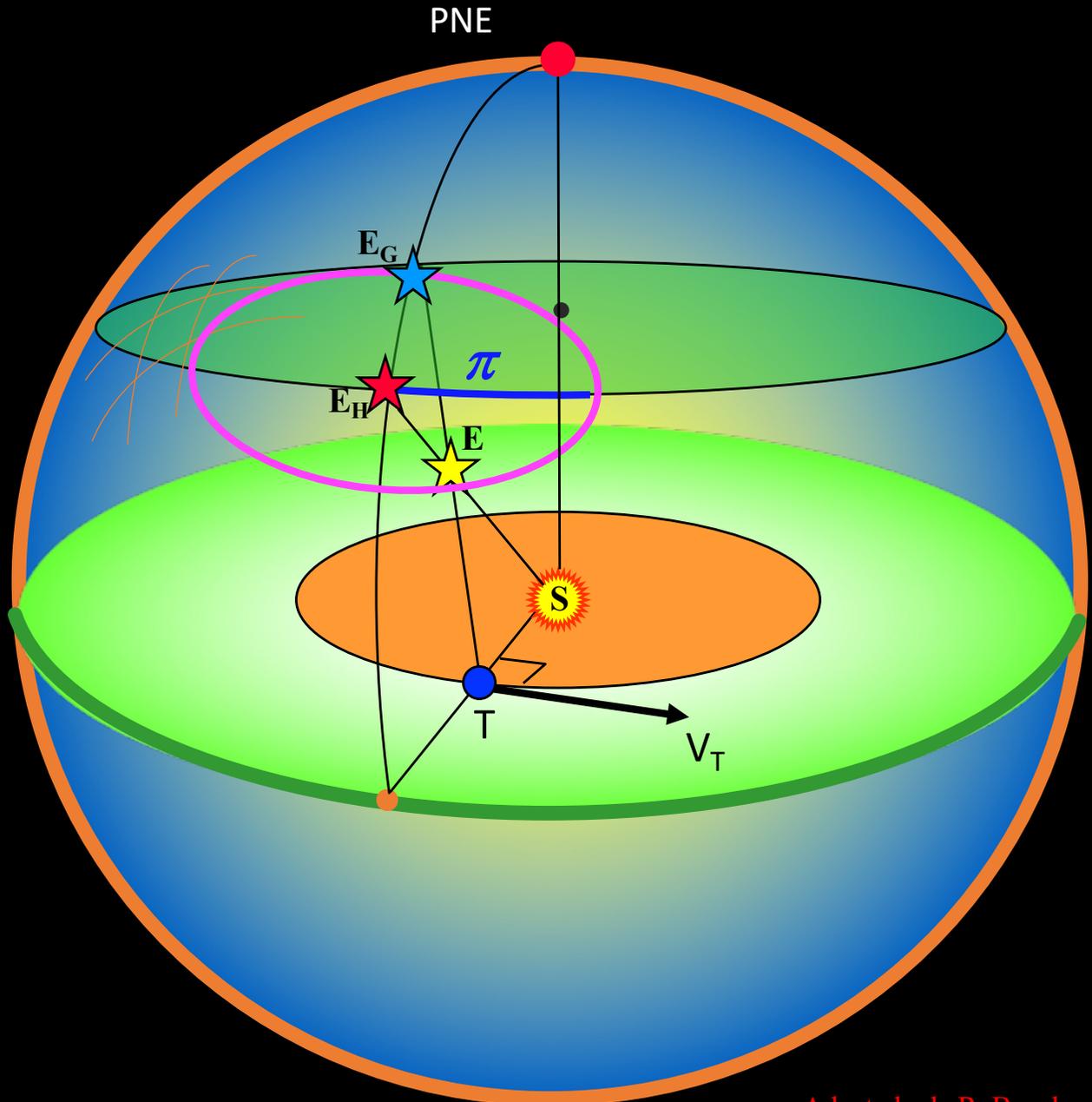
SE_H

Visão Heliocêntrica

E_H: posição heliocêntrica

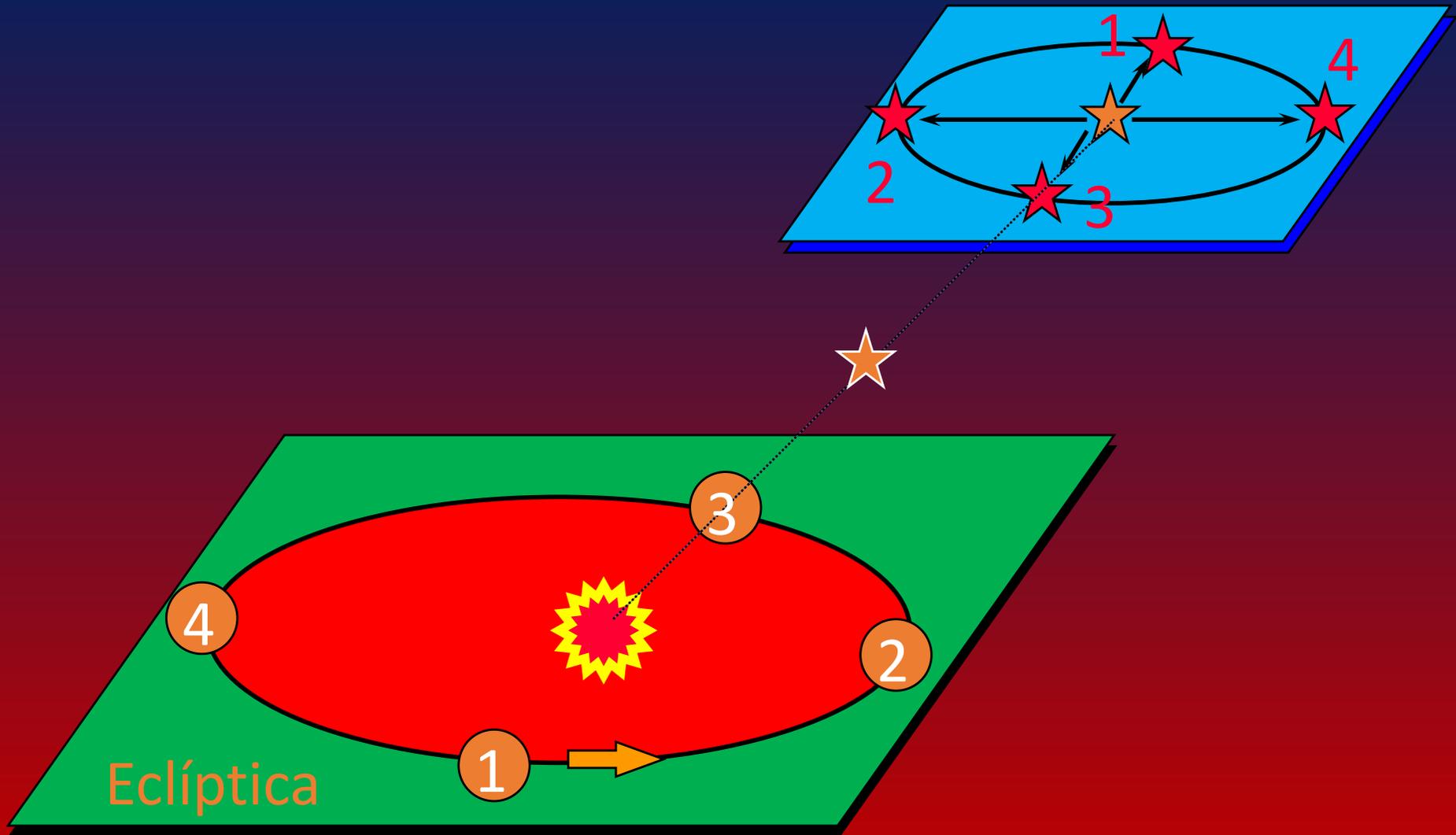
$$\frac{X^2}{\pi^2} + \frac{Y^2}{(\pi \cdot \sin \beta)^2} = 1$$

$$\pi \cong 1/d$$

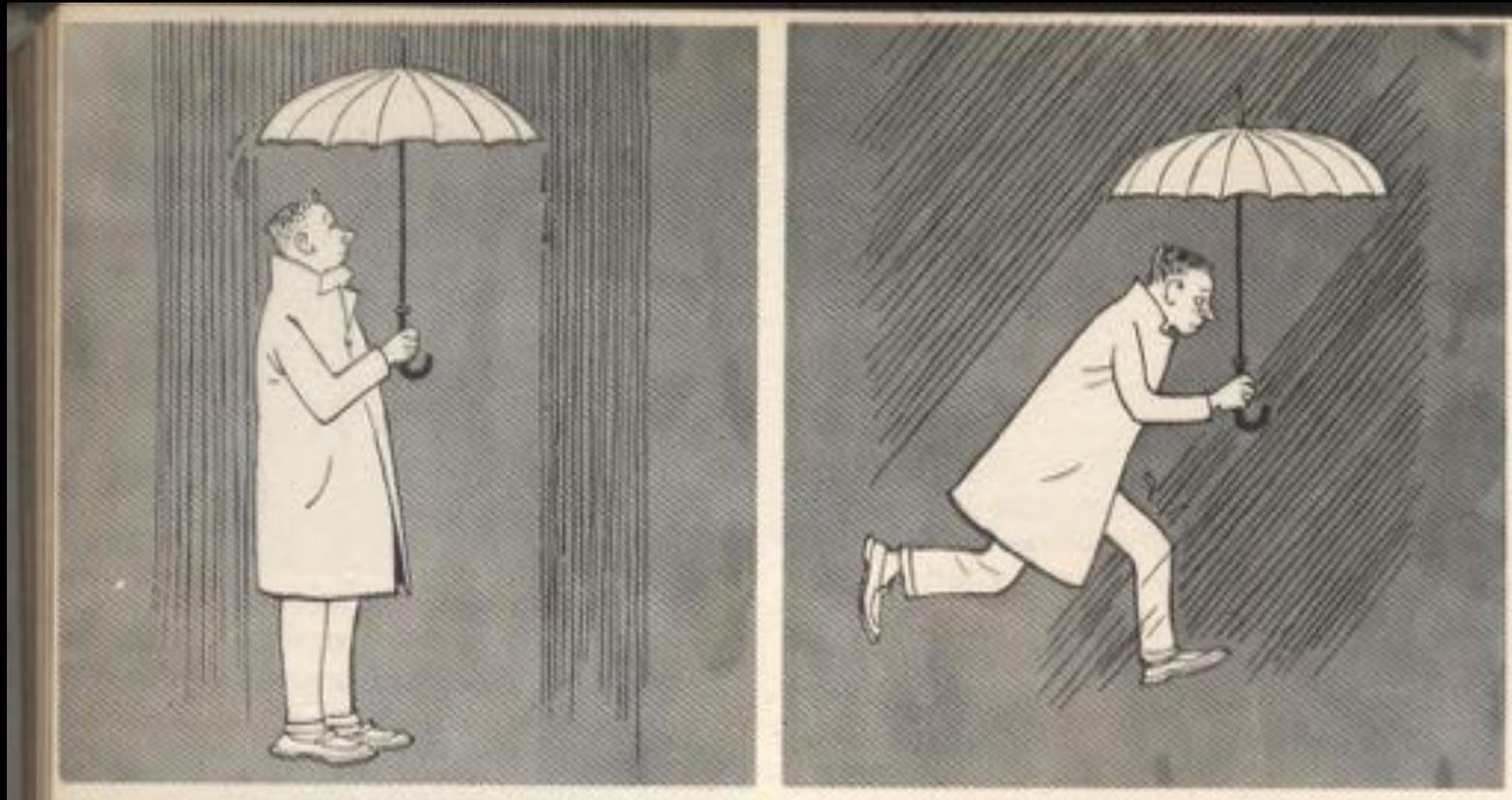


Efeito da paralaxe anual na posição de uma estrela

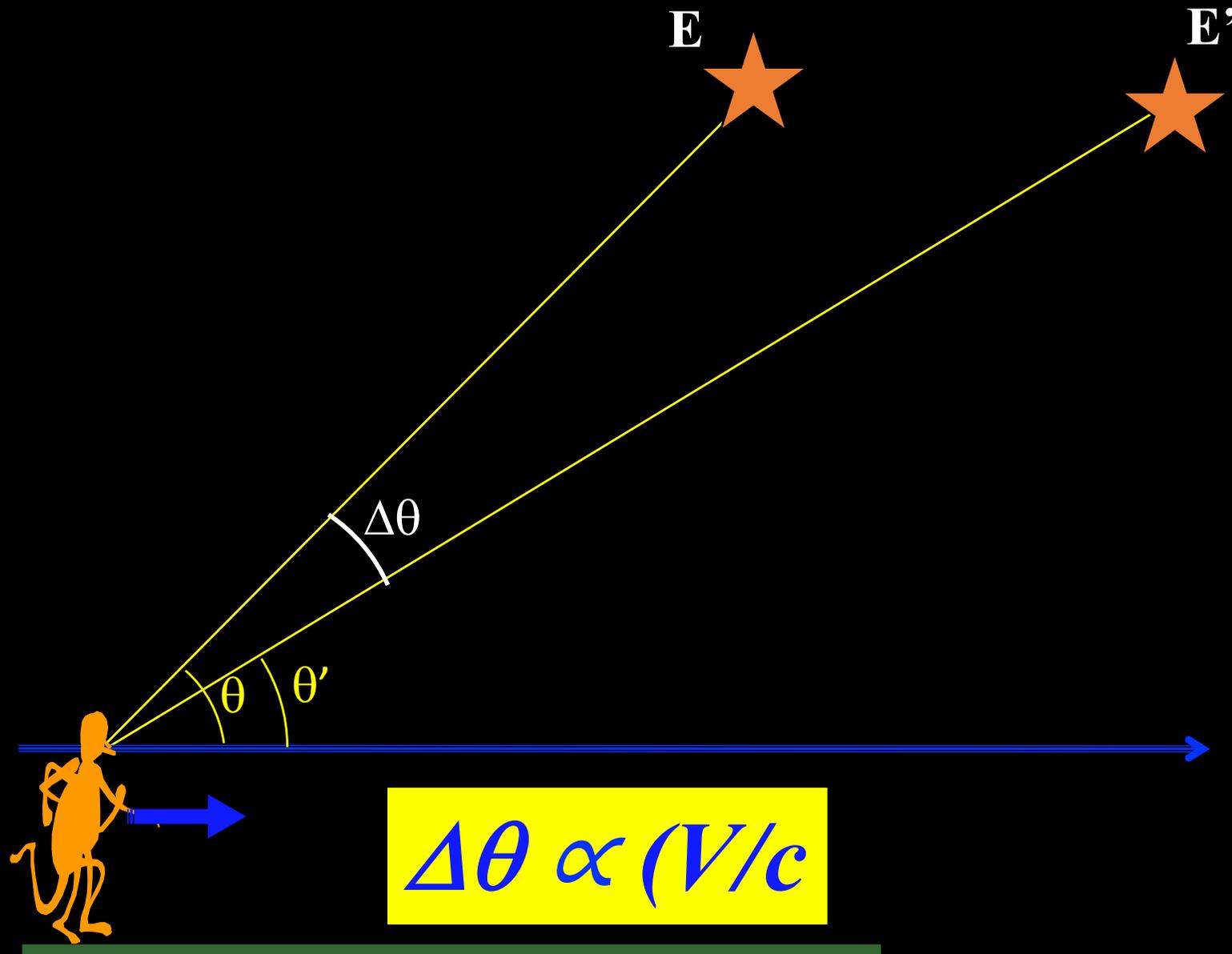
Céu visto de "fora"



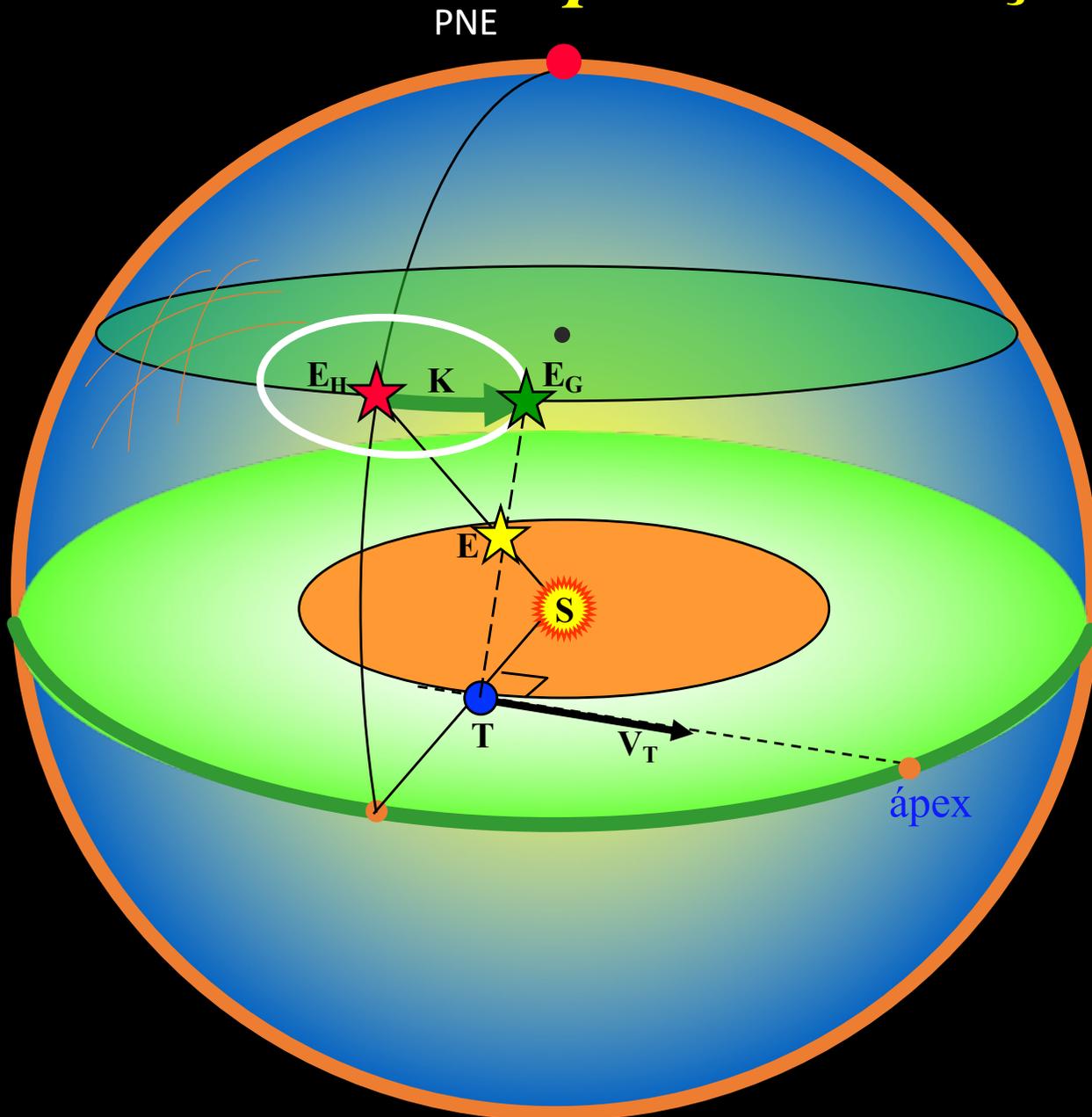
Aberração



Aberração estelar



Aberração Annual: Elipse de aberração



E: posição da estrela

TE_H

Visão Geocêntrica

E_G: posição geocêntrica

SE_H

Visão Heliocêntrica

E_H: posição heliocêntrica

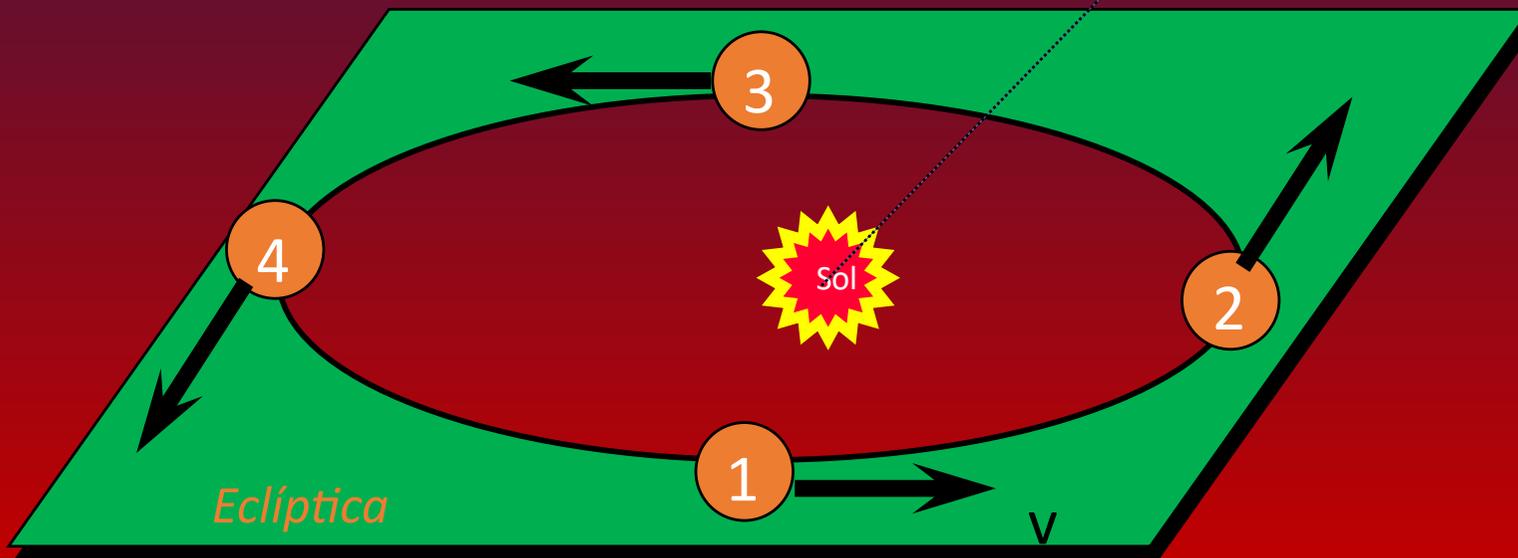
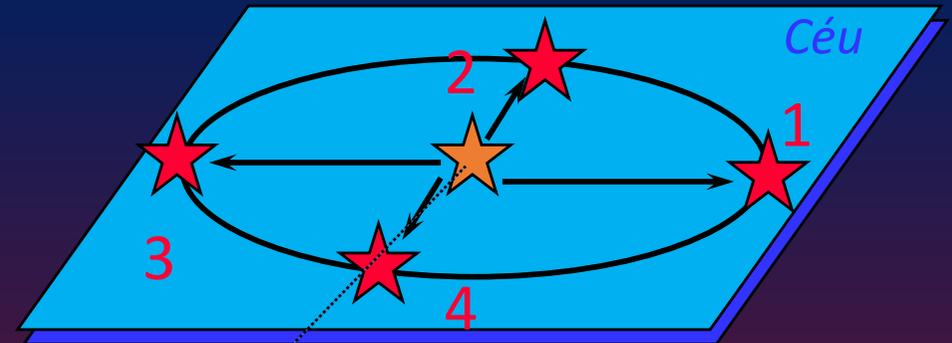
$$\frac{X^2}{K^2} + \frac{Y^2}{(K \cdot \sin \beta)^2} = 1$$

$$K = V/c \cong 20.5''$$

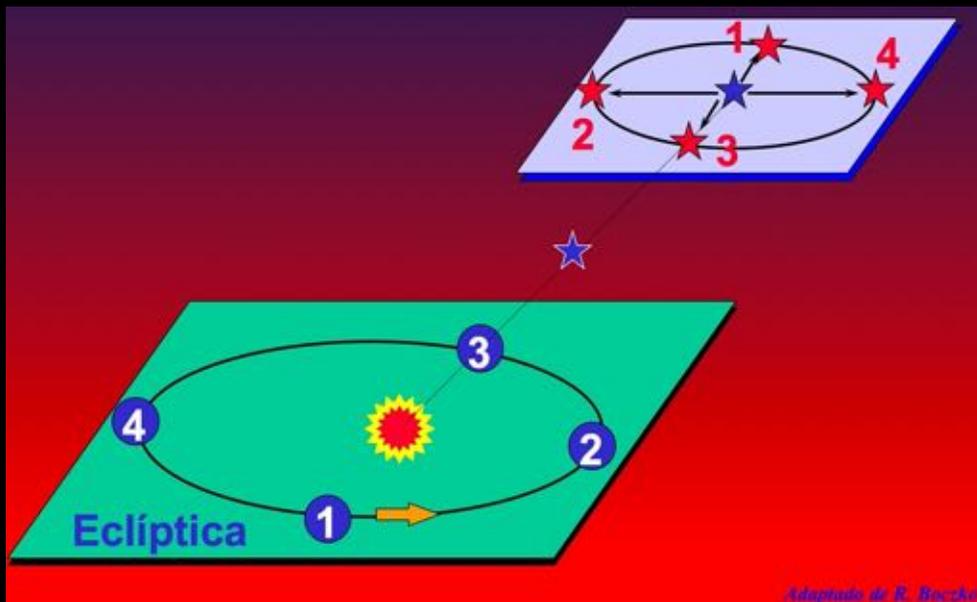
*Adaptado de R. Boczko
por R. Teixeira*

Efeito da aberração anual na posição de uma estrela

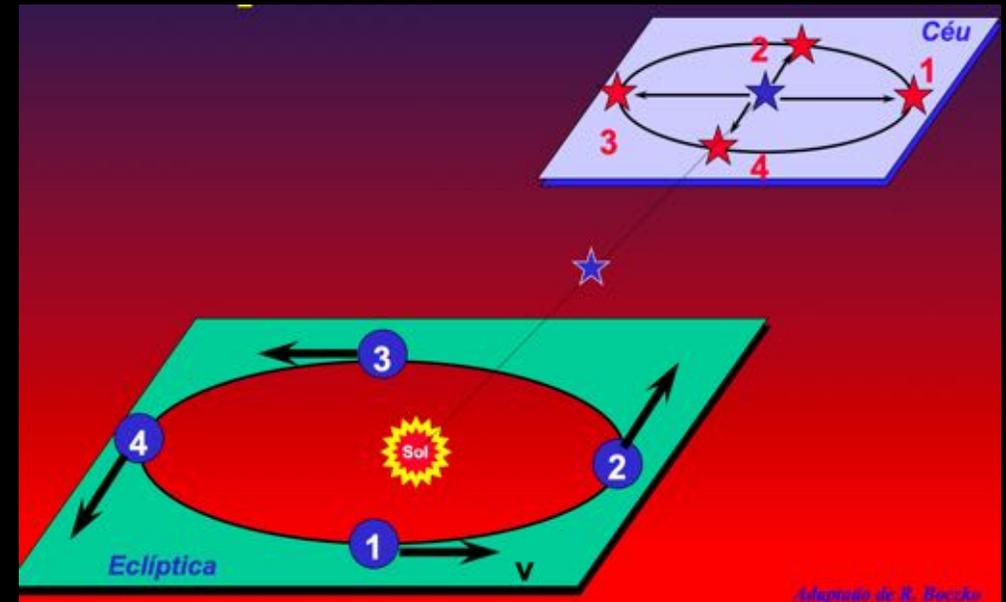
Céu visto de "fora"



defasagem paralaxe x aberração



paralaxe



aberração

Deflexão gravitacional

*deflexão
gravitacional*



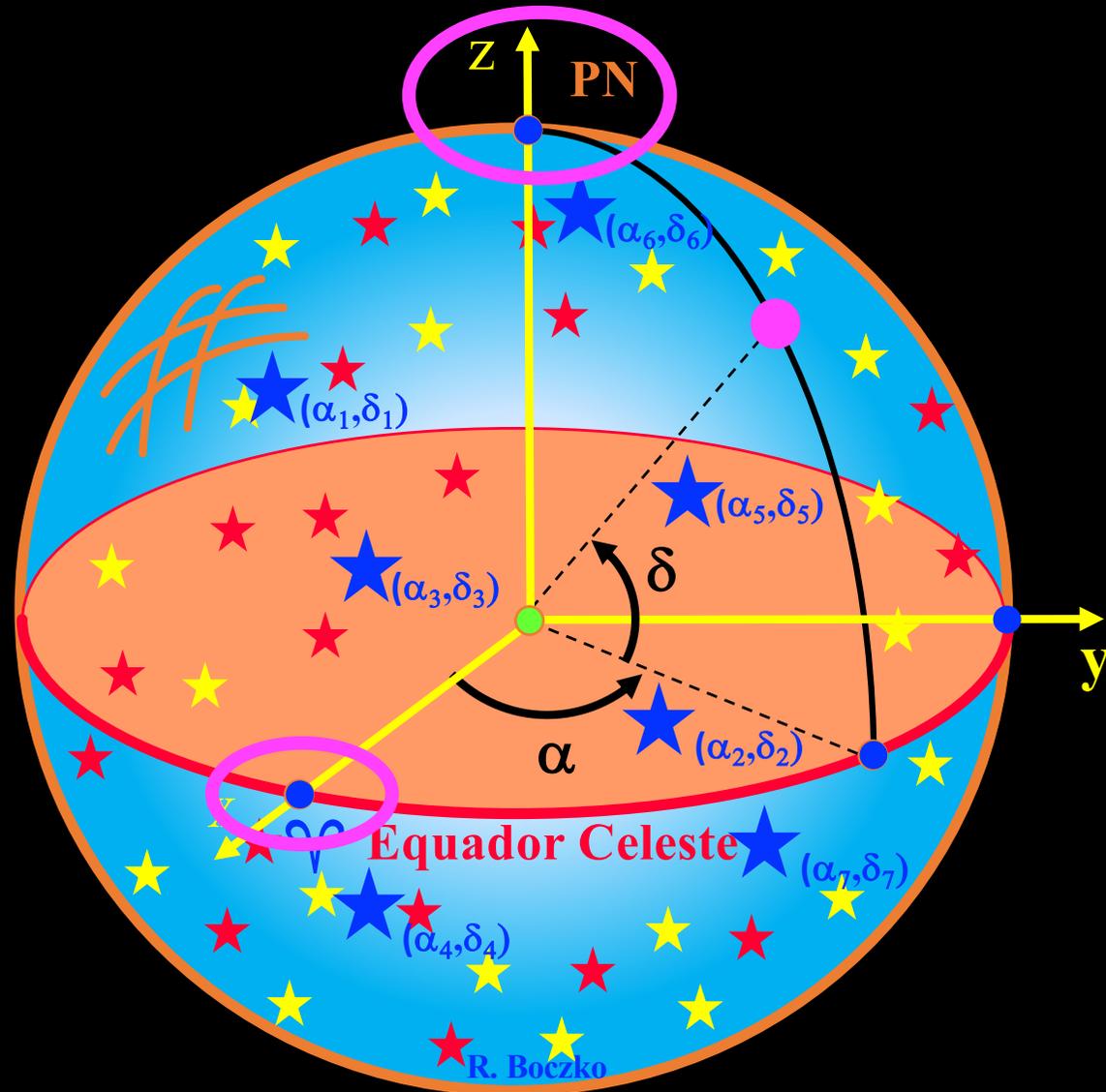
$$\Delta\theta \propto 4GM/rc^2$$



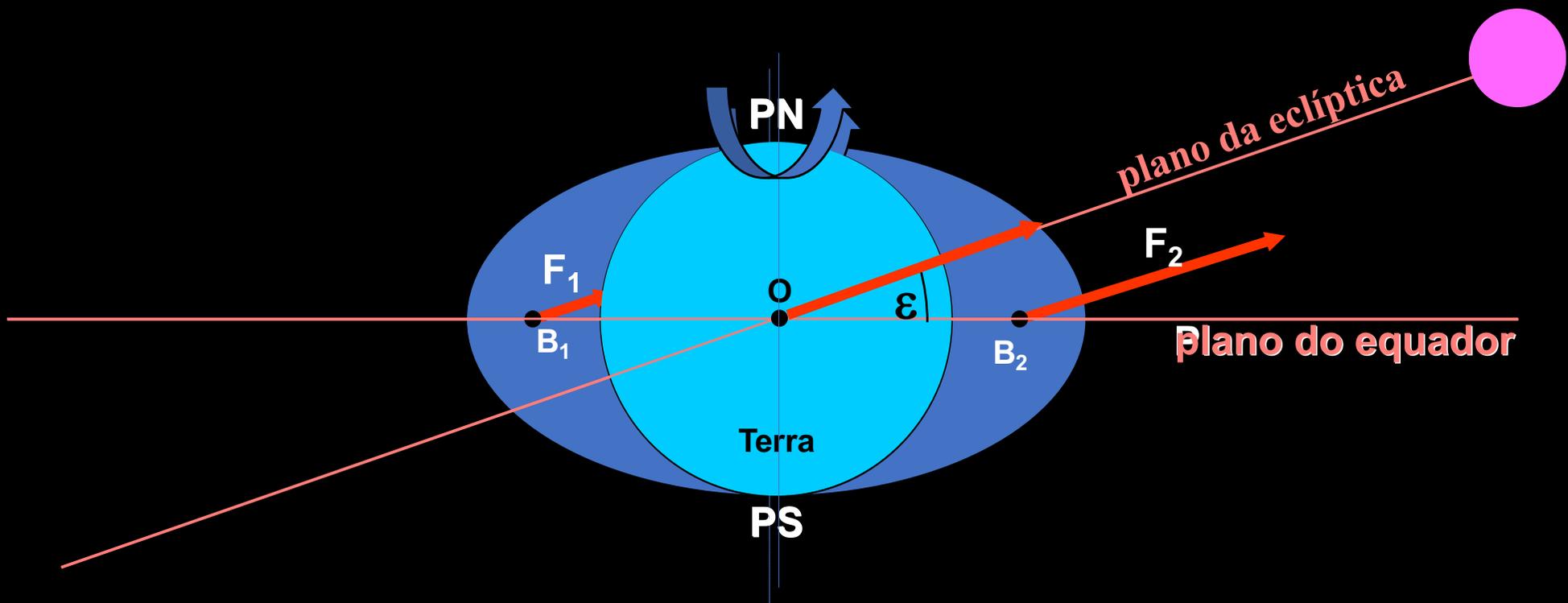
Inercialidade planos fundamentais



planos fundamentais equador/eclíptica

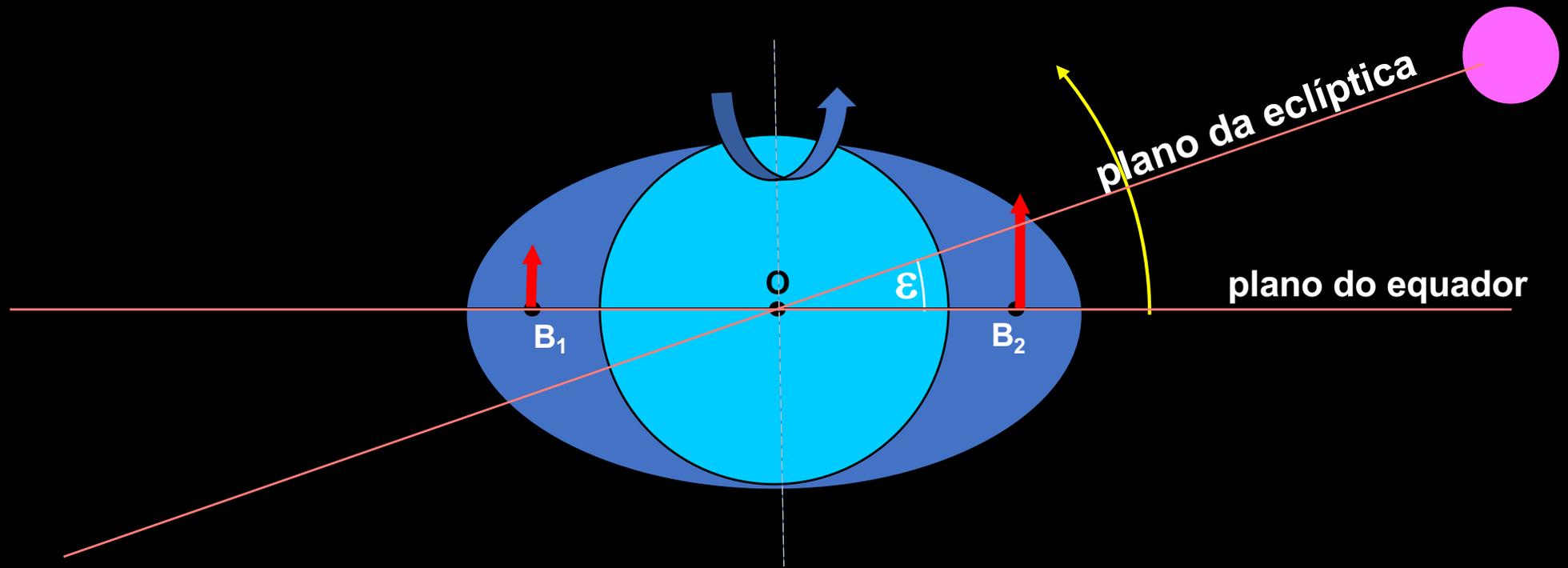


planos fundamentais



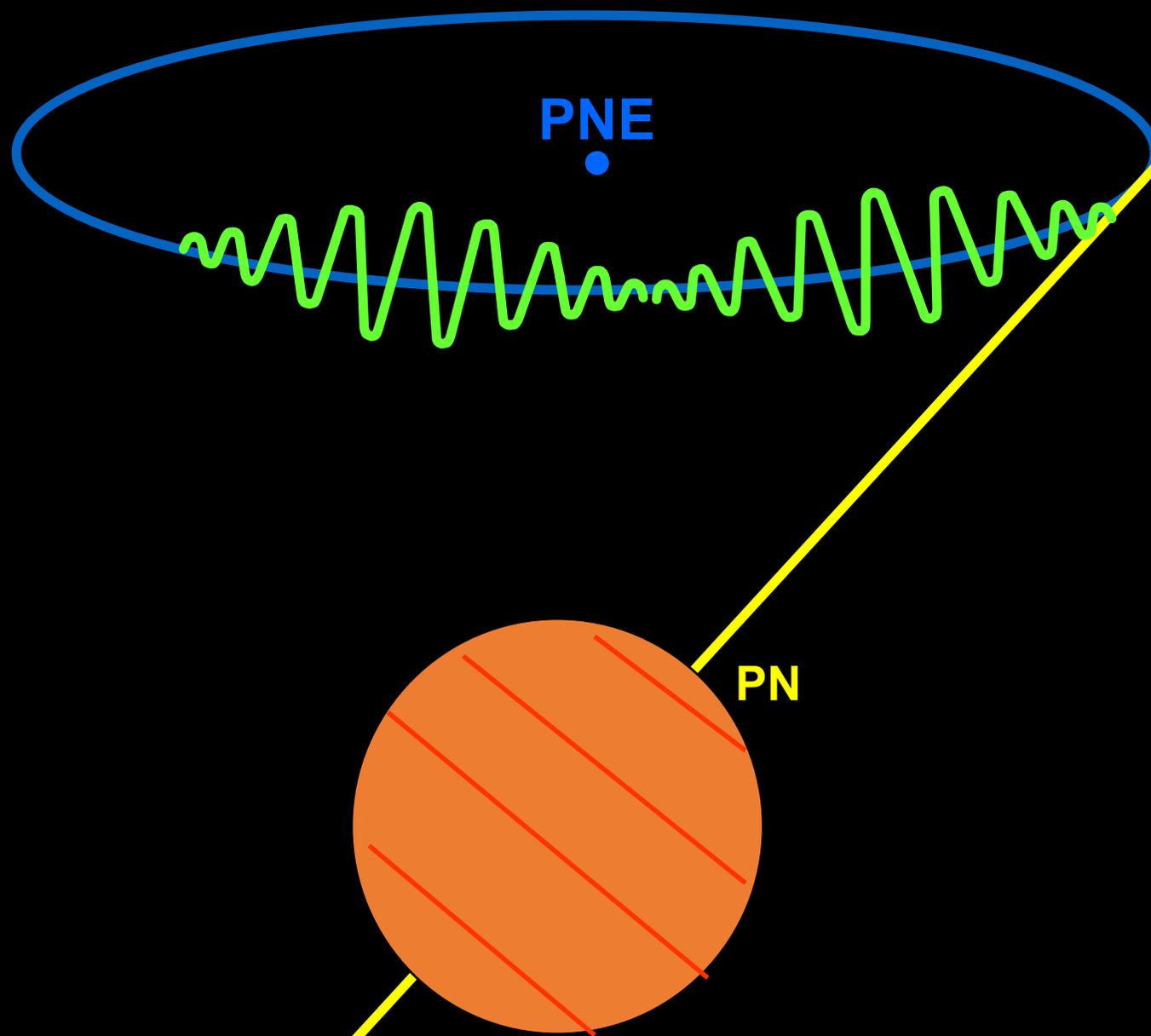
*Adaptado de R. Boczko
por R. Teixeira*

planos fundamentais



*Adaptado de R. Boczko
por R. Teixeira*

precessão e nutação



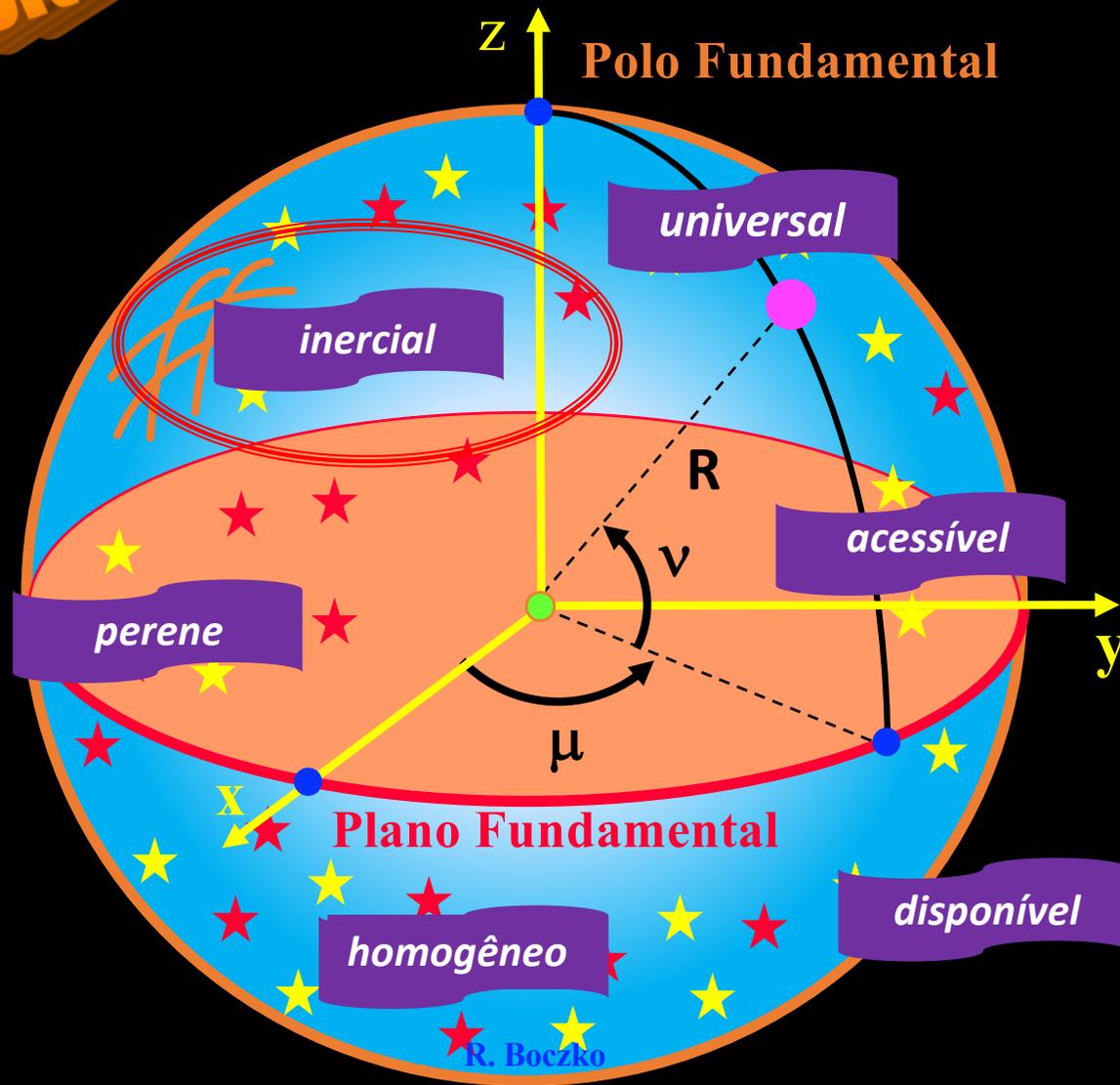


Referencial convencional fixo para um instante t_0

$$t_0 = 12:00 \text{ de } 01 \text{ janeiro}/2000 = J2000.0$$

Referencial móvel no instante t da observação

Materialização Requisitos



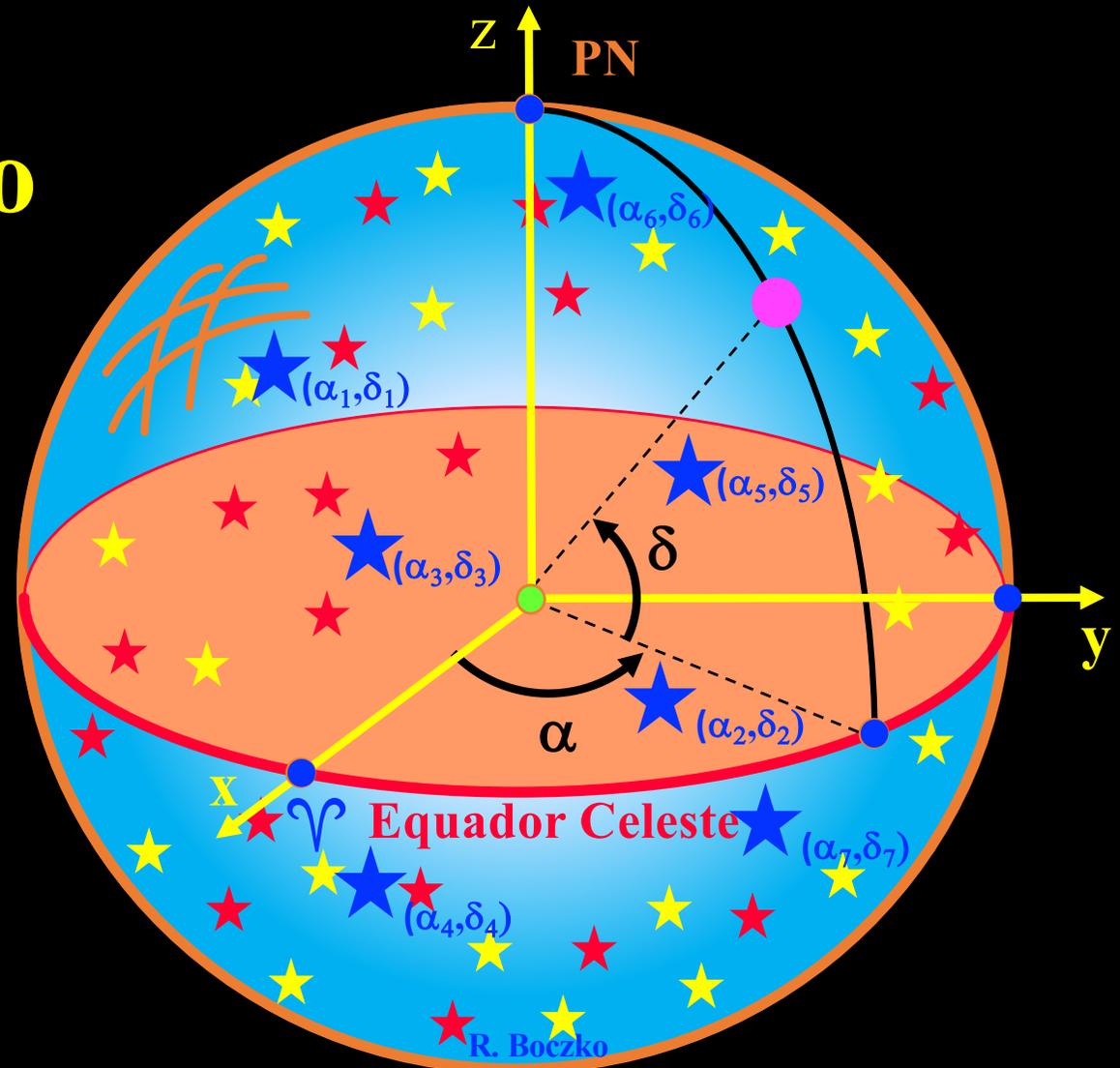
Inercialidade referências



Estrelas: movimentos próprios

alteração na posição

$(\mu_\alpha$ e $\mu_\delta)$



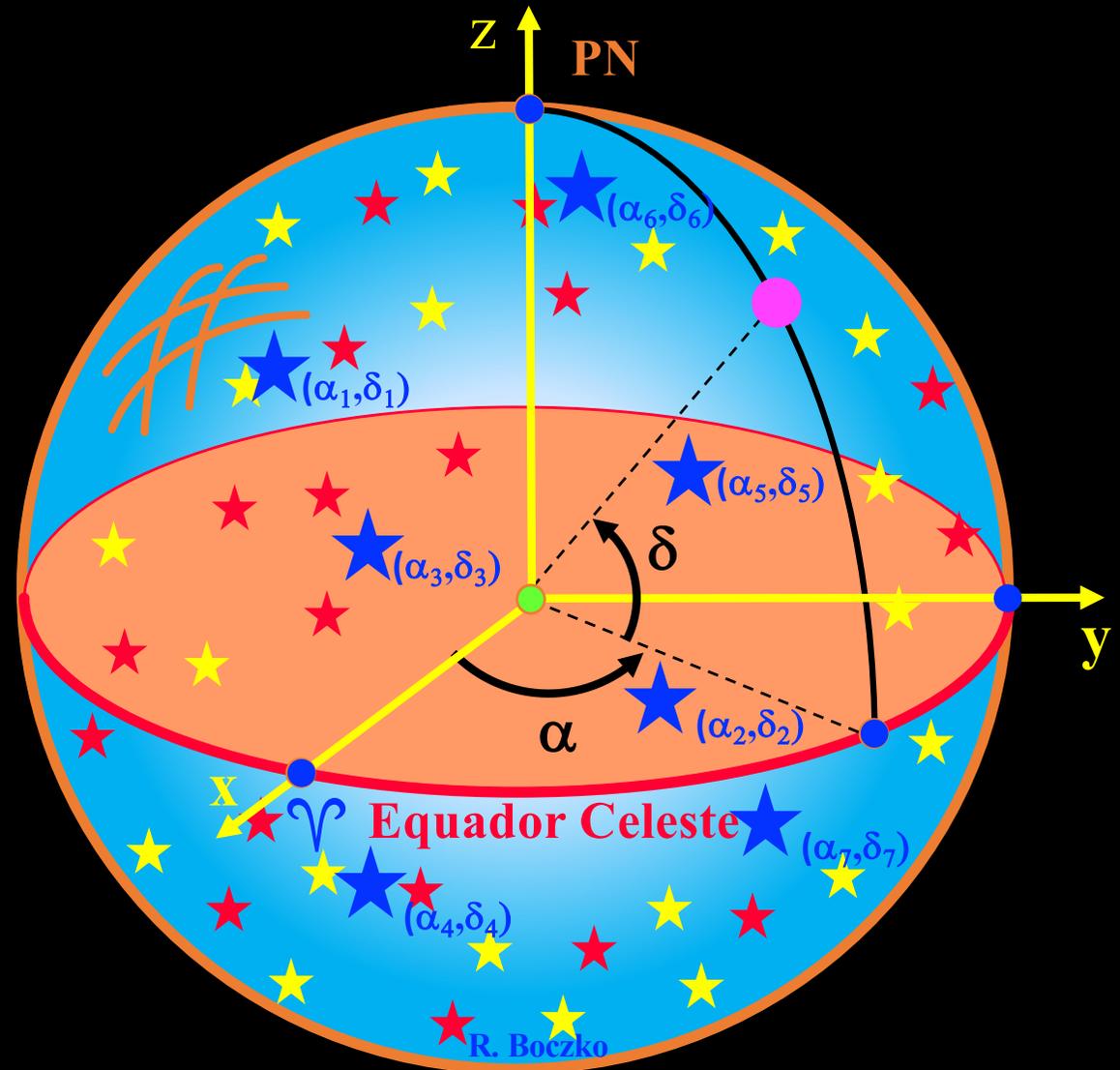


época padrão t_0



$$\alpha = \alpha_0 + \mu_\alpha \cdot \Delta t$$

$$\delta = \delta_0 + \mu_\delta \cdot \Delta t$$



Dificuldades

- *equador/eclíptica*
- *base estelar*

Precisão observações absolutas

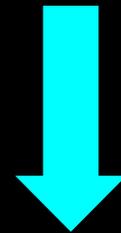
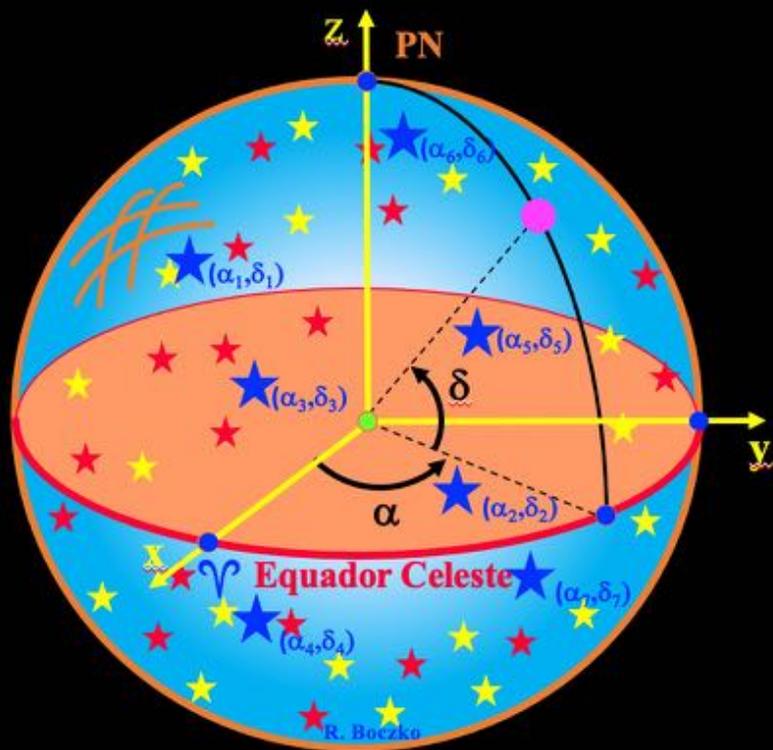
Paralaxes desconhecidas

Erros nos movimentos próprios

Precessão/nutação mal determinadas

ICRS 1991

International Celestial Reference System



“quasares”

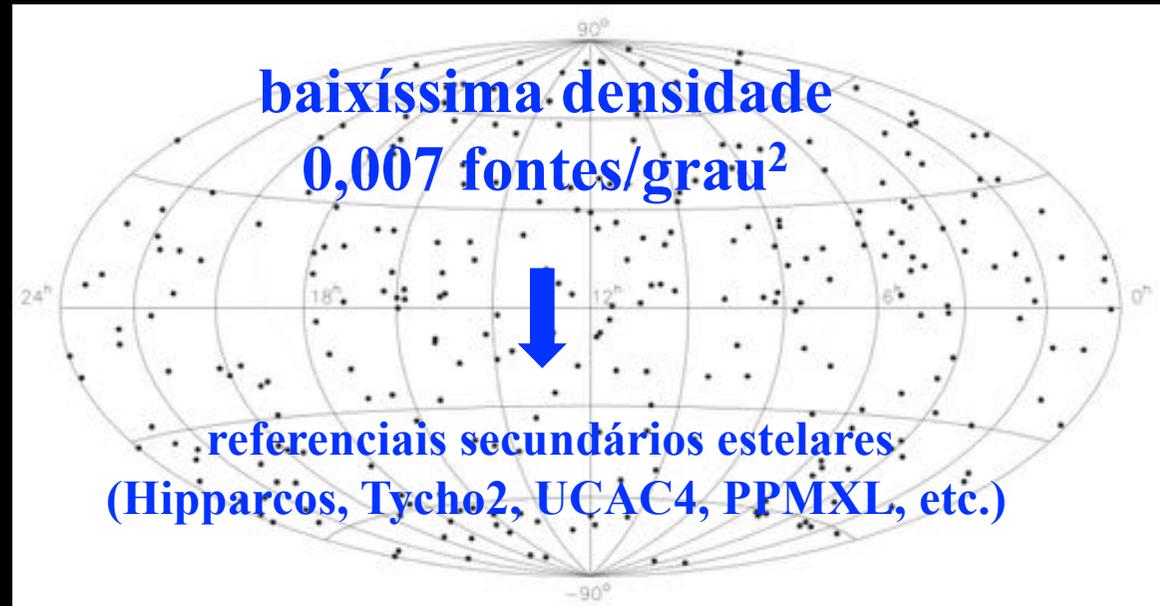
Materializado

International Celestial Reference Frame

- **Pontos de referências: quasares**
- **Movimentos próprios e paralaxes nulos**
- **Esfera celeste baricêntrica**
- **Plano xy alinhado com o equador de J2000.0 (t_0)**
- **Eixo x alinhado com a direção do equinócio vernal**

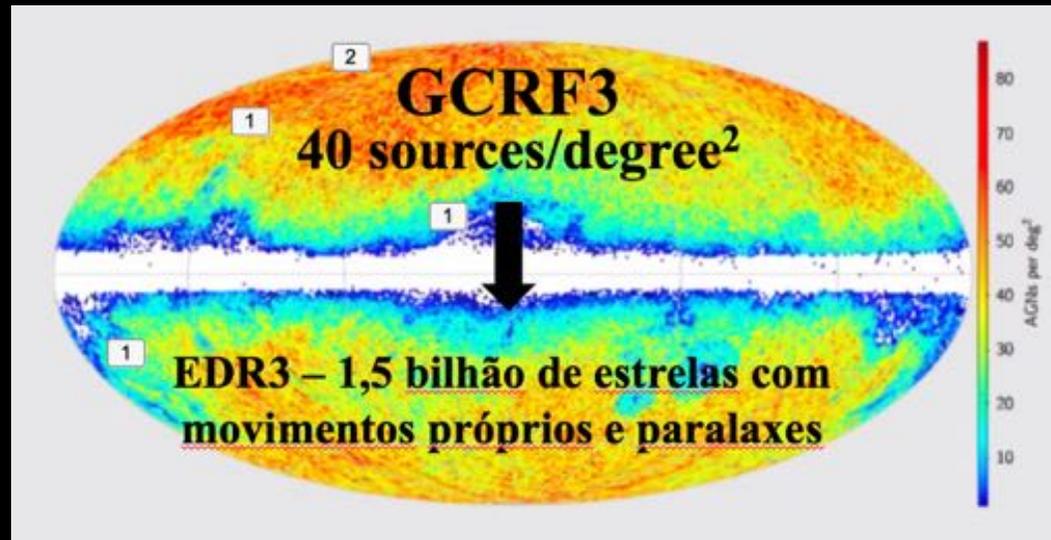
Materialização

*Referencial radio
 ± 300 quasares*



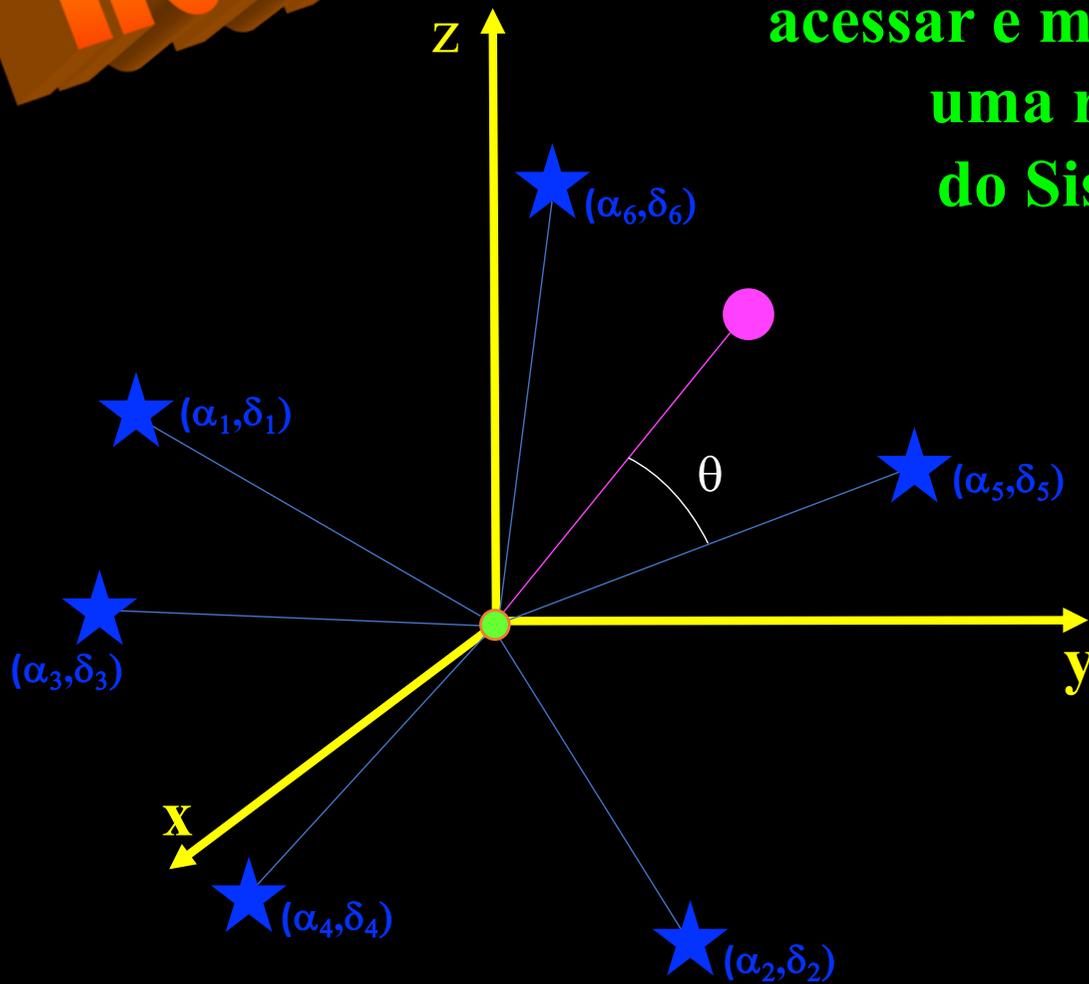
Materialização

Referencial Gaia *1,6 milhão de quasares*



Retardância

a direção mais fixa que conseguimos acessar e materializar hoje é definida por uma reta ligando o baricentro do Sistema Solar a um quasar



A deep space photograph showing a dense field of stars. The stars vary in color, including bright yellow, orange, and blue. The word "FIM" is overlaid in the center in a large, bold, yellow serif font. The background is a dark, blackish-blue space filled with numerous small, distant stars.

FIM