

UFPR
Universidade
Federal do Paraná

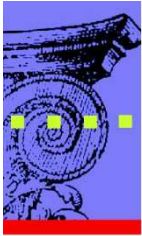
Eng. Cartográfica e de Agrimensura

DEFINIÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

GA112 – FUNDAMENTOS EM GEODÉSIA

Capítulo 3

Regiane Dalazoana

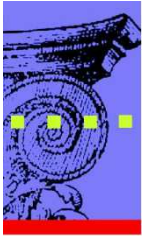


UFPR
Universidade
Federal do Paraná

DEFINIÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

3 – DEFINIÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS:

- 3.1 – Constantes Fundamentais e sua evolução;
- 3.2 – Rotação da Terra e sistemas de tempo;
- 3.3 – Sistemas de Referência celestes e terrestres convencionais;
- 3.4 – Parâmetros de orientação da Terra;
- 3.5 – Sistema Geodésico de Referência Internacional (ITRS); Sistema Geodésico de Referência Global (GGRS)
- 3.6 – Sistemas de referência associados com o campo da gravidade;
- 3.7 – Relação de Sistema Topográfico Local e SGRs geocêntricos.



UFPR

Universidade
Federal do Paraná

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

DEFINIÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

VISÃO GERAL - SGR

DEFINIÇÃO

“system”

parâmetros

+

convenções

+

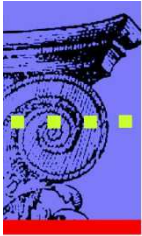
elipsóide orientado e ajustado à Terra

SGR = superfície de referência +
orientação



Modernamente definida por parâmetros geométricos e físicos.

Além disso a definição do SGR procura explicitar como o sistema é formado, qual sua origem, orientação e escala, qual o modelo adotado, qual a época de referência, como evolui ao longo do tempo, etc.



UFPR

Universidade
Federal do Paraná

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

DEFINIÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

VISÃO GERAL - SGR

SGR = superfície de referência +
orientação



Modernamente definida por parâmetros
geométricos e físicos.

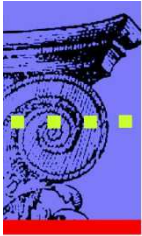
References

IERS
Technical
Note

No. 36

Table 1.2: Parameters of the Geodetic Reference System GRS80

Constant	Value	Description
GM_{\oplus}	$3.986005 \times 10^{14} \text{ m}^3\text{s}^{-2}$	Geocentric gravitational constant
a_E	6378137 m	Equatorial radius of the Earth
$J_{2\oplus}$	1.08263×10^{-3}	Dynamical form factor
ω	$7.292115 \times 10^{-5} \text{ rads}^{-1}$	Nominal mean Earth's angular velocity
$1/f$	298.257222101	Flattening factor of the Earth



UFPR

Universidade
Federal do Paraná

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

DEFINIÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

VISÃO GERAL - SGR

DEFINIÇÃO

“system”

parâmetros

+

convenções

+

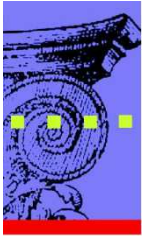
elipsóide orientado e ajustado à Terra

- Definido a partir da adoção de um elipsoide de referência posicionado e orientado em relação à superfície terrestre



Próximas etapas

- Coleta de observações sobre a superfície terrestre
- Processamento e análise dos resultados
- Divulgação dos resultados (coordenadas numa dada época + precisão + velocidades)



UFPR

Universidade
Federal do Paraná

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

DEFINIÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

VISÃO GERAL - SGR

- Materializado por um conjunto de pontos



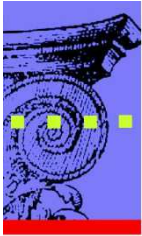
REALIZAÇÃO OU MATERIALIZAÇÃO

“frame”

conjunto de pontos implantados na superfície física da Terra cujas coordenadas são conhecidas



disponibilizado ao usuário



UFPR
Universidade
Federal do Paraná

DEFINIÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

VISÃO GERAL - SGR

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

- O conjunto de estações materializadas na superfície, cujas coordenadas foram determinadas com relação ao sistema de referência, constituem-se nas chamadas redes geodésicas, didaticamente divididas em:

- Verticais ou altimétricas

RAZÃO DA SEPARAÇÃO

Vinculado ao campo da gravidade

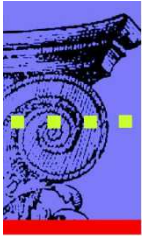
- Horizontais

Vinculado a um sistema geométrico

- Tridimensionais

+

Uso de diferentes equipamentos e observações coletadas em campo



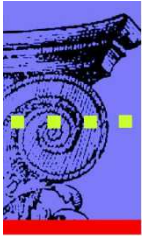
UFPR
Universidade
Federal do Paraná

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

DEFINIÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

NECESSIDADE DOS SGR

- **Geodésia** – objeto de estudo da Geodésia requer um SGR que permita a representação de forma integrada; sistemas de monitoramento globais
- **Cartografia** – para evitar problemas e confusões na representação da topografia, limites políticos e geográficos (GEOREFERENCIAMENTO)
- **Navegação** – integração entre o navegador e o meio
- **Engenharia** – implantação de obras de engenharia (túneis, canais, pontes, etc)



UFPR
Universidade
Federal do Paraná

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

DEFINIÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

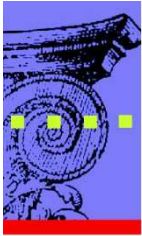
3.1 – Constantes Fundamentais e sua Evolução

Mensuração nada mais é do que a **comparação** com um **padrão** pré estabelecido.

O Sistema Internacional (SI) estabelece padrões fundamentais, como por exemplo:

Grandeza Fundamental	Unidade
Comprimento	Metro
Massa	Quilograma
Tempo	Segundo

Ver: www.bipm.org (Bureau Internacional de Pesos e Medidas)



UFPR
Universidade
Federal do Paraná

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

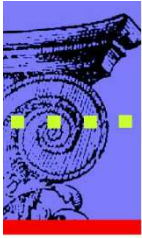
DEFINIÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

3.1 – Constantes Fundamentais e sua Evolução

Metro:

- Décima milionésima parte da distância do Equador ao polo, materializada em um protótipo em 1799 → barra denominada de “metro dos arquivos”
- 1889 → baseado numa barra construída com material mais estável (platina-iridium), mantida pelo BIPM (*Bureau International des Poids et Mesures* – www.bipm.org), reproduzida com precisão de 10^{-7}





UFPR
Universidade
Federal do Paraná

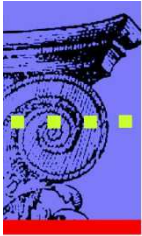
DEFINIÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

3.1 – Constantes Fundamentais e sua Evolução

Metro:

- Décima milionésima parte da distância do Equador ao polo, materializada em um protótipo em 1799 → barra denominada de “metro dos arquivos”
- 1889 → baseado numa barra construída com material mais estável (platina-iridium), mantida pelo BIPM (*Bureau International des Poids et Mesures* – www.bipm.org), reproduzida com precisão de 10^{-7}
- 1983 → é a distância percorrida por uma onda eletromagnética, no vácuo, durante um intervalo de tempo de $1 / 299\,792\,458$ segundos, reproduzida com precisão relativa de 10^{-9} ou melhor.

OBS: A velocidade da luz no vácuo é tida como uma constante universal $c=299\,792\,458\text{ ms}^{-1}$



UFPR

Universidade
Federal do Paraná

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

DEFINIÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

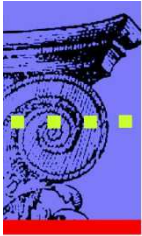
3.1 – Constantes Fundamentais e sua Evolução

Quilograma:

- Massa de um protótipo (platina-iridium), mantida pelo BIPM (*Bureau International des Poids et Mesures* – www.bipm.org) desde 1889. Reprodução com precisão relativa de 10^{-9}



- Redefinição – novembro de 2018



UFPR

Universidade
Federal do Paraná

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

DEFINIÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

3.1 – Constantes Fundamentais e sua Evolução

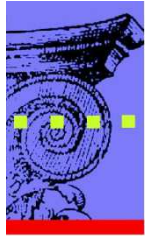
Quilograma:

- Massa de um protótipo (platina-iridium), mantida pelo BIPM (*Bureau International des Poids et Mesures* – www.bipm.org) desde 1889. Reprodução com precisão relativa de 10^{-9}

OBS:

→ A Geodésia consegue definir a constante GM com precisão relativa de 10^{-9} , onde M é a massa da Terra incluindo oceanos e atmosfera. Do *IERS Technical Note* n^o 36 (www.iers.org) $GM=398\ 600,4418 \times 10^9 \text{ m}^3\text{s}^{-2}$

→ A Física define G com precisão relativa de 10^{-4}
 $G = 6,67428 \times 10^{-11} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}\text{s}^{-2}$



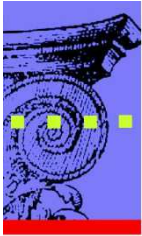
UFPR
Universidade
Federal do Paraná

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

DEFINIÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

3.1 – Constantes Fundamentais e sua Evolução Segundo:

- Desde a antiguidade, a medida natural para o tempo era baseada no movimento de rotação da Terra em torno do seu eixo. Logo, inicialmente, o segundo foi definido como a fração de $1/86400$ do **dia solar médio** → média da duração de sucessivas passagens do Sol pelo mesmo meridiano (movimento aparente do Sol) → definição a cargo dos astrônomos
- A instabilidade/irregularidades no movimento de rotação da Terra impede que atualmente esta definição seja utilizada como padrão de tempo nas mensurações geodésicas e em outras aplicações
- Precisão relativa em torno de 10^{-7}



UFPR

Universidade
Federal do Paraná

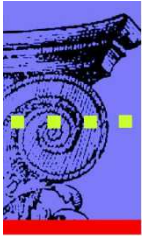
Eng. Cartográfica e de Agrimensura

DEFINIÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

3.1 – Constantes Fundamentais e sua Evolução

Segundo:

- Definição atual (1967) é a duração de 9 192 631 770 períodos da radiação correspondente a transição de elétrons entre dois níveis hiperfinos de energia no átomo de Césio 133 em seu estado fundamental
- Precisão relativa de 10^{-16}
- Relógios atômicos tem uma estabilidade em torno de 10^{-14} a 10^{-15} (maser de hidrogênio)



UFPR
Universidade
Federal do Paraná

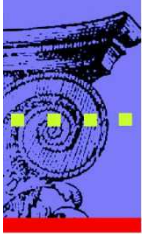
Eng. Cartográfica e de Agrimensura

DEFINIÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

3.1 – Constantes Fundamentais e sua Evolução

Dentre essas grandezas, **o tempo** tem papel fundamental na Geodésia:

- mensurações mais modernas utilizam o tempo de percurso de uma onda eletromagnética (exemplo: GNSS)
- a Terra possui movimentos periódicos e deformações que afetam a posição de pontos em sua superfície, é necessário descrever estes efeitos ao longo do tempo
- modelagem do movimento de satélites artificiais



UFPR
Universidade
Federal do Paraná

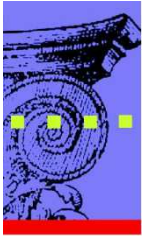
Eng. Cartográfica e de Agrimensura

DEFINIÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

3.2 – Rotação da Terra e Sistemas de Tempo;

Nos sistemas de tempo distinguem-se duas categorias de tempo:

- o tempo regulado pelo período de radiação de átomos → **tempo atômico**
- os baseados no movimento de rotação da Terra → **tempo sideral e tempo universal**



UFPR
Universidade
Federal do Paraná

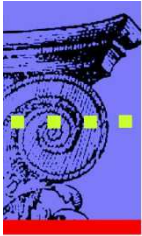
Eng. Cartográfica e de Agrimensura

DEFINIÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

3.2 – Rotação da Terra e Sistemas de Tempo;

Tempo atômico internacional (TAI):

- É uma escala de tempo uniforme, contínua e bastante estável, não está conectada à rotação da Terra e é de alta precisão (10^{-13} a 10^{-15} – relógios de césio e masers de hidrogênio)
- Vinculação com a atual definição do segundo
- É mantido pelo BIPM com o uso de cerca de 200 relógios atômicos (césio e maser de hidrogênio) localizados em cerca de 50 laboratórios espalhados pelo mundo



UFPR
Universidade
Federal do Paraná

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

DEFINIÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

3.2 – Rotação da Terra e Sistemas de Tempo;

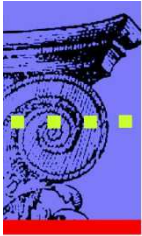
Sistemas de tempo baseados no movimento de rotação da Terra:

- São escalas de tempo não uniformes devido às irregularidades do movimento de rotação

Mas antes disso, vamos falar um pouco da rotação e translação da Terra...

- Os movimentos de rotação e de translação geram alguns efeitos sobre o planeta, por exemplo:

- a) precessão e nutação
- b) movimento do polo

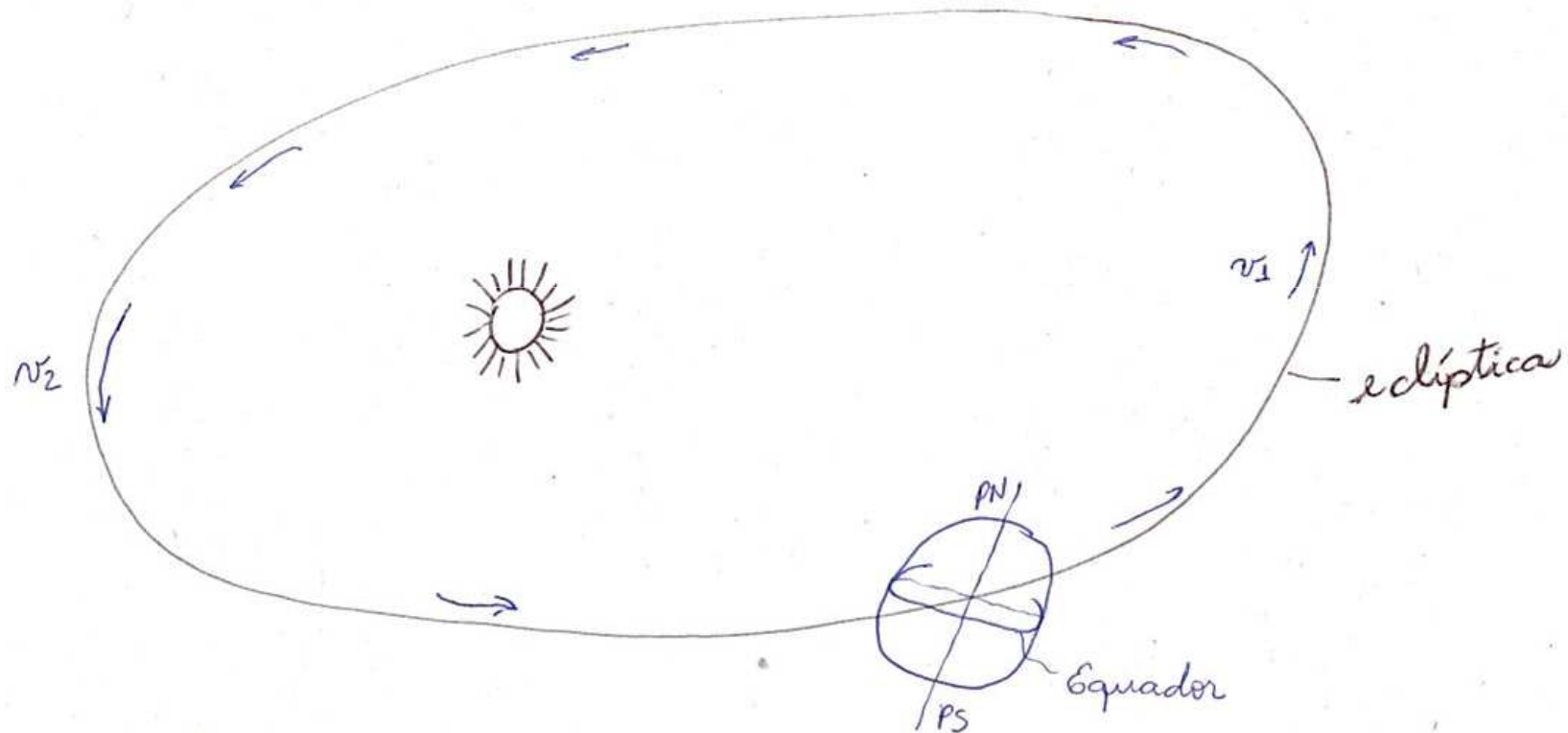


UFPR
Universidade
Federal do Paraná

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

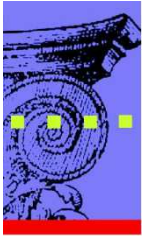
DEFINIÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

3.2 – Rotação da Terra e Sistemas de Tempo; Movimentos de rotação e translação da Terra



Rotação em torno do eixo e translação em torno do Sol numa órbita elíptica onde o Sol ocupa um dos focos denominada de eclíptica.

Em relação ao plano da eclíptica o eixo da Terra está inclinado de cerca de $66,5^\circ$

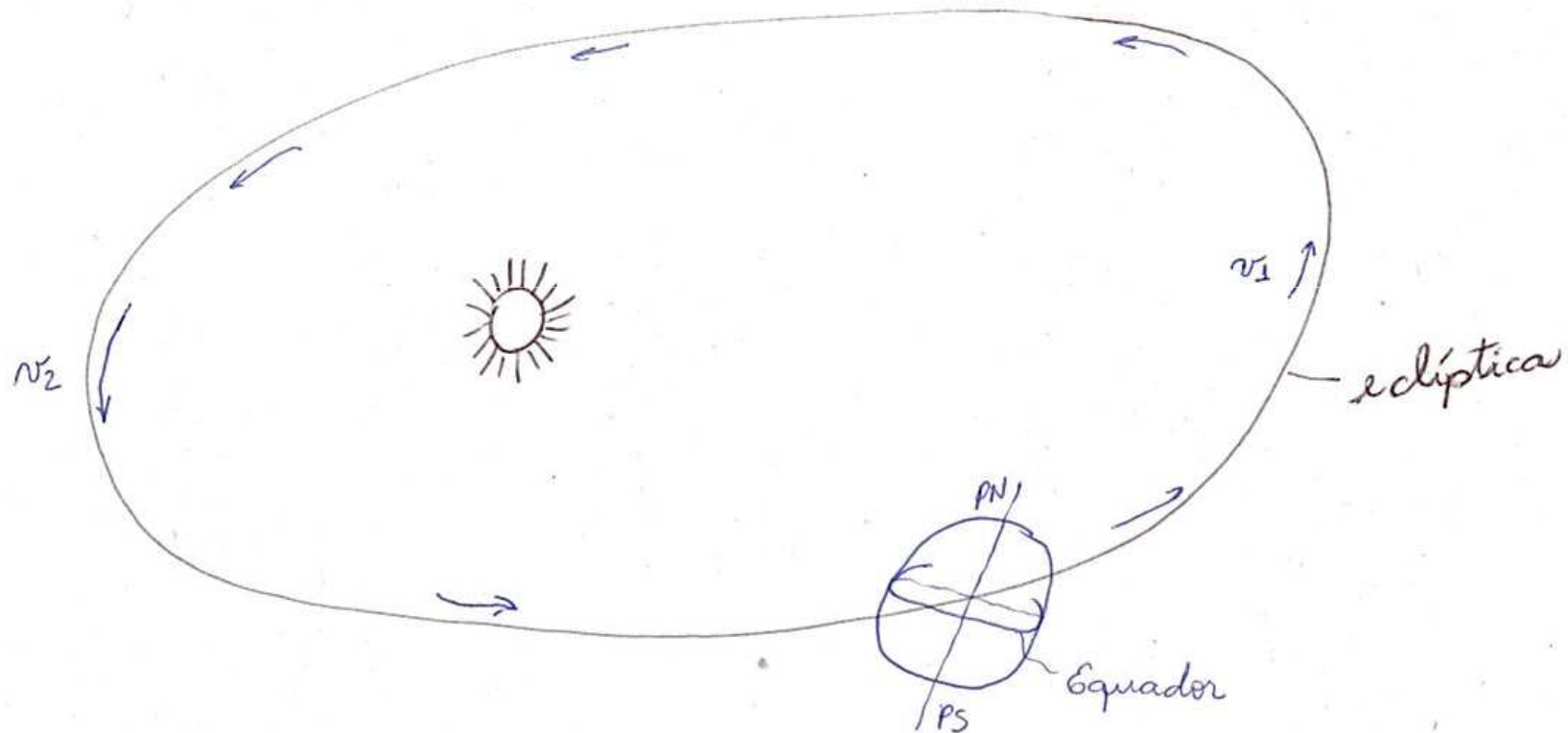


UFPR
Universidade
Federal do Paraná

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

DEFINIÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

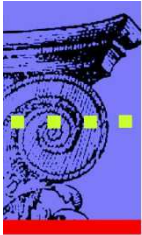
3.2 – Rotação da Terra e Sistemas de Tempo; Movimentos de rotação e translação da Terra



Volta completa em torno do eixo – **dia sideral** (rotação)

Volta completa com relação ao sol – **dia solar** (rotação + translação)

O dia solar é mais longo que o dia sideral

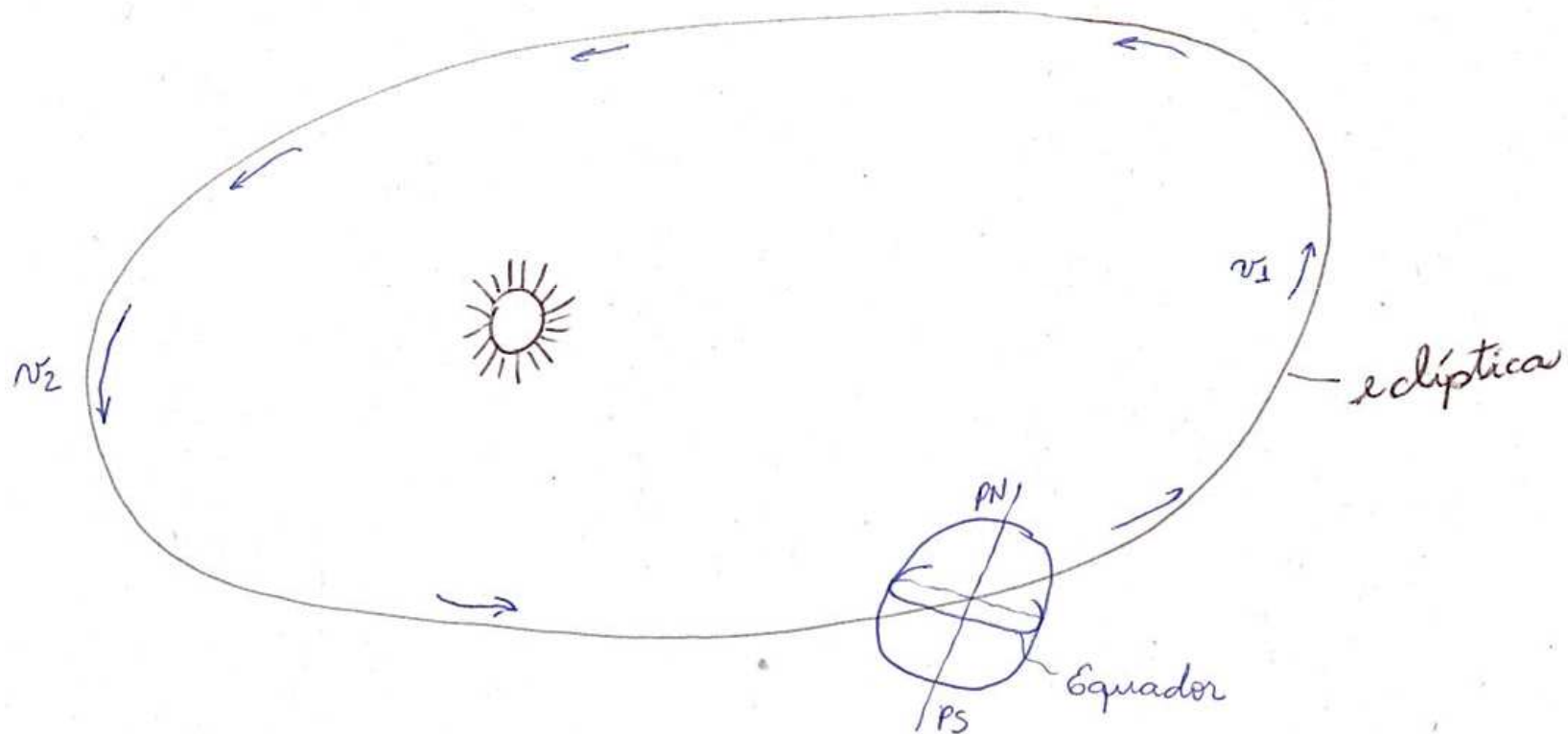


UFPR
Universidade
Federal do Paraná

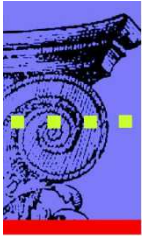
Eng. Cartográfica e de Agrimensura

DEFINIÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

3.2 – Rotação da Terra e Sistemas de Tempo; Movimentos de rotação e translação da Terra



Da 2ª Lei de Kepler tem-se que $v_2 > v_1$ logo o **dia solar** é diferente em função da posição da Terra na eclíptica → definição do **dia solar médio**



UFPR
Universidade
Federal do Paraná

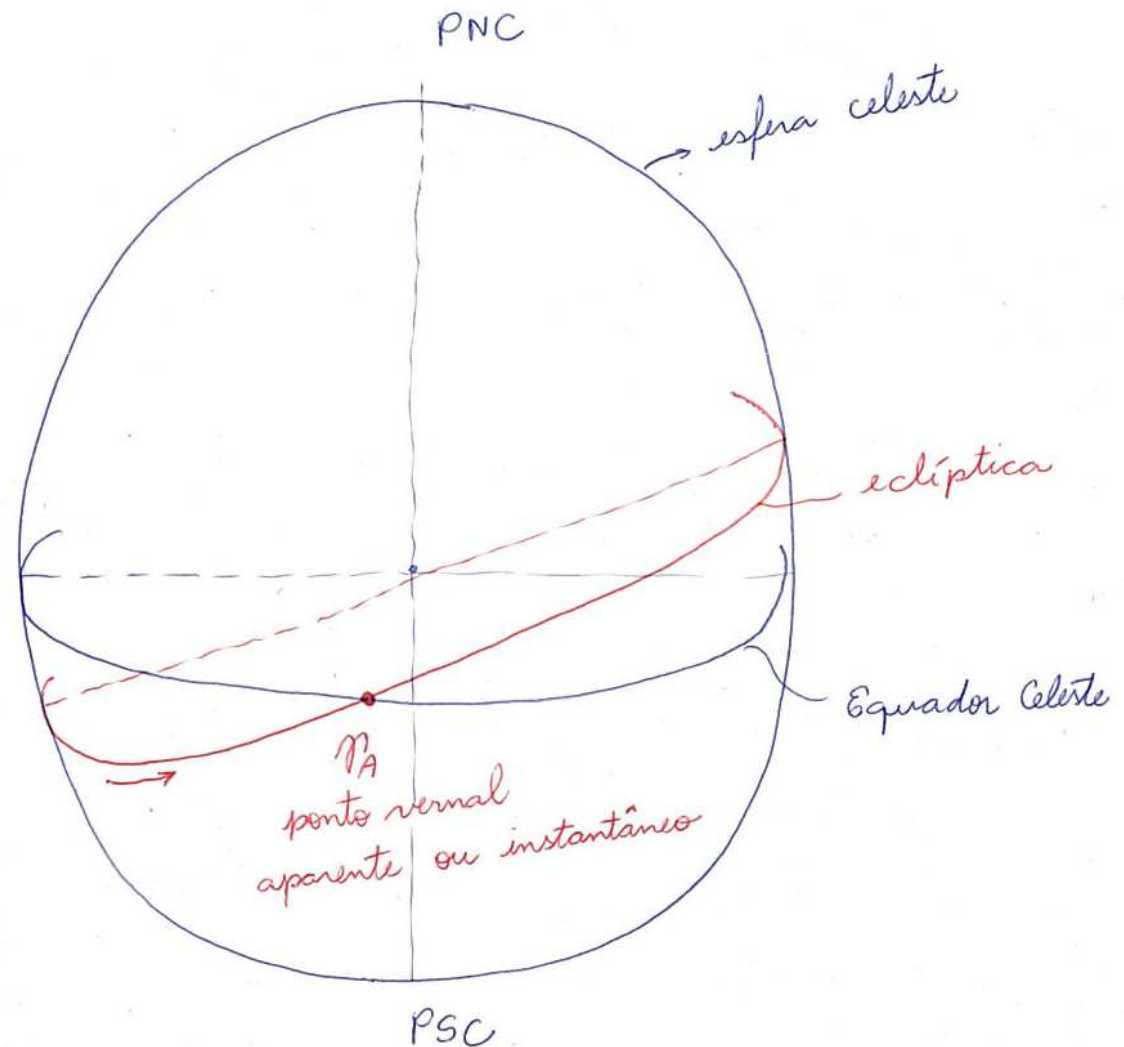
DEFINIÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

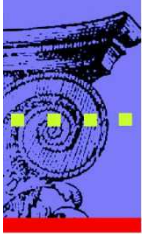
3.2 – Rotação da Terra e Sistemas de Tempo; Movimentos de rotação e translação da Terra

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

Muitas vezes, para facilitar o estudo, supõe-se que é o Sol que orbita ao redor da Terra – **movimento aparente do Sol**

Considerando a translação, a eclíptica indica o movimento aparente do Sol ao redor da Terra e o γ indica a interseção da eclíptica com o Equador Celeste quando o Sol passa do Hemisfério Sul para o Norte (equinócio de outono)





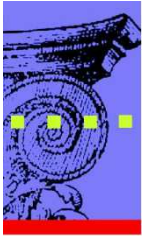
UFPR

Universidade
Federal do Paraná

DEFINIÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

3.2 – Rotação da Terra e Sistemas de Tempo;

a) precessão e nutação: ditos movimentos forçados (causas externas à Terra), devem-se a forma não esférica da Terra e à inclinação do eixo de rotação em relação à eclíptica (plano orbital da Terra ao redor do Sol)



UFPR

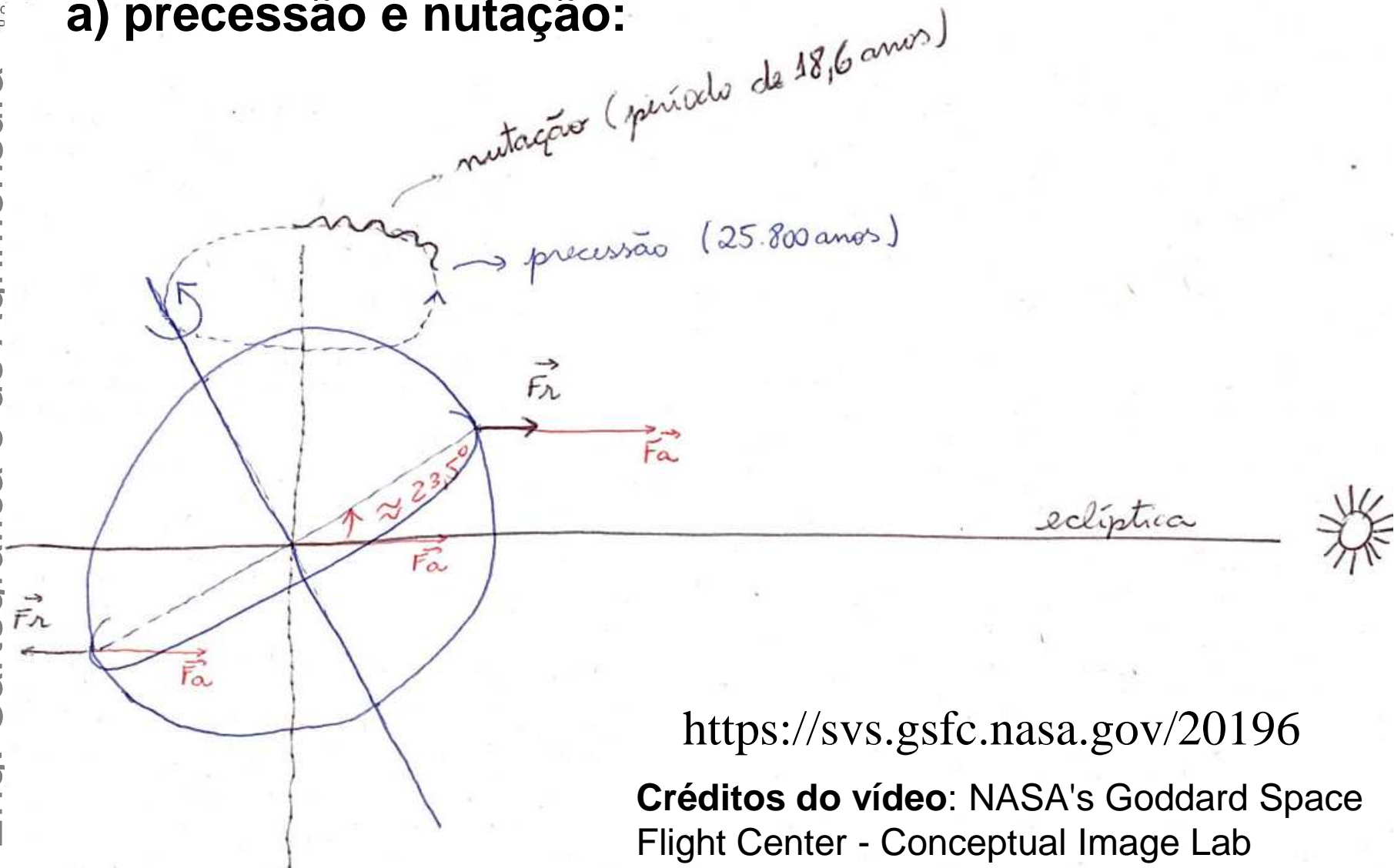
Universidade
Federal do Paraná

DEFINIÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

3.2 – Rotação da Terra e Sistemas de Tempo;

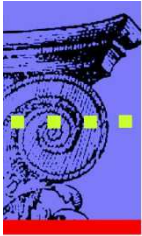
a) precessão e nutação:

Eng. Cartográfica e de Agrimensura



<https://svs.gsfc.nasa.gov/20196>

Créditos do vídeo: NASA's Goddard Space Flight Center - Conceptual Image Lab



UFPR

Universidade
Federal do Paraná

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

DEFINIÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

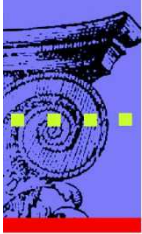
3.2 – Rotação da Terra e Sistemas de Tempo;

b) Movimento do polo: Também chamado de nutação livre, é causado pela própria dinâmica terrestre. Como o corpo planetário sofre uma série de efeitos como as marés, movimentação de massas, etc, a posição de seu eixo de rotação em relação ao corpo do planeta é variável no tempo.

O movimento do eixo de rotação com relação aos polos geográficos (fixos na Terra) é chamado de movimento do polo

Créditos do vídeo: NASA's Goddard Space Flight Center - Conceptual Image Lab

Olhando sob a perspectiva de alguém na Terra, o eixo de rotação descreve uma espiral em relação aos polos geográficos



UFPR
Universidade
Federal do Paraná

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

DEFINIÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

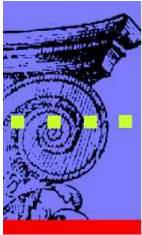
3.2 – Rotação da Terra e Sistemas de Tempo;

b) Movimento do polo:

Logo o polo terrestre é instantâneo, variável no tempo. Este efeito foi descrito por Chandler (astrônomo americano em 1891) (“*Chandler Wobble*”) e tem período de 435 dias.

A análise deste movimento ao longo do tempo se dá com base na definição da “*Conventional International Origin*” (CIO) que é a posição média do polo no período de 1900 a 1905.

O movimento do polo causa “alterações” nos meridianos – como consequência nas longitudes



DEFINIÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

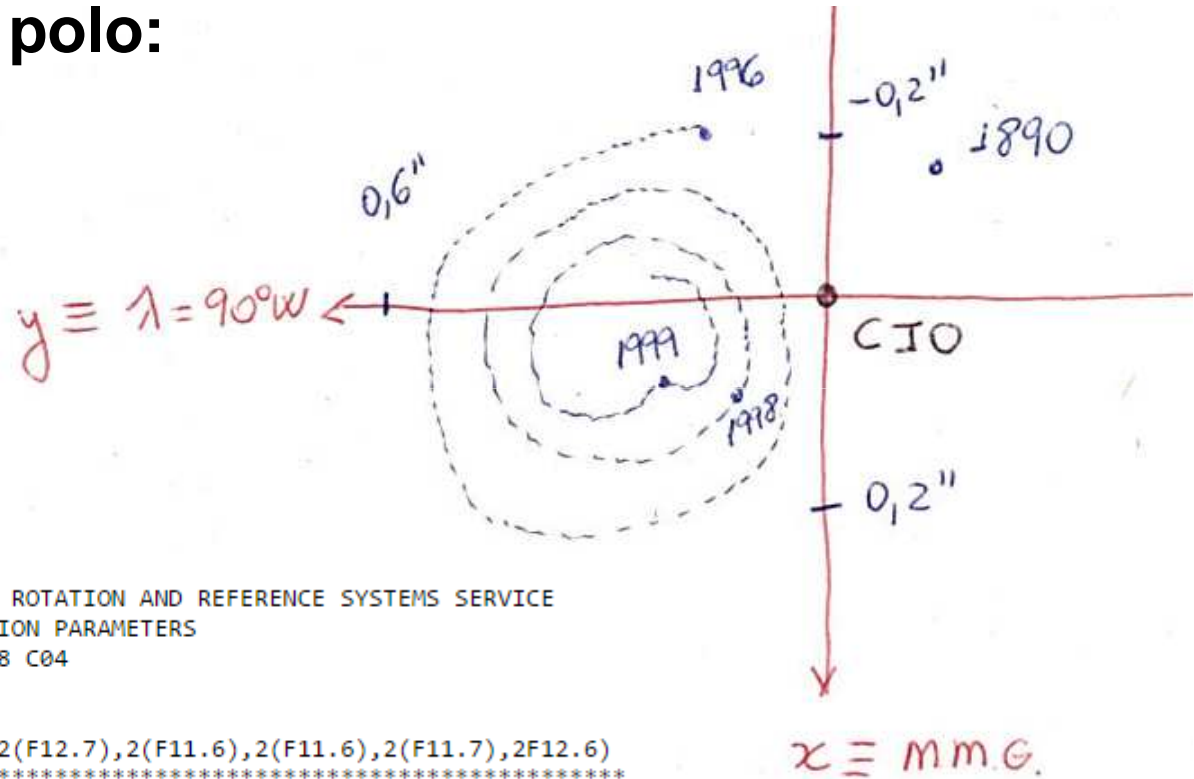
UFPR
Universidade
Federal do Paraná

3.2 – Rotação da Terra e Sistemas de Tempo;

b) Movimento do polo:

O IERS publica para cada dia a posição do polo:

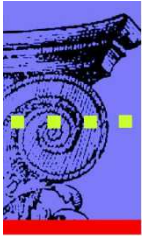
X_P
 Y_P



INTERNATIONAL EARTH ROTATION AND REFERENCE SYSTEMS SERVICE
EARTH ORIENTATION PARAMETERS
EOP (IERS) 08 C04

FORMAT(3(I4),I7,2(F11.6),2(F12.7),2(F11.6),2(F11.6),2(F11.7),2F12.6)

Date (0h UTC)	MJD	x "	y "	UT1-UTC s	LOD s	dX "	dY "
1962 1 1	37665	-0.012700	0.213000	0.0326338	0.0017230	0.000000	0.000000
1962 1 2	37666	-0.015900	0.214100	0.0320547	0.0016690	0.000000	0.000000
1962 1 3	37667	-0.019000	0.215200	0.0315526	0.0015820	0.000000	0.000000
1962 1 4	37668	-0.021999	0.216301	0.0311435	0.0014960	0.000000	0.000000



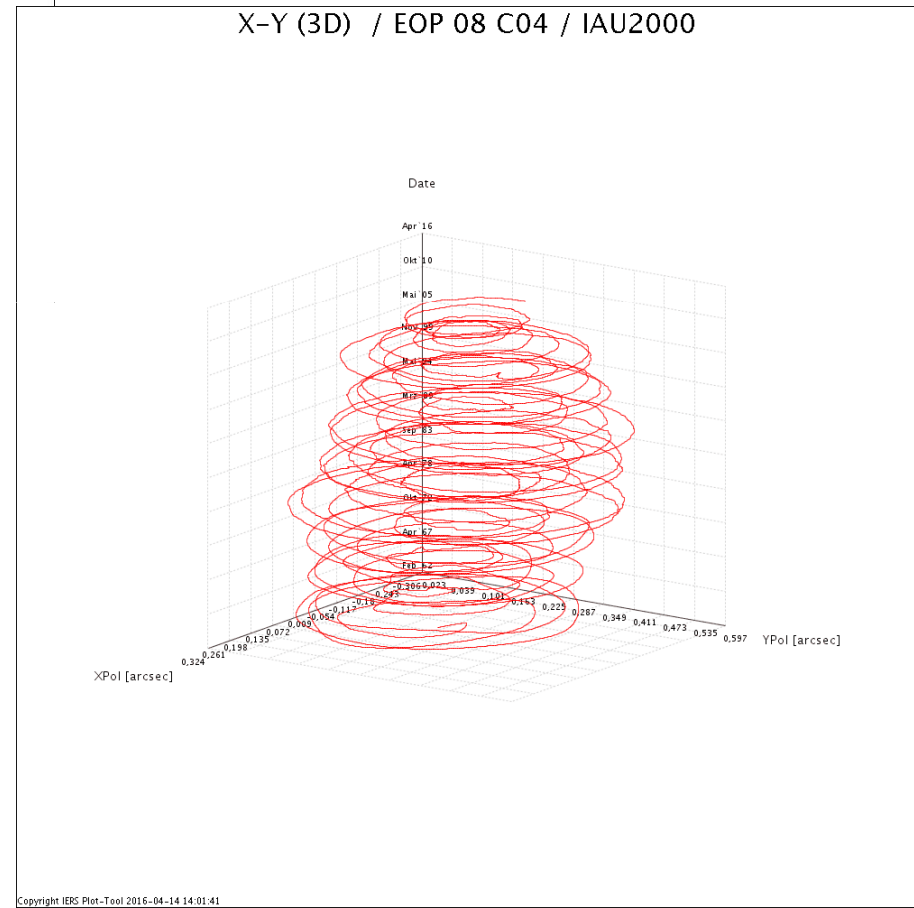
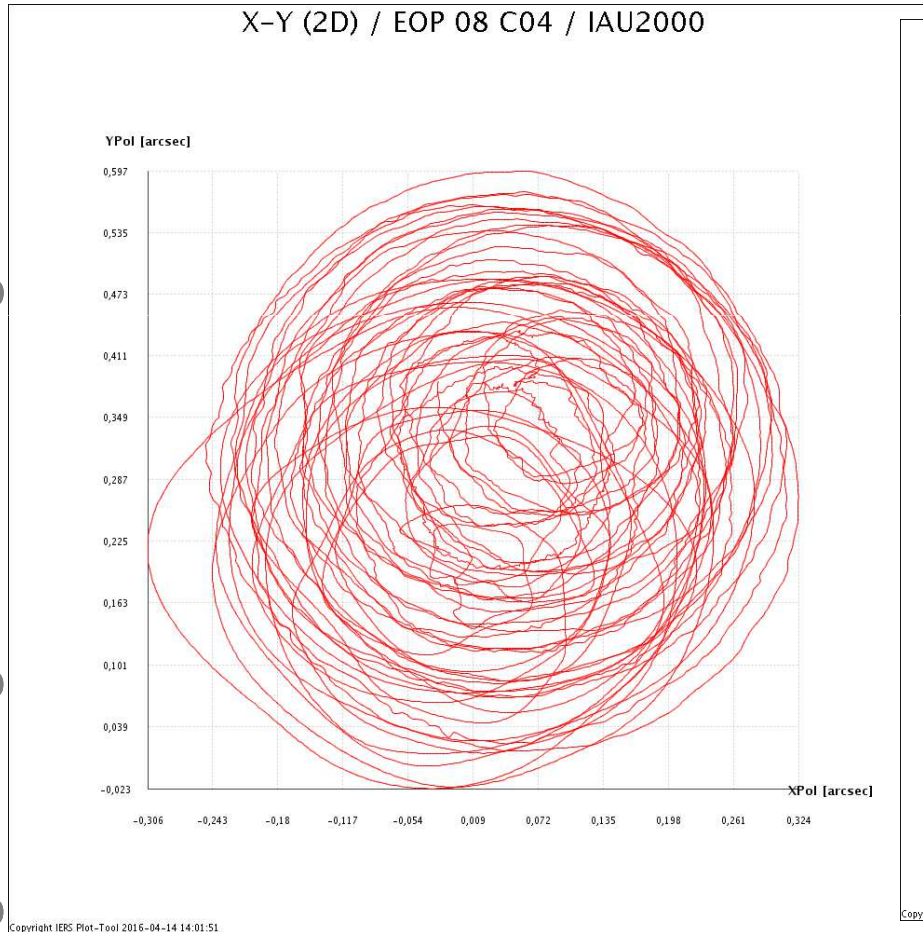
UFPR
Universidade
Federal do Paraná

DEFINIÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

3.2 – Rotação da Terra e Sistemas de Tempo;

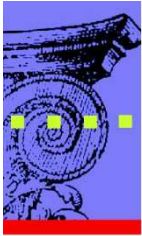
b) Movimento do polo:

Eng. Cartográfica e de Agrimensura



Série temporal de 1/1/1962 a 15/3/2016

Fonte: www.iers.org



UFPR
Universidade
Federal do Paraná

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

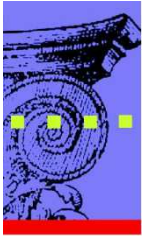
DEFINIÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

3.2 – Rotação da Terra e Sistemas de Tempo;

O **tempo sideral** considera apenas o movimento de rotação da Terra. O dia sideral equivale à rotação de 360° relativamente a seu eixo.

A nossa vida, no entanto, é regida pelo movimento aparente do sol → **dia solar médio** (considera rotação + translação). O dia solar médio leva em conta o período de duas passagens sucessivas do sol médio pelo mesmo meridiano. Como o movimento de translação também é considerado, o dia solar médio é mais longo que o dia sideral.

Dia sideral = dia solar médio – 3min 55,909s



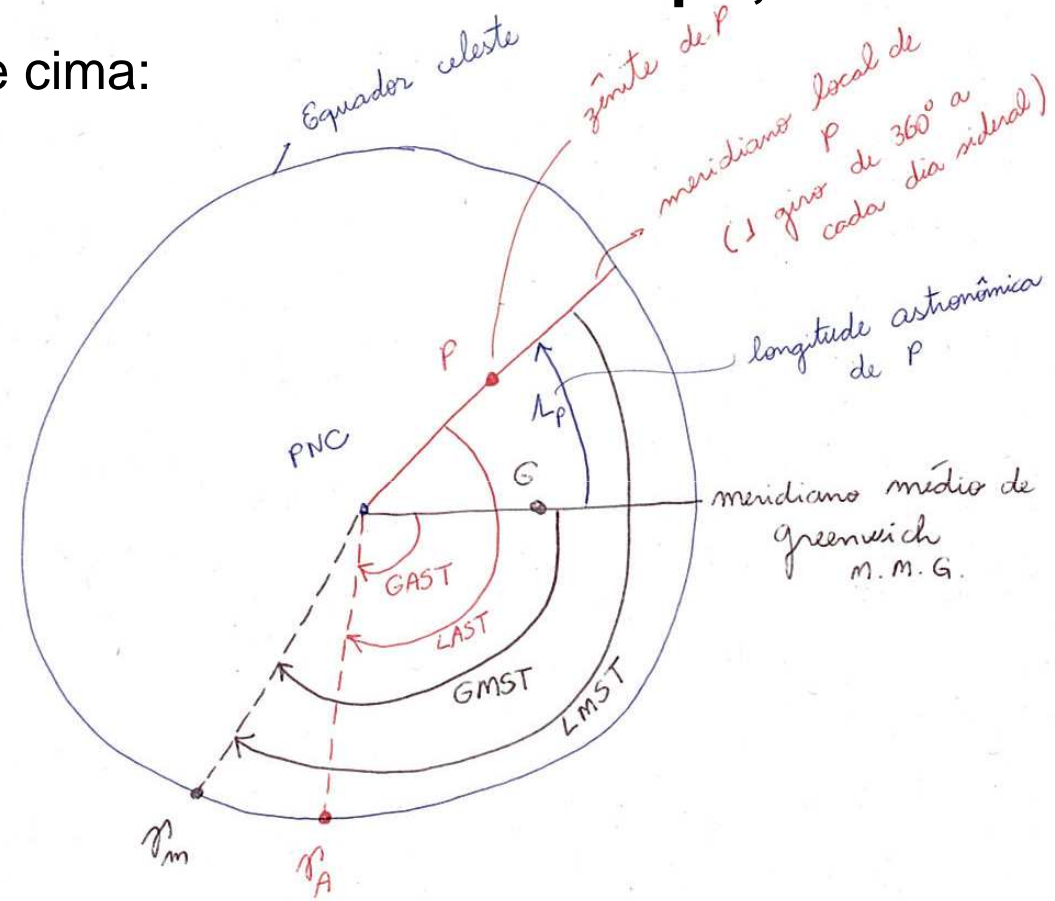
UFPR
Universidade
Federal do Paraná

DEFINIÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

3.2 – Rotação da Terra e Sistemas de Tempo;

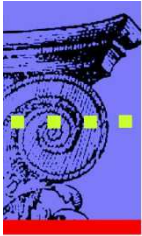
Olhando a esfera celeste de cima:

Devido à precessão, a cada ano, o ponto vernal aparente desloca-se 50,8" relativamente ao ponto vernal médio



GAST - Greenwich Apparent Sidereal Time
(quanto tempo faz que o M.M.G. passou pelo γ_A)

$$LAST - GAST = LMST - GMST = \lambda_P$$



UFPR
Universidade
Federal do Paraná

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

DEFINIÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

3.2 – Rotação da Terra e Sistemas de Tempo;

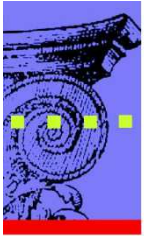
O **tempo universal (TU)** refere-se a passagem do sol médio pelo anti meridiano de Greenwich e está associado ao tempo civil.

O tempo universal oriundo das observações astronômicas do Sol, refere-se ao eixo de rotação instantâneo e é denominado de **TU0**.

O TU0 corrigido do movimento do polo ($\Delta\Lambda_p$) denomina-se **TU1**:

$$TU1 = TU0 + \Delta\Lambda_p$$

A hora civil é baseada no TU1 – ver definição do TUC



UFPR

Universidade
Federal do Paraná

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

DEFINIÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

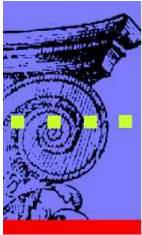
3.2 – Rotação da Terra e Sistemas de Tempo;

No **TAI** a unidade é o segundo (do SI – definição atômica), no **TU** a unidade é o segundo aparente, este como a velocidade de rotação da Terra está diminuindo, vem ficando mais longo que o segundo do tempo atômico

Buscando compatibilizar a escala de tempo atômica do TAI (estável) com a do TU1, que é fundamental para a vida cotidiana, foi estabelecido o **Tempo Universal Coordenado (TUC)**. O TUC é mantido pelo BIPM.

Variações entre o TUC e o TU1 (DUT) são determinadas pelo IERS de tal forma que:

$$DUT = |TU1 - TUC| \leq 0,9s$$

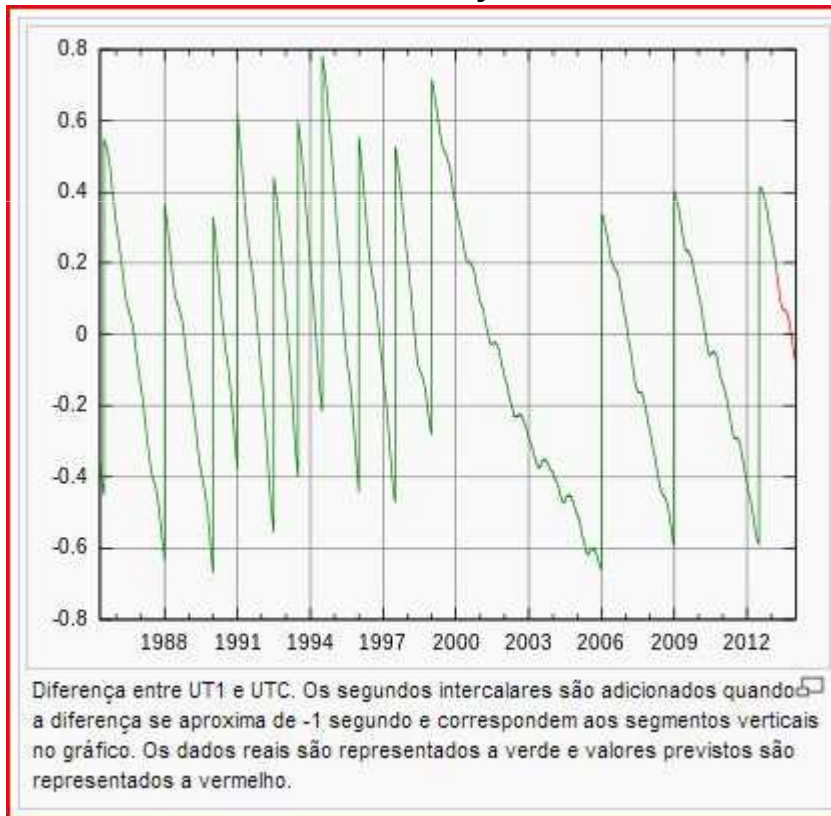


UFPR
Universidade
Federal do Paraná

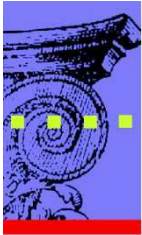
DEFINIÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

3.2 – Rotação da Terra e Sistemas de Tempo;

O TUC é uma escala de tempo baseada no segundo atômico, porém é eventualmente ajustada visando manter sua compatibilidade com o TU1, isso é feito com a introdução de segundos adicionais “*leap seconds*” em 30 de junho ou 31 de dezembro



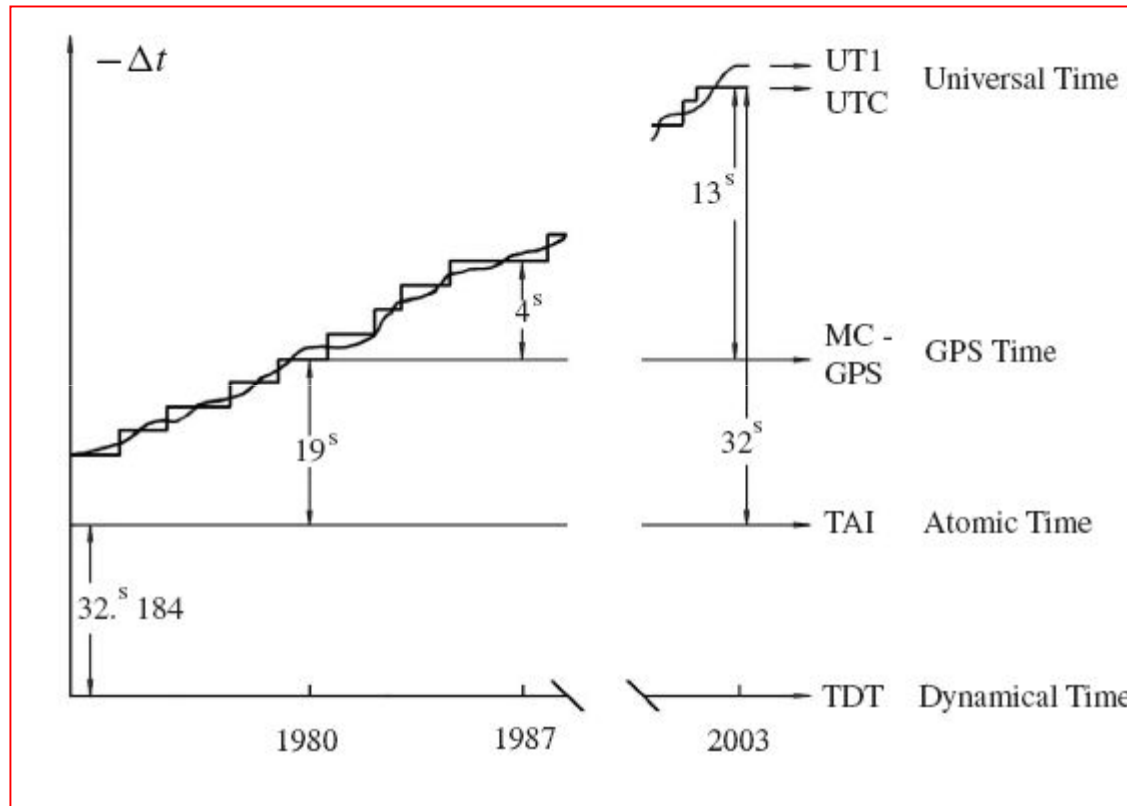
Ano	30 de junho 23:59:60	31 de dezembro 23:59:60	Ano	30 de junho 23:59:60	31 de dezembro 23:59:60
1972	+1 segundo	+1 segundo	1987		+1 segundo
1973		+1 segundo	1989		+1 segundo
1974		+1 segundo	1990		+1 segundo
1975		+1 segundo	1992	+1 segundo	
1976		+1 segundo	1993	+1 segundo	
1977		+1 segundo	1994	+1 segundo	
1978		+1 segundo	1995		+1 segundo
1979		+1 segundo	1997	+1 segundo	
1981	+1 segundo		1998		+1 segundo
1982	+1 segundo		2005		+1 segundo
1983	+1 segundo		2008		+1 segundo
1985	+1 segundo		2012	+1 segundo	



UFPR
Universidade
Federal do Paraná

DEFINIÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

3.2 – Rotação da Terra e Sistemas de Tempo;



FONTE: SEEBER, 2003

Tempo Universal Coordenado (TUC ou UTC) – introdução de segundos adicionais

Em 1 de julho de 2015 a diferença entre TUC e TAI era de 36s
A partir de 1 de janeiro de 2017 a diferença ficou em 37s