



# GSA-5859 / PCA-5017

## SIG em Software Livre

Conceitos de cartografia

---

Carlos H. Grohmann

2021

Instituto de Energia e Ambiente  
USP

- Terra – aproximadamente esférica
- Mapas – planos
  - Necessidade de projetar a área a ser mapeada
  - Escolher uma referência (datum) para as operações de projeção

- Áreas pequenas ( $< 1\text{km}$ ) – curvatura da Terra é insignificante
  - Planta
- Áreas maiores (cidades, países) – é preciso levar em conta a curvatura da Terra
  - Mapas ou Cartas (náuticas)

- É a relação entre a medida de um objeto ou lugar representado no papel e sua medida real
- Escala numérica:
  - $E = d / D$

onde:

$d$  = distância medida no mapa

$D$  = distância real

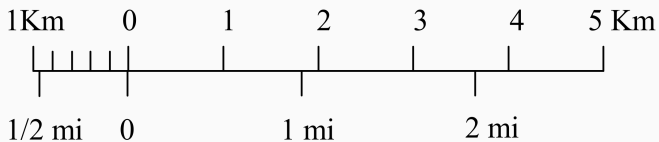
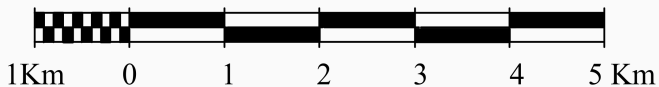
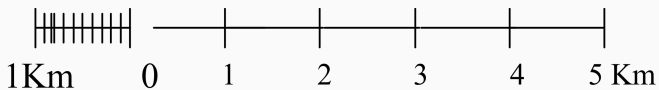
p.ex., 1/100 ou 1:100

qual resultado é maior?

**1/1000 = 0,001** (escala grande)

**1/100.000 = 0,00001** (escala pequena)

# Escala Gráfica



# Tipos de Mapas

- Geral
  - Cadastral
  - Topográfico
  - Geográfico
  
- Temáticos
  - Coroplético
  - Cartograma (área ou distância)

# Tipos de Mapas

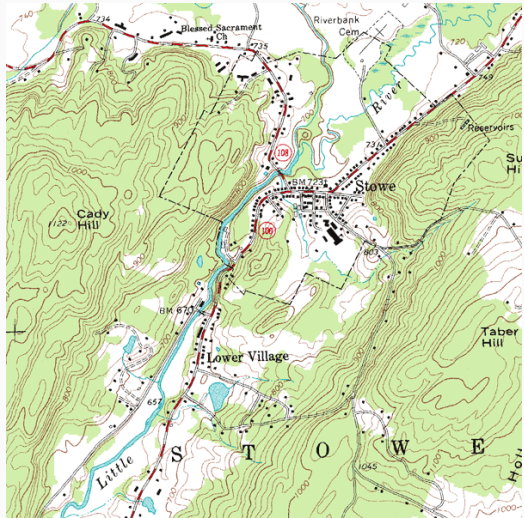
- Geral – Base cartográfica para aplicações gerais. Apresentam os acidentes naturais e servem de base para os demais tipos
  - Cadastral – até 1:25.000. Grande escala, grande detalhe. Representa cidades e regiões metropolitanas
  - Topográfico – 1:25.000 a 1:250.000. gerados a partir de aerolevantamentos ou compilações de escala maior. Os acidentes de relevo e elementos planimétricos (estradas, etc) são bem representados geometricamente
  - Geográfico – 1:1.000.000 e menor. Detalhes planimétricos e altimétricos generalizados e representados por símbolos



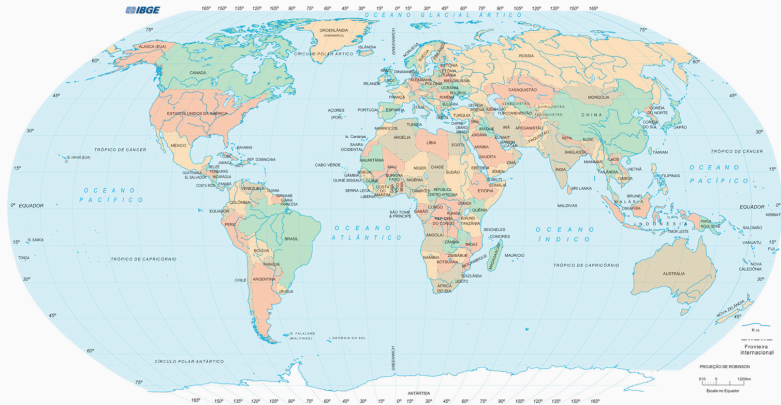


# Mapas Topográficos

Representação dos acidentes naturais e elementos planimétricos (sistemas viários etc) em uma determinada data



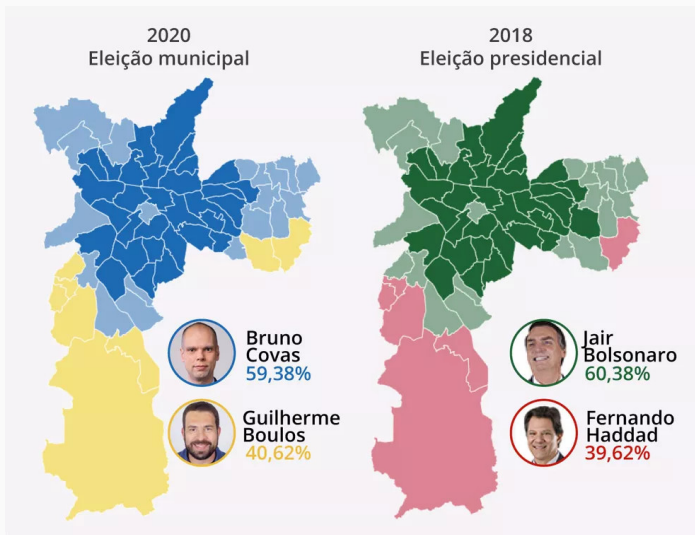
# Mapa Geográfico



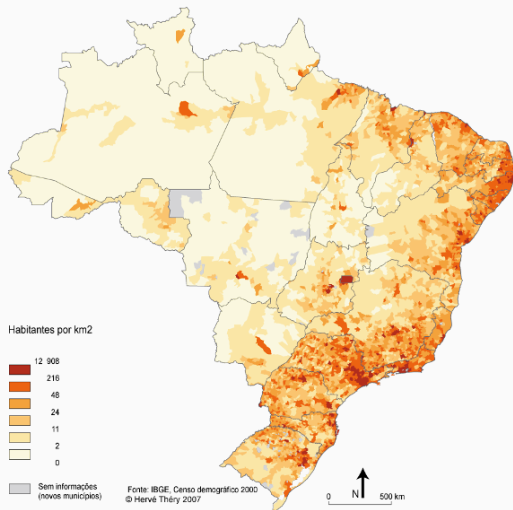
# Tipos de Mapas

- Temático – Qualquer escala, tema específico, necessários para pesquisas sócio-econômicas, de recursos naturais e ambientais
  - Coroplético – valor numérico de algum aspecto específico de um área (p.ex. densidade populacional) é indicado por uma escala de cores ou padrões gráficos
  - Cartograma (área) – mapas de valor-por-área. A área de regiões é substituída por variável temática
  - Cartograma (distância) – cart. ponto central. Distância entre pontos em uma rede é substituída por tempo relativo de viagem

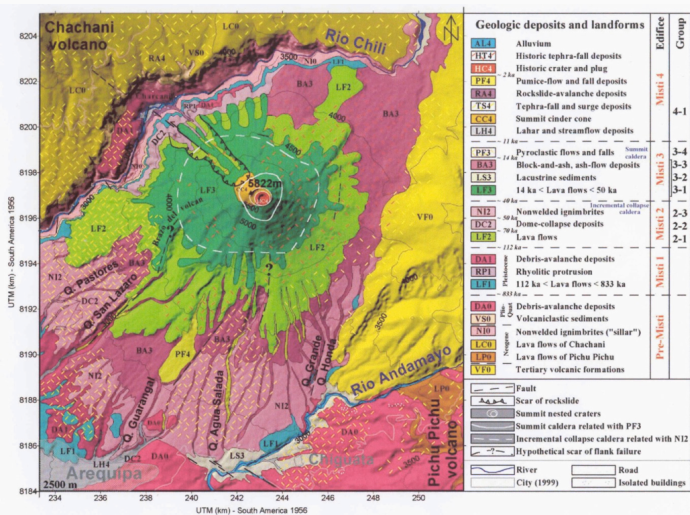
# Mapa Coroplético



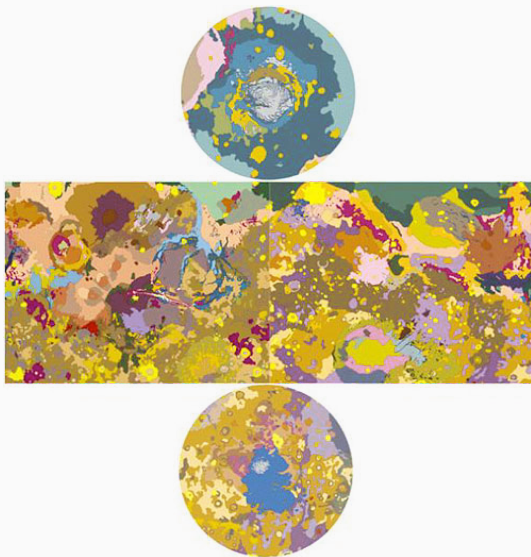
## Densidade de povoamento



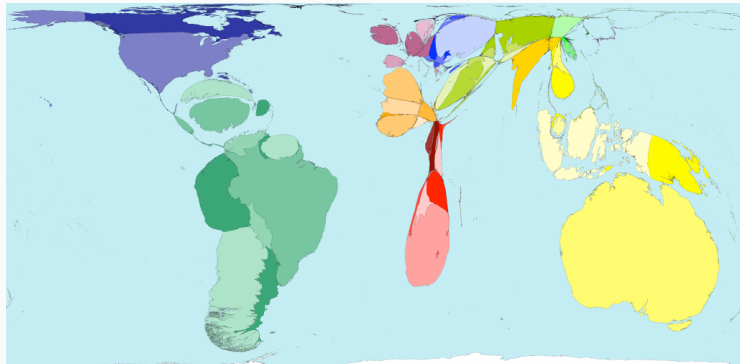
# Mapa Coroplético – Geología



# Mapa Coroplético – Geologia

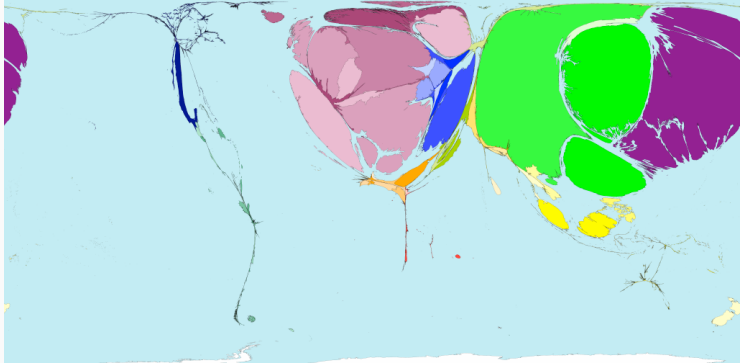


## Cartograma - exportação de minérios

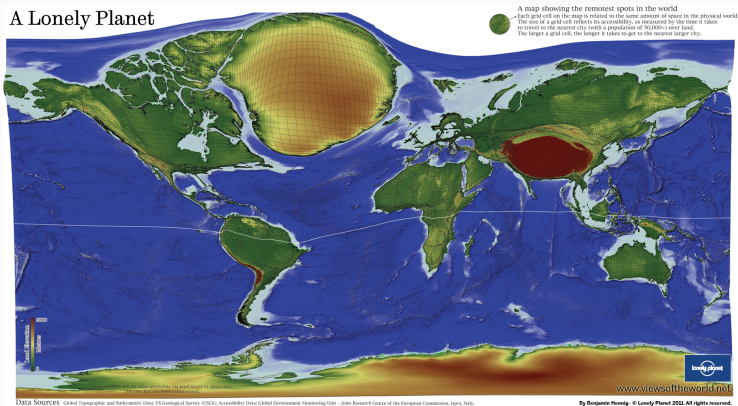




# Cartograma - importação de minérios

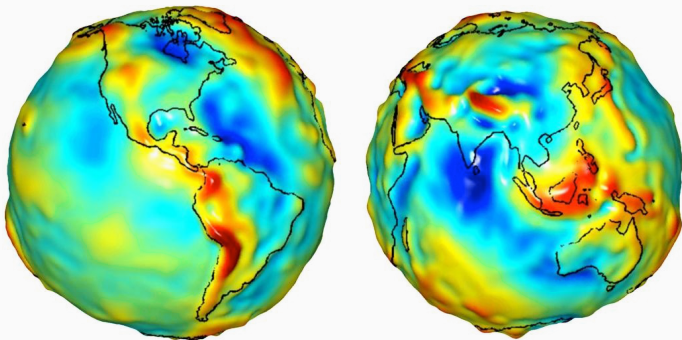


## A Lonely Planet

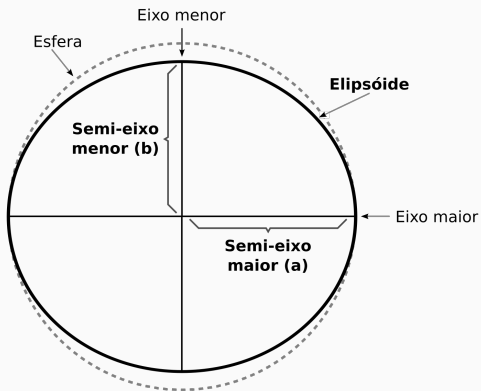


# Geodésia

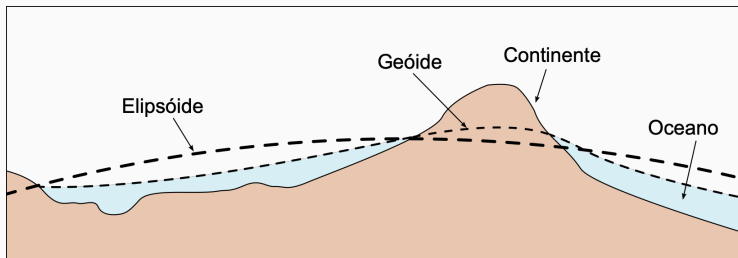
---



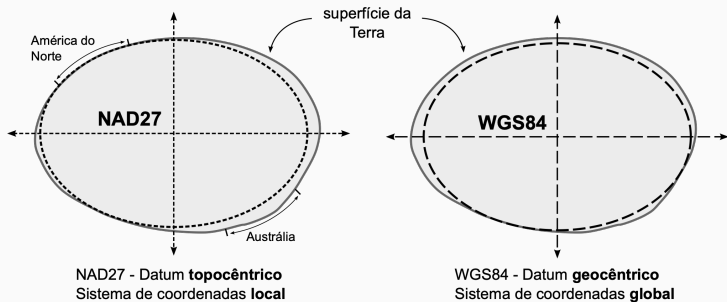
# Elipsóide



# Geóide x Elipsóide



# Datum (referência)



# Datum (referência)

Datum	Região de uso	Origem	Elipsóide
WGS 84	Global	Centro de massa da Terra	WGS 84
NAD 83	América do Norte, Caribe	Centro de massa da Terra	GRS 80
ED 50	Europa, África (norte)	Potsdam	Internacional 1924
SAD 69	América do Sul	Chuá	SGR 67
SIRGAS	América da Sul	Centro de massa da Terra	GRS 80

Elipsóide	Semi-eixo maior (m)	Semi-eixo menor (m)	Achatamento
Clarke 1866	6 378 206,4	6 356 583,8	1/294,9786982
Internacional 1924	6 378 388,0	6 356 911,9	1/297,0
GRS 1980	6 378 137,0	6 356 752,3141	1/298,257222101
WGS 1984	6 378 137,0	6 356 752,3142	1/298,257223563
SGR 1967	6 378 160,0	6 356 776,0	1/298,25
Esfera (6371 km)	6 371 000,0	6 371 000,0	$\infty$

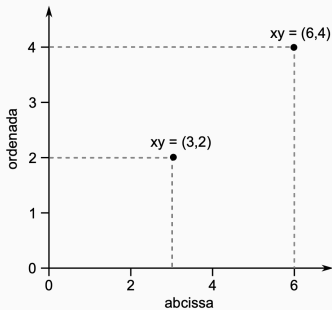


# Sistemas de Coordenadas

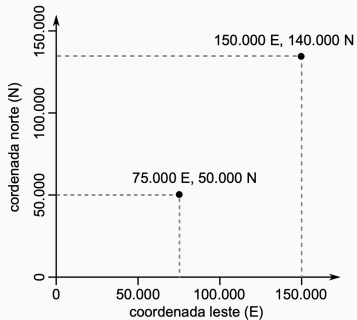
---

# Coordenadas Planas

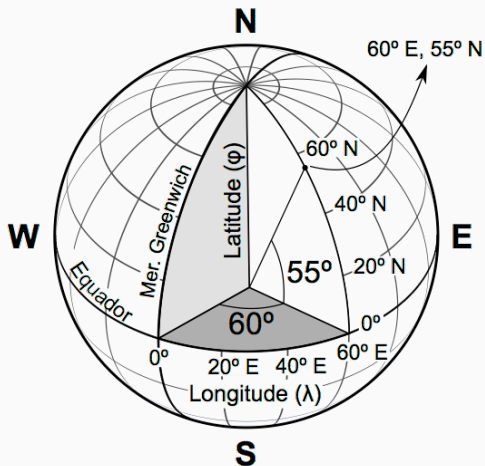
**Gráfico cartesiano (XY)**



**Coordenadas planas (metros, milhas etc)**



# Coordenadas Esféricas



# Precisão das Coordenadas Geográficas

## Accuracy and Precision in Geographic Coordinates

**Accuracy** describes how close a measured value is to the true or accepted value.



**Geographic accuracy** measures how close a set of coordinates is to the real world feature they describe.

**Precision** describes how close a set of measured values are to each other.



**Geographic precision** is simply the number of decimals you are measuring to and their corresponding distance on the ground.

Indication of hemisphere:  
 Negative latitude values are south of the equator  
 Negative longitude values are west of the prime meridian

**- 1 2 2 . 1 2 3 4 5 6 7 8 9**

*This is usually good enough!*

Measures up to 1000km  
 What continent am I on?

up to 111km  
 What state am I in?

*this is why we don't use geographic coordinates for measuring*

Distance of 1° of longitude between 0° and 90° north:

Latitude	Longitude
0°	111,320 km
15°	107,551 km
30°	96,486 km
45°	78,847 km
60°	55,800 km
75°	28,902 km
90°	0,000 km



0.1mm (width of a human hair)  
 what the hell are you mapping?

up to 1mm (that's mm as in millimeter!)  
 the width of a paper clip wire

up to 1cm (about 1/2 inch!)  
 if you're mapping stuff to the half inch you're awesome

up to 0.11m (about 4 inches)  
 precise enough to measure detailed structures and landscape changes

up to 1.1m  
 distinguish one tree from another (commercial GPS with differential correction)

up to 11m  
 identify a parcel of land (comparable to uncorrected consumer GPS unit)

up to 110m  
 about the length of a football field

up to 1.1km  
 1/2 the length of the Golden Gate bridge

up to 11.1km  
 Distance between Oakland and SF

Latitude (parallels)



Longitude (meridians)

## Conversão Sexagesimal – Graus decimais

- $45^{\circ}31'57''W$
- $45 + \frac{31'}{60} + \frac{57''}{3600} = 45 + 0.516666 + 0.015833$
- $-45.5325$  (coord. W e S têm valores negativos)

## Conversão Graus decimais – Sexagesimal

- A parte inteira do número passa a ser o valor em graus:  
 $-45.5325^\circ \rightarrow 45^\circ$
- Multiplica-se a parte decimal por 60. A parte inteira do resultado passa a ser o valor dos minutos:  
 $0.5325 \times 60 = 31.95 \rightarrow 31'$
- Multiplica-se a nova parte decimal por 60. O resultado será o valor dos segundos (este valor pode ter uma parte decimal ou ser arredondado):  $0.95 \times 60 = 57 \rightarrow 57''$
- Junta-se os resultados em um valor único:  
 $-45.5325^\circ = 45^\circ 31' 57'' W$

# Projeções Cartográficas

---

- Superfície Desenvolvível
  - Superfície que pode ser desdobrada ou desenrolada em um plano sem ser esticada, encolhida ou rasgar
  - cilindro, cone, plano
  - projeções: cilíndrica, cônica, azimutal

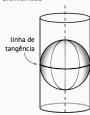


## Orientação da Superfície de Projeção

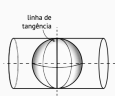
- Normal – eixo de simetria coincide com o eixo da Terra
  - Transversa – eixo é perpendicular ao eixo da Terra
  - Oblíqua – eixo da figura inclinado
- 
- Superfícies tangentes – não seccionam o globo
  - Superfícies secantes – seccionam o globo

# Projeções Cartográficas

## Cilíndricas



**Equatorial ou Normal:**  
eixo do cilindro paralelo  
ao eixo da Terra



**Transversa:**  
eixo do cilindro perpendicular  
ao eixo da Terra

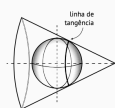


**Obliqua:**  
eixo do cilindro inclinado em  
relação ao eixo da Terra

## Cônicas



**Normal:**  
eixo do cone paralelo ao  
eixo da Terra

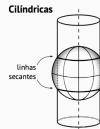


**Transversa:**  
eixo do cone perpendicular  
ao eixo da Terra

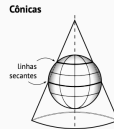


**Obliqua:**  
eixo do cone inclinado em  
relação ao eixo da Terra

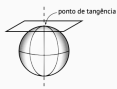
## Cilíndricas



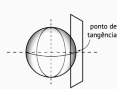
## Cônicas



## Planas (azimutais)



**Polar:**  
plano tangente ao pólo



**Equatorial:**  
plano tangente ao equador



**Obliqua:**  
plano tangente em um  
ponto qualquer

## Modelo de Projeção - o que é preservado

- Direção – projeção azimutal
- Ângulos (localmente) – proj. conformal ou ortomórfica
- Área – proj. igual-área, equiárea ou autálica
- Distância – proj. equidistante

### Atenção!

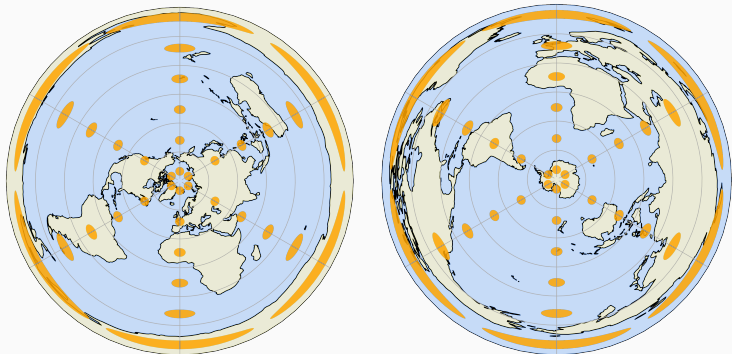
Não é possível construir um mapa que seja de igual-área e conformal ao mesmo tempo!!

## Exemplos de Projeções

---

# Projeção Azimutal Equidistante

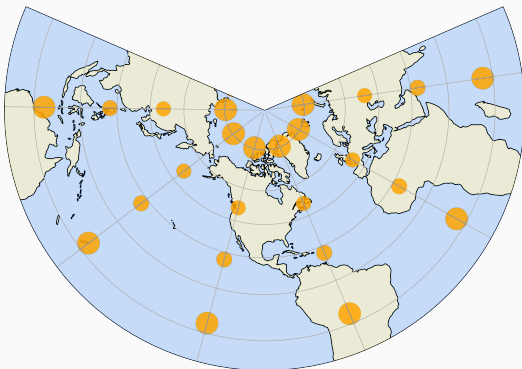
As distâncias e direções são válidas para qualquer ponto a partir do centro do mapa.



# Projeção Cônica Conforme de Lambert

As projeções cônicas são mais usadas em áreas com extensão maior E-W, fora do Equador.

Uma projeção secante com dois paralelos padrão.



# Projeções cilíndricas

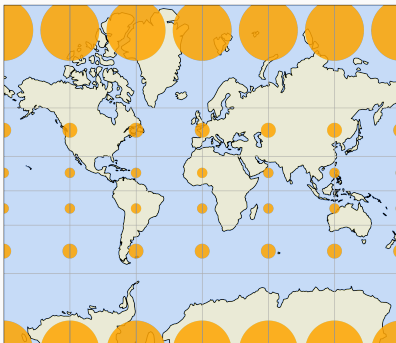
Nas projeções cilíndricas, os meridianos são linhas verticais igualmente espaçadas e os paralelos são linhas horizontais. Essas projeções diferenciam-se pelo tipo de deformação ao longo da latitude (direção N-S).

Nas projeções pseudocilíndricas, os paralelos e meridiano central são linhas retas, mas os outros meridianos não.

## Projeção Cilíndrica Conformal (Mercator)

Esta é uma projeção conformal, portanto preserva a forma (ângulos) mas não preserva áreas. Um círculo será sempre um círculo mas muda de tamanho.

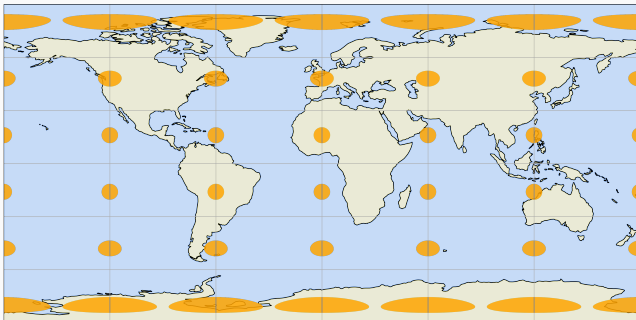
Na projeção de Mercator, a escala N-S é igual à escala E-W, o que leva a uma deformação excessiva em altas latitudes.





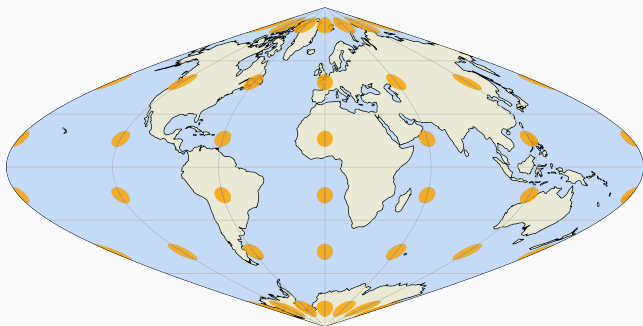
# Projeção Cilíndrica Equidistante

Também chamada de equiretangular ou *plate carré* (literalmente, placa quadrada), não é nem conformal nem de igual-área. Os meridianos e paralelos são igualmente espaçados e a escala N-S é constante, portanto longitude e latitude são mapeadas diretamente para x e y e o mapa-mundi é um retângulo com proporção 2:1.



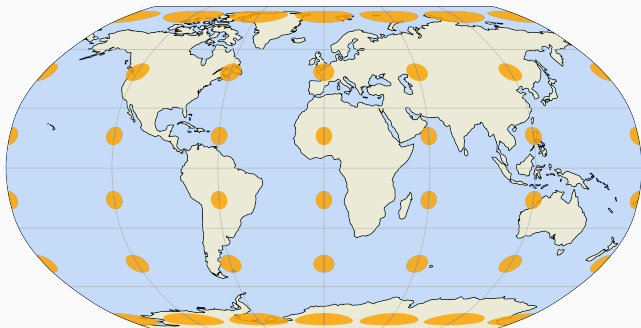
# Projeção Pseudocilíndrica Sinusoidal

Uma projeção de igual-área, onde o comprimento de cada paralelo é proporcional ao cosseno da latitude (tal como na realidade).



# Projeção de Robinson

Não é conformal, nem igual-área. Foi usada pela National Geographic Society para seus mapas-mundi.



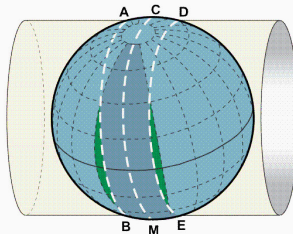
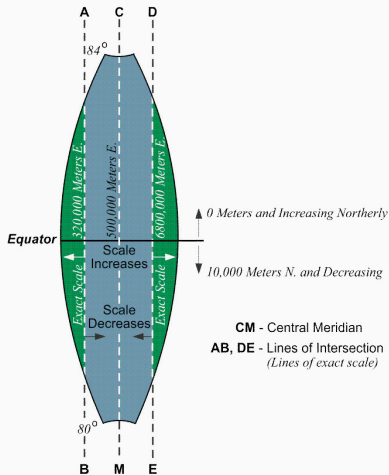
# Coordenadas UTM

---

# Projeção Universal Transversa de Mercator

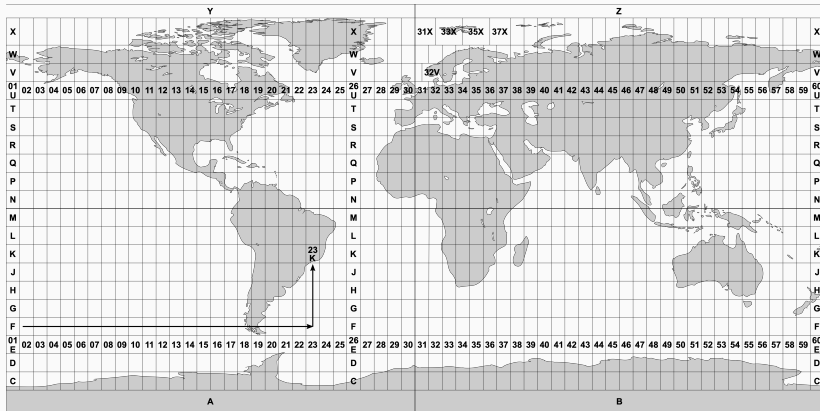
- Divisão da Terra em 60 zonas de  $6^\circ$  de longitude entre as latitude  $80^\circ\text{S}$  e  $84^\circ\text{N}$
- Zonas numeradas de 1 a 60 ( $Z.1 = 180^\circ - 174^\circ$ ). A numeração cresce para E.
- Cada zona é mapeada por um cilindro transverso centrado no seu meridiano central
- Capaz de mapear áreas extensas c/ pouca distorção

# Zona UTM - mapeamento



<https://www.e-education.psu.edu/geog862/node/1817>

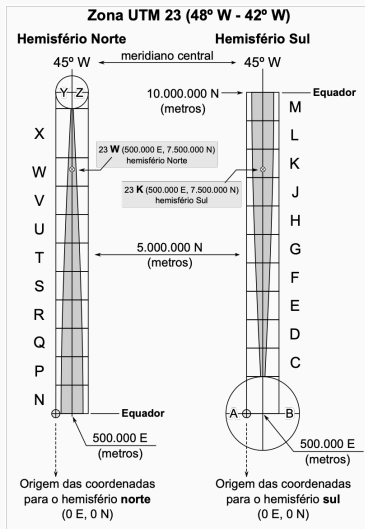
# Zonas UTM



- bandas com 8° de latitude, c/letras a partir de “C” em 80°S, até “X”, omitindo “I” e “O” (similar a 1 e 0) banda “X” tem +4° indo até 84°N e cobrindo a região continental mais ao norte.
- bandas “A” e “B” - Antártica
- bandas “Y” e “Z” - Ártico
- Dica: banda “N” é a primeira do hemisfério Norte
- antes de “N”: Hem.Sul – depois de “N”: Hem.Norte



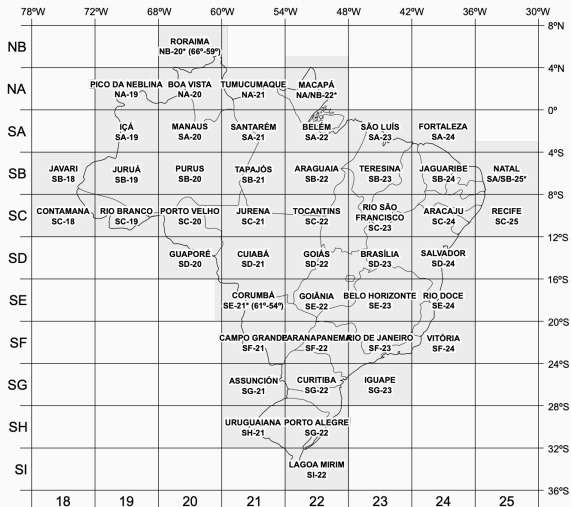
# Zonas UTM – coordenadas



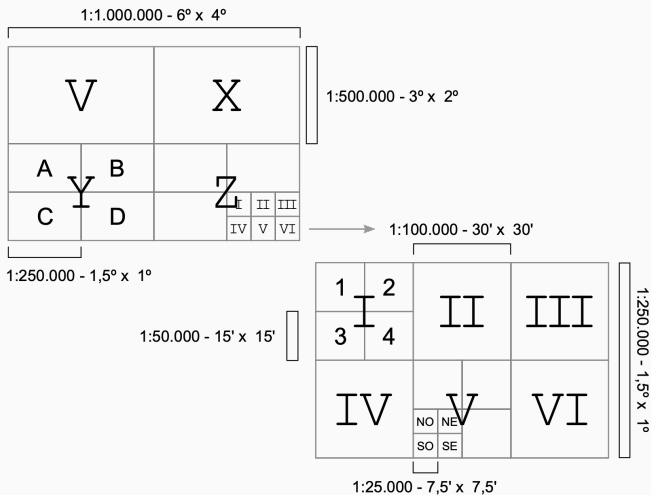
# Sistema Cartográfico Nacional

---

# Carta Internacional ao Milionésimo



# Articulação - Sistema Cartográfico Nacional



# Mapeamento Topográfico

