



EACH

Escola de Artes, Ciências e Humanidades
da Universidade de São Paulo

Sistemas de Posicionamento Global (*Global Navigation Satellite System – GNSS*)

ACH1084 - Introdução ao Geoprocessamento

Prof. Gerardo Kuntschik
gkuntschik@usp.br

Francisca Silva Viana
francisca.viana@usp.br

Roteiro

- O que são Sistemas de Posicionamento Global por Satélites - GNSS?
- Para que podem ser utilizados? Por quê estudá-los?
- Partes que compõem os sistemas
- Princípios de funcionamento do GPS
- Erros
- Soluções
- Outros sistemas
- Bibliografia

Que são os GNSS?

Sistemas Globais de Navegação por Satélite

- *Global Navigation Satellite Systems (GNSS)*

sistemas de navegação baseados em redes de satélites que permitem localização instantânea em qualquer ponto da Terra.

Atualmente 5 sistemas:

- ✓ **GPS,**
- ✓ **GLONASS,**
- **Galileu,**
- **BeiDou-Compass,**
- **Indian Regional Navigation Satellite System**



EACH

Escola de Artes, Ciências e Humanidades
da Universidade de São Paulo

Partes do sistema GNSS

Três partes:

- ✓ **segmento espacial**
- ✓ **segmento de controle**
- ✓ **segmento usuários.**

GPS:

Desenvolvimento iniciou em 1973.

**Projetado pelo MIT e operado pelo
Departamento de Defesa (DoD) dos EUA.**

Inicialmente para uso militar dos EUA.

Partes do sistema GPS

Segmento espacial:

**Constelação de 24 satélites
NAVSTAR (NAVigation
Satellite with Time And
Ranging)**

**Aproximadamente 22.000 km
de altitude, em 6 planos
orbitais espaçados 55°.**

**Pelo menos 5 satélites sobre o
horizonte em qualquer ponto
e a qualquer momento.**



<https://youtu.be/ISYGDj6iV0g>



Partes do sistema GPS

Segmento de Controle - estações

Monitoram continuamente a posição e a trajetória da constelação de satélites, recalculando novos parâmetros orbitais em intervalos regulares várias vezes por dia, além de introduzir no sistema informações adicionais, como condições da ionosfera.

Além da atualização das efemérides (parâmetros definidores da posição do satélite em um determinado instante), o segmento de controle calcula parâmetros para correção dos efeitos ionosféricos, correções aos relógios dos satélites, atesta a "saúde" dos satélites validando suas mensagens e comanda as manobras de reposicionamento dos satélites periodicamente em suas próprias órbitas. A estação principal está na base aérea de FALCON em Colorado Springs, Colorado, EUA.



Partes do sistema GPS

Segmento usuários

É a parte do sistema visível ao usuário, um aparelho que sintoniza os sinais emitidos pelos satélites e , com base neles e dados do relógio interno, calcula a sua própria posição.

Partes de um receptor: antena, relógio, memória, baterias, visor, botões de comando, interface para transmissão/recepção de dados.

É o único segmento a que temos acesso.



EACH

Escola de Artes, Ciências e Humanidades
da Universidade de São Paulo

Princípios de funcionamento

Posicionamento

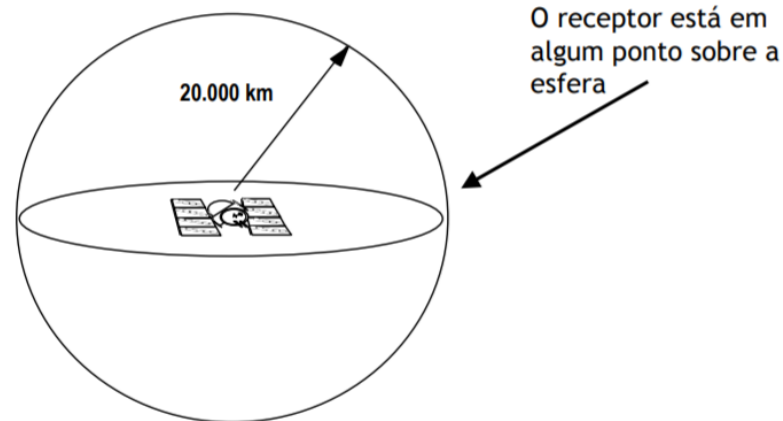
2 d (X e Y); Incógnitas: X, Y e t

3 d (X, Y e Z); Incógnitas: X, Y, Z e t

Princípio: Satélites transmitem dados que permitem calcular sua posição. Conhecendo a localização dos satélites e possível calcular a localização do receptor.

Conhecer a distancia satélite-receptor: tempo transmissão/recepção.

**Um satélite: esfera
(só conheço a distância)**



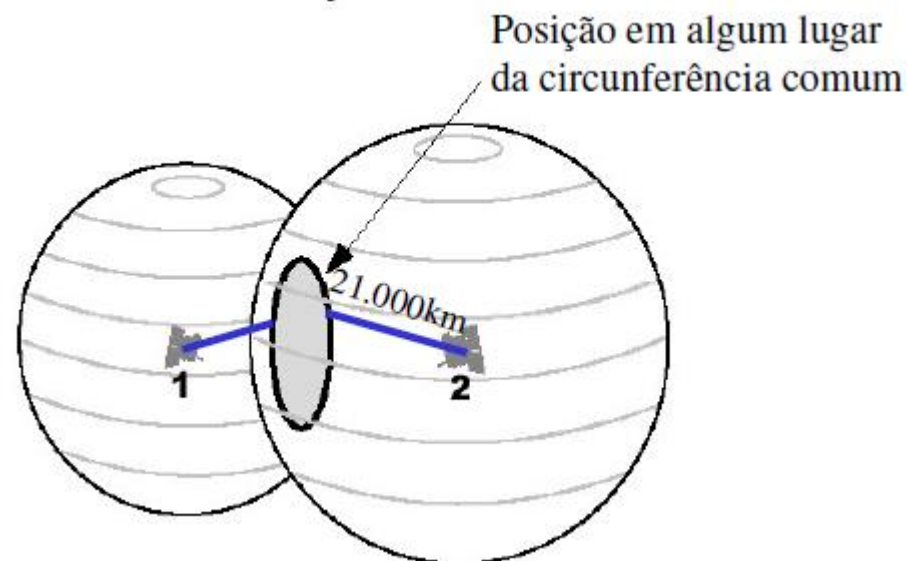


EACH

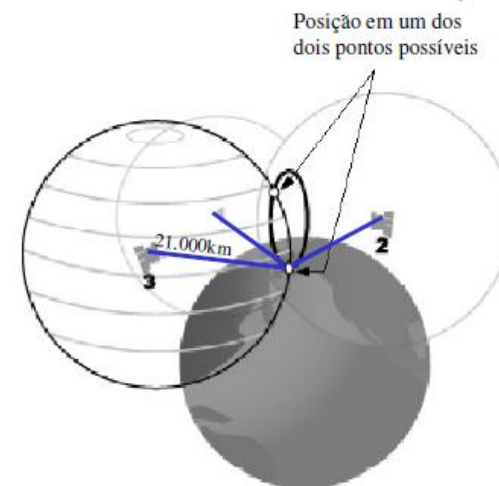
Escola de Artes, Ciências e Humanidades
da Universidade de São Paulo

Princípios de funcionamento

2 satélites: interseção das esferas



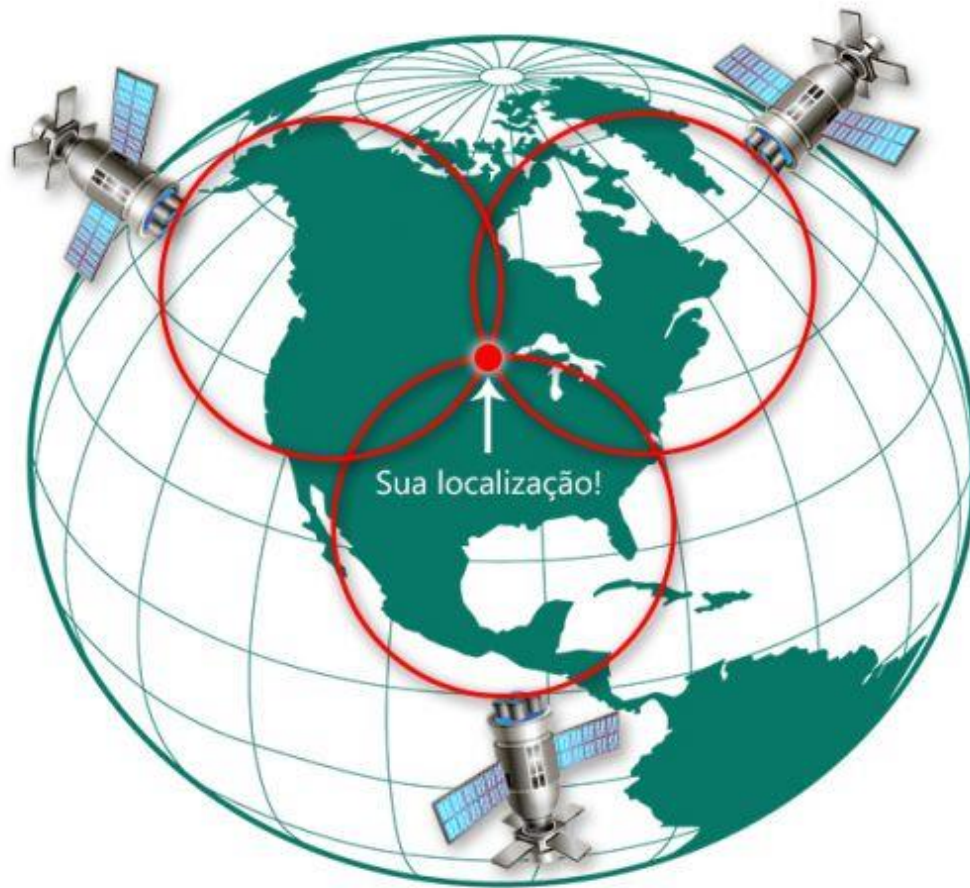
4 satélites: X, Y, Z





EACH

Escola de Artes, Ciências e Humanidades
da Universidade de São Paulo





EACH

Escola de Artes, Ciências e Humanidades
da Universidade de São Paulo

GPS assistido (A-GPS) GPS Aprimorado.
Recebe dados de satélites e por conexão de dados de antenas celulares



Útil em áreas urbanas: sombra topográfica e cobertura celular.



Erros

**SPS (*Standard Positioning Service*) código C/A (livre),
PPS (*Precise Positioning Service*) código P (militar),
SA Desativado em 2000.**

Sincronismo dos relógios: nos satélites: 4 atômicos (2 Césio e 2 Rubídio). Muito precisos mas caros. Nos receptores: quartzo. Menos precisos, mais baratos,

Efeitos da atmosfera,

Modelagem dos efeitos da ionosfera,

Cobertura do dossel

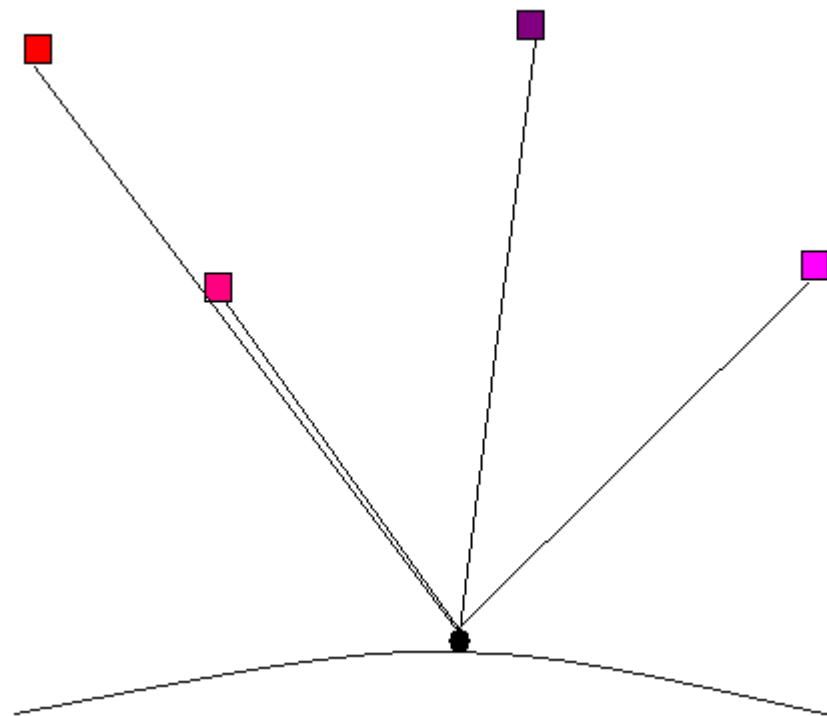


EACH

Escola de Artes, Ciências e Humanidades
da Universidade de São Paulo

Erros

DOP: fator de degradação da precisão (DOP-Dilution Of Precision). Efeito da geometria dos satélites. Razão entre a exatidão do posicionamento e a exatidão da medição.





EACH

Escola de Artes, Ciências e Humanidades
da Universidade de São Paulo

Erros



Geometria que induz alto DOP



Geometria que induz baixo DOP



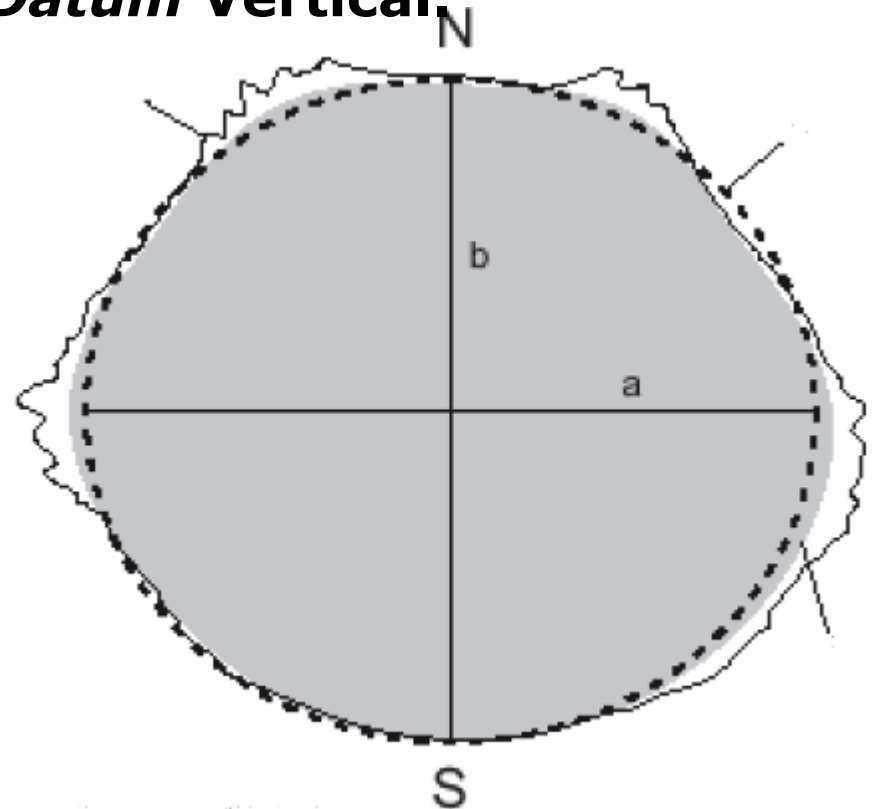
EACH

Escola de Artes, Ciências e Humanidades
da Universidade de São Paulo

Erros

De altitude:

GNSS fornecem resultados de altitude elipsoidal, não usam como referencia o *Datum Vertical*





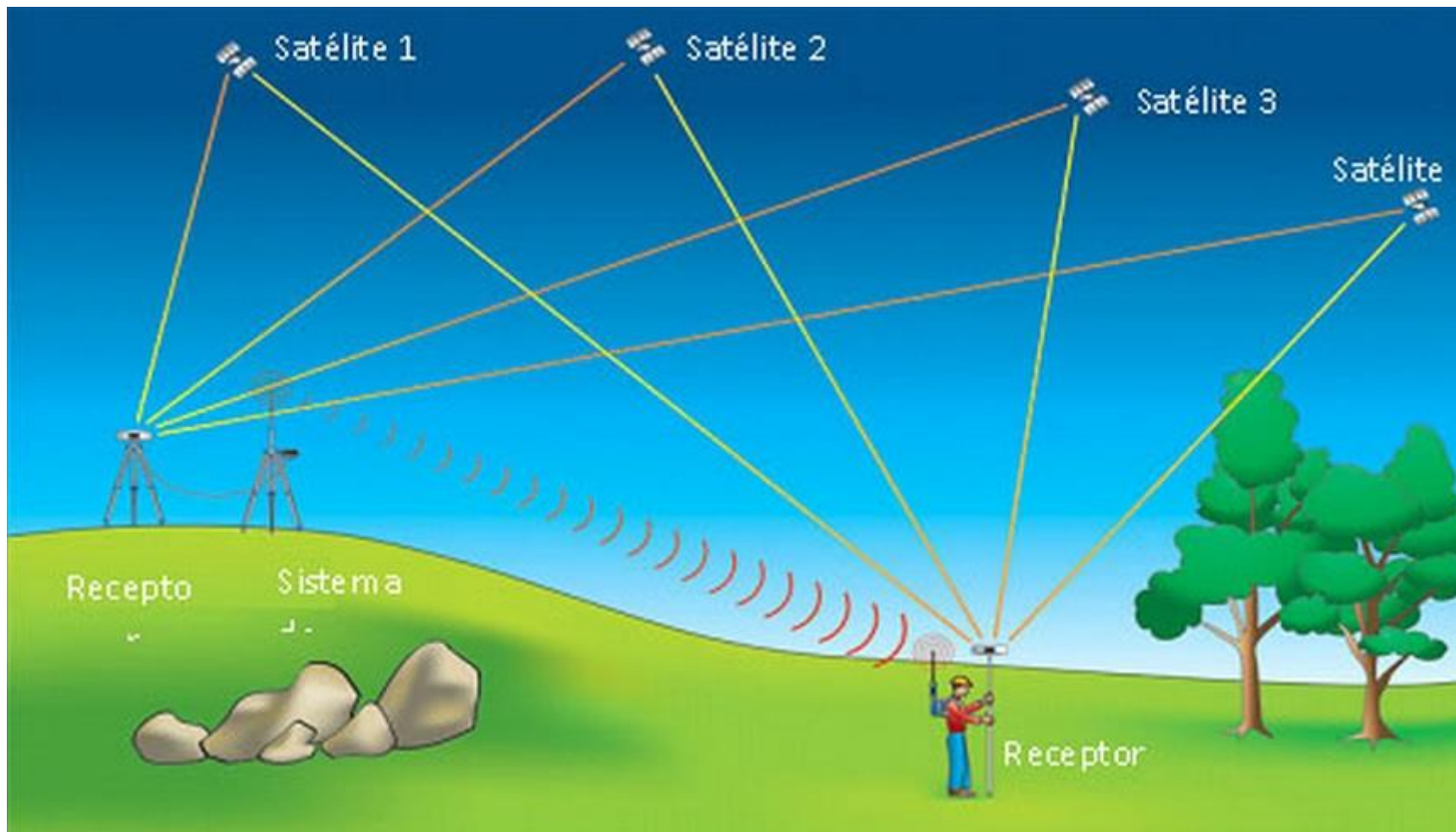
EACH

Escola de Artes, Ciências e Humanidades
da Universidade de São Paulo

Soluções

Correção Diferencial – DGPS (*Differential Global Positioning System*)

Dois receptores próximos. Erros dos relógios dos satélites, das efemérides, dos atrasos ionosférico e troposférico afetam ambos em proporções idênticas. O princípio do posicionamento relativo é que esses erros se cancelam na maior parte quando se trabalha com diferenças.



Correção Diferencial – DGPS em tempo real



EACH

Escola de Artes, Ciências e Humanidades
da Universidade de São Paulo

Soluções

Com erro SA: 100 m

Sem DGPS: ~20 m

Com DGPS: <1- 10 m.

**Receptor base num ponto com coordenadas conhecidas.
Receptor móvel coleta pontos. Correção em tempo real
ou por pos-processamento. Transmissão de
coordenadas. IBGE e Petrobras. Devem observar os
mesmos satélites. Restrição de distancia: 400 km.**

**Dados de estação base fornecidos gratuitamente pela
USP Piracicaba: <http://gps.ciagri.usp.br/data/>**



EACH

Escola de Artes, Ciências e Humanidades
da Universidade de São Paulo

GNSS

GPS: Americano. Origem DoD. Funcional. Uso civil e militar. O mais difundido.

GNSS - O GNSS (*Global Navigation Satellite System*) surgiu da ideia de combinar o GPS e o GLONASS. Vantagem: maior número de satélites disponíveis. Galileo, Compass e outros incrementariam a funcionalidade e precisão.

GLONASS: Russo. Funcional, militar. Criado em 1976. O sistema conta com 27 Satélites em órbita, 23 estão operacionais. Para oferecer cobertura global, o GLONASS necessita de 24 satélites em funcionamento. Com 18 cobre a Rússia.

GLONASS CONSTELLATION STATUS, 23.09.2020

Total satellites in constellation	27 SC
Operational	23 SC
In commissioning phase	-
In maintenance	2 SC
Under check by the Satellite Prime Contractor	-
Spares	1 SC
In flight tests phase	1 SC

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

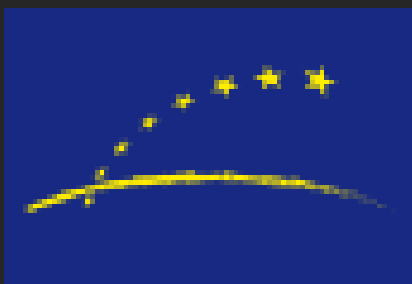
GALILEO

(European GNSS Service Centre –
União Europeia)

Em construção, civil. 30 satélites.

Vários tipos de acesso: civil gratuito,
comercial, segurança e militar.

Status (23/9/2020): Initial Services



GSC

Satellite Name	SV ID (PRN)	Cospas-Sarsat ID	Operating Mode [kHz]	FLS Operational Status	RLS Operational Status
GSAT0101 ¹	E11	N/A	-	N/A	USABLE
GSAT0102 ¹	E12	N/A	-	N/A	USABLE
GSAT0103	E19	419	ALC90	F	USABLE
GSAT0104 ²	E20	420	ALC90	F	NOT AVAILABLE
GSAT0201	E18	418	ALC90	F	TESTING
GSAT0202	E14	414	ALC90	F	TESTING
GSAT0203	E26	426	ALC90	F	USABLE
GSAT0204 ³	E22	422	ALC90	F	NOT USABLE
GSAT0205	E24	424	ALC90	F	USABLE
GSAT0206	E30	430	ALC90	F	USABLE
GSAT0207	E07	407	ALC90	F	USABLE
GSAT0208	E08	408	ALC90	F	USABLE
GSAT0209	E09	409	ALC90	F	USABLE
GSAT0210	E01	401	ALC90	F	USABLE
GSAT0211	E02	402	ALC90	F	USABLE

Compass- BeiDou: China. 23/6/2020 lançamento do último de 35 satélites, Cobertura global 35 satélites (5 geoestacionários).

Precisão: 10 cm (militar);

10 m (civil)

**IRNSS Indian Regional Navigation Satellite System:
geoestacionários; 7 satélites; 1º 4/2015; Somente o território da Índia e entorno.**

**Quasi-Zenith Satellite System (QZSS; niññ"MICHIBIKI") 4 satélites.
Cobre só o território do Japão e vizinhanças.**

Compass - BeiDou: China

Estação Brasileira para Monitoramento do Sistema Chinês de Posicionamento por Satélites BeiDou, no campus do Observatório Nacional, RJ



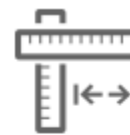
Bússola eletrônica



Sensor de gravidade



Giroscópio



Sensor de proximidade



Sensor de luminosidade



GPS



GPS Assistido



GPS+Glonass



GPS BeiDou

Celulares e tablets Samsung, LG, Sony, Xiaomi e outros.



EACH

Escola de Artes, Ciências e Humanidades
da Universidade de São Paulo

IRNSS *Indian Regional Navigation Satellite System.*

Somente na península Indiana

Operacional desde fins de 2016

Sete satélites: três geoestacionários e quatro de órbita média

Dois sinais:

Standard Positioning Service (SPS) para usuários civis;

Restricted Service (RS) para usuários autorizados

Embratop



HIPERVR
RECEPTOR GNSS

TOPCON
DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO
PARA O BRASIL



MEDE INCLINADO
JÁ ATIVADO!

- Máximo em produtividade
- Máximo em confiabilidade
- Máximo em tecnologia

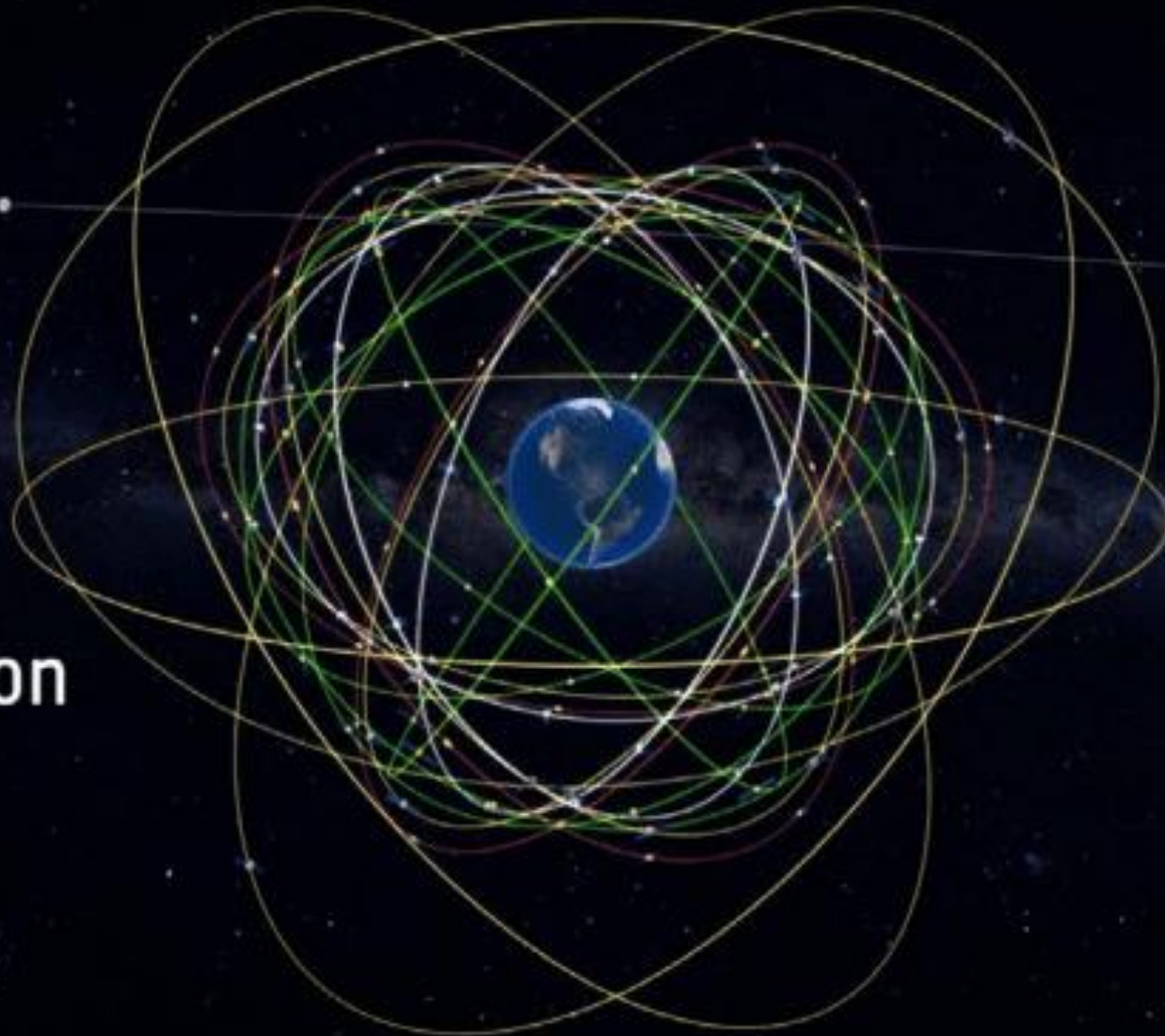
SAIBA MAIS
CLIQUE AQUI



EACH

Escola de Artes, Ciências e Humanidades
da Universidade de São Paulo

Global Navigation Satellite Systems



-  GPS
-  GLONASS
-  GALILEO
-  BEIDOU

Bibliografia

Albuquerque, P. C. G. Desastres Naturais e Geotecnologias: GPS. (Disponível no edisciplinas).

Beraldo, P.; Monteiro Soares, S. GPS Introdução e Aplicações práticas. 1995, Brasília- DF, 148p. Editora e Livraria Luana Ltda, 1995.

Indian Space Research Organization <http://isro.gov.in/irnss-programme>

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Noções básicas de cartografia. 1998. Rio de Janeiro - RJ, 128p. (Disponível no edisciplinas)