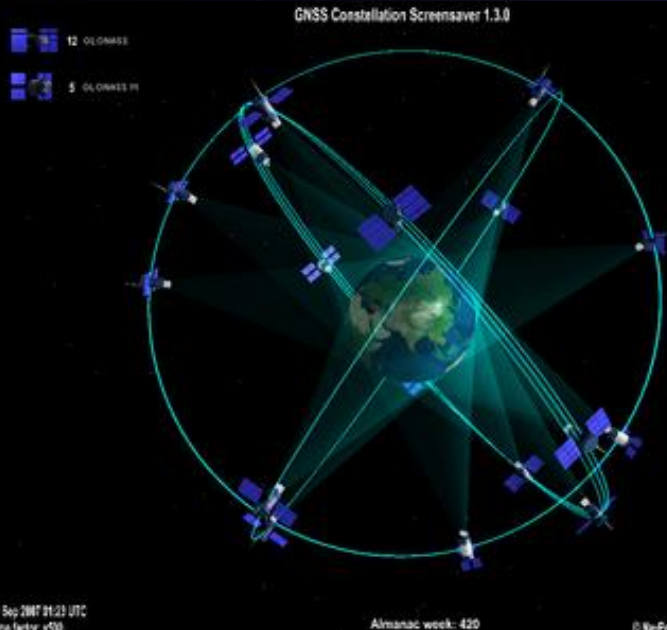
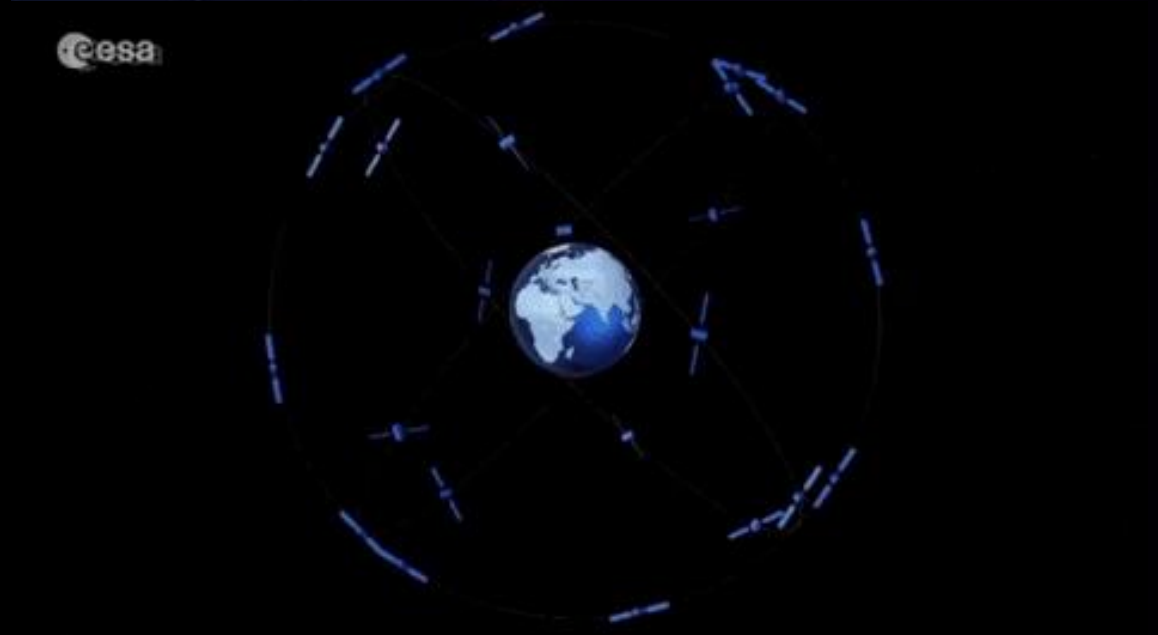
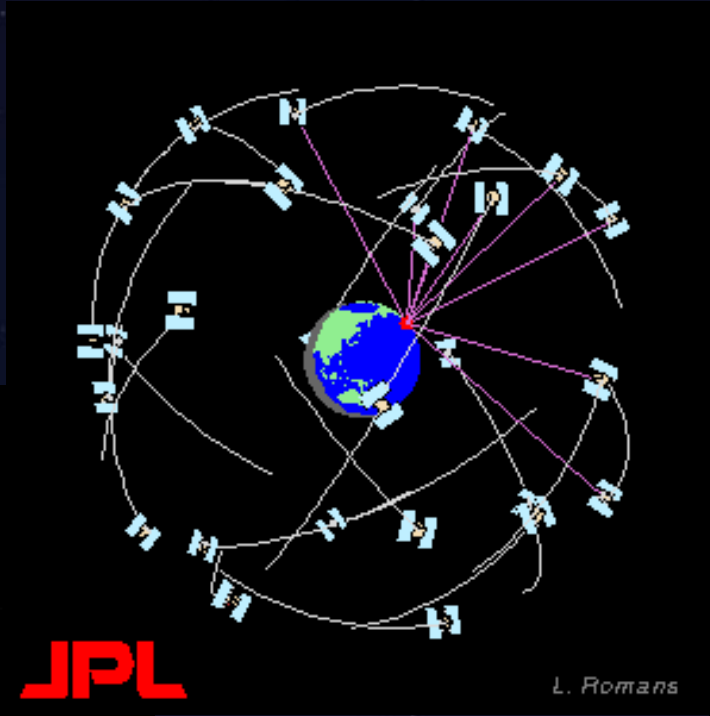
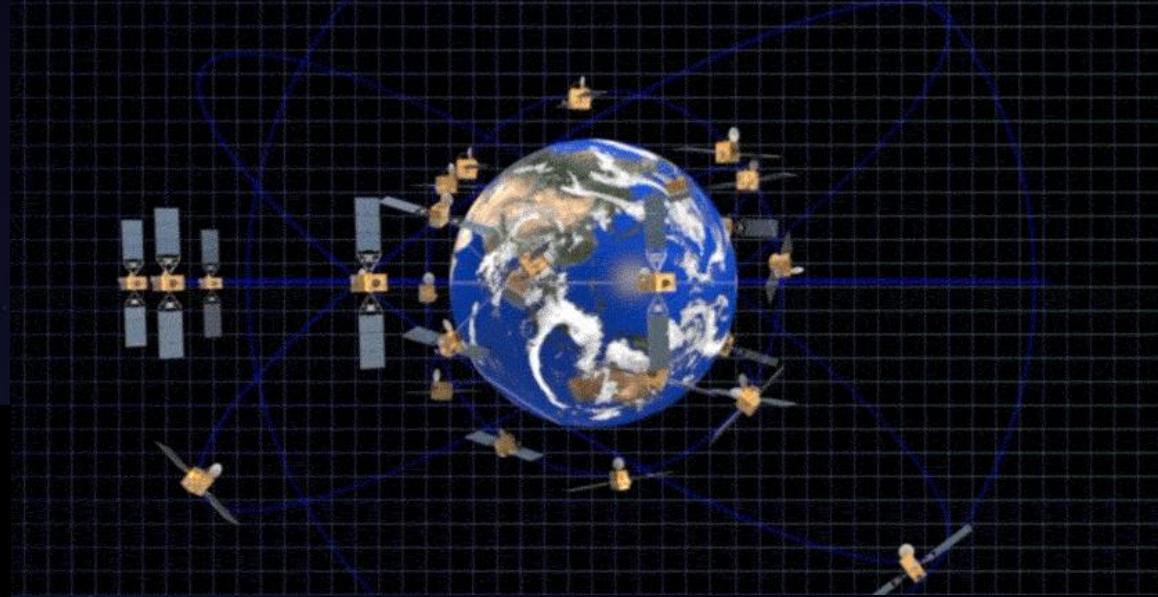


GNSS

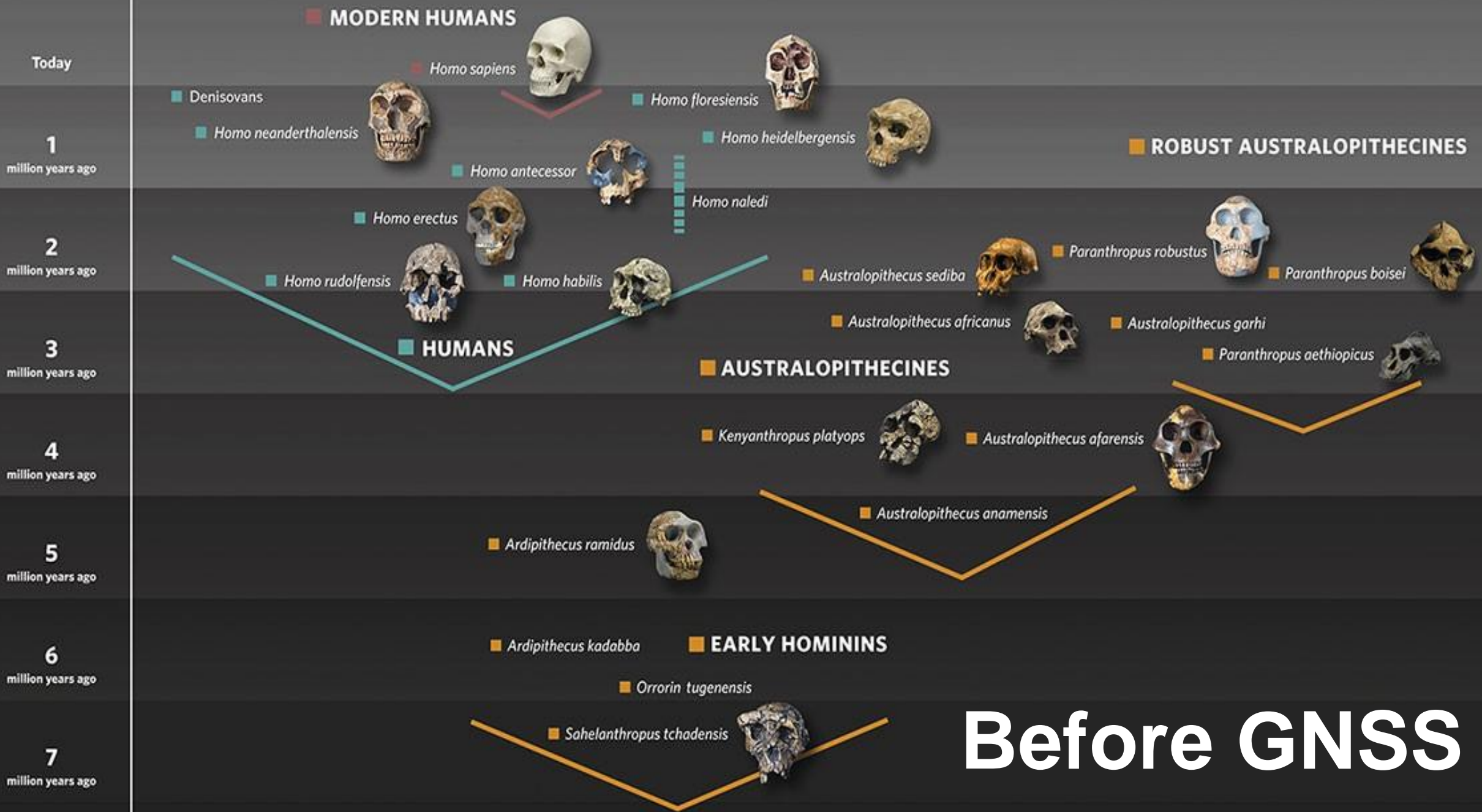
Global Navigation Satellite System



Prof. Augusto Uchôa

OUTLINE

- Before GNSS
- What is GNSS?
- Overview of the history of GNSS
- Describe the different constellations
- Why a multi-constellation solution?
- Show some examples of improvements when using extra satellites



Before GNSS

**Made by
us in the
last 60
years**



1975

But, what is GNSS?

“Global Navigation Satellite System (GNSS) refers to a constellation of satellites providing signals (positioning and timing data) GNSS provides global coverage)”

1. Europe's Galileo;
2. USA's NAVSTAR Global Positioning System (GPS);
3. Russia's Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema (GLONASS) and;
4. China's BeiDou Navigation Satellite System.

GNSS e GPS are synonyms ?

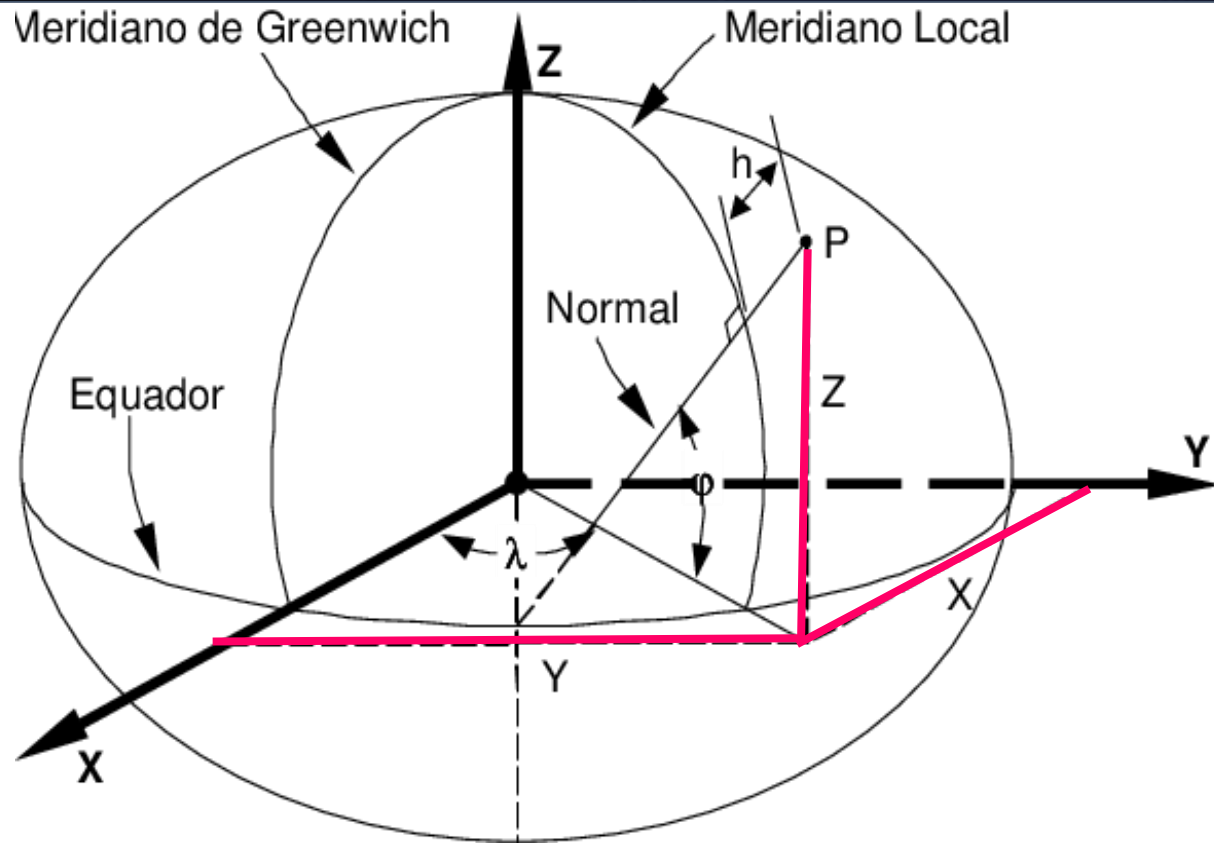


All



one

What is GNSS for?



$$f = (a-b)/a$$

$$e = [(a^2 - b^2)^{1/2}] / a = 2f - f^2$$

$$X_p = (N + h) \cos \phi \cos \lambda$$

$$Y_p = (N + h) \cos \phi \sin \lambda$$

$$Z_p = [N(1 - e^2) + h] \sin \phi$$

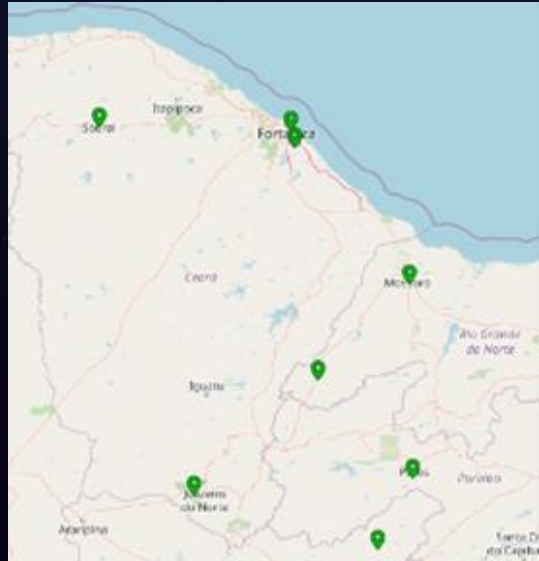
$$N = \frac{a}{(1 - e^2 \sin^2 \phi)^{1/2}}$$

Main Uses:

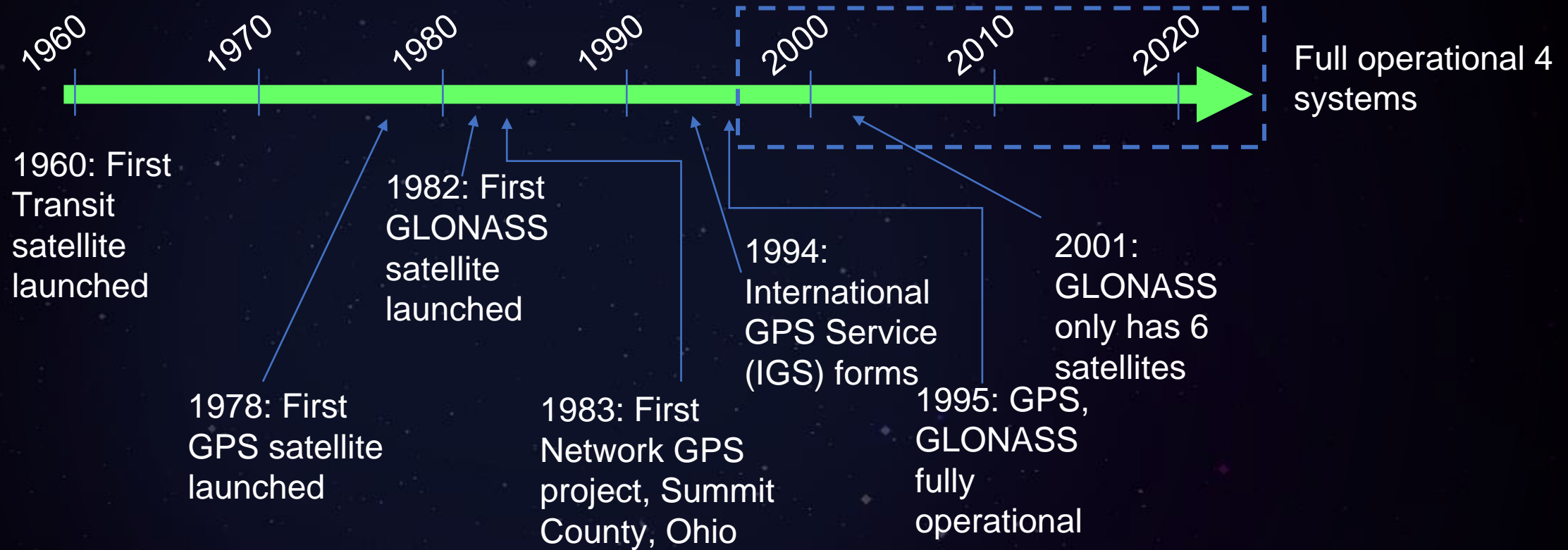
- Implantação de Redes Geodésicas;
- Levantamentos Topográficos Planialtimétricos;
- Locação de Pontos;
- Georreferenciamento de Imóveis Rurais;
- Mineração;
- Monitoramento de Estruturas;
- Apoio à Levantamentos Aéreos (Aerofotogrametria);
- Mapeamento de Infraestrutura (rodovias, ferrovias, redes de: água, esgoto, energia, telecomunicações, e outras
- Cadastro Urbano;
- Agricultura de precisão;
- Smart Cities;
- Tráfego Urbano;
- Transporte de Carga;
- Mapeamento ambiental, geotécnico, riscos e
- Muito mais.....

GNSS versus Topografia

- **Intervisibility**
- **Greater distances**
- **Flexibility (time of day and climate)**
- **Productivity, But.....**
-exige a recepção de sinal direto dos satélites

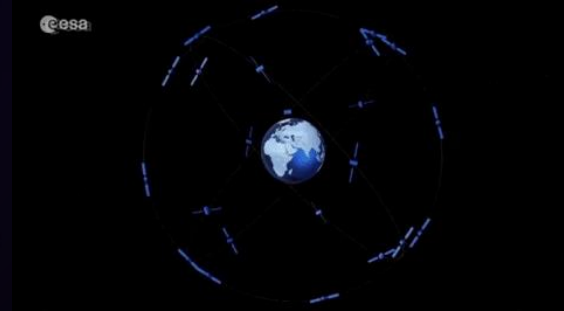
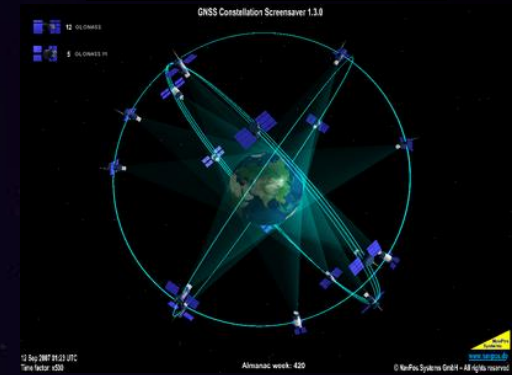
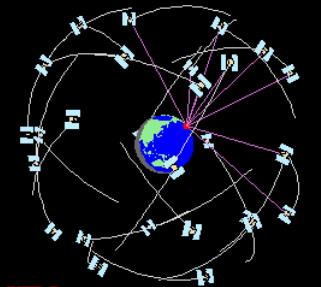


Timeline

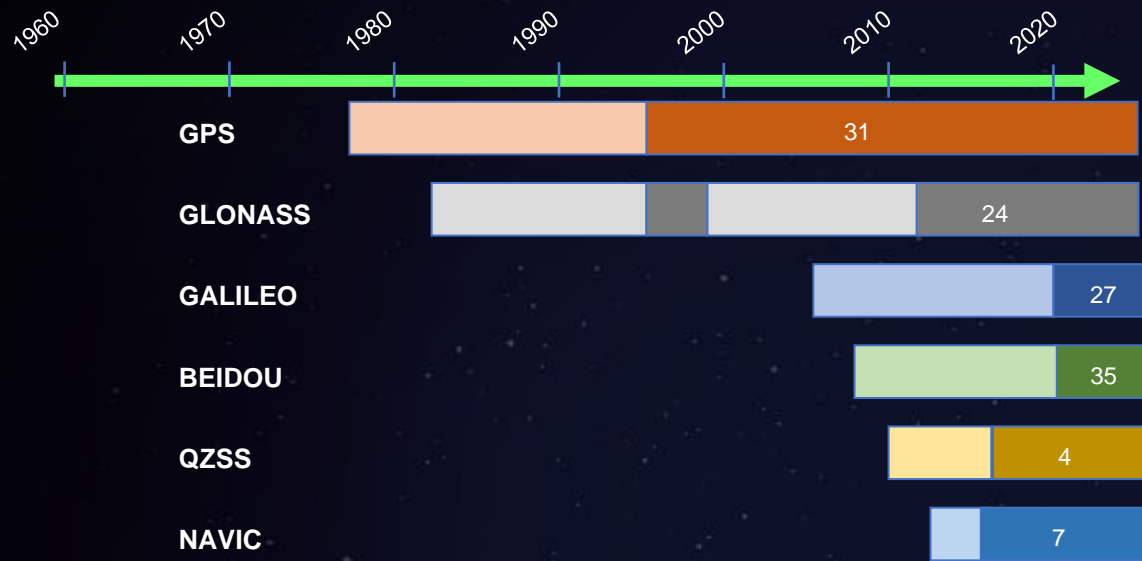


1957: Sputnik 1
réplico museu dos
cosmonautas-Moscou

Timeline



Constellations



Name	Country	Began	#now	FOC	Type
GPS	USA	1978	31	30	MEO
GLONASS	Russia	1982	24	24	MEO
Galileo	European Union	2005	22	30	MEO
BeiDou	China	2007	25	35	MEO (27), GEO (5), IGSO (8)
QZSS	Japan	2010	4	4	IGSO
NavIC	India	2013	7	7	3 GEO, 4 GSO
TOTAL			113	130	



Current GPS Constellation

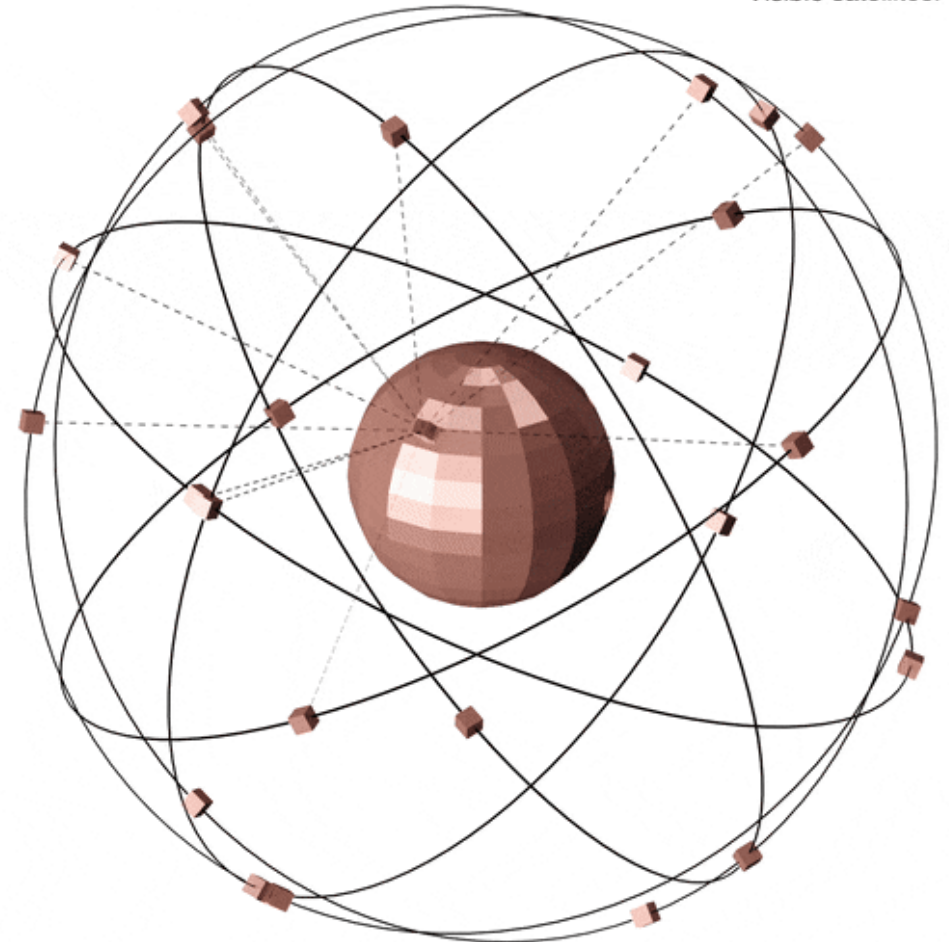
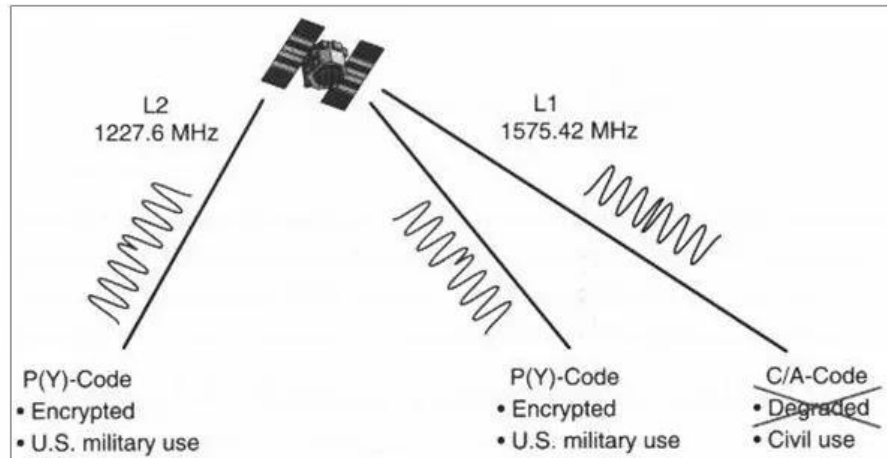
- A constelação GPS atual consiste em **31 satélites** Bloco II / IIA / IIR / IIR-M / IIF em 6 planos orbitais;
- A constelação de GPS e o status de satélite individual são atualizados todos os dias úteis.
- O Bloco I é conhecido como os satélites de validação de conceito original desenvolvidos pela Rockwell International e refletem vários estágios de desenvolvimento do sistema.
- O primeiro satélite Bloco II foi lançado em fevereiro de 1989; o 1º satélite do Bloco IIF mais recente foi lançado em 15 de maio de 2013.

<https://www.usno.navy.mil/USNO/time/gps/current-gps-constellation>

GPS Signals

GPS Signals

- Transmission frequencies:
 - L1 = 1575.42 MHz = 154 x 10.23 MHz
 - L2 = 1227.6 MHz = 120 x 10.23 MHz
 - (Upgrade) L5 = 1176.45 MHz = 115 x 10.23 MHz (for civil use)
 - (Upgrade) New military signal (M-code) and a new civil signal (L2CS)



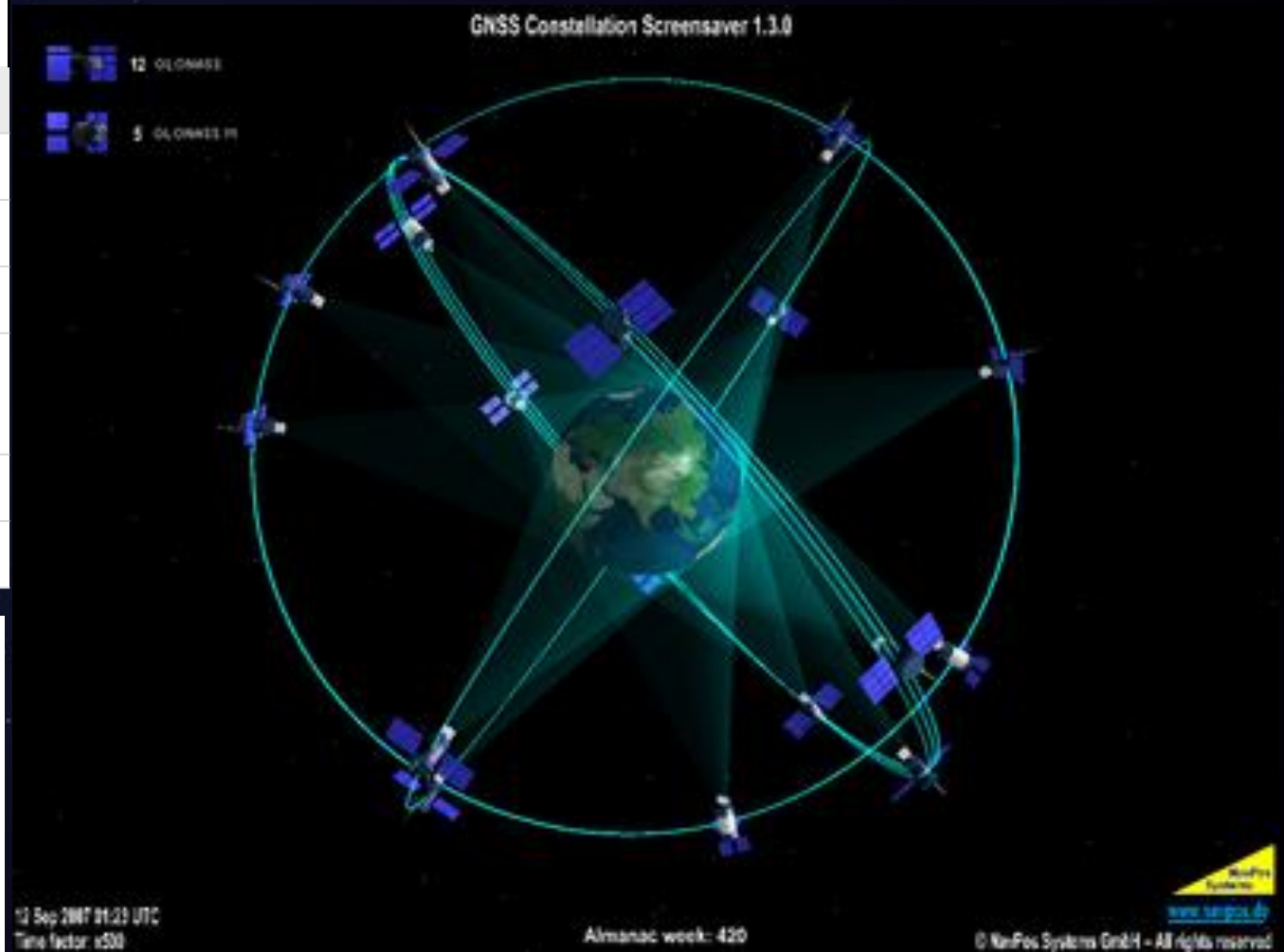
GLONASS Constellation

<https://www.glonass-iac.ru/en/GLONASS/>

STATUS DA CONSTELAÇÃO GLONASS,

Total de satélites na constelação	28 SC
Operacional	22 SC
Em fase de comissionamento	-
Em manutenção	3 SC
Sob verificação pelo Empreiteiro Satellite Prime	-
Peças sobressalentes	1 SC
Em fase de testes de voo	2 SC

GNSS System	Freq. Band /Frequency	Channel or Code	Observation Codes			
			Pseudo Range	Carrier Phase	Doppler	Signal Strength
GLONASS	G1/ 1602+k*9/16 k= -7....+12	C/A	C1C	L1C	D1C	S1C
		P	C1P	L1P	D1P	S1P
	G2/ 1246+k*7/16	C/A (GLONASS M)	C2C	L2C	D2C	S2C
		P	C2P	L2P	D2P	S2P
G3 / 1202.025		I	C3I	L3I	D3I	S3I
		Q	C3Q	L3Q	D3Q	S3Q
		I+Q	C3X	L3X	D3X	S3X

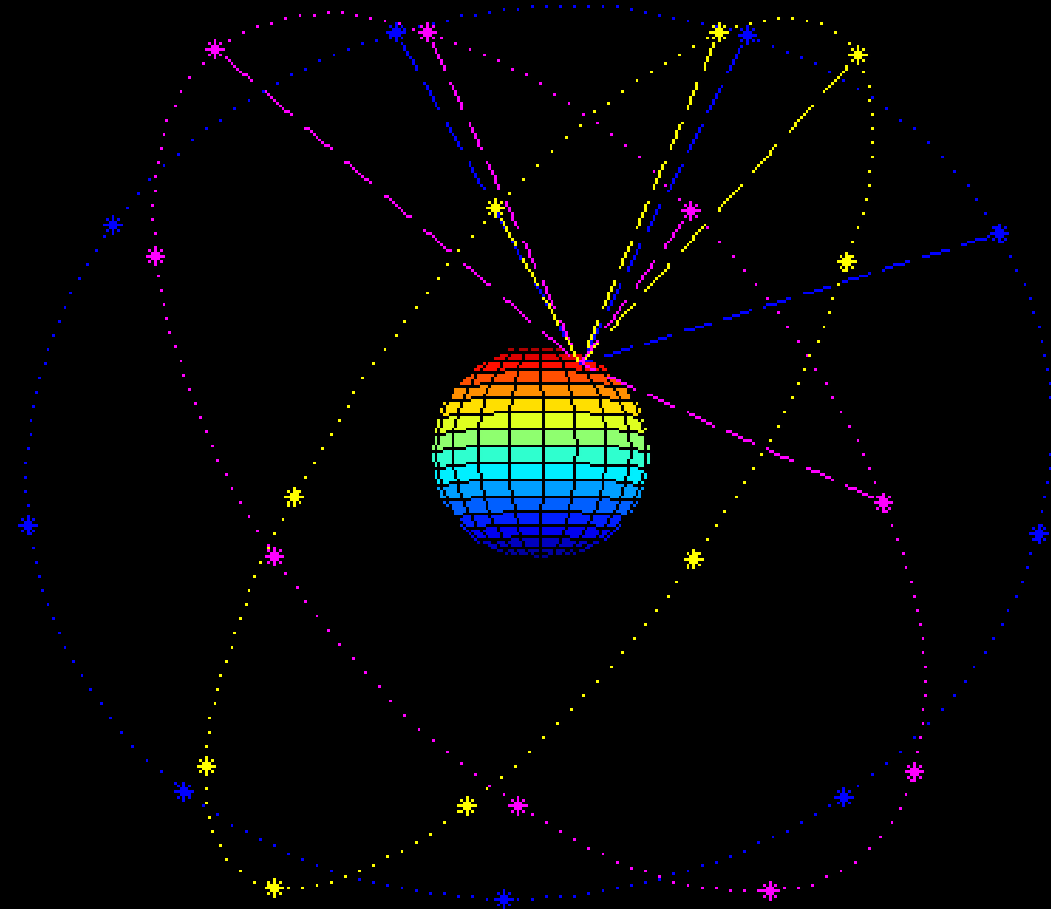


GALILEO Constellation

<https://www.gsa.europa.eu/european-gnss/galileo/faq#FOC>

Consistirá em 30 satélites. A constelação contém 24 satélites operacionais e seis sobressalentes, em 3 planos orbitais.

GNSS System	Freq. Band /Frequency	Channel or Code	Observation Codes			
			Pseudo Range	Carrier Phase	Doppler	Signal Strength
Galileo	E1 / 1575.42	A PRS	C1A	L1A	D1A	S1A
		B I/NAV OS/CS/SoL	C1B	L1B	D1B	S1B
		C no data	C1C	L1C	D1C	S1C
		B+C	C1X	L1X	D1X	S1X
		A+B+C	C1Z	L1Z	D1Z	S1Z
	E5a / 1176.45	I F/NAV OS	C5I	L5I	D5I	S5I
		Q no data	C5Q	L5Q	D5Q	S5Q
		I+Q	C5X	L5X	D5X	S5X
	E5b / 1207.140	I I/NAV OS/CS/SoL	C7I	L7I	D7I	S7I
		Q no data	C7Q	L7Q	D7Q	S7Q
		I+Q	C7X	L7X	D7X	S7X
	E5(E5a+E5b) / 1191.795	I	C8I	L8I	D8I	S8I
		Q	C8Q	L8Q	D8Q	S8Q
		I+Q	C8X	L8X	D8X	S8X
	E6 / 1278.75	A PRS	C6A	L6A	D6A	S6A
B C/NAV CS		C6B	L6B	D6B	S6B	
C no data		C6C	L6C	D6C	S6C	
B+C		C6X	L6X	D6X	S6X	
A+B+C		C6Z	L6Z	D6Z	S6Z	



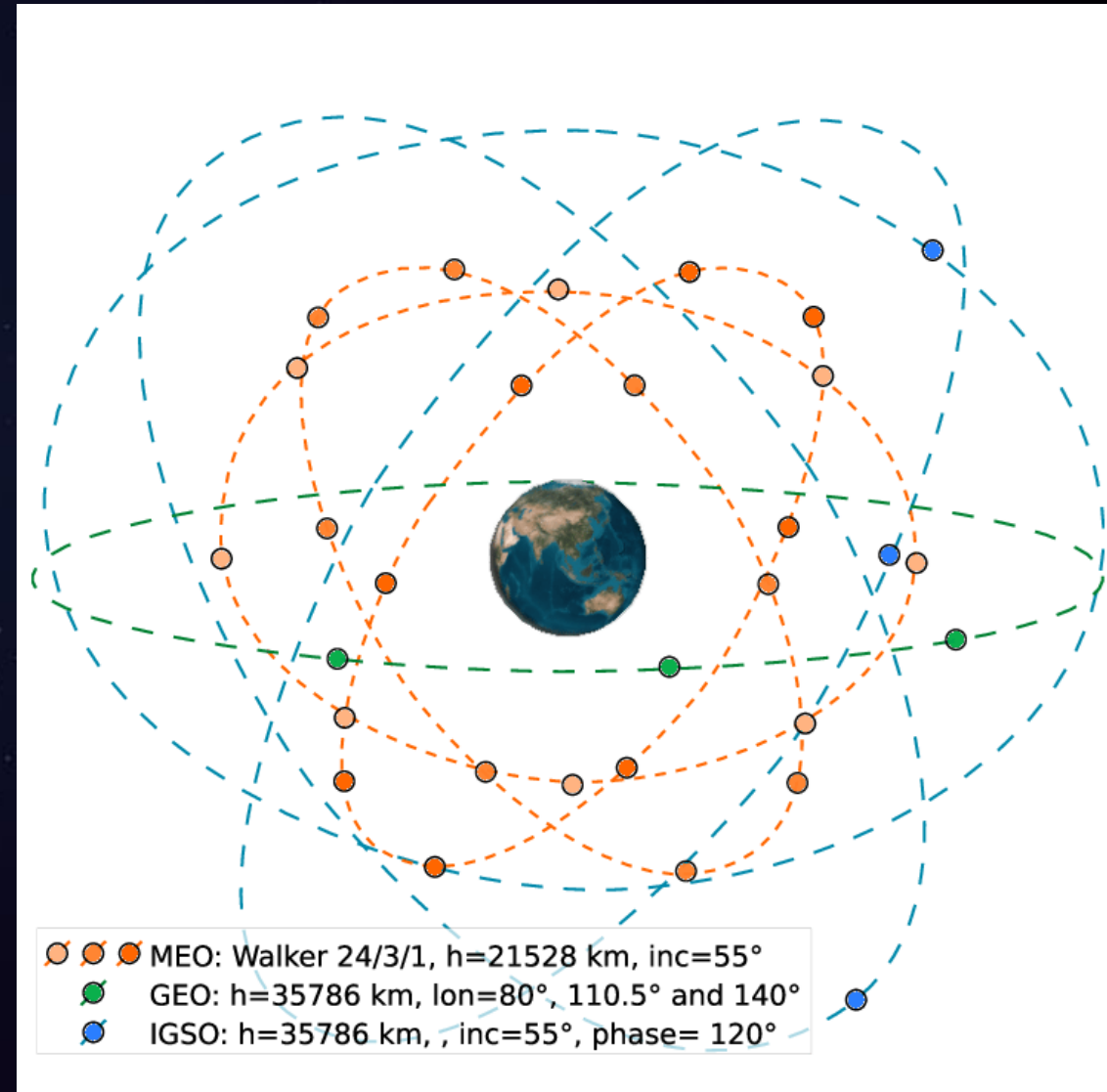
Empfangene Satelliten :10

BeiDou Constellation

Compass Navigation Satellite System (CNSS)

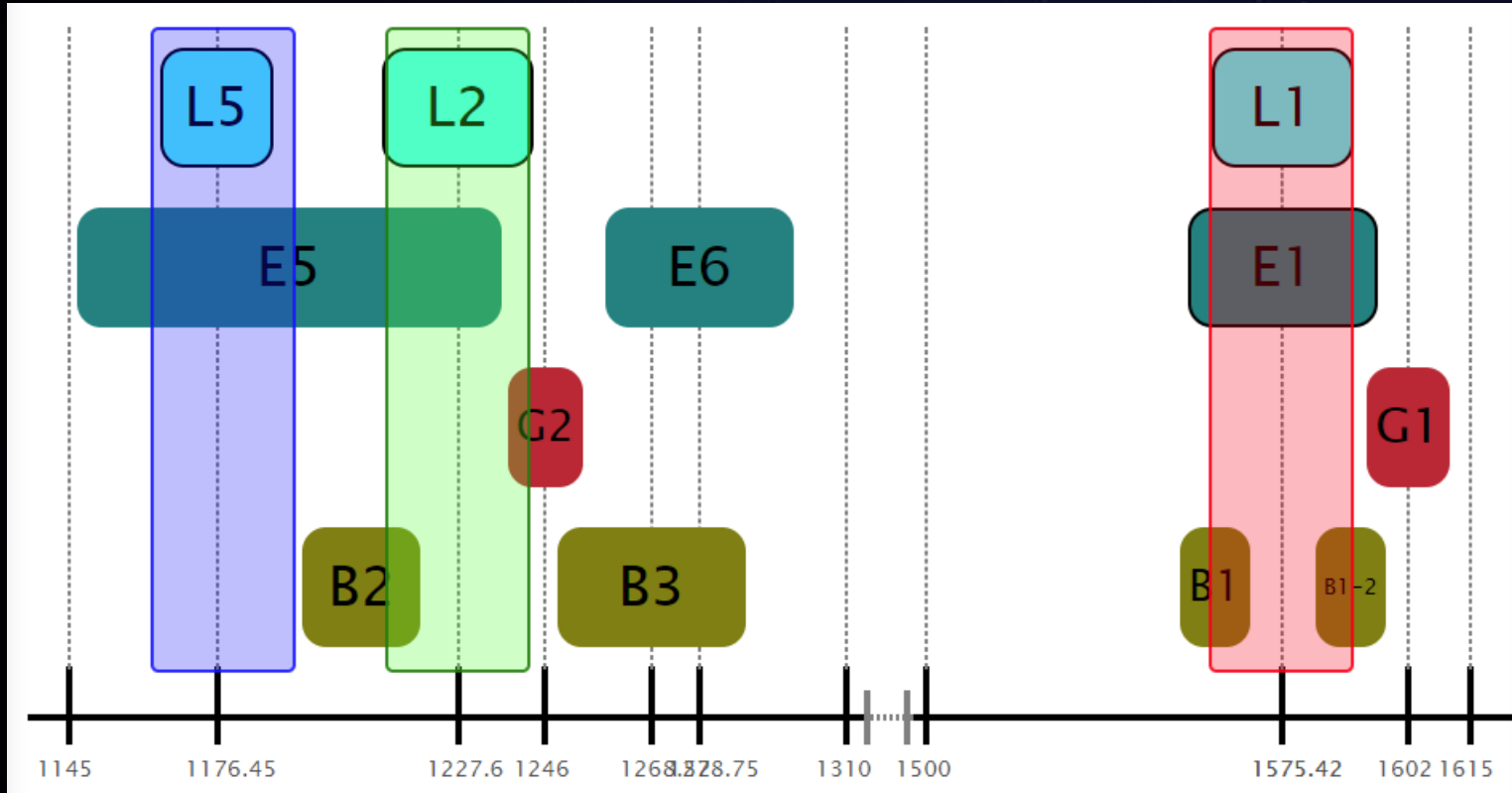
<https://www.glonass-iac.ru/en/BEIDOU/>

Consiste de 45 satélites
satélites operacionais,
atualmente possui mais 4
reservas em 7 planos
orbitais



GNSS System	Freq. Band / Frequency	Channel or Code	Observation Codes			
			Pseudo Range	Carrier Phase	Doppler	Signal Strength
BDS	B1 / 1561.098	I	C2I	L2I	D2I	S2I
		Q	C2Q	L2Q	D2Q	S2Q
		I+Q	C2X	L2X	D2X	S2X
	B2 / 1207.14	I	C7I	L7I	D7I	S7I
		Q	C7Q	L7Q	D7Q	S7Q
		I+Q	C7X	L7X	D7X	S7X
	B3 / 1268.52	I	C6I	L6I	D6I	S6I
		Q	C6Q	L6Q	D6Q	S6Q
		I+Q	C6X	L6X	D6X	S6X

All GNSS Signals



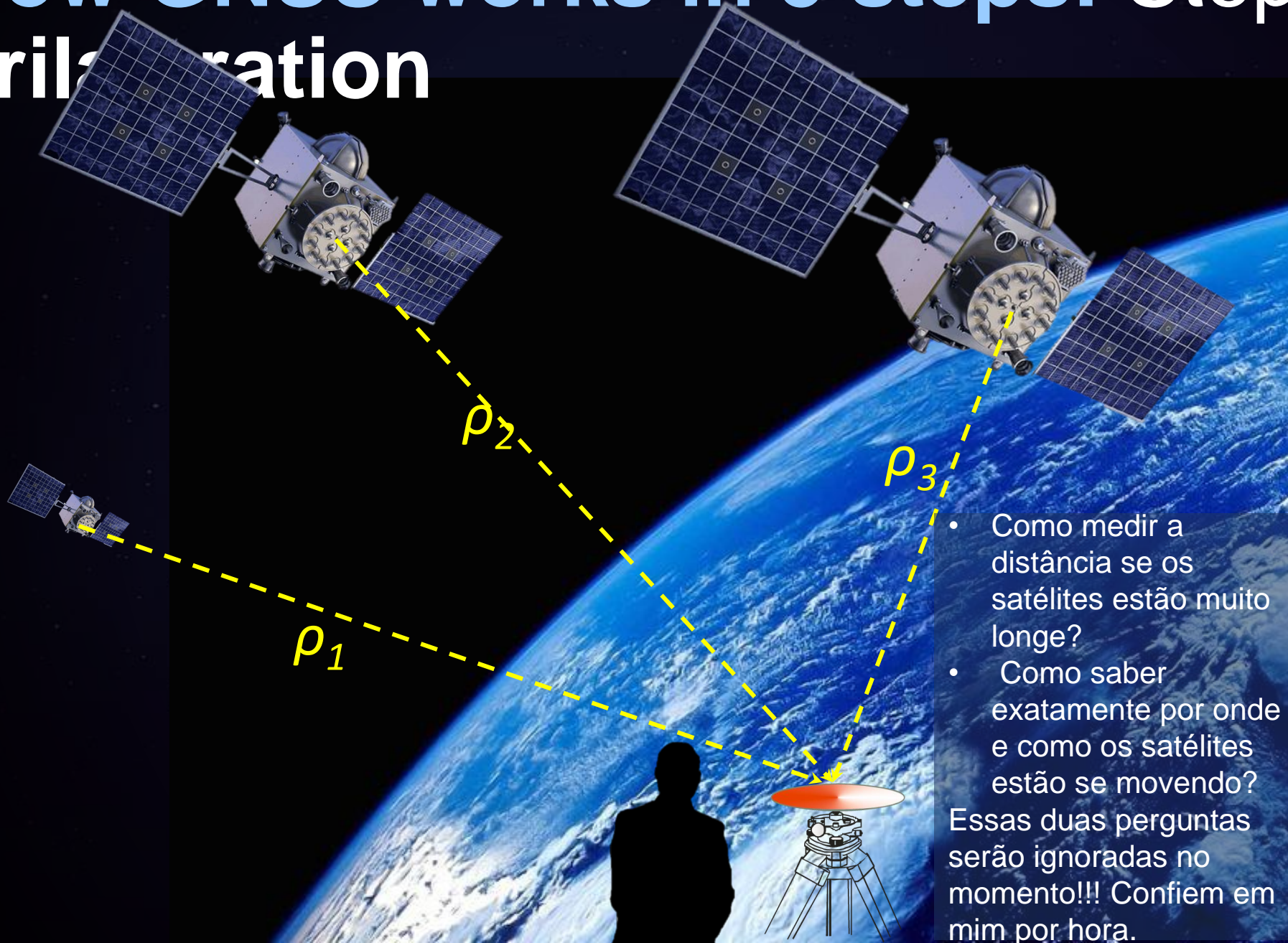
- 7 constellations each with 2-5 available wavelengths
- Over 200 observables!
- Currently: 130 satellites
- Planned: 132 satellites



How many are there now?

How GNSS works in 5 steps: Step 1

Trilateration



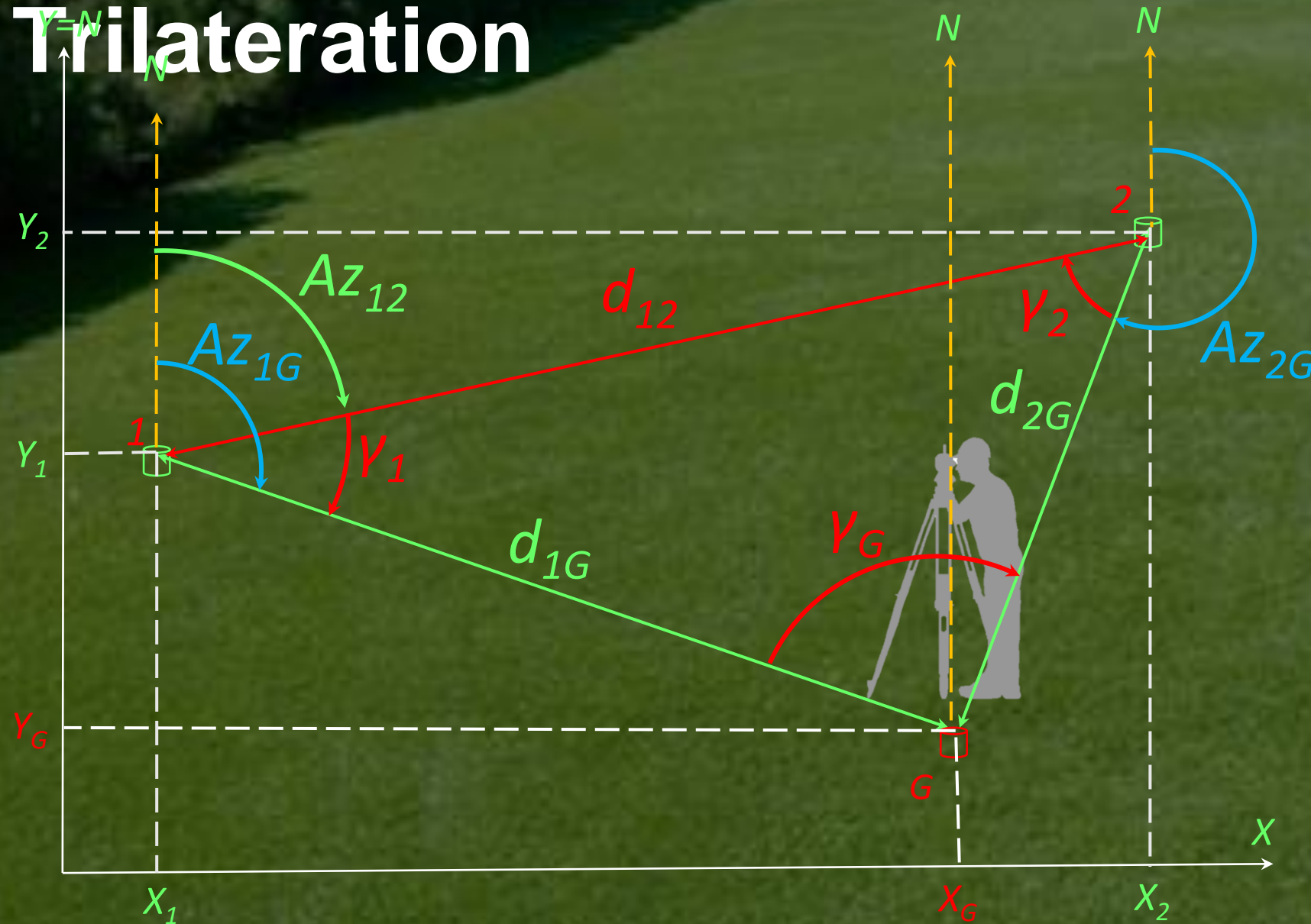
O sistema determina “nossa” posição em função da distância entre a antena de um dado receptor e as antenas de um grupo de satélites no espaço. Os satélites GPS servem de referência precisa para nós. Algumas perguntas podem surgir, talvez:

- Como medir a distância se os satélites estão muito longe?
- Como saber exatamente por onde e como os satélites estão se movendo?

Essas duas perguntas serão ignoradas no momento!!! Confie em mim por hora.

How GNSS works in 5 steps: Step 1 □

Trilateration



O método da Trilateração do GNSS é "primo" do método da Bilateração da Topografia, onde:

$$d_{12}^2 = d_{1G}^2 + d_{2G}^2 - 2 \cdot d_{1G} \cdot d_{2G} \cdot \cos \gamma_G$$

$$\cos \gamma_G = \frac{d_{12}^2 - d_{1G}^2 - d_{2G}^2}{2 \cdot d_{1G} \cdot d_{2G}}$$

$$\gamma_G = \text{Arc cos} \frac{d_{12}^2 - d_{1G}^2 - d_{2G}^2}{2 \cdot d_{1G} \cdot d_{2G}}$$

Lei dos Senos

$$\frac{d_{12}}{\sin \gamma_G} = \frac{d_{1G}}{\sin \gamma_2} = \frac{d_{2G}}{\sin \gamma_1} \dots$$

$$\gamma_2 = \text{Arc sen} \frac{d_{1G} \cdot \sin \gamma_G}{d_{12}}$$

$$\gamma_1 = \text{Arc sen} \frac{d_{2G} \cdot \sin \gamma_G}{d_{12}}$$

$$AZ_{21G} = AZ_{12} + \gamma_1$$

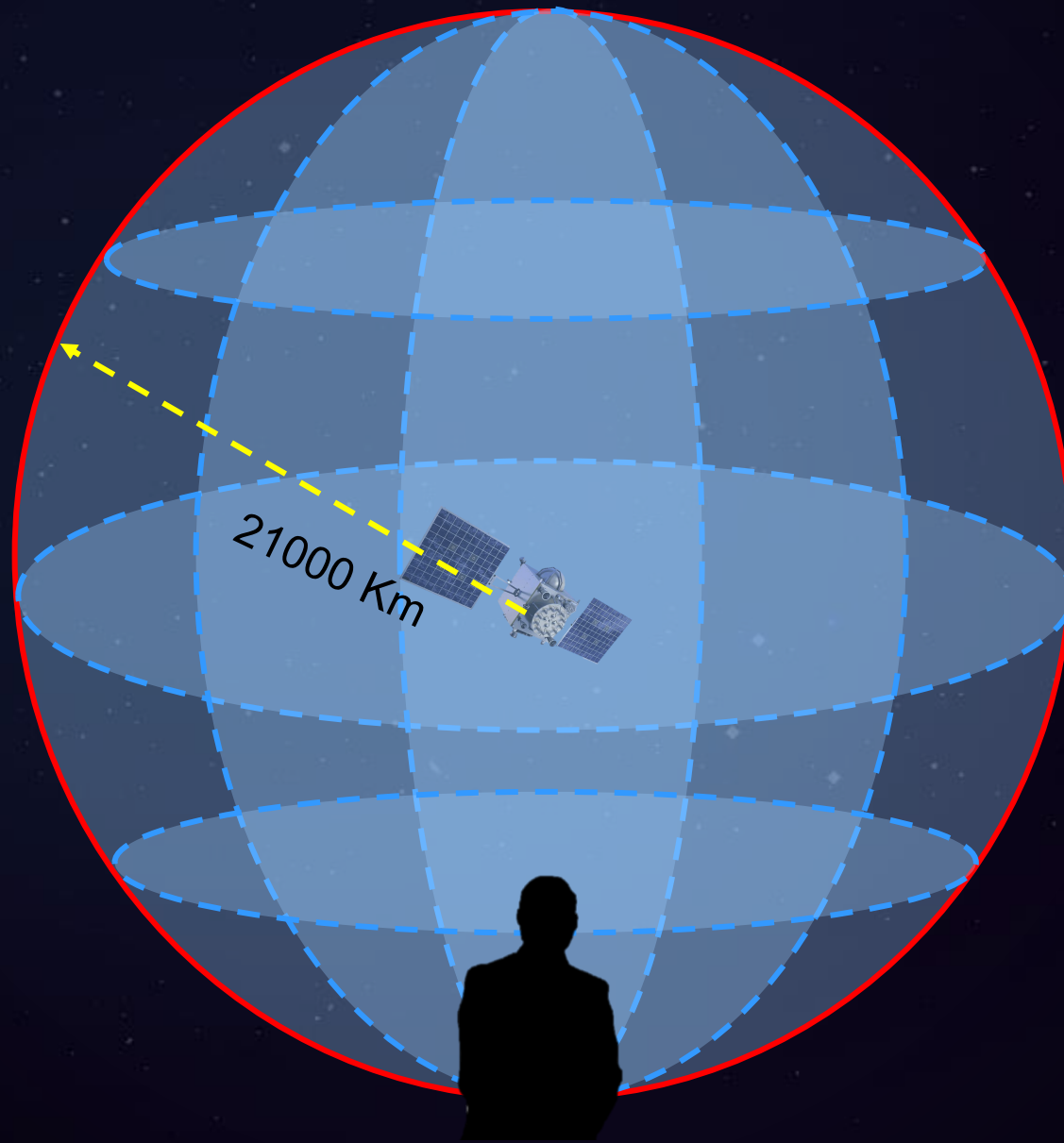
$$AZ_{12G} = AZ_{21} - \gamma_2$$

$$\Delta X_{1G} = \sin AZ_{1G} \cdot d_{1G}$$

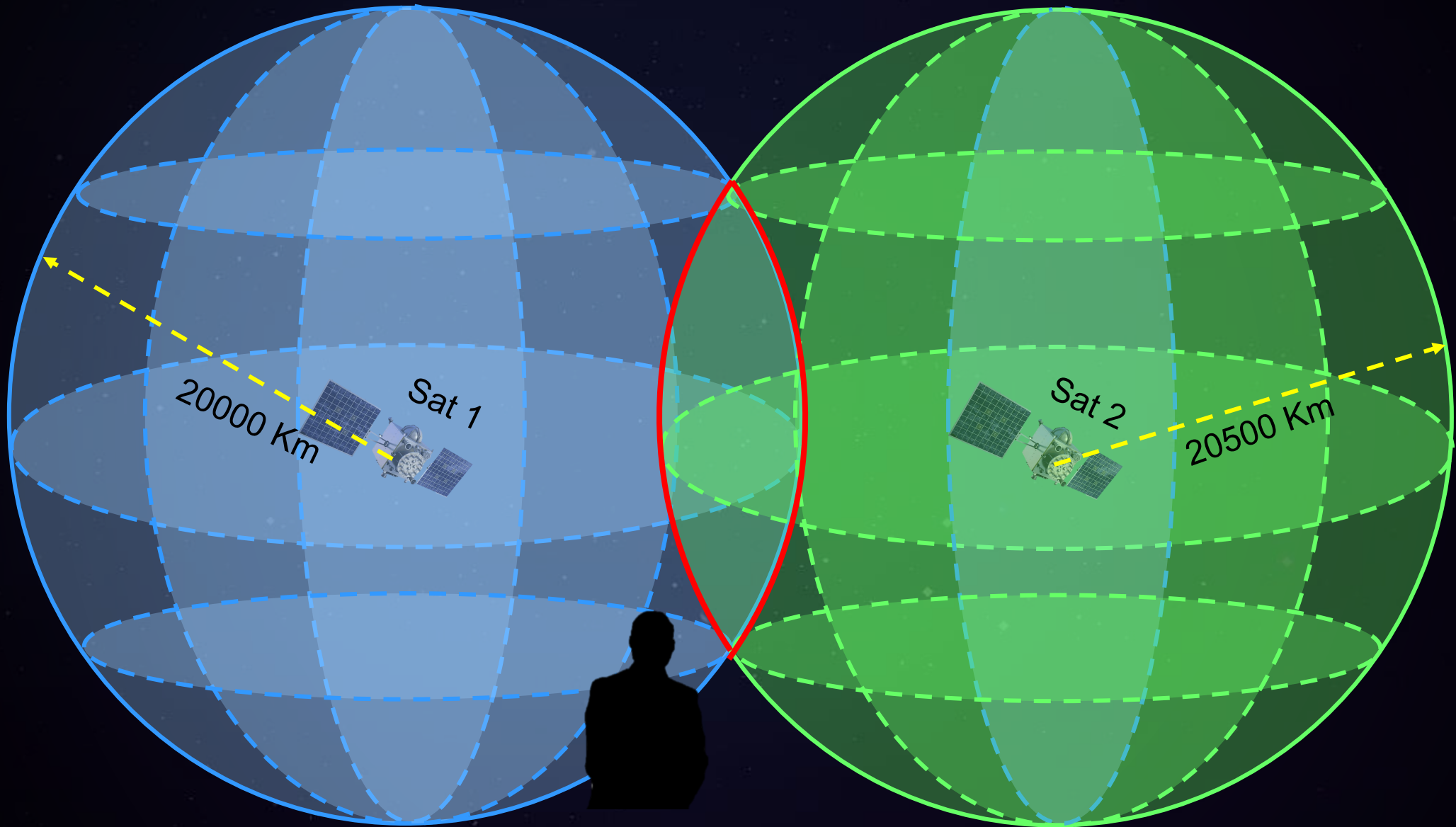
$$\Delta Y_{1G} = \cos AZ_{1G} \cdot d_{1G}$$

$$X_G = X_1 + \Delta X_{1G}$$

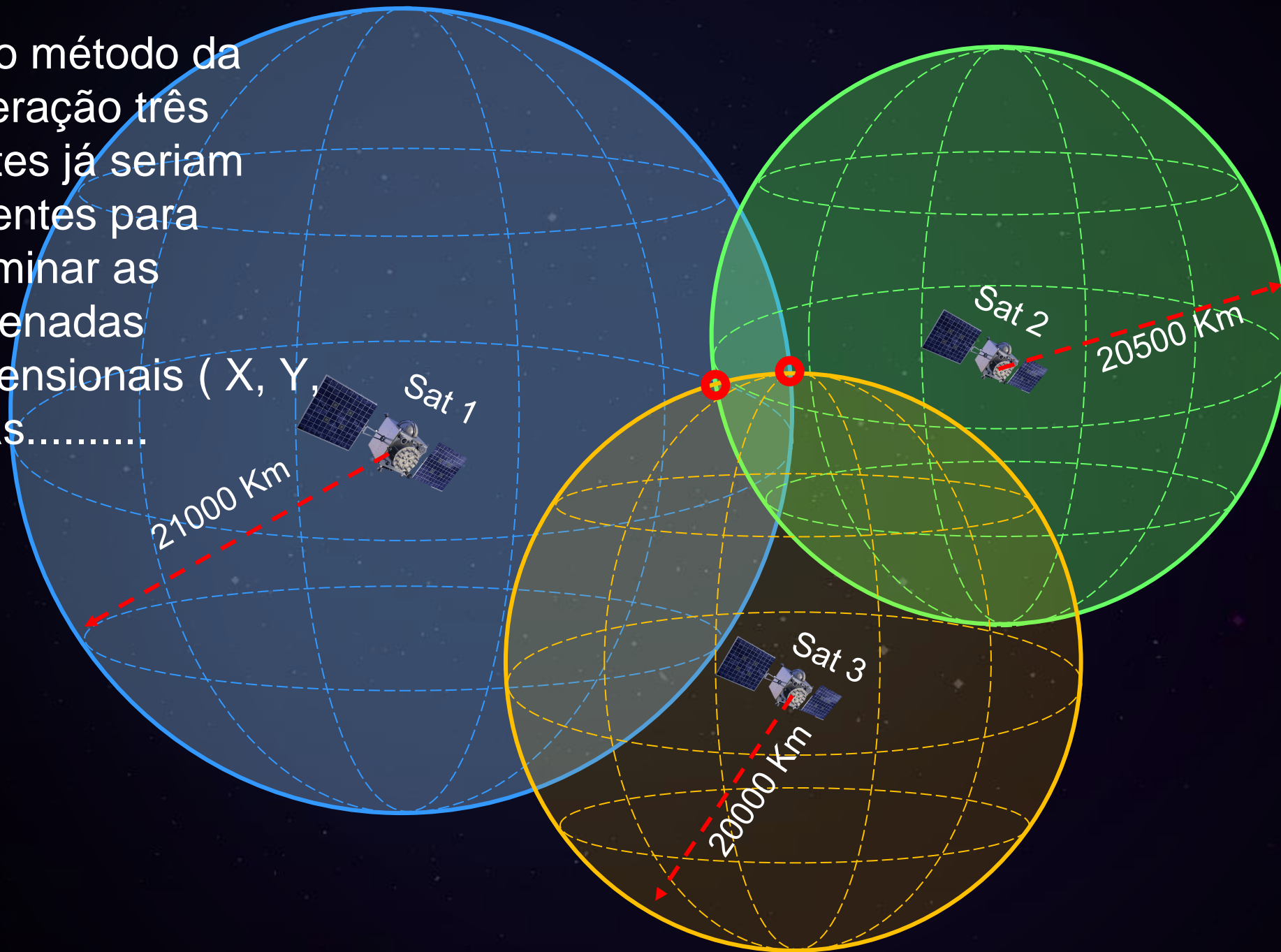
$$Y_G = Y_1 + \Delta Y_{1G}$$



21000 Km



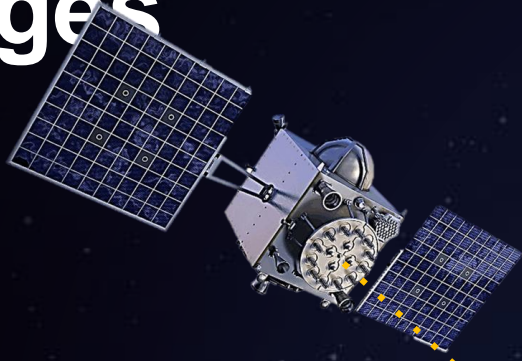
Para o método da Trilateração três satélites já seriam suficientes para determinar as coordenadas tridimensionais (X, Y, Z) mas.....



Existe mais uma
variável a ser
determinada, o
erro do relógio



How GNSS works in 5 steps: Step 2 Measuring Ranges

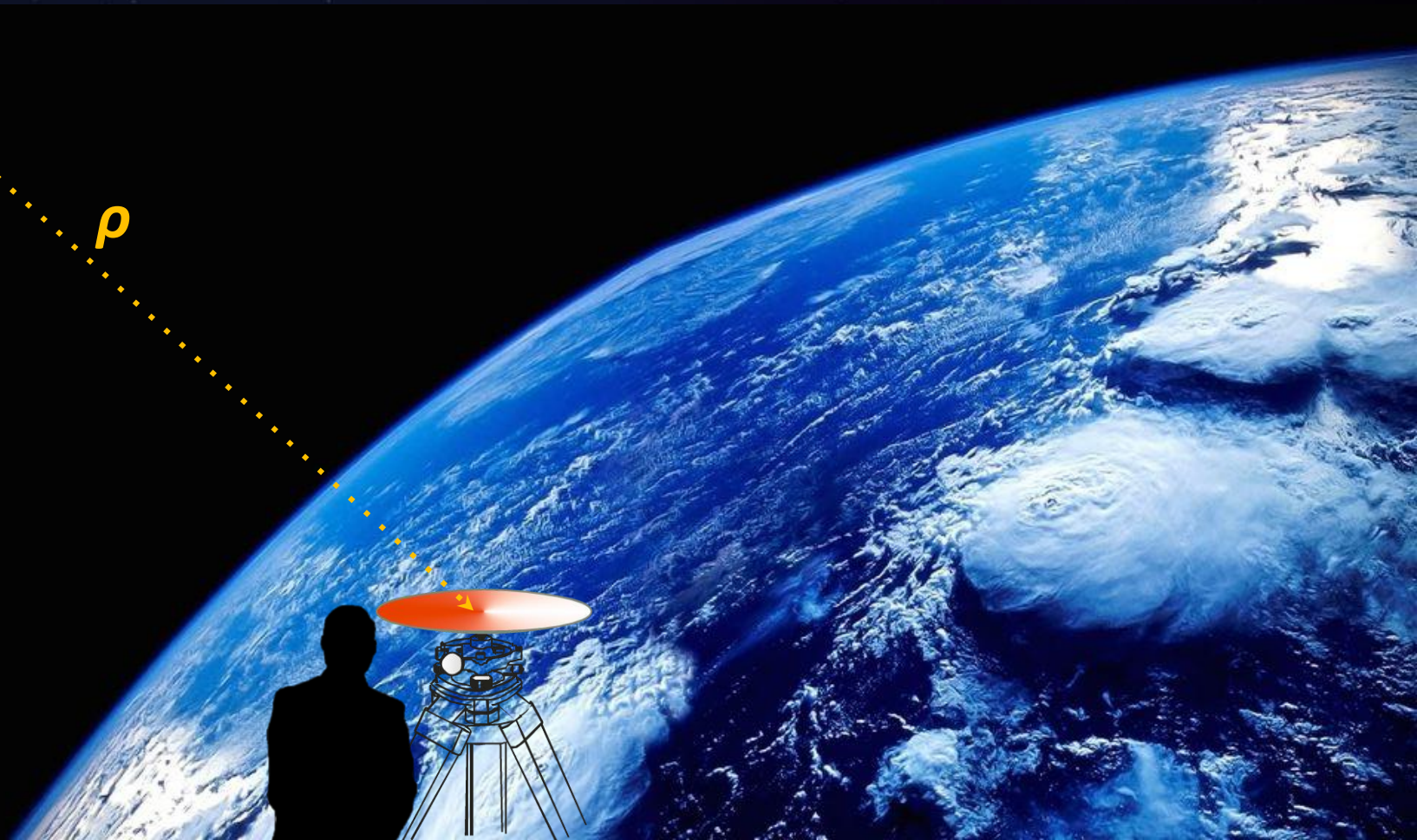


$$V = \frac{\Delta E}{\Delta t} \quad \text{Pseudorange} \quad \Delta E \quad \rho = \Delta t \cdot V$$

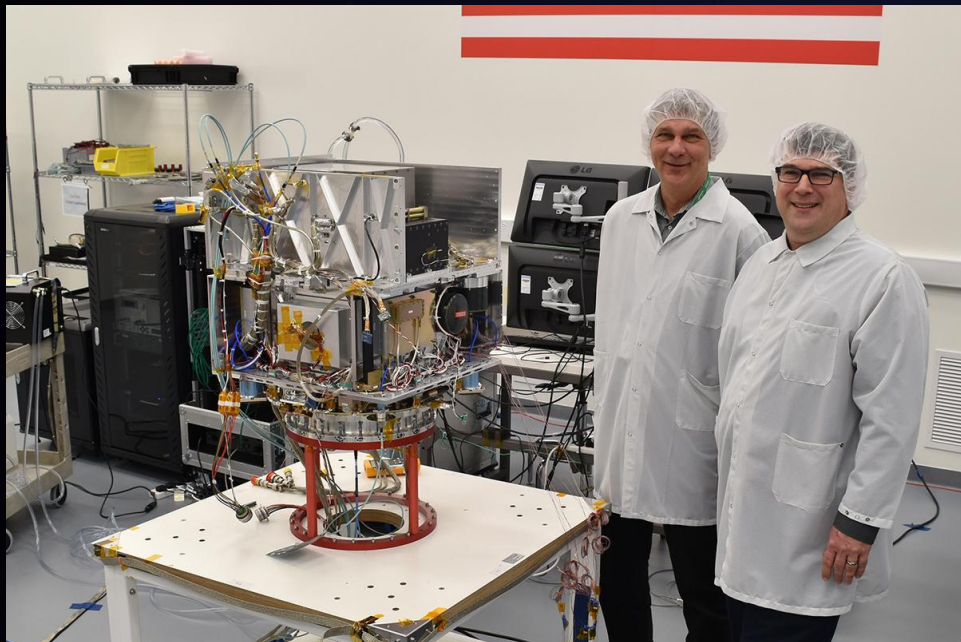
Onde: $V = c = 300.000 \text{ km/s}$

GNSS Observables

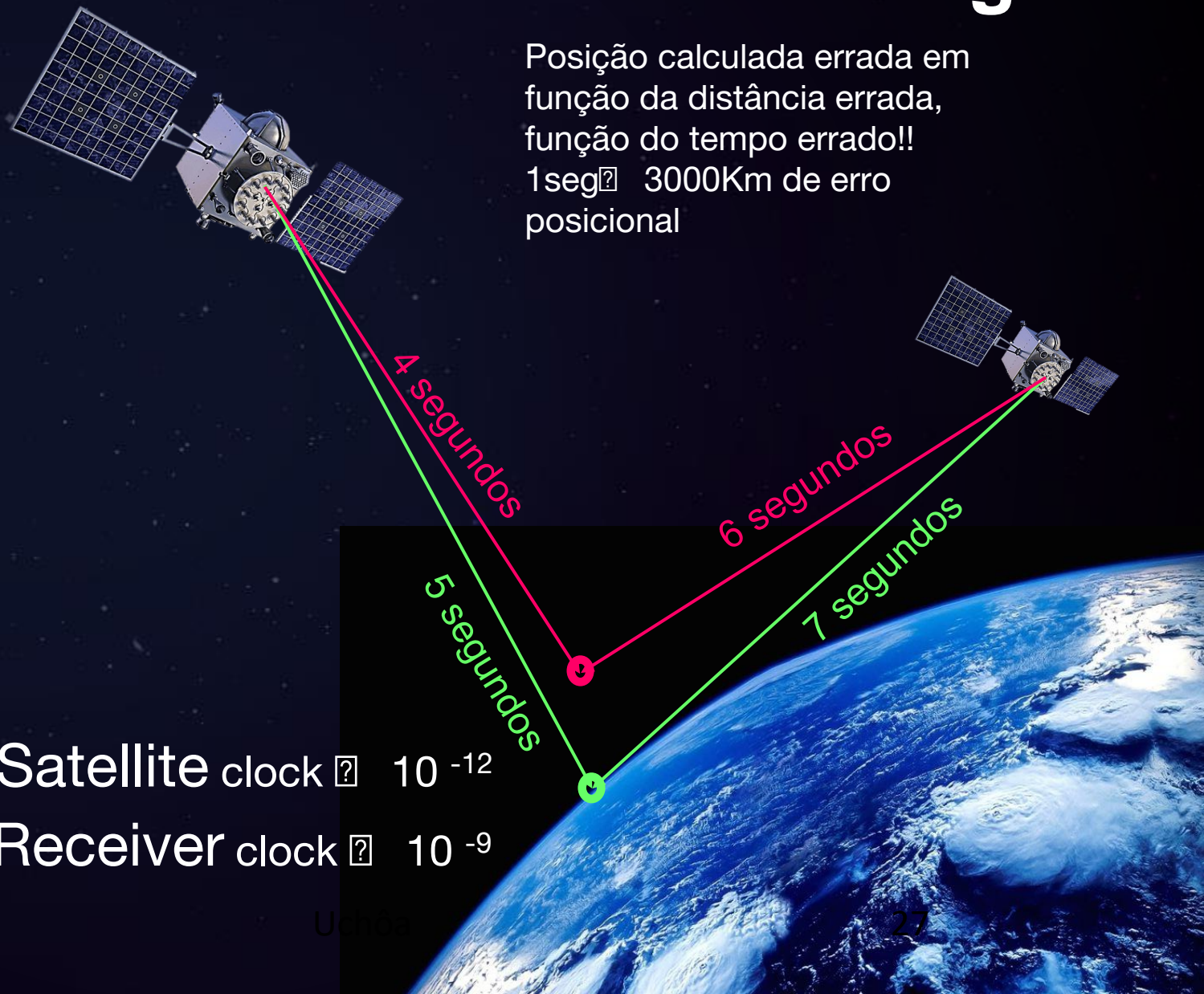
No sistema GPS, por exemplo, Essa informação de tempo de partida do sinal pode ser obtida no receptor através dos sinais que chegam no receptor, pode ser através do código CA ou através do código P e mais recentemente (C2 e C5). Existe ainda uma outra forma de medir a distância, baseada na contagem de ciclos da onda que transporta o código, são duas, chamadas de portadoras L1, L2 e L5 (Não serão detalhadas agora)



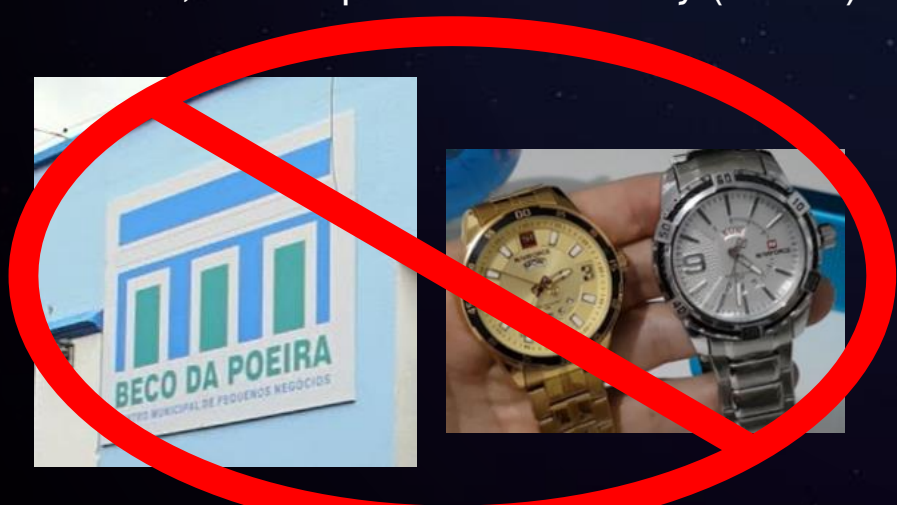
How GNSS works in 5 steps: Step 3 Accurately measuring time



Atomic Clock, Jet Propulsion Laboratory (NASA)



Posição calculada errada em função da distância errada, função do tempo errado!!
1seg? 3000Km de erro posicional



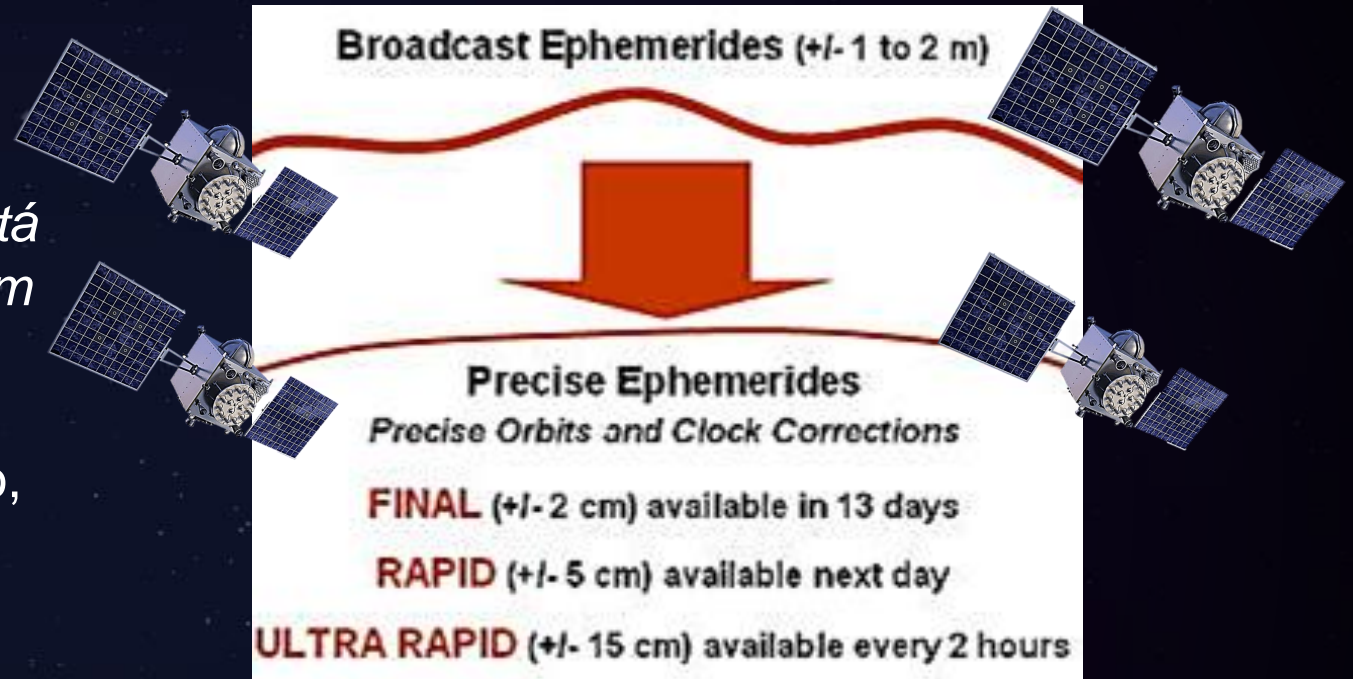
Satellite clock ? 10^{-12}
Receiver clock ? 10^{-9}

How GNSS works in 5 steps: Step 4 How do you know where each satellite is?

Premissa: Sabe-se exatamente onde estão os satélites no tempo e espaço, assim, pode-se determinar a posição de um ponto desconhecido em função da posição deles. Mas como saber onde está algo quando se está a cerca de 20000 km ?

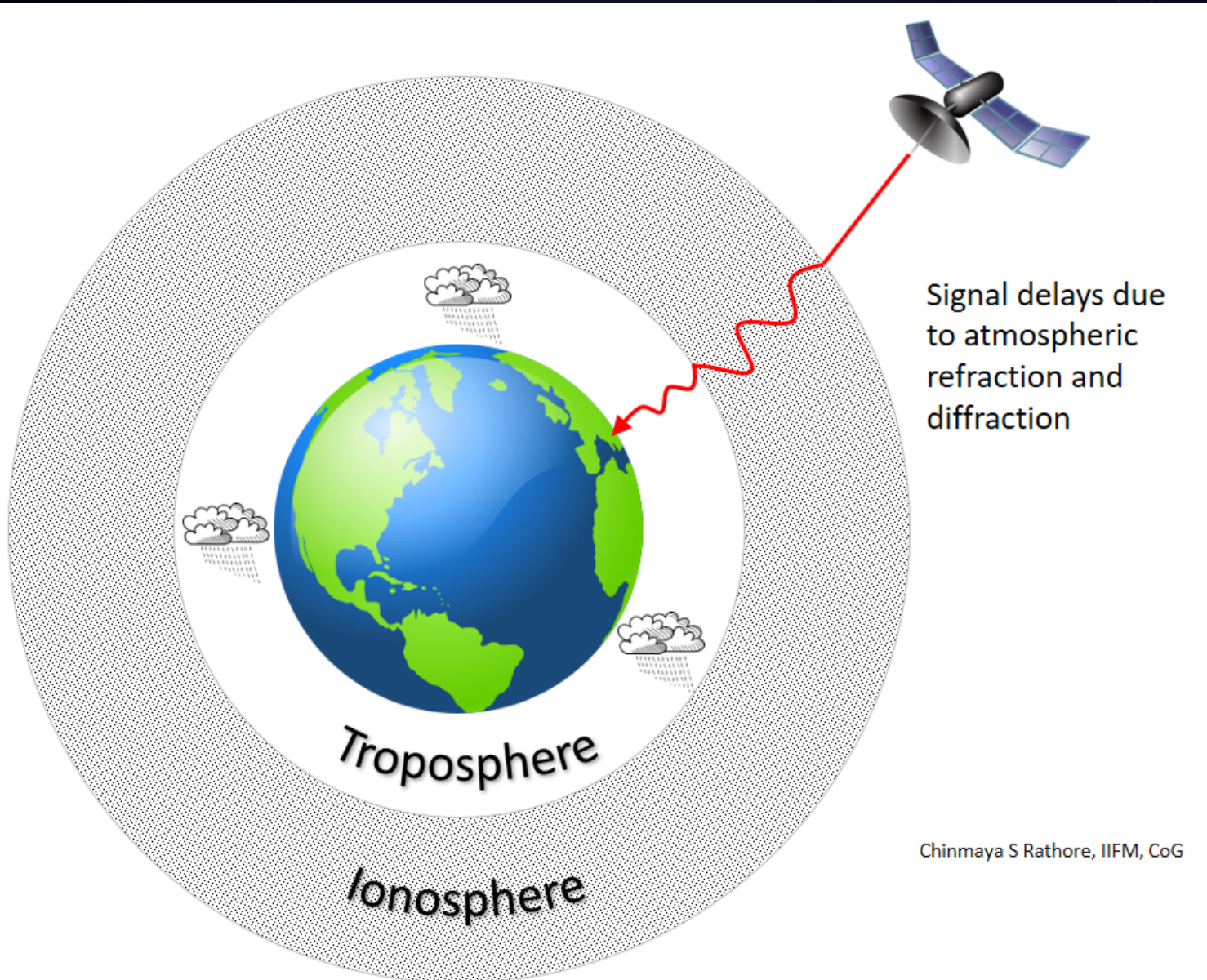
Neste caso, estar tão alto é um benefício, uma vez livres da atmosfera terrestre, a predição das órbitas dos satélites fica muito mais exata.

Semelhante à lua, que tem orbitado nosso planeta por milhões de anos sem mudanças significativas no período, nossos satélites artificiais também tem uma órbita muito previsível através da chamadas efemérides (broadcast or Precise).



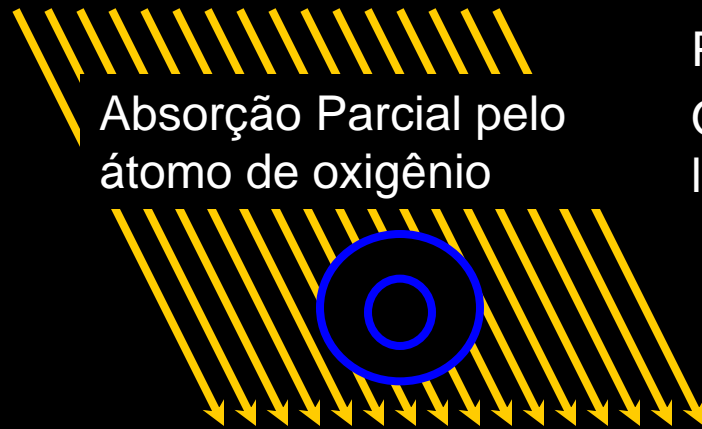
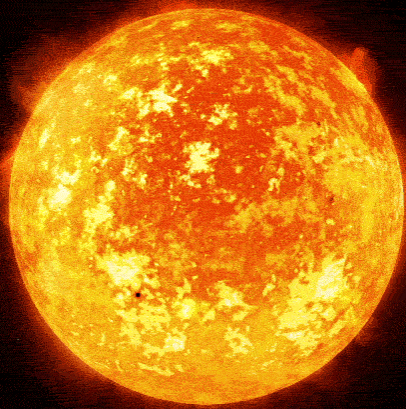
How GNSS works in 5 steps: Step 5

The trajectory of the GNSS signal

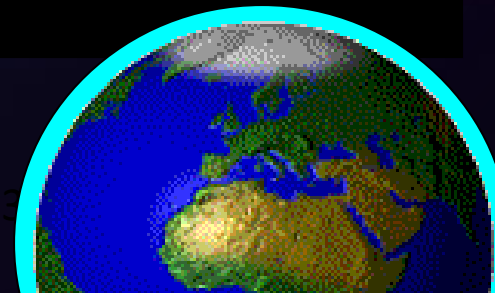
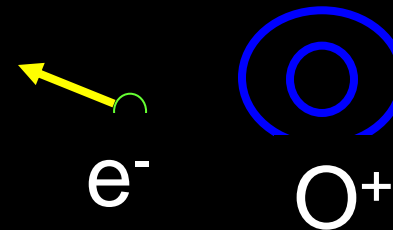


Processo simplificado de formação da

A radiação solar incide em um átomo de gás (ou molécula). Neste processo, parte desta radiação é absorvida pelo átomo, onde são produzidos, um elétron livre e um íon positivamente carregado.



Produzindo um íon de Oxigênio e um elétron livre



Determinação das coordenadas de um ponto através dos sistemas GNSS

$$\rho_1 = \sqrt{(X_1^s - X_r)^2 + (Y_1^s - Y_r)^2 + (Z_1^s - Z_r)^2} + c\delta$$

$$\rho_2 = \sqrt{(X_2^s - X_r)^2 + (Y_2^s - Y_r)^2 + (Z_2^s - Z_r)^2} + c\delta$$

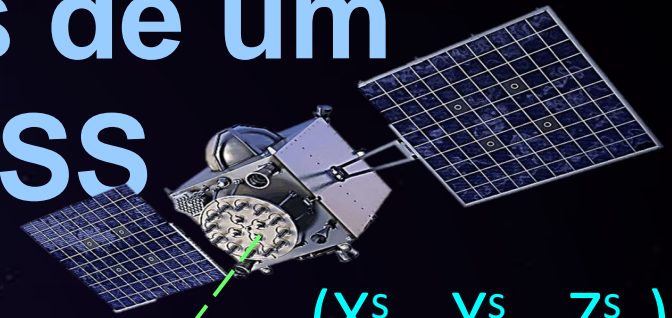
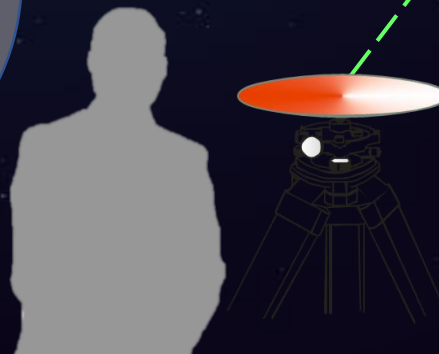
$$\rho_3 = \sqrt{(X_3^s - X_r)^2 + (Y_3^s - Y_r)^2 + (Z_3^s - Z_r)^2} + c\delta$$

$$\rho_4 = \sqrt{(X_4^s - X_r)^2 + (Y_4^s - Y_r)^2 + (Z_4^s - Z_r)^2} + c\delta$$



Oi Gente!
Lembram do método
de Newton para
resolução de
sistemas?

(X_r, Y_r, Z_r)



(X_1^s, Y_1^s, Z_1^s)

ρ

**Any Questions?
software**

Talks about GNSS

Global Navigation Satellite System

Augusto Uchôa
DET/LAG/PETTRAN/UFC

