

# XXI Curso de Uso Escolar de Sensoriamento Remoto no Estudo do Meio Ambiente 2019

## Conceitos de Cartografia e GPS



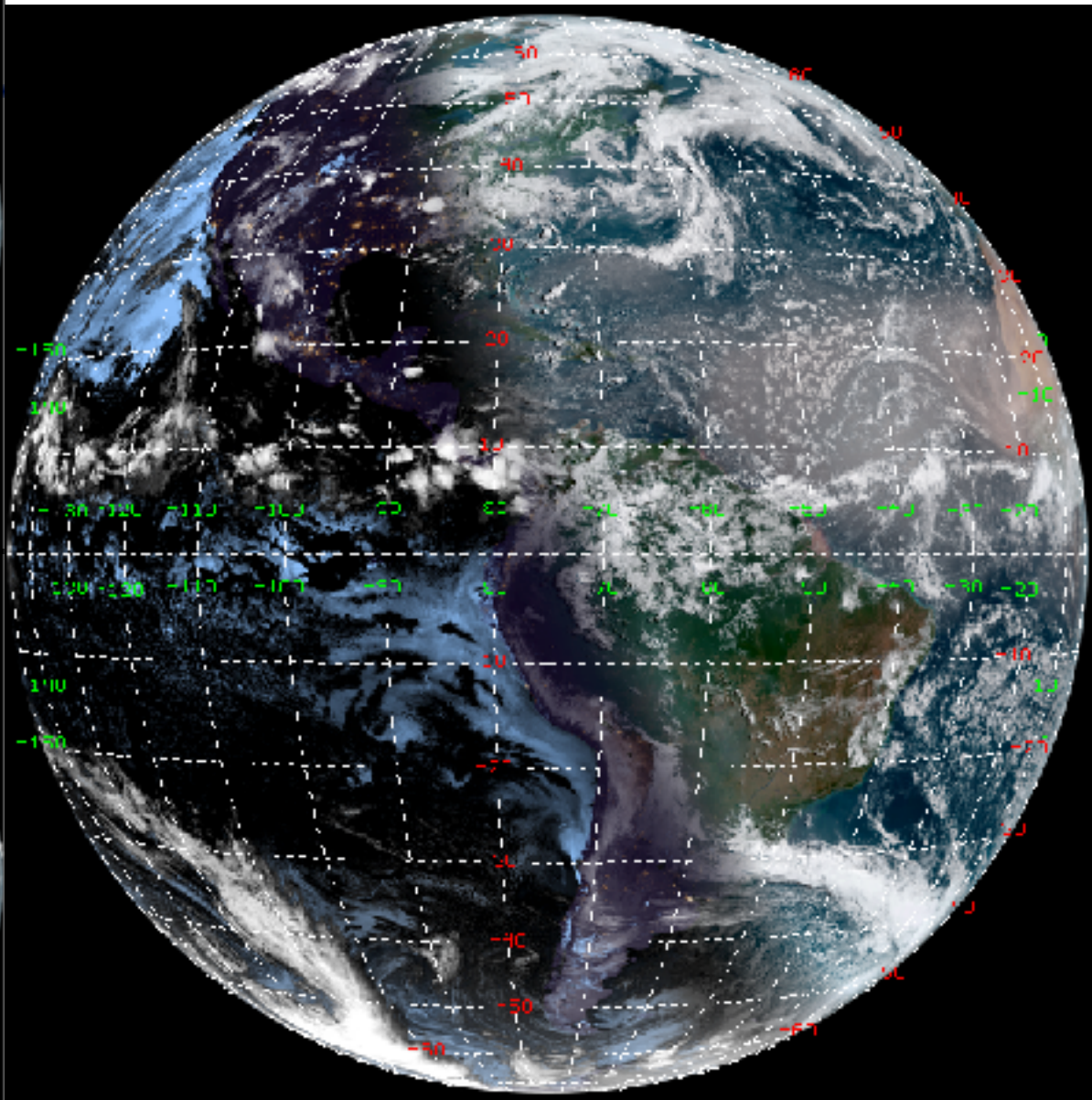
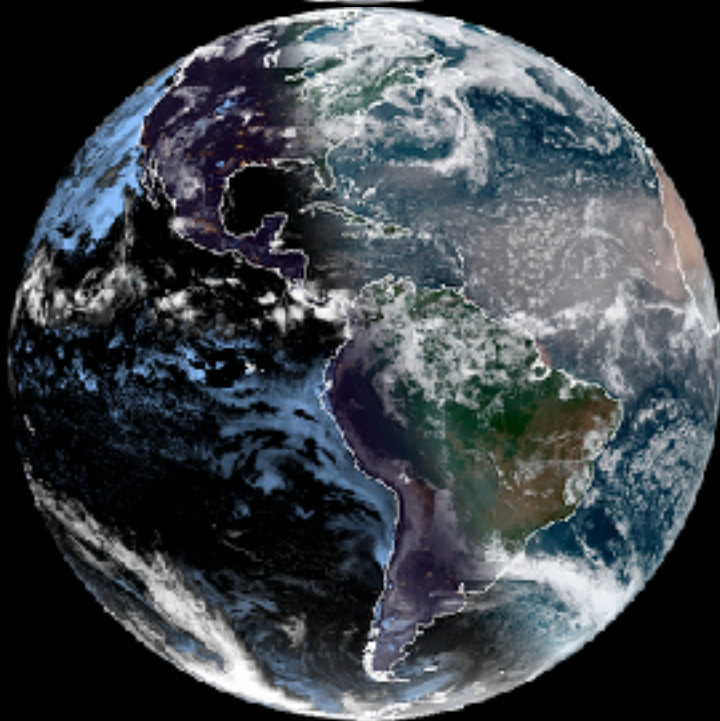
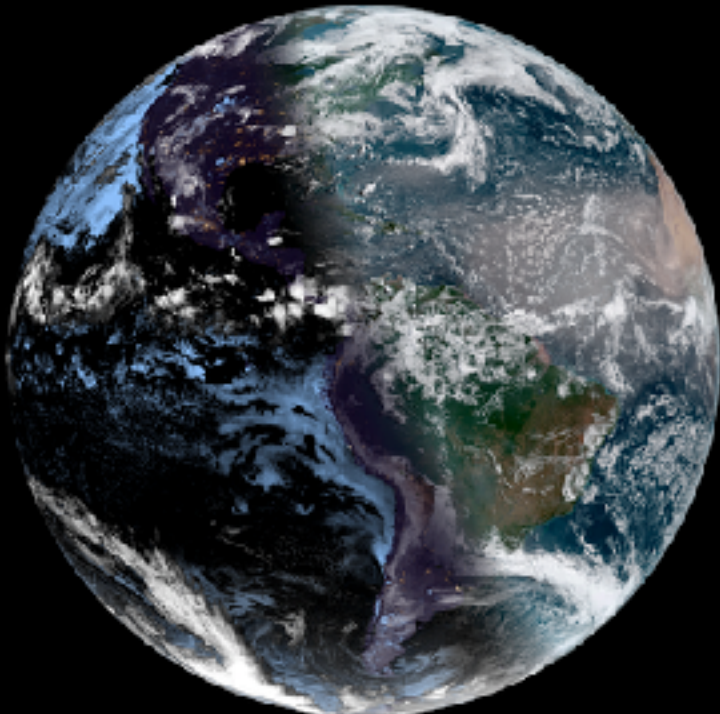
Laércio Massaru Namikawa

# Mapa e Geoprocessamento

- Necessidade de compartilhar informações espaciais: localizar, repetir e descobrir caminhos
- Desde os primórdios, a forma analógica comum de representar essas informações é o MAPA
- No mapa estão representadas as localizações geográficas dos objetos de interesse
- A cartografia trata diretamente da manipulação de dados espaciais



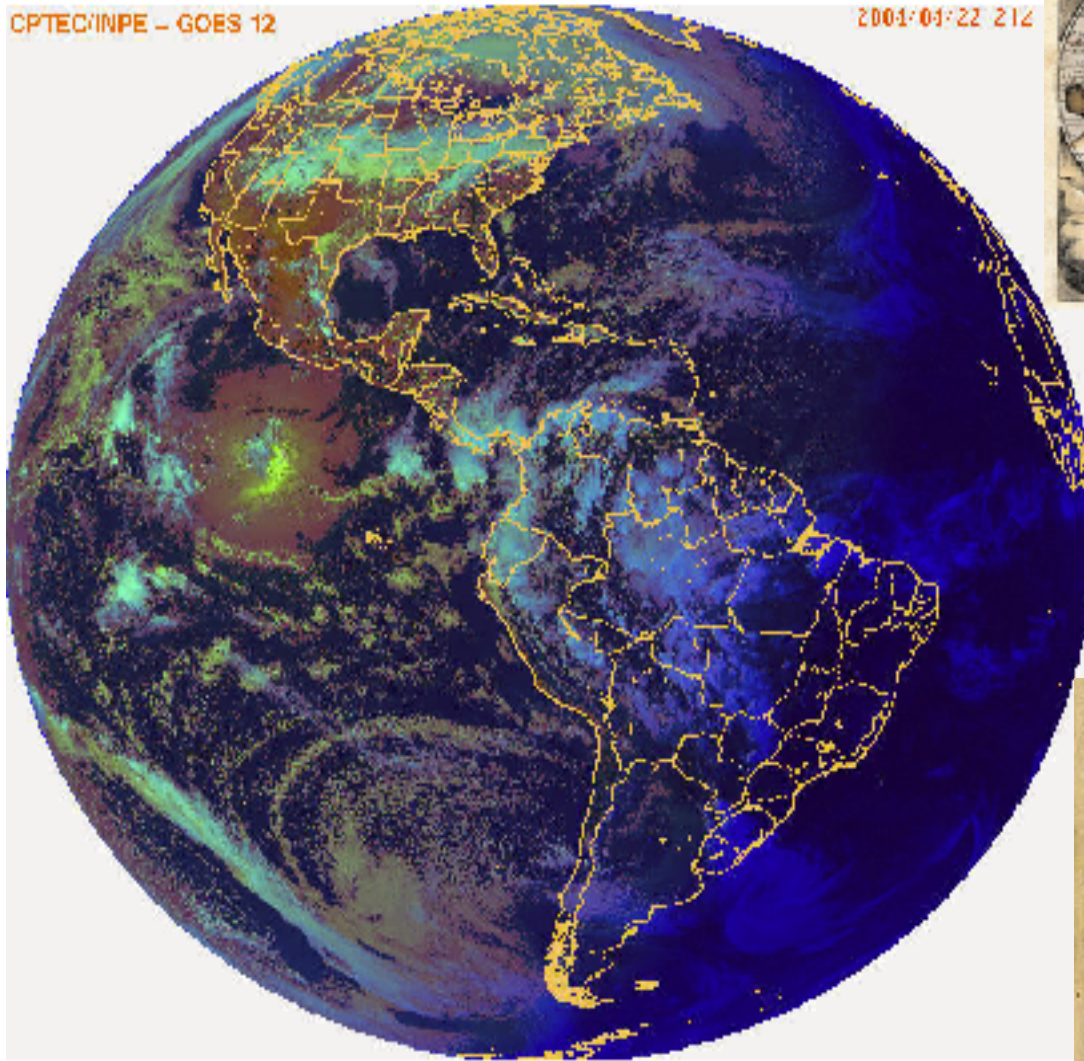






CPTEC/INPE - GOES 12

2001/01/22 21Z



Ortelius

Mercator





# Cartografia para Geoprocessamento

---

- **Cartografia** preocupa-se em apresentar um modelo de representação de dados para os processos que ocorrem no espaço geográfico
- **Geoprocessamento** representa a área do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais, fornecidas pelos **Sistemas de Informação Geográfica** (SIG), para tratar os processos que ocorrem no espaço geográfico

# Mapa e Escala



No Mapa a Terra é plana.

As feições estão em escala.

*E o que significa estar em escala?*

Significa que existe uma relação entre a medida de um objeto ou lugar geográfico, representado no papel, e sua verdadeira dimensão, no terreno.



# Escalas Numéricas e Gráficas

## - Fração representativa ou numérica:

$$E = d / D$$

d: distância medida na carta

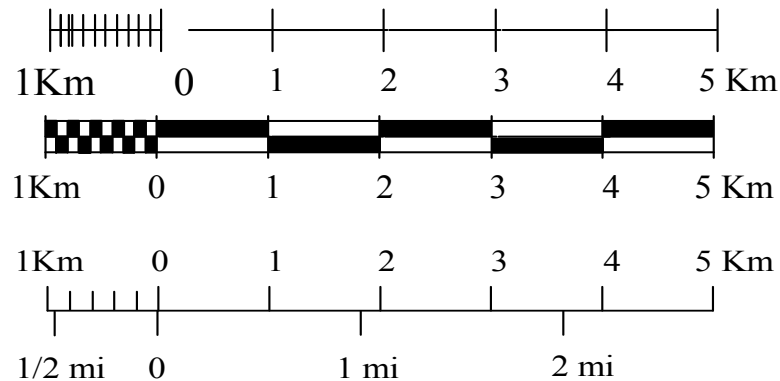
D: distância real

As escalas numéricas mais comuns são da forma

$$E = 1 / 10x \text{ ou } E = 1:10x$$

Ex: 1:10:10000

## - Gráfica ou escala de barras



# Escala

---

- **Precisão cartográfica**

- É a menor grandeza medida no terreno, capaz de ser representada em desenho na mencionada escala.
- Menor comprimento: 0,2 mm (devido à restrição de representação no papel)

Seja  $E = 1 / M$

Erro tolerável: 0,0002 metro X M

$$E = 1/20000 \text{ ---- } 0.2\text{mm} = 4000 \text{ mm} = 4 \text{ m}$$

$$E = 1/10000 \text{ ---- } 0,2\text{mm} = 2000 \text{ mm} = 2 \text{ m}$$

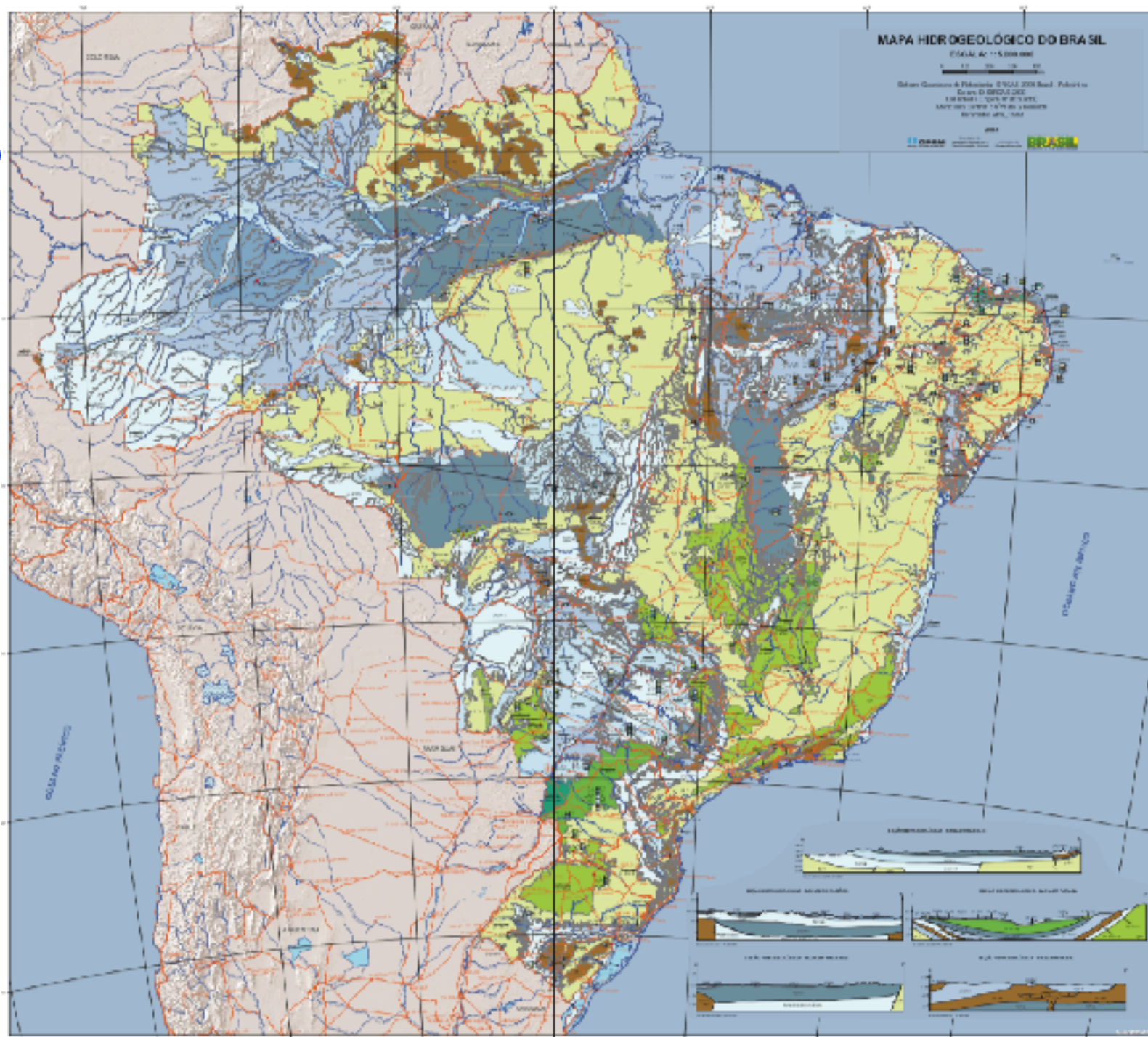
$$E = 1/40000 \text{ ---- } 0,2\text{mm} = 8000 \text{ mm} = 8 \text{ m}$$

$$E = 1/100000 \text{ ---- } 0,2\text{mm} = 20000 \text{ mm} = 20 \text{ m}$$

$$E = 1/5000000 \text{ ---- } 0,2\text{mm} = 1000000 \text{ mm} = 1000 \text{ m}$$



# Escala





BRASIL

50 Km

Tietê

PAULULO



# Escala





# Escala



# Escala: Mapa x Carta x Planta

---

De acordo com IBGE (1999, p21):

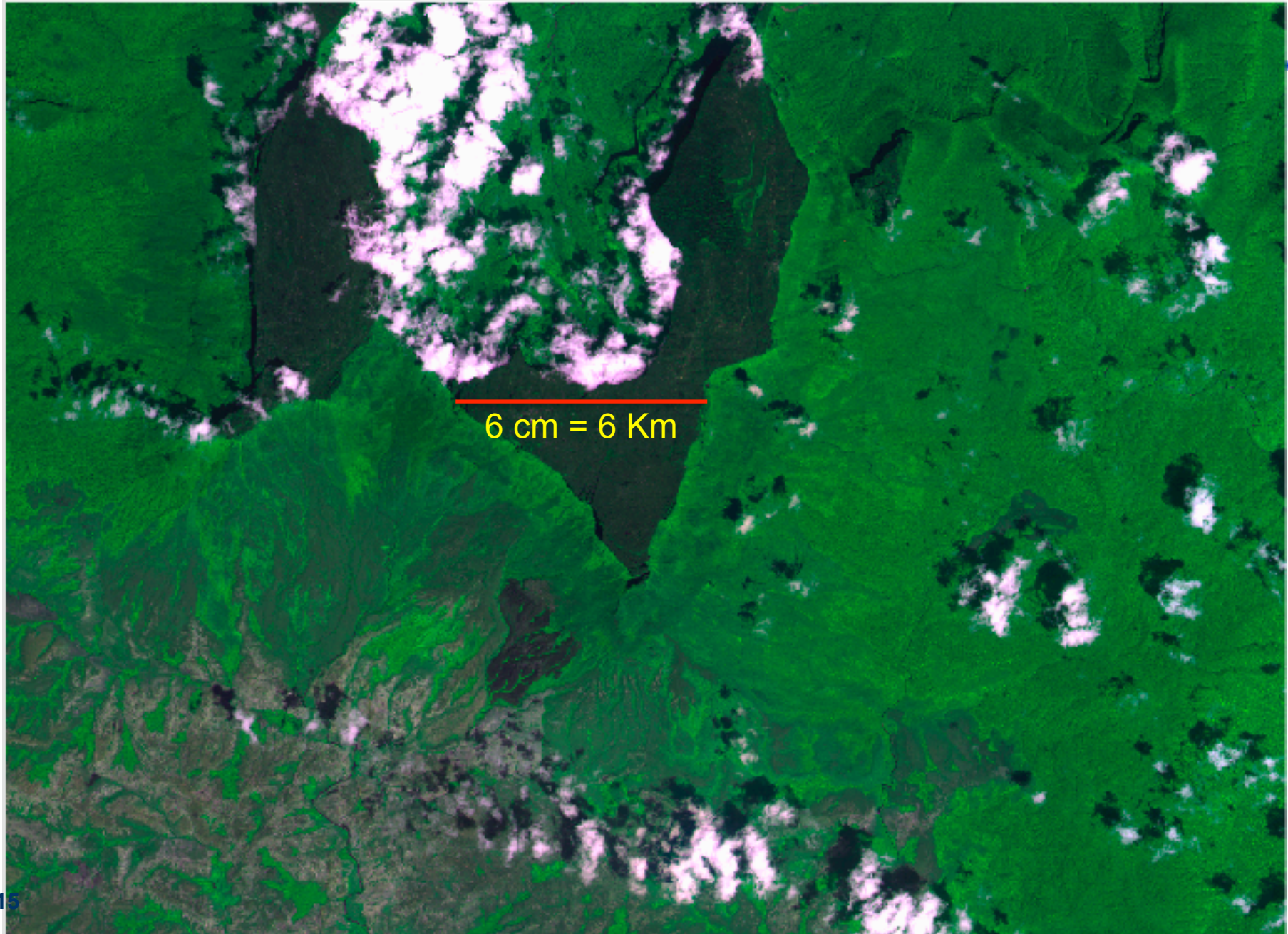
- **Planta** – “representação cartográfica dos aspectos naturais e artificiais de uma área tomada da superfície da Terra como se esta fosse um modelo plano, em consequência a representação passa a ser restrita a uma área muito limitada (10-20 km de raio), para que a curvatura não precise ser levada em consideração, e a **escala deve ser constante e grande** o suficiente para mostrar centímetros ou milímetros dos detalhes.”
- **Carta** – “é a representação no plano, em **escala média ou grande**, dos aspectos artificiais e naturais de uma área tomada de uma superfície planetária, subdividida em folhas delimitadas por linhas convencionais – paralelos e meridianos – com a finalidade de possibilitar a avaliação de pormenores, com grau de precisão compatível com a escala.”
- **Mapa** – “representação no plano, **em escala pequena**, dos aspectos geográficos, naturais, culturais e artificiais de uma área tomada na superfície de uma Figura planetária, delimitada por elementos físicos, político-administrativos, destinada aos mais variados usos, temáticos, culturais e ilustrativos.”



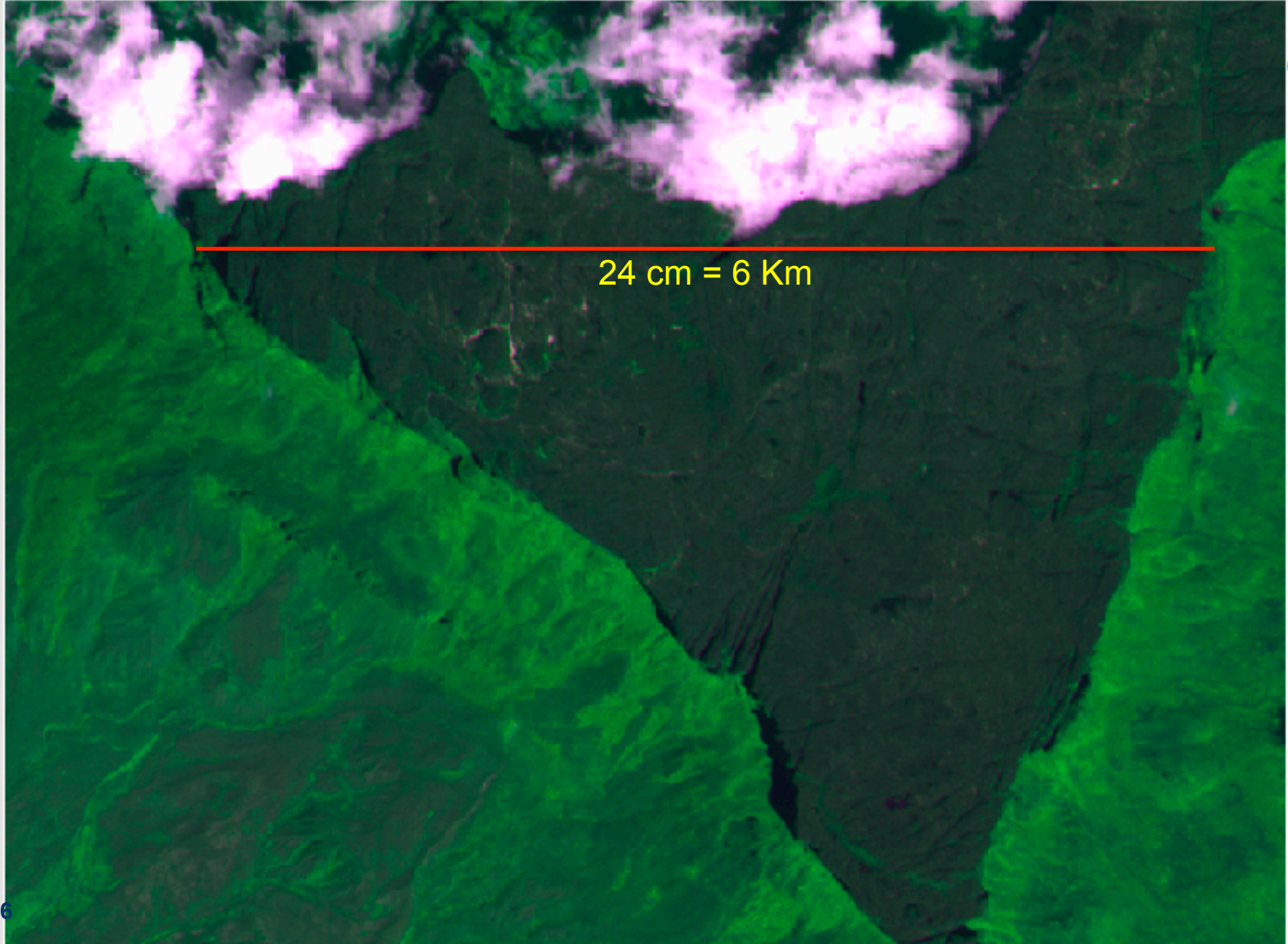
# Escala: Mapa x Carta x Planta

---

- Na maior parte das vezes, o termo utilizado para descrever mapas, cartas e plantas é MAPA
- No universo de SIG o termo mais utilizado é mapa para identificar a representação plana
- A escala, enquanto proporção se aplica também a visualização de dados na tela



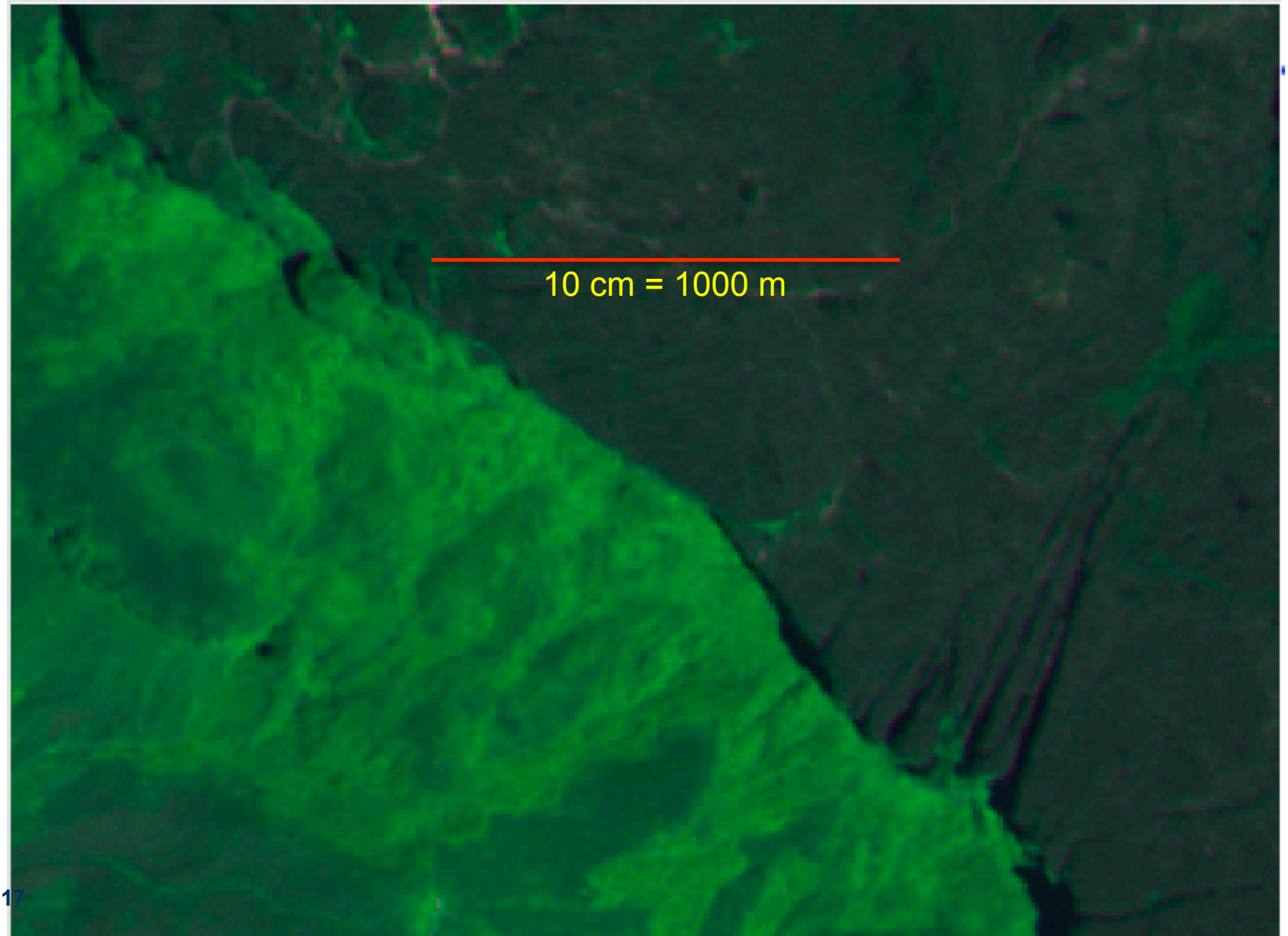






10000

10 cm = 1000 m



# Sistema de Coordenadas

- Dados espaciais caracterizam-se especificamente pelo atributo da **localização geográfica**.
- Essa localização é estabelecida quando se pode descrevê-los em relação a outro objeto cuja posição seja conhecida, ou quando é determinada em relação a um certo **sistema de coordenadas**



Minha casa

Long: 45°53'24.0"O

Lat: 23°11'74.01"S

Moro abaixo e a  
esquerda da  
Torre Eiffel



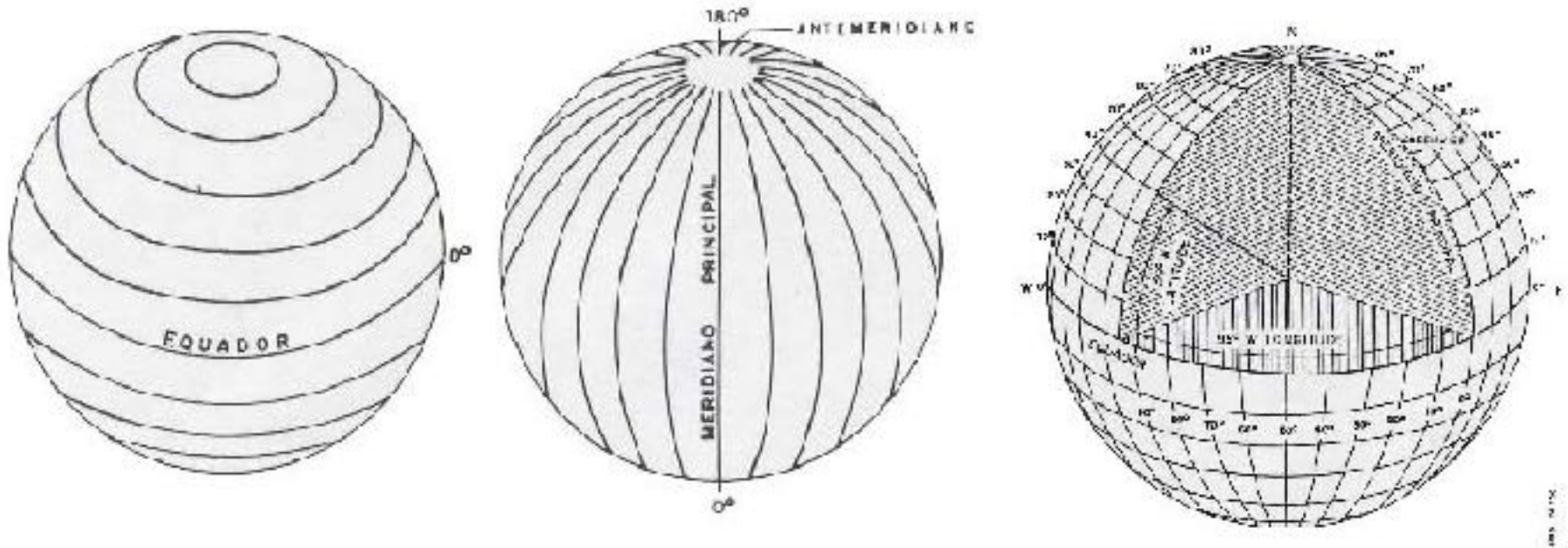
Torre Eiffel

Long: 2°17'54.01"L

Lat: 48°53'33.24"N

# Sistema de coordenadas geográficas

- Antigamente acreditava-se que a Terra era uma **Esfera**
- O **sistema de coordenadas geográficas** é o sistema mais antigo. Nele, cada ponto da superfície terrestre é localizado na interseção de um **meridiano** com um **paralelo**, definidos sobre uma superfície de referência (ainda a Esfera)





# Conceitos de Geodésia

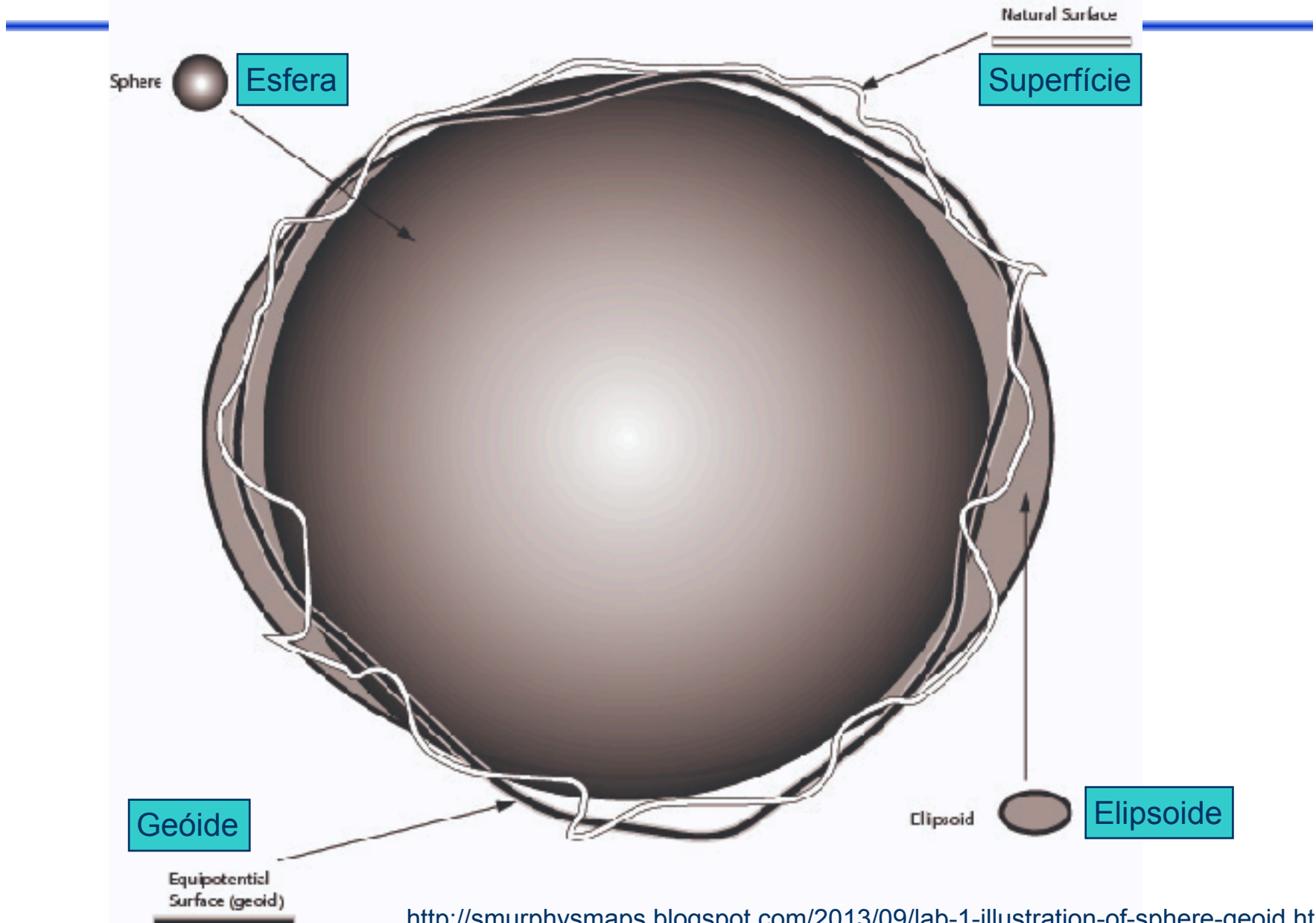
---

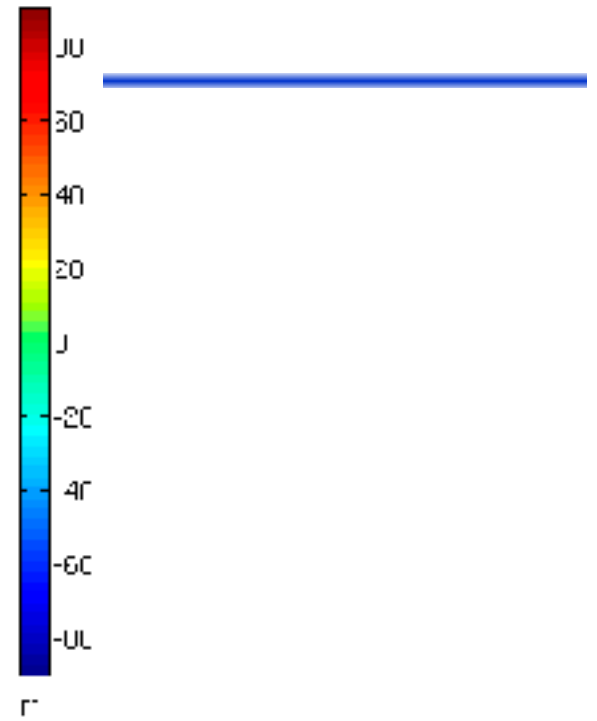
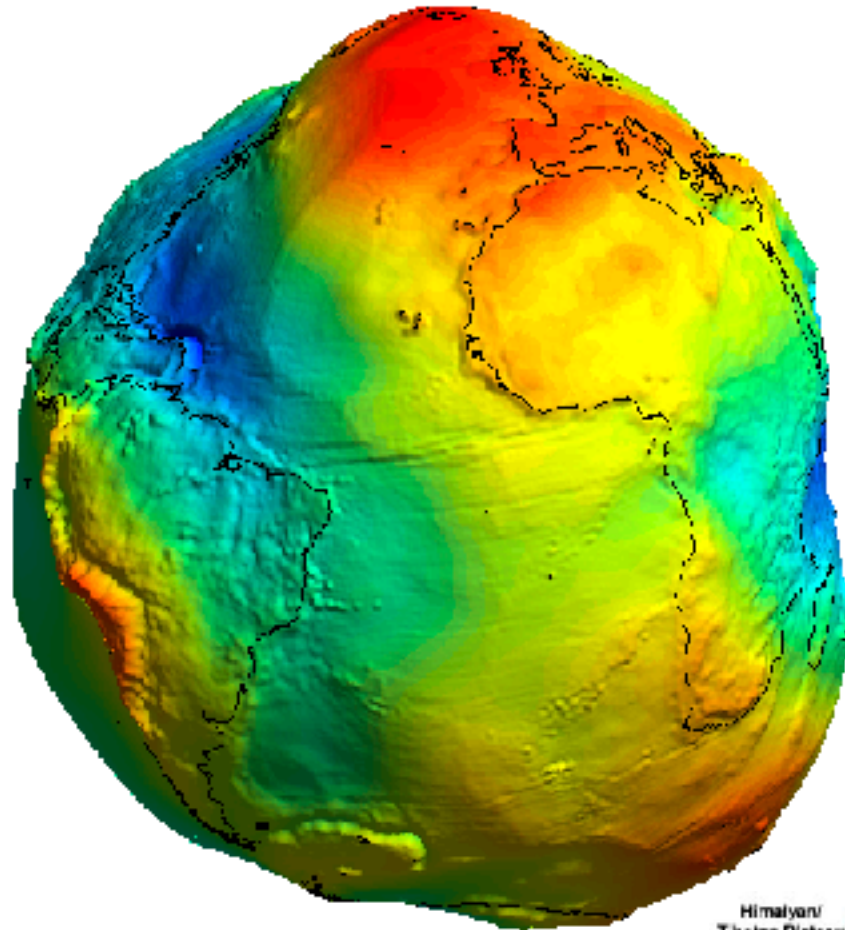
Geodésia trata da determinação das dimensões e da forma da Terra

- Evolução da Física e Gravimetria chegou-se à conclusão de que a Terra era achatada nos polos: achatamento definido por gravimetria. Ou seja, a Terra não era uma esfera, mas um elipsóide.
- Século XIX – Legendre e Gauss provaram que estava havendo um erro quanto a forma da Terra. Concluíram que a Terra não era um elipsóide mudando novamente o conceito da figura da Terra.
- Mais tarde este novo conceito foi chamado de **Geóide**

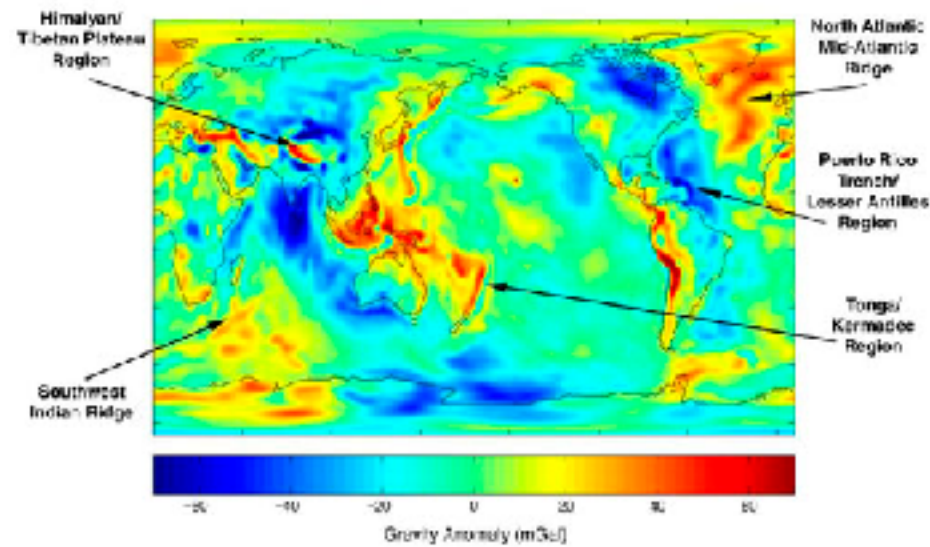
# Illustration of Earth Shapes

## Formas da Terra





Geoid height (EGM2008, nmax=500)

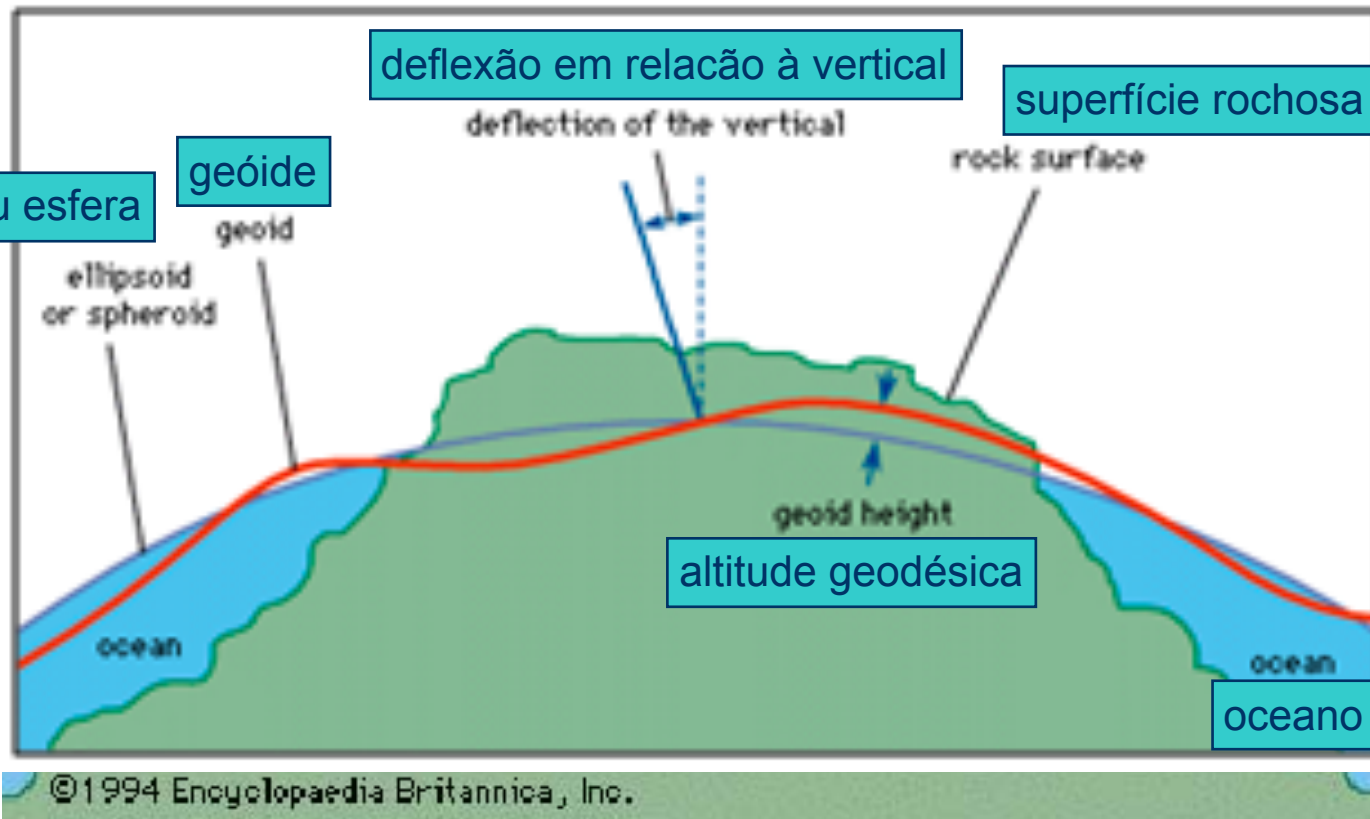




# Conceitos de Geodésia

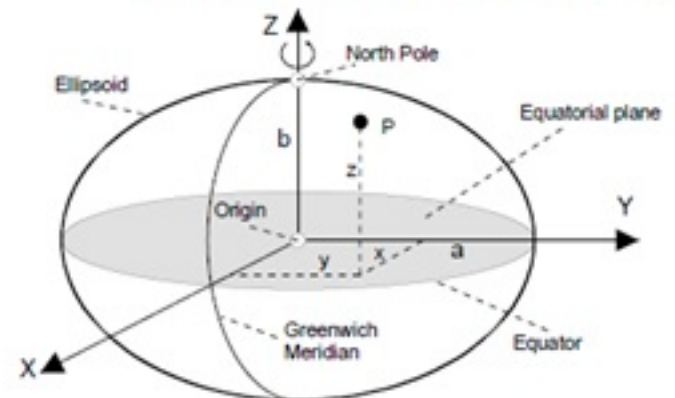
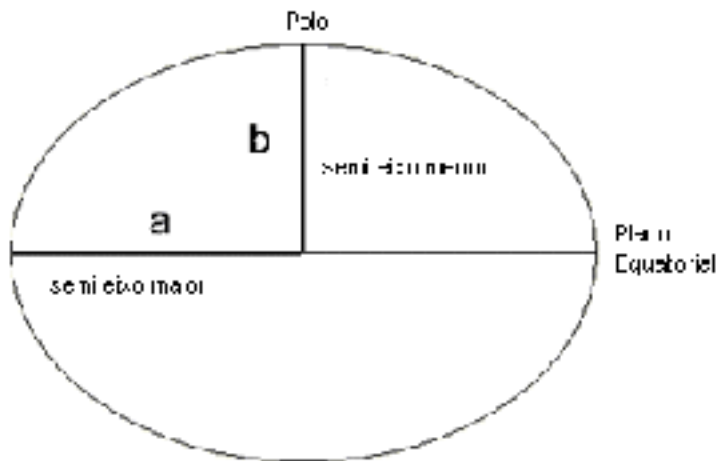
Geóide é aceito como figura matemática da Terra:

Superfície equipotencial do campo gravitacional da Terra que mais se aproxima do nível médio dos mares



# Conceitos de Geodésia

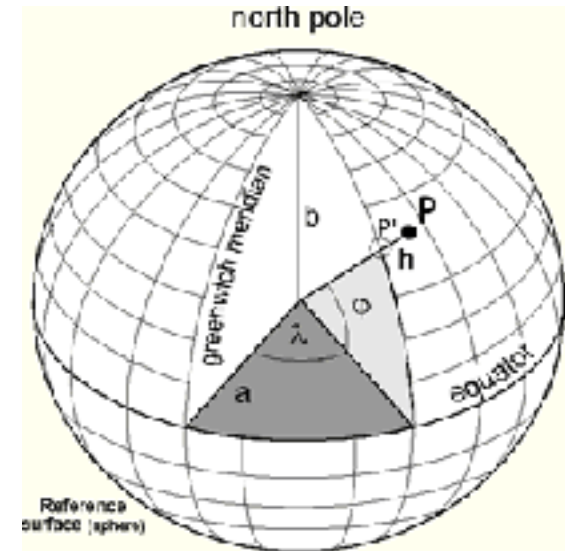
- Na prática o geóide não é conhecido globalmente: faltam estações gravimétricas em todo planeta e equações complexas
- Surge uma superfície de referência mais adequada à Terra real, ou seja, tratável matematicamente: **Elipsóide de Referência** ou Terra Cartográfica
- Um elipsóide é caracterizado por seus semi-eixos maior (raio Equatorial) e menor (achatamento dos polos)



# Sistema de coordenadas geográficas ou geodésicas

Dadas as definições de Geóide/Elipsóide, o sistema de Coordenadas Geográficas fica corretamente definido como Sistema de Coordenadas Geodésicas.

- Latitude geodésica ou geográfica
  - ângulo entre a normal à superfície de referência (elipsóide ou esfera), no ponto em questão, e o plano do equador. Varia de  $0^\circ$  a  $90^\circ$  (norte ou sul)
- Longitude geodésica ou geográfica
  - ângulo entre o meridiano que passa pelo ponto e o meridiano origem (Greenwich, por convenção). Varia  $0^\circ$  a  $180^\circ$  (leste e oeste)



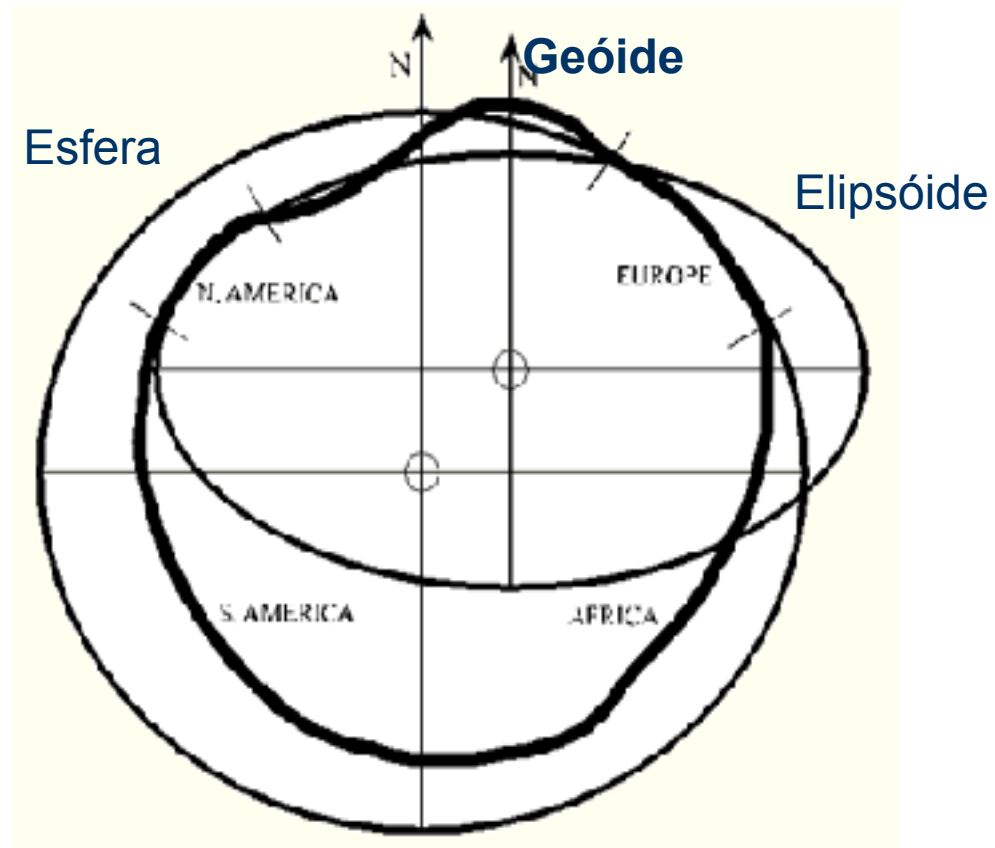
- $\varphi$  – latitude geodésica (graus)
- $\lambda$  – longitude geodésica (graus)
- $h$  – altitude elipsoidal (metros)



# Conceitos de Geodésia - Conceito Datum Planimétrico

## Datum Planimétrico:

- Seleciona-se elipsóide de referência mais adequado à região
- Posiciona-se o elipsóide em relação à Terra real – preservando o paralelismo entre o eixo de rotação da Terra e do elipsóide
- Escolhe-se um ponto central (origem) no país ou região
- **Datum planimétrico ou horizontal: superfície de referência posicionada em relação à Terra real**

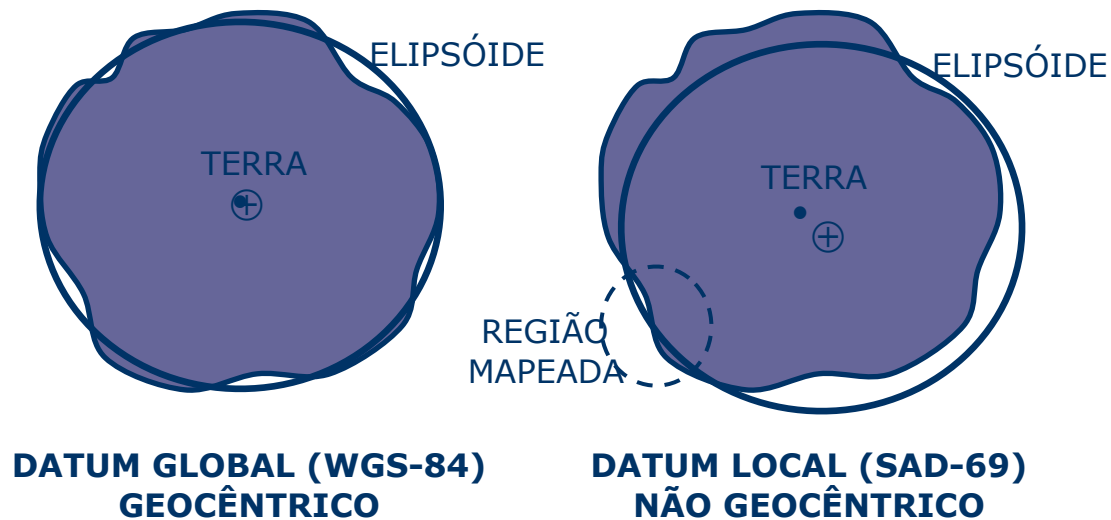


# Conceitos de Geodésia

---

## Datum Planimétrico:

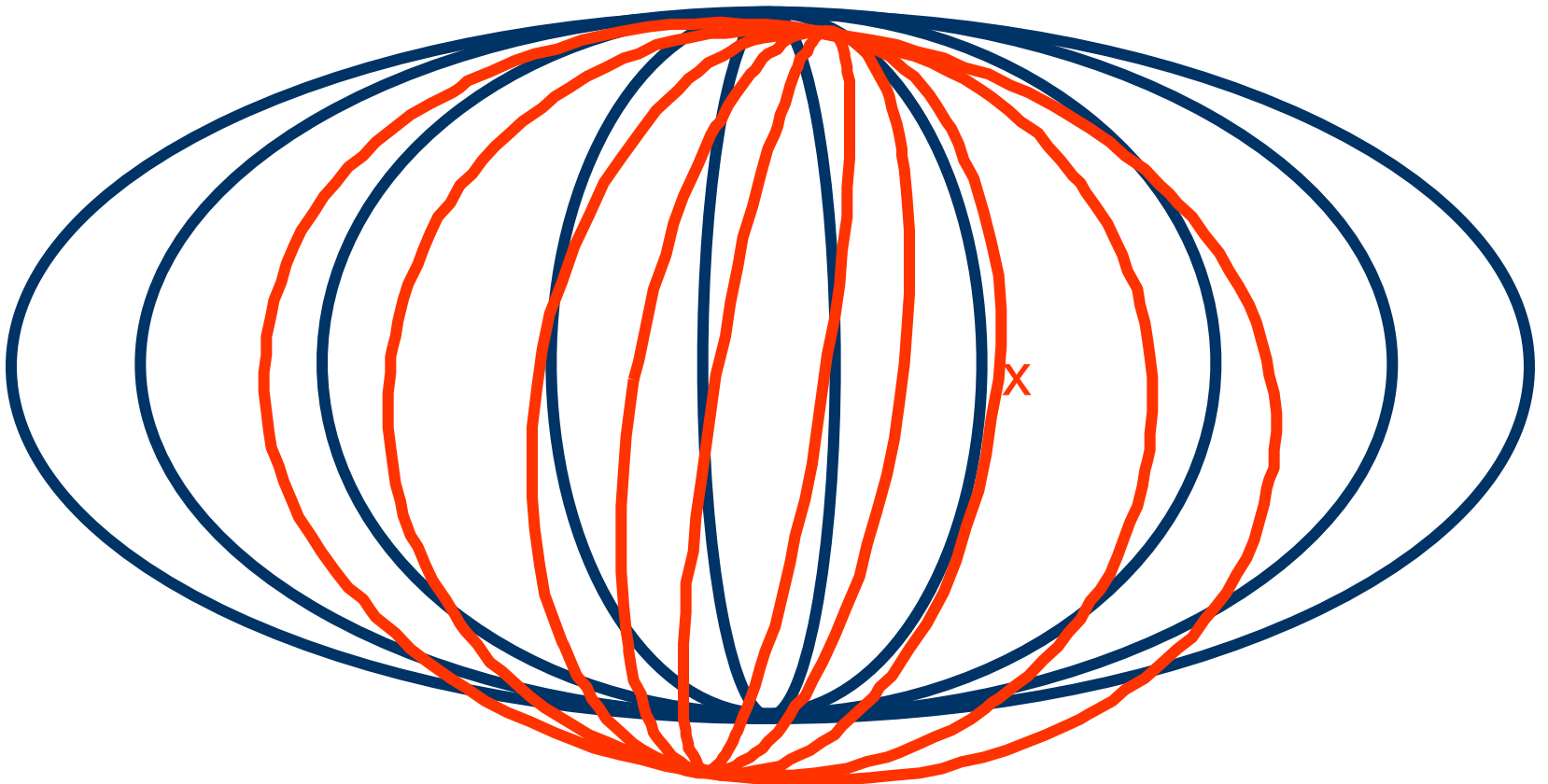
- **Global** → o centro do elipsóide coincide com o centro de massa da Terra;
- **Local** → o centro do elipsóide está deslocado do centro da Terra



# Datum

---

Um ponto pode ter diferentes coordenadas, dependendo do Datum usado.





# Data (plural Datum) usados no Brasil

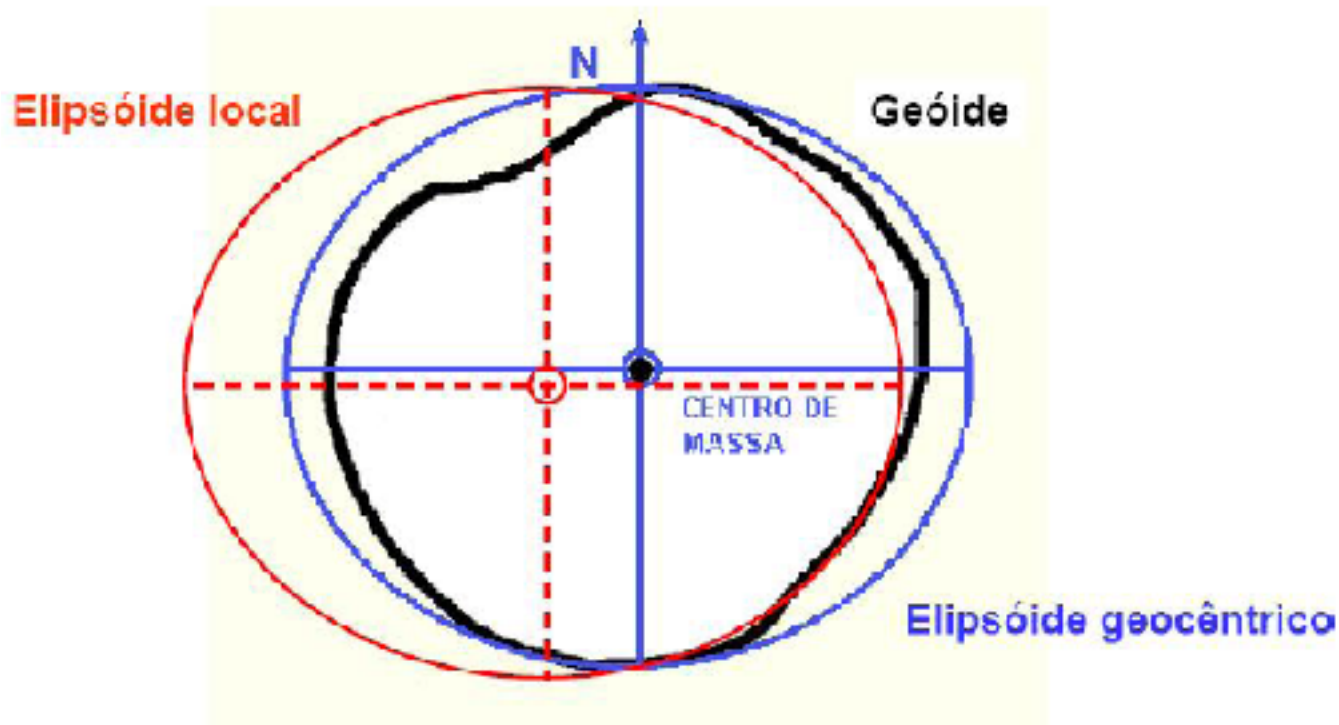
---

- Legalmente:
  - **SAD69** - South American Datum 1969
  - **SIRGAS2000** - Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
- Também é comum encontrar cartas topográficas que referem-se à **Córrego Alegre**, o antigo Datum brasileiro
- 25 de fevereiro de 2005: SIRGAS2000 foi oficialmente adotado como o novo sistema de referência geodésico para o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) e para o Sistema Cartográfico Nacional (SCN)
- Foi também definido um período de transição, não superior a 10 anos, onde o sistema novo (SIRGAS2000) e os antigos (SAD 69, Córrego Alegre) poderão ser utilizados concomitantemente.
- Depois de passado o período de transição, o SIRGAS2000 será o único sistema geodésico de referência legalizado no país.

# Data usados no Brasil

- **Diferenças entre o SAD69 e o SIRGAS2000:**

- **SAD69** é um sistema que tem como referência um ponto na superfície da Terra
- **SIRGAS2000** é geocêntrico, e tem como referência um ponto no centro de massa da Terra. Atende à uma necessidade de compatibilização com o sistema de posicionamento GPS, que também é geocêntrico



# Conceitos de Geodésia

---

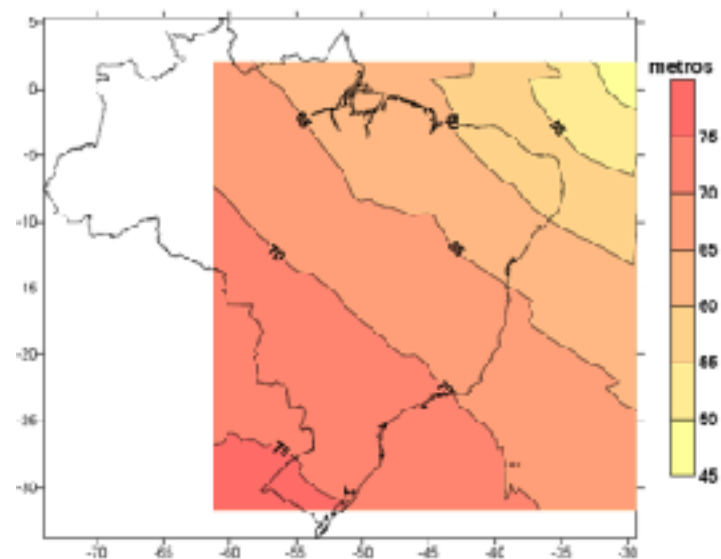
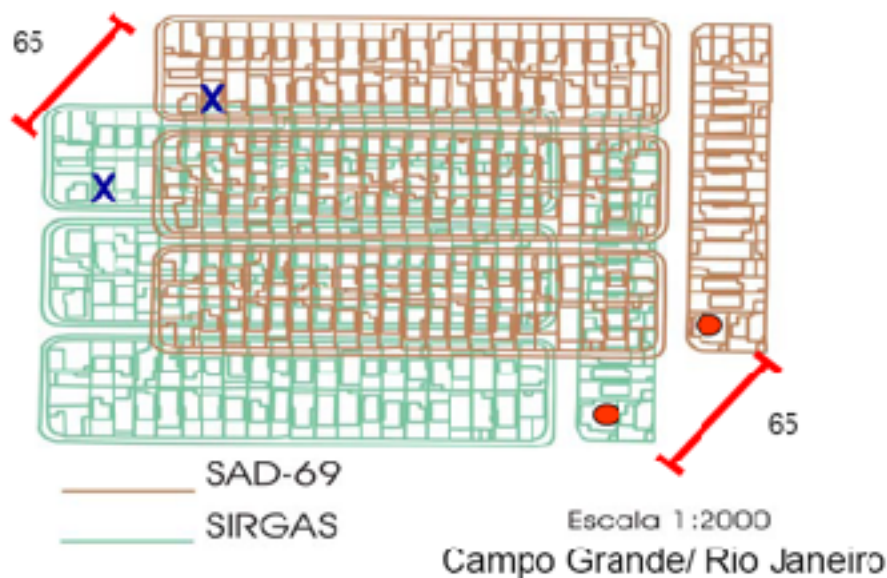
Diante do conceito de Datum Planimétrico fica uma **Mensagem importante:** as Coordenadas Geográficas, na verdade Geodésicas, dependem de um Datum planimétrico, pois ele define a referência para os meridianos e paralelos.

- Portanto, as coordenadas geográficas/geodésicas variam...
  - menos que 60m entre SAD-69 e Córrego Alegre;
    - Negligenciáveis para escalas pequenas, preponderante para as escalas maiores que 1:250.000
  - menos que 100m entre SAD-69 e WGS-84, no território brasileiro.
  - de SIRGAS200 para SAD69 : ~65 metros no território brasileiro
  - de SIRGAS2000 para WGS84: nenhum



# Erros de Posicionamento

- Ainda que existam dados em coordenadas geodésicas, em diferentes Data, essa coexistência pode gerar erros de posicionamento
- Por exemplo, um mapeamento realizado em SAD69 e outro em SIRGAS2000 não podem ser mostrados no mesmo mapa



Fonte: <http://www.pign.org/PIGN3/Portugues/cadastral.htm>

(relatório do Projeto demonstração 2)

# Conceitos de Geodésia – Relevo

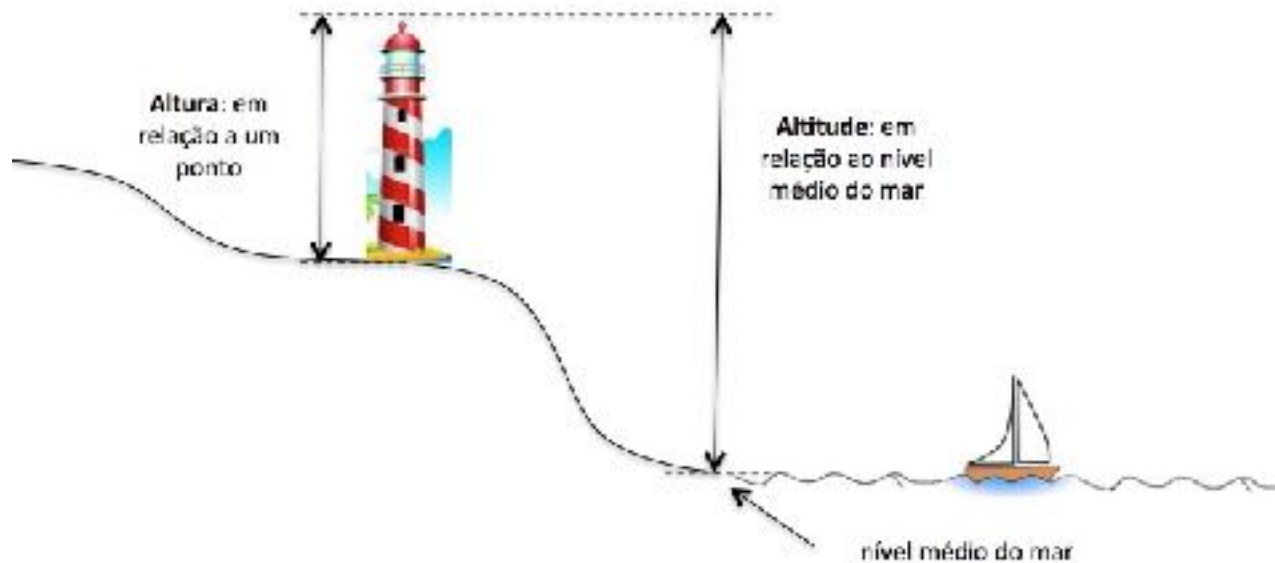
---

- Relevo
  - Saber se dois ou mais pontos estão no mesmo nível (altitude) – subir ou descer
  - **Nível base** – origem padrão de medidas = nível médio dos mares
  - **Altitude** = medida do desnível que existe em qualquer ponto da superfície e o nível do mar.

# Conceitos de Geodésia – Relevo

---

- Altitude é DIFERENTE de Altura! (referencial)
- Altitude – nível médio dos mares
- Altura – chão



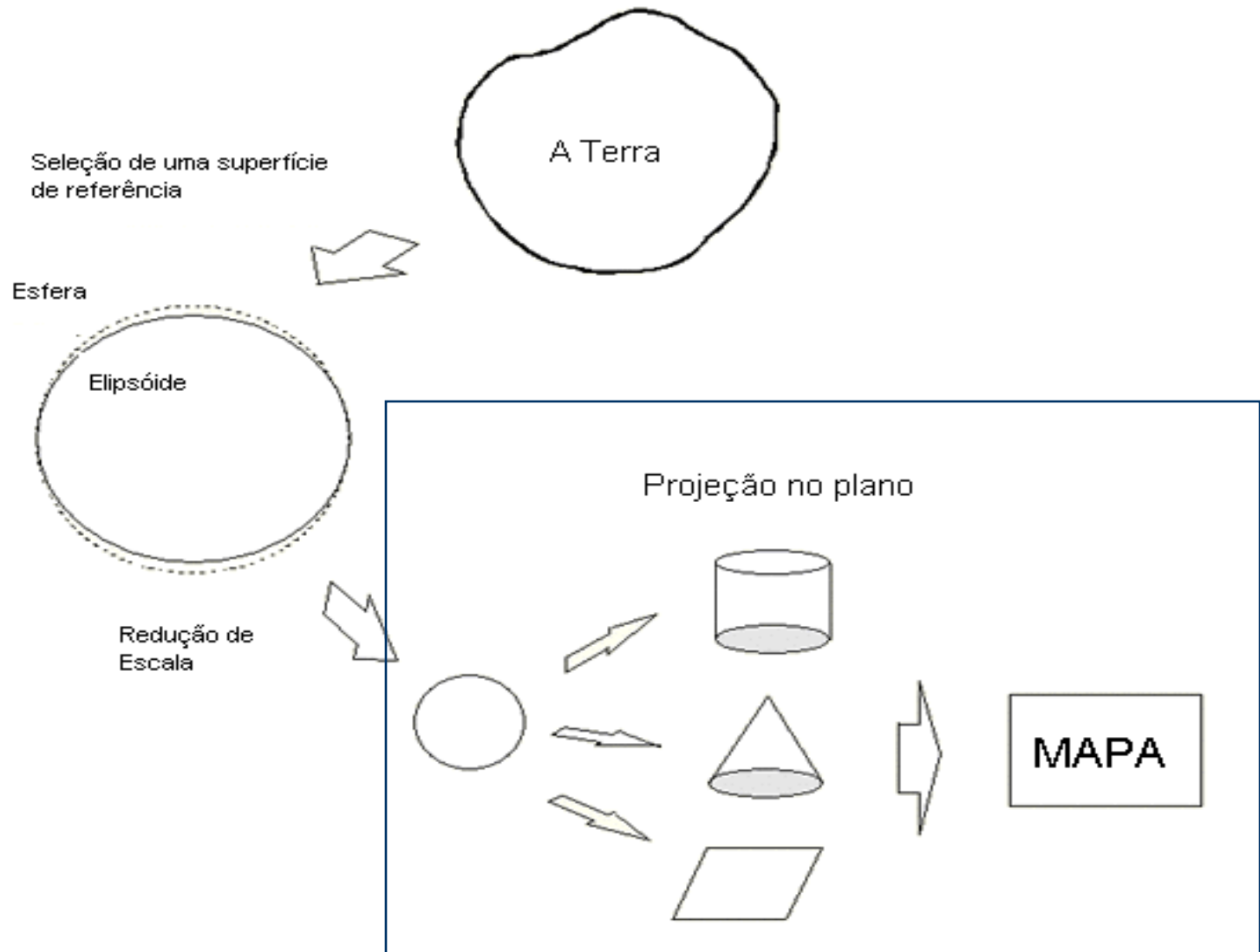


# Conceitos de Geodésia – Datum Vertical

---

- Datum altimétrico ou vertical
  - superfície de referência para a contagem das altitudes (geóide).
  - rede de marégrafos faz medições contínuas para a determinação do nível médio dos mares.
  - adota-se um dos marégrafos como ponto de referência do datum vertical.
  - No Brasil usa-se o marégrafo de Imbituba, em Santa Catarina.

# Processo de criação de um mapa



# Projeções Cartográficas

---

- Impossível representar uma superfície curva num plano sem deformação, por isso apareceu o conceito de Superfície de Projeção
- Superfície de Projeção é uma superfície desenvolvível no plano, capaz de representar um sistema plano de meridianos e paralelos sobre o qual pode ser desenhada uma representação cartográfica (carta, mapa, planta)



# Projeções Cartográficas

---

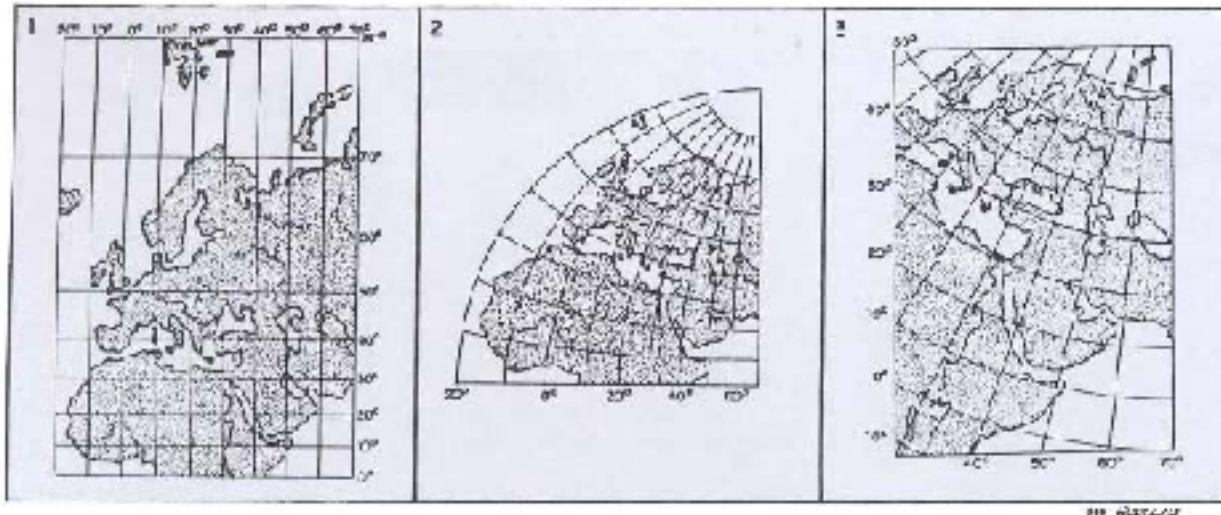
- Uma projeção cartográfica determina a correspondência matemática biunívoca entre os pontos da esfera (ou elipsóide) e sua transformação num plano
- Sistemas de projeção resolvem as equações:  
(x e y – coordenadas planas,  $\phi, \lambda$  – coordenadas geográficas)

$$x = f_1(\phi, \lambda) \quad y = f_2(\phi, \lambda)$$

$$\lambda = g_1(x, y) \quad \phi = g_2(x, y)$$

# Projeções cartográficas

- Impossível representar uma superfície curva num plano sem deformação. Por isso, existem diferentes classes de projeção, que causam diferentes distorções e por isso tem diferentes aplicações
- Uma mesma área sob diferentes projeções geram mapas diferentes

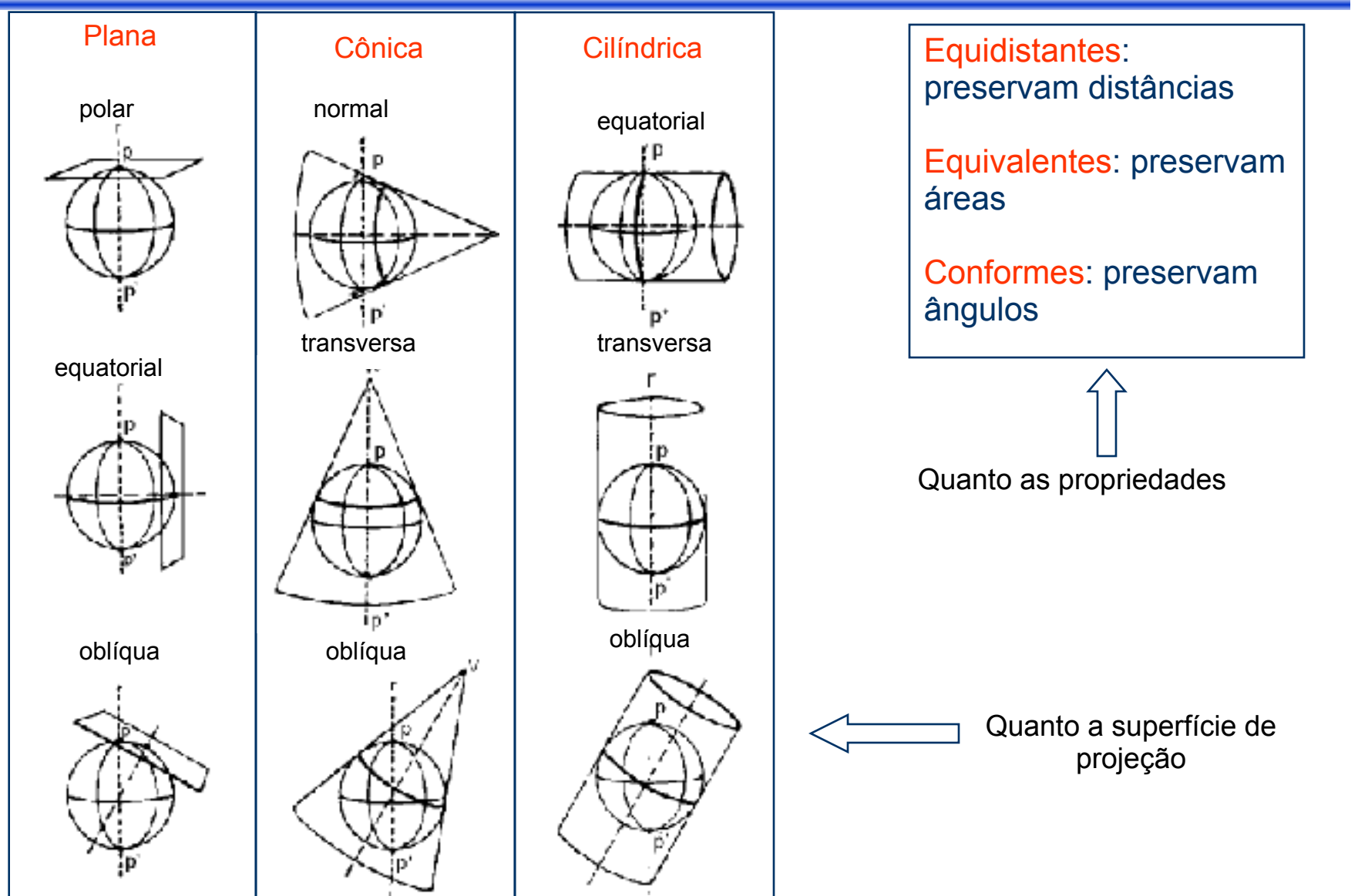


Cilíndrica

Plana

Cônica

# Classes de Projeção



# Projeções Cartográficas

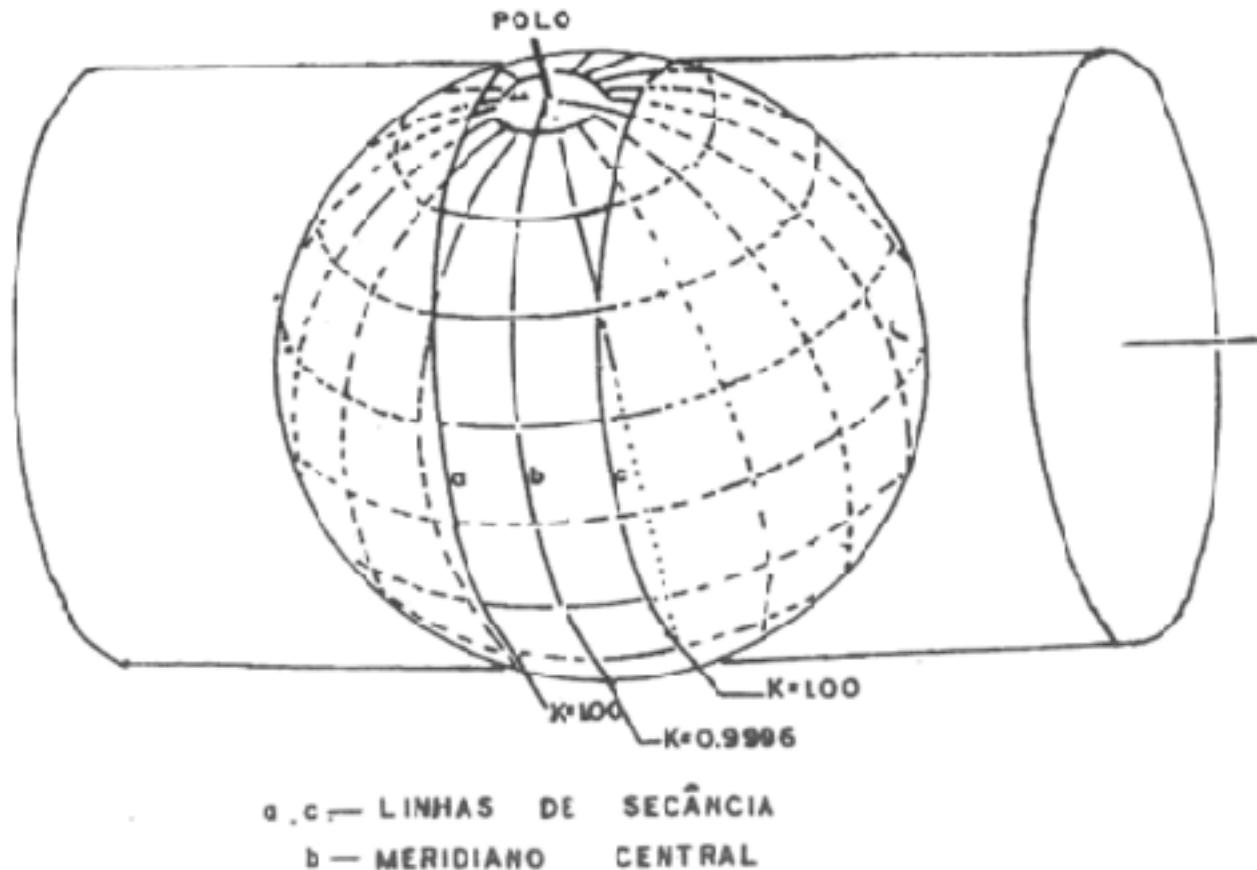
---

- Projeções conformes ou isogonais
  - preservam ângulos
    - UTM, Mercator, cônica conforme de Lambert
- Projeções equivalentes ou isométricas
  - preservam áreas
    - cônica equivalente de Albers
- Projeções equidistantes
  - representam distâncias em verdadeira grandeza ao longo de certas direções
    - cilíndrica equidistante



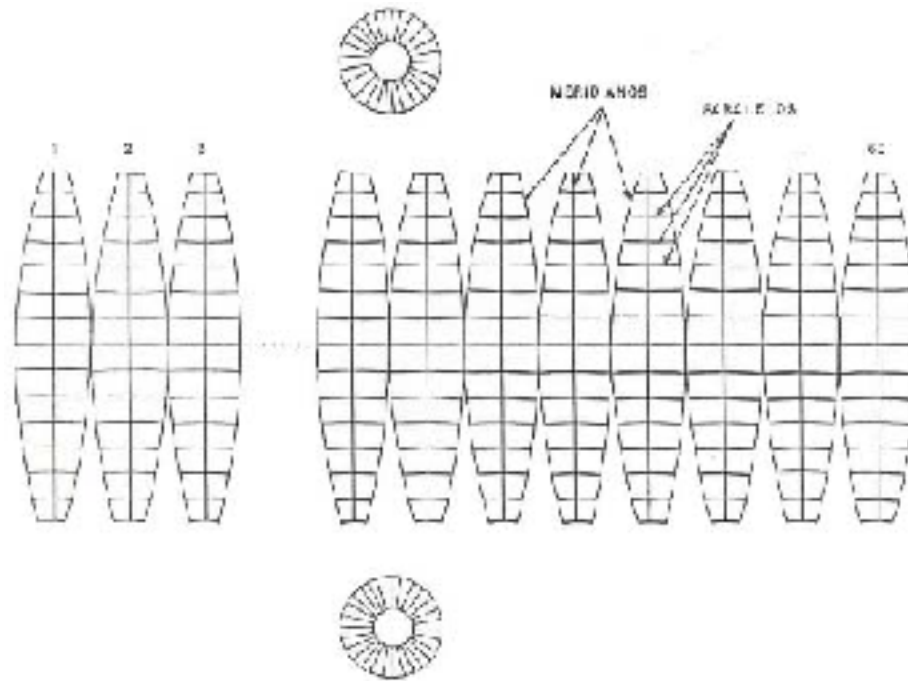
# Projeções Cartográficas

- Sistema UTM – Universal Transversa de Mercator



# Projeções Cartográficas

- O sistema UTM é Universal, pois é aplicável em toda a extensão do globo terrestre



Zonas do sistema UTM  
(Fonte: Serviço Geodésico Internacional, 1983)

# Projeções Cartográficas Especificações UTM

---

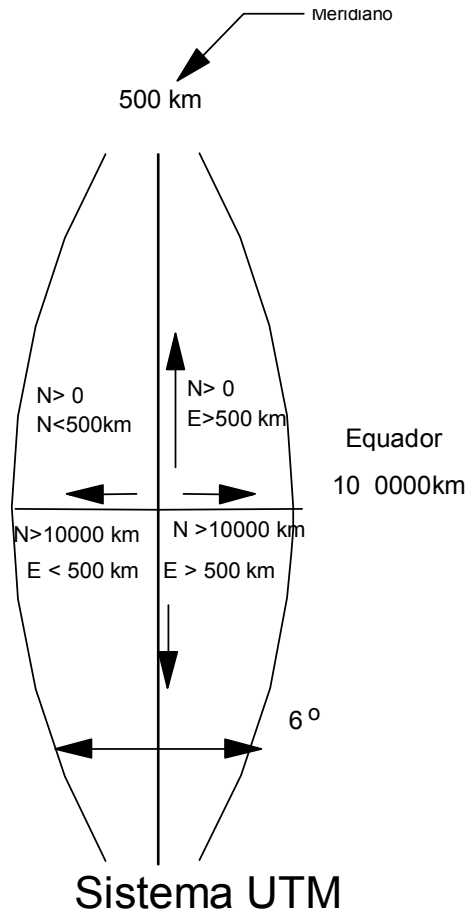
- Adota 60 cilindros de eixo transversal, de maneira que cada um cobre a longitude de  $6^\circ$  ( $3^\circ$  para cada lado do meridiano central)
- Em latitude os fusos são limitados ao paralelo  $80^\circ$  N e S pois, acima deste valor as deformações se acentuam muito
- Para evitar coordenadas negativas a partir da origem das coordenadas (cruzamento Equador com meridiano central) será acrescentada em cada fuso das constantes 10.000.000 metros no eixo das ordenadas (NS) e de + 500.000 metros no eixo das abcissas (EW)

# Especificações UTM





# Especificações UTM

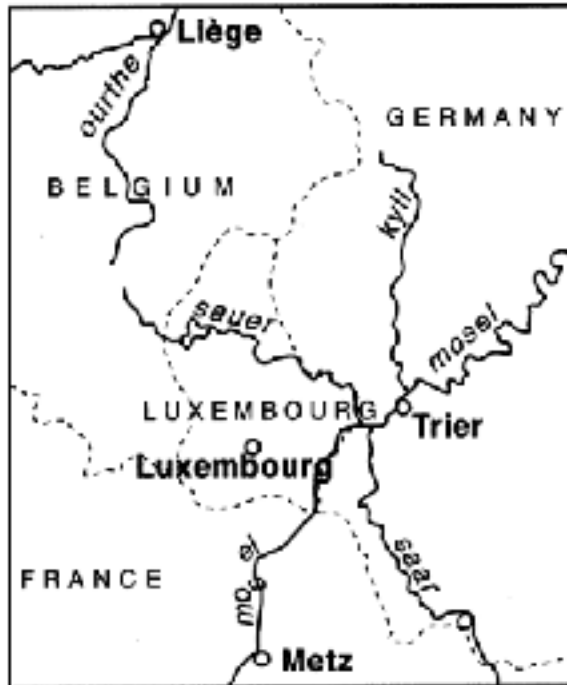


- A simbologia adotada para as coordenadas UTM é a seguinte:
  - N - coordenada ao longo do eixo N-S,
  - E - coordenada ao longo do eixo L-O.
- As coordenadas são dimensionadas em metros, sendo normalmente definidas até mm, para coordenadas de precisão.
- As coordenadas E variam de aproximadamente 150.000 m a 850.000 m, passando pelo valor de 500.000 m, no meridiano central.
- As coordenadas N, acima do Equador são caracterizadas por serem maiores do que zero e crescem na direção norte.
- Abaixo do Equador, que tem um valor de 10.000.000 m, são decrescentes na direção sul.
- Um ponto qualquer P, será definido pelo par de coordenadas UTM **E** e **N** de forma P (E;N).
- O sistema UTM é utilizado entre as latitudes de 84° e - 80°. As regiões polares são complementadas pelo UPS (Universal Polar Stereographic).

# Generalização Cartográfica

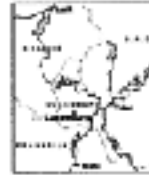
Generalização por mudança de escala

original 1:3 mln



(a)

photographic reduction  
1:12 mln



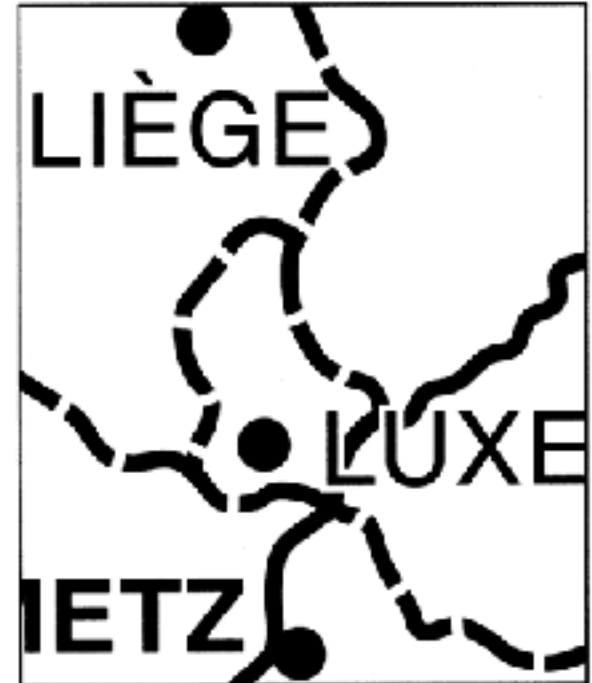
(b)

generalized  
original 1:12 mln



(c)

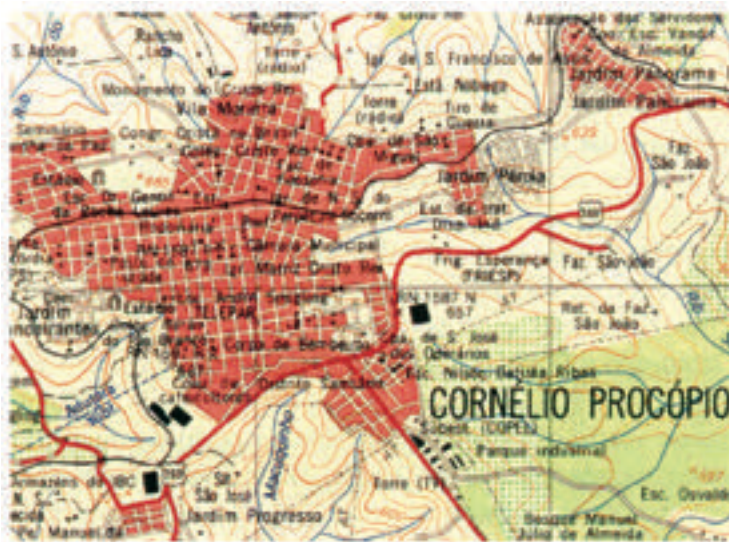
generalized map  
enlarged to 1:3 mln



(d)

# Generalização Cartográfica

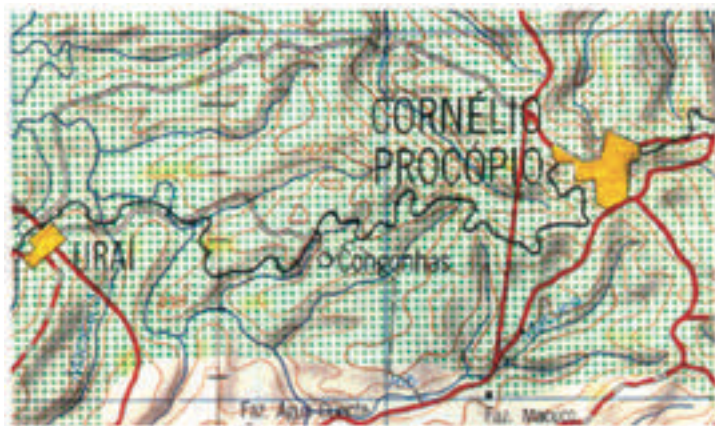
Generalização por mudança de escala



Escala 1:50 000



Escala 1:100 000



Escala 1:250 000



Escala 1:1 100 000



# Generalização Cartográfica

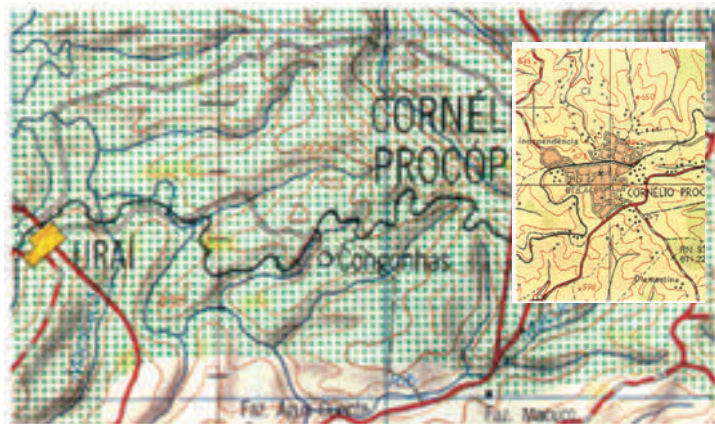
Generalização por mudança de escala



Escala 1:50 000



Escala 1:100 000



Escala 1:250 000



Escala 1:1 000 000



# Generalização Cartográfica

Mesma escala , mas objetivos diferentes



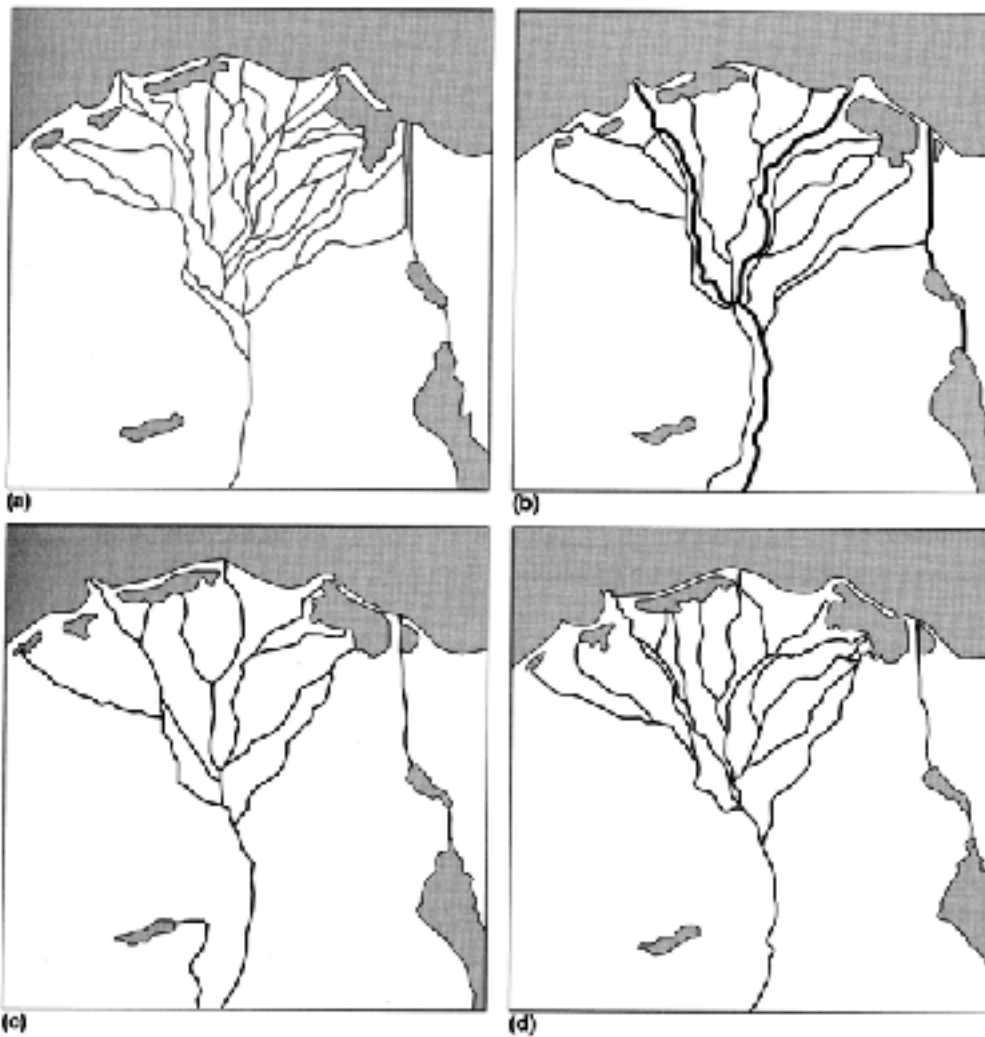
Atlas de referência

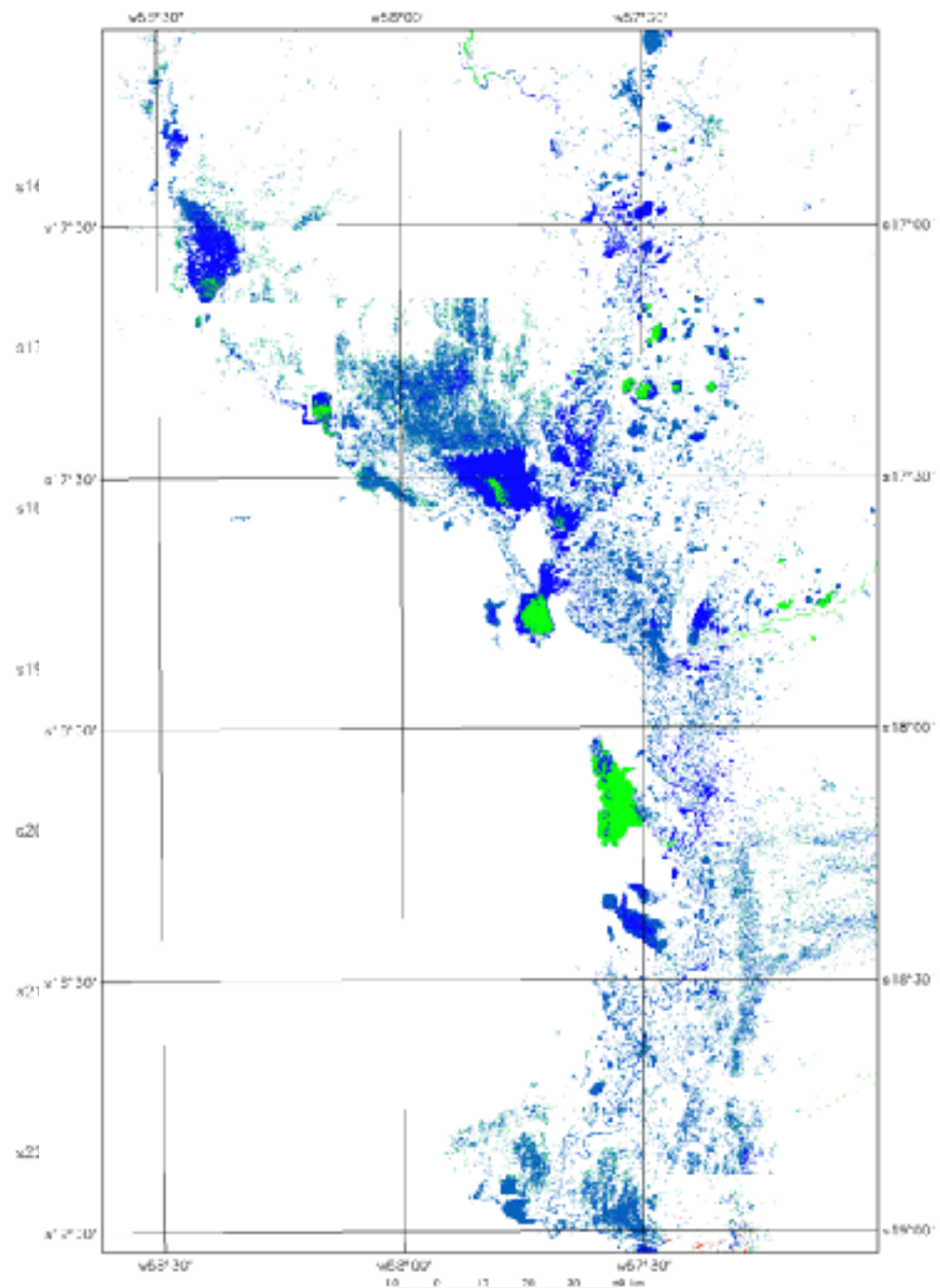
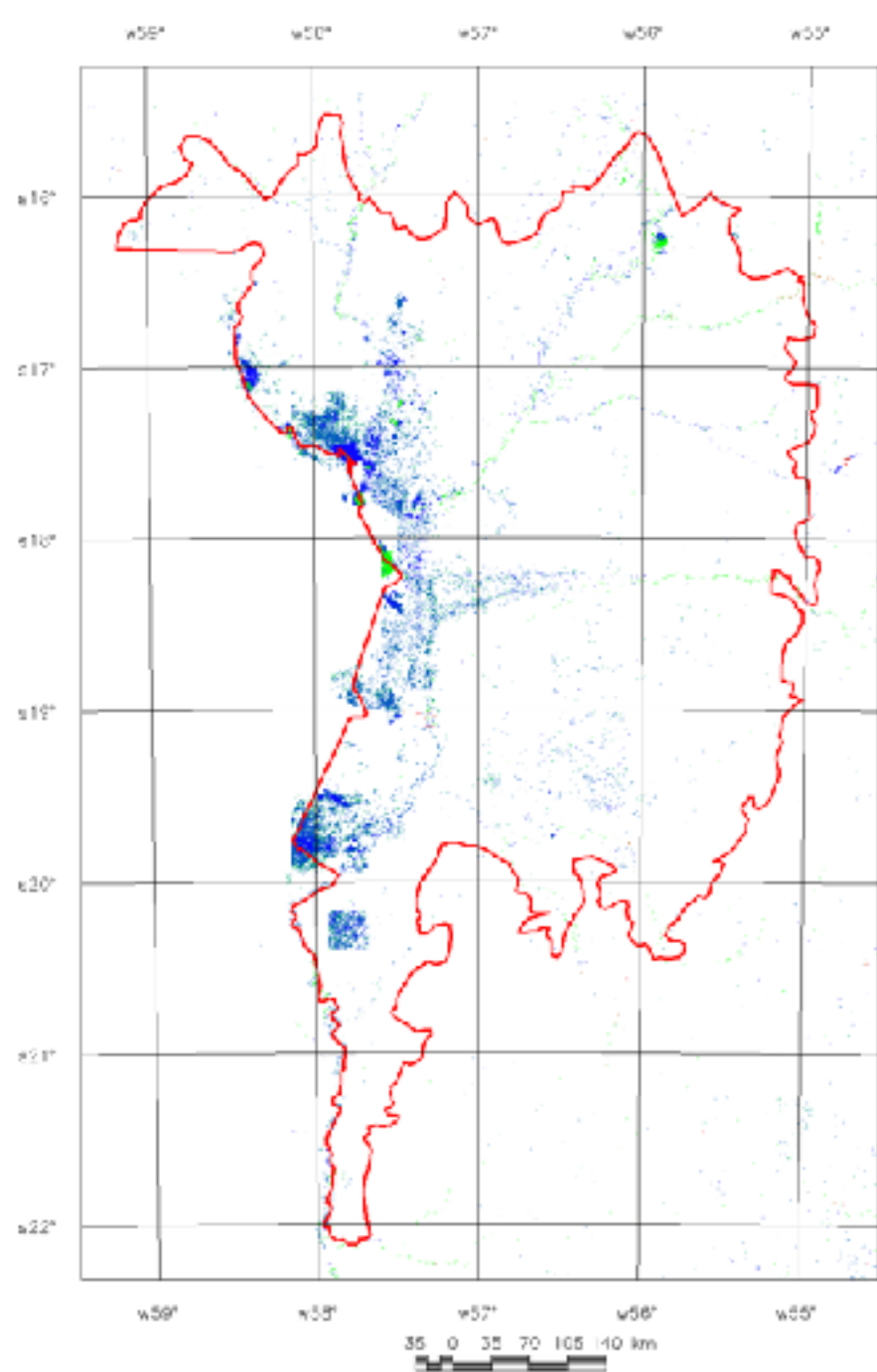
Atlas escolar



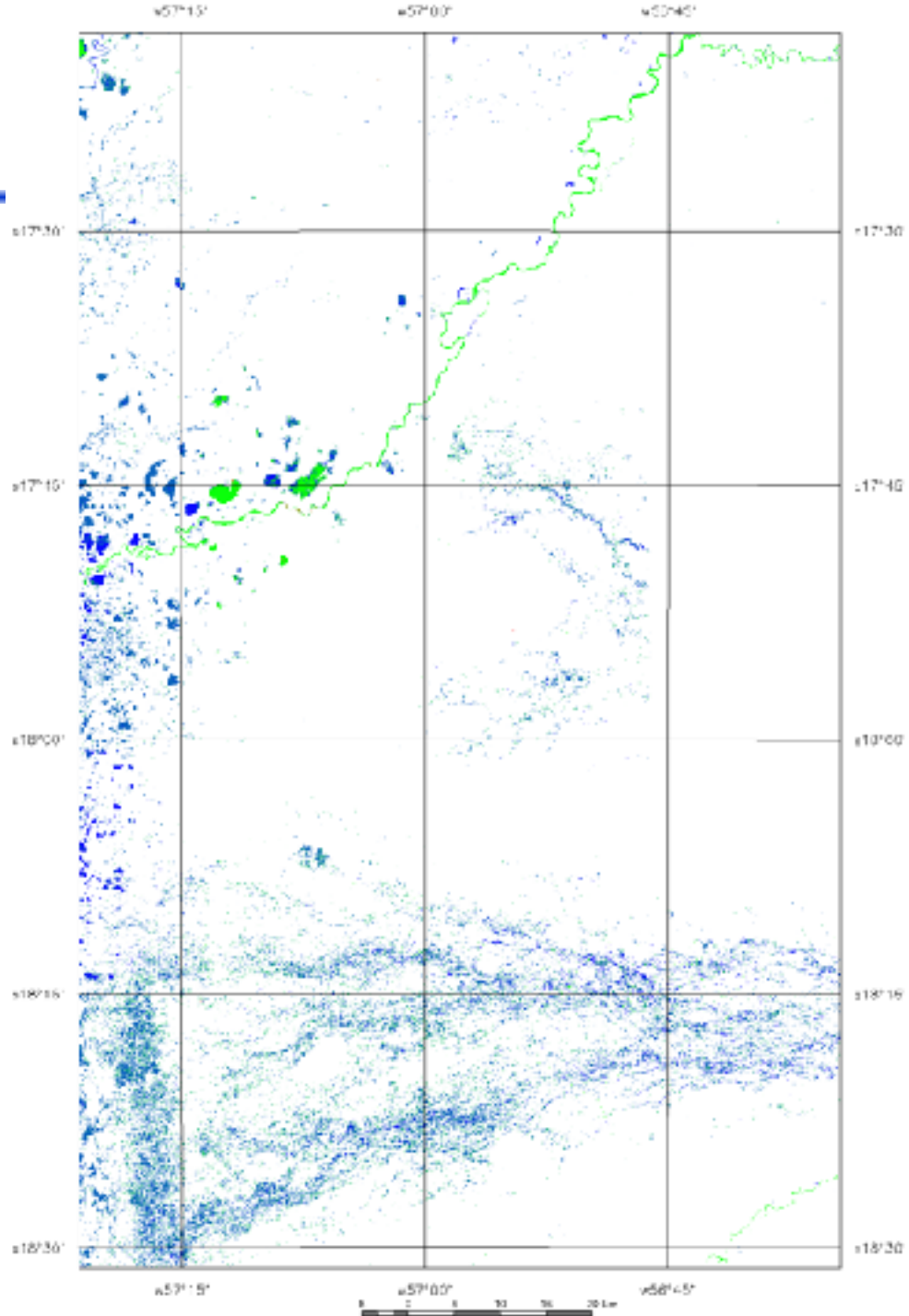
# Subjetividade do Cartógrafo

---









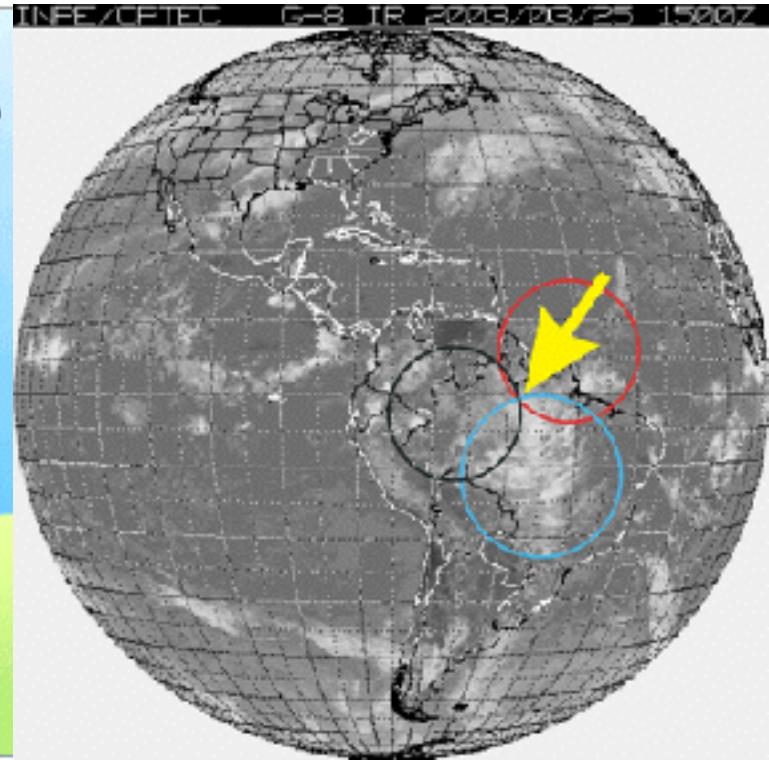
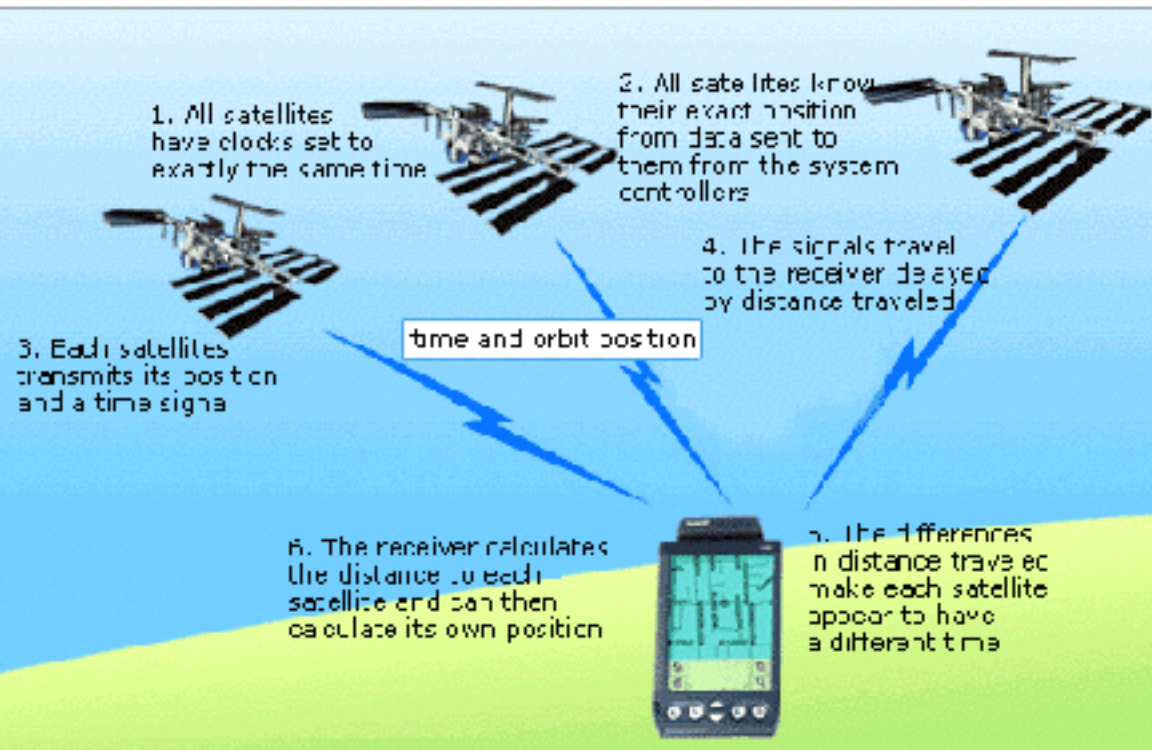


# GNSS

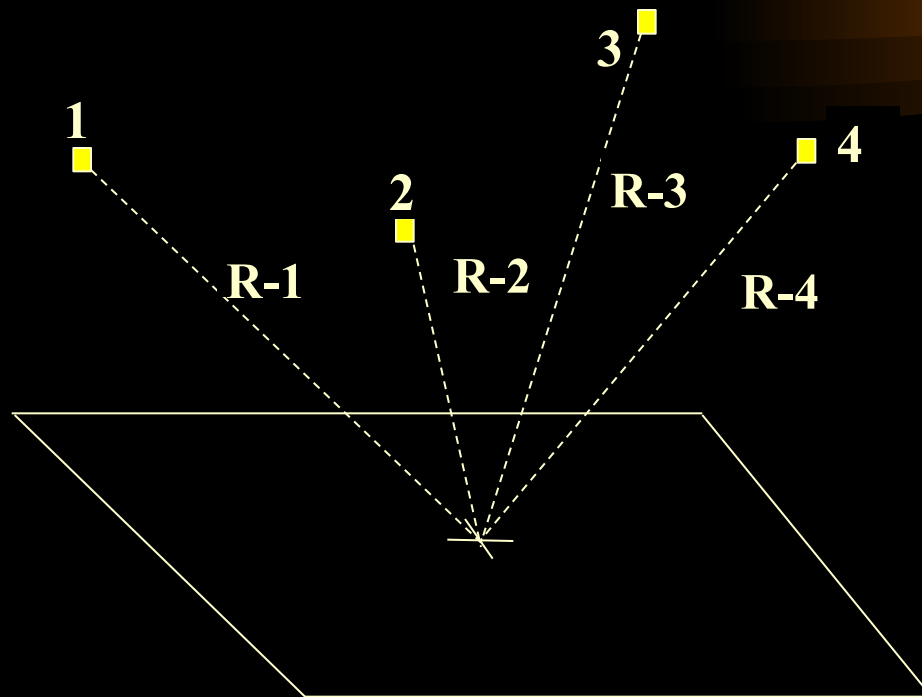
## Global Navigation Satellite System

GPS, GLONASS, Galileo, NAVIC (India)

Global: GPS e GLONASS, Galileo



# OBTENDO AS COORDENADAS



\*\*\*DA GEOMETRIA\*\*\*

\* - 3 PONTOS DETERMINAM UM PLANO

\* - 4 PONTOS DETERMINAM A INCLINAÇÃO DE UM PLANO “NESTE CASO O ESPAÇO PASSA A SER TRIDIMENSIONAL”

# GPS

---

- Global Positioning System - Full capability Dez/1993
- 31 satélites em órbita (Wikipedia, 15/07/2018)
- O SISTEMA CONSISTE DE 24 SATÉLITES DISTRIBUÍDOS EM SEIS PLANOS ORBITAIS IGUALMENTE ESPAÇADOS COM 4 SATÉLITES EM UMA ALTITUDE APROXIMADA DE 20.200 KM E INCLINAÇÃO DE 55 GRAUS EM RELAÇÃO AO EQUADOR, O QUE “GARANTE NO MÍNIMO 4 SATÉLITES VISÍVEIS, EM QUALQUER LUGAR E EM QUALQUER HORA DO PLANETA.”
- PRECISÃO HORIZONTAL:
  - 100 M “ATÉ 1 DE MAIO DE 2000” COM CÓDIGO SA
  - 10 M “DEPOIS DE 1 DE MAIO DE 2000” SEM CÓDIGO SA
  - \* SA: SELECTIVE AVAILABILITY, CÓDIGO QUE PROÍBE A OBTENÇÃO DE PRECISÃO.ABOLIDA EM 2 DE MAIO DE 2000.

# Constelação GLONASS

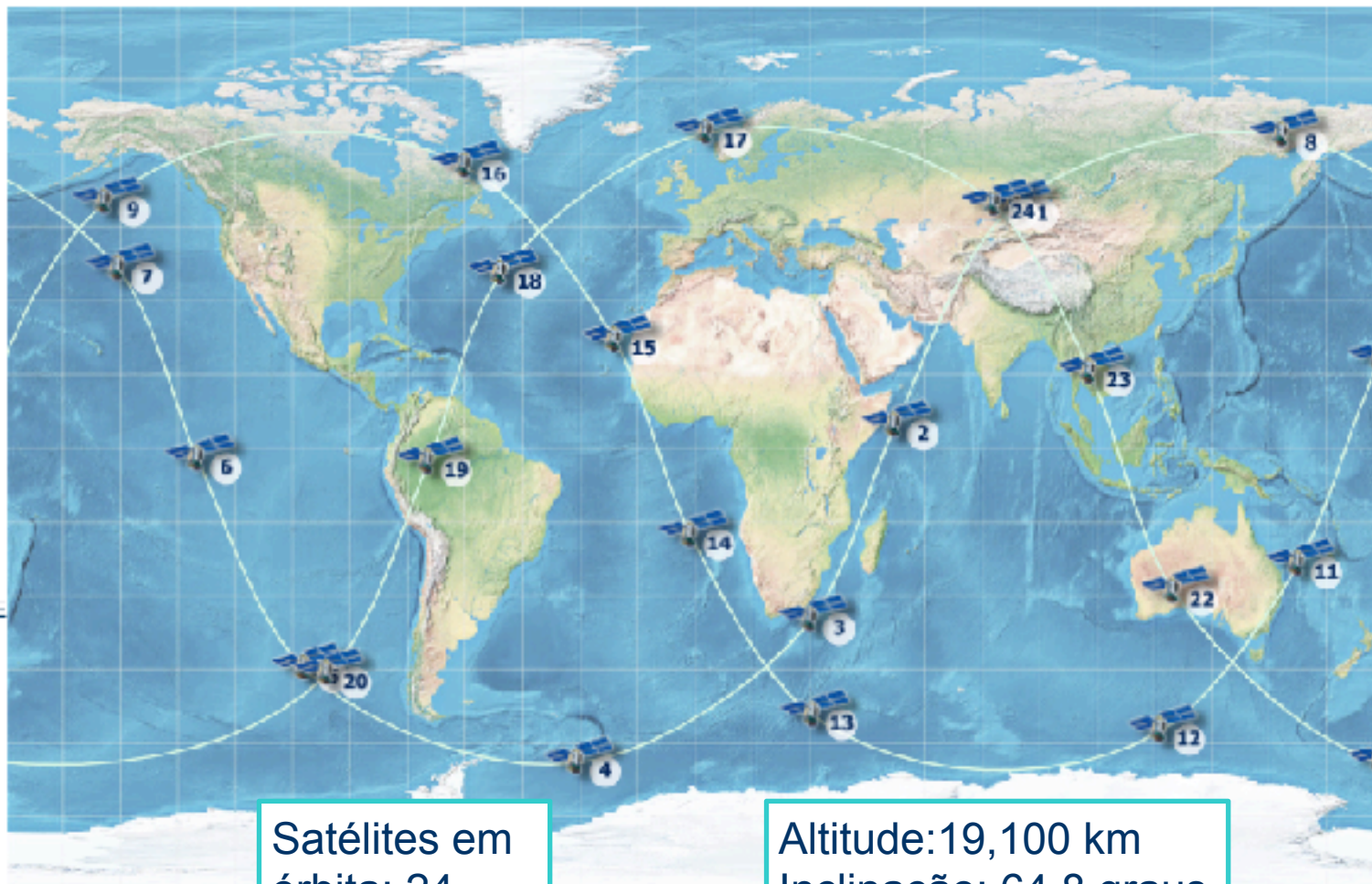
GLobal NAvigation Satellite System

A POSIÇÃO ATUAL DO GLONASS SC 14:38 (UTC + 3) 16.7.2019

✓ 1º avião

✓ 2º plano

✓ 3º plano

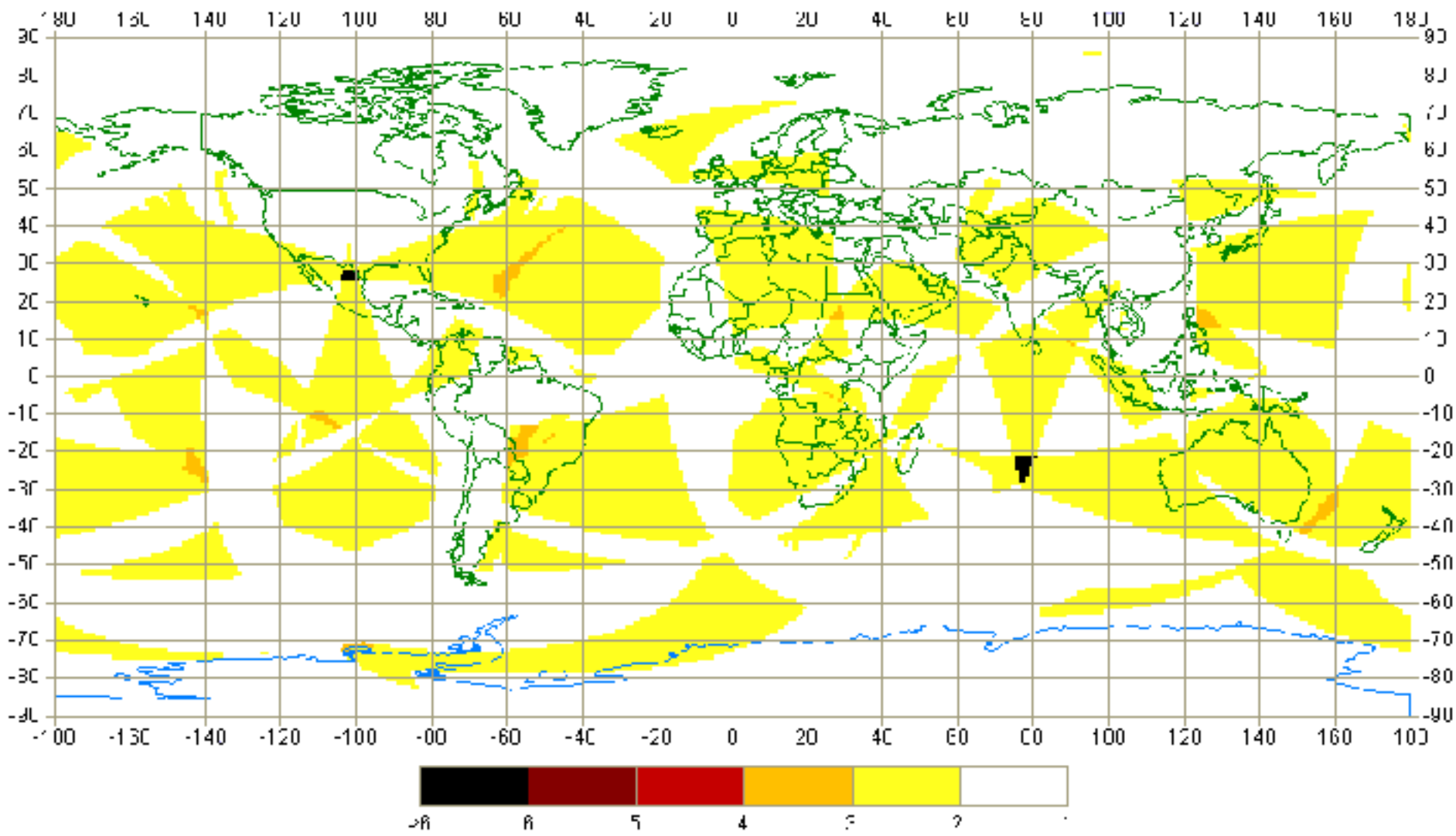


Satélites em órbita: 24

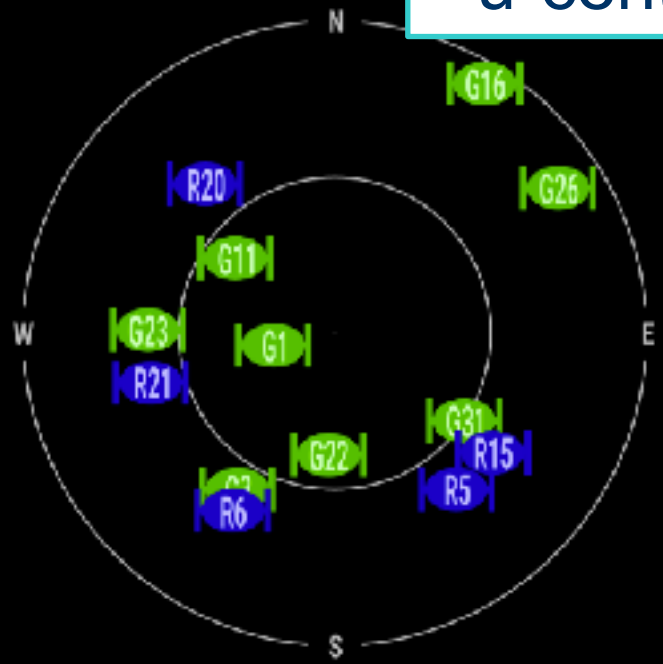
Altitude: 19,100 km  
Inclinação: 64,8 graus



Moscow Time (UTC+3 hours): 14:40:06 16.07.2019



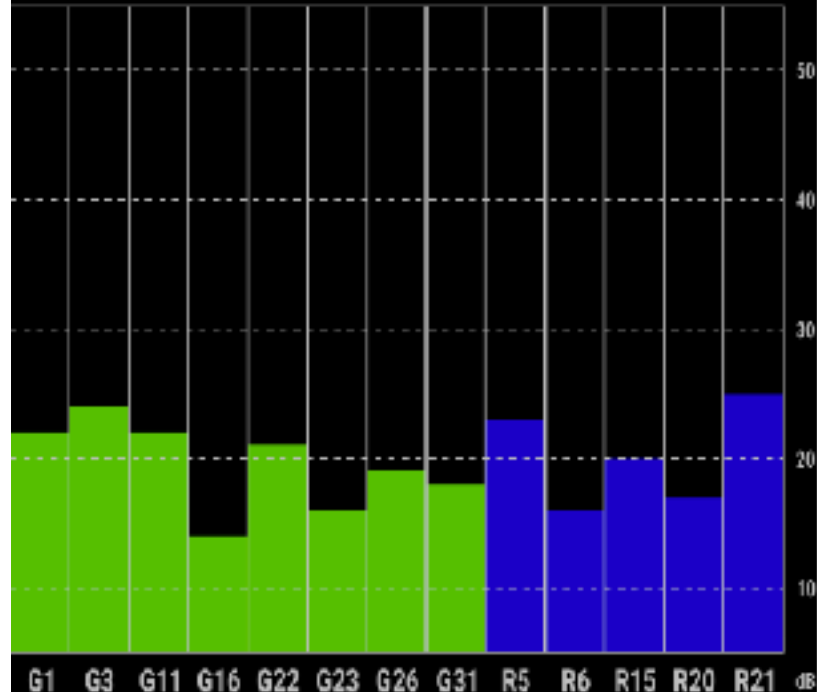
# u-center Android



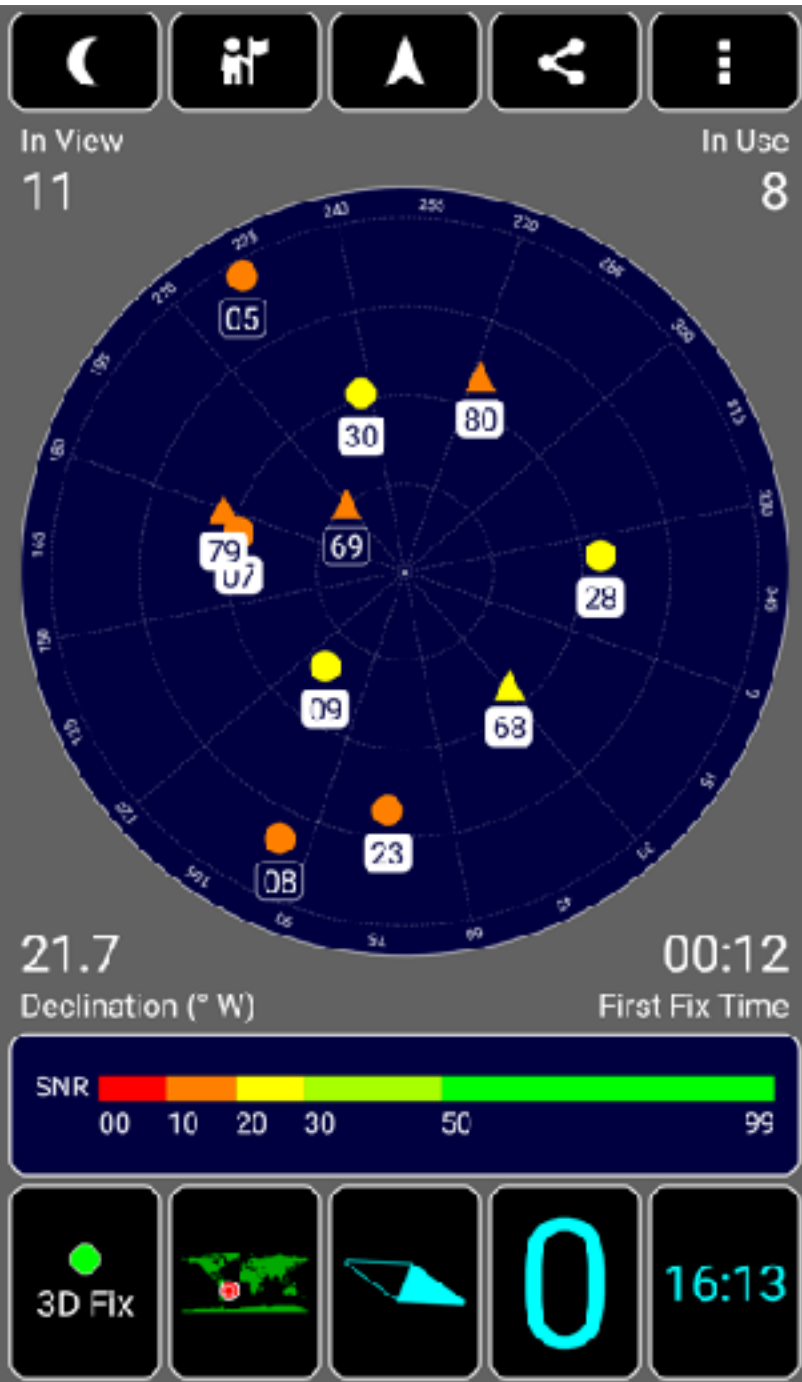
prn=1, cno=17.0dBHz, az=352°, el=24°, UEA  
prn=3, cno=23.0dBHz, az=94°, el=75°, UEA  
prn=6, cno=9.0dBHz, az=234°, el=17°, uEA  
prn=7, cno=13.0dBHz, az=308°, el=37°, uEA  
prn=9, cno=14.0dBHz, az=224°, el=38°, uEA  
prn=16, cno=36.0dBHz, az=89°, el=36°, UEA  
prn=22, cno=27.0dBHz, az=56°, el=52°, UEA  
prn=23, cno=23.0dBHz, az=184°, el=50°, UEA  
prn=26, cno=30.0dBHz, az=120°, el=23°, UEA  
prn=69, cno=12.0dBHz, az=66°, el=13°, —  
prn=70, cno=18.0dBHz, az=118°, el=51°, —  
prn=71, cno=23.0dBHz, az=193°, el=36°, —

onGpsStatusChanged  
status=4-GPS\_EVENT\_SATELLITE\_STATUS  
time=07/11/2016 17:20:07.999  
latitude=-23.210155°  
longitude=-45.858878°  
altitude=591.43m  
accuracy=12.00m  
speed=0.0m/s  
maxsvs=255  
ttff=0.963s

prn=1, cno=17.0dBHz, az=352°, el=24°, UEA  
prn=3, cno=23.0dBHz, az=94°, el=75°, UEA  
prn=6, cno=8.0dBHz, az=234°, el=17°, uEA  
prn=7, cno=12.0dBHz, az=308°, el=37°, uEA  
prn=9, cno=14.0dBHz, az=224°, el=38°, uEA  
prn=16, cno=36.0dBHz, az=89°, el=36°, UEA  
prn=22, cno=27.0dBHz, az=56°, el=52°, UEA  
prn=23, cno=23.0dBHz, az=184°, el=50°, UEA  
prn=26, cno=30.0dBHz, az=120°, el=23°, UEA  
prn=69, cno=12.0dBHz, az=66°, el=13°, —  
prn=70, cno=18.0dBHz, az=118°, el=51°, —  
prn=71, cno=23.0dBHz, az=193°, el=36°, —  
prn=74, cno=9.0dBHz, az=337°, el=32°, —



# GPS Test



### Satellite Filter

- Show GPS
- Show GLONASS
- Show GALILEO
- Show BEIDOU
- Show QZSS
- Show SBAS
- Show Unknown

CANCEL SAVE

- GPS
  - USA
- GLONASS
  - Rússia
- QZSS
  - Japão
- BeiDou
  - China
- Galileo
  - Europa
- SBAS
  - Sat.Based
  - Augm.Syst

← Main

Position Radar



# GNSS View



- GPS ● 1~64
- GLO ● 700~799
- GAL ● E01~E36
- SBS ■ (GEO) 120~158
- QZS ● (QZO) / ■ (GEO) 193~201
- BDS ● (NONGEO) / ■ (GEO) C01~C36

Select Satellite

HDOP : 0.42	Visible GNSS : 34		
VDOP : 0.60	QZS : 0	GPS : 10	GLO : 9
	BDS : 2	GAL : 8	SBS : 5

Time : 2018/07/16 16:34  
 UTC : 2018/07/16 07:34

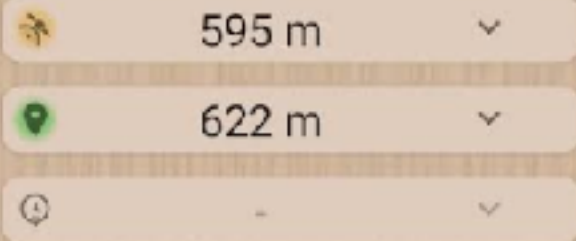
Reset



- GPS
- USA
- GLONASS
- Rússia
- QZSS
- Japão
- BeiDou
- China
- Galileo
- Europa
- SBAS
- Sat.Based
- Augm.Syst



# GNSS Altimetria



Erros na faixa de  
10~20 metros

Barômetro



---

**Obrigado!**

**laercio.namikawa@inpe.br**