

Conceitos cartográficos para trabalhar com SIG

Mapa

- **Mapa** - “Representação, geralmente **em escala** e em **meio plano**, de uma relação de feições materiais ou abstratas da superfície da terra”
- **Mapa** - Apresentação ou abstração da realidade geográfica, ferramenta para apresentação da informação geográfica nas modalidades visual, digital e tátil
 - **O Mapa possui a precisão adequada para cada fim**
 - **O mapa é um instrumento de comunicação**
- **Mapear** - Transferir informação de um meio para o outro

TIPOS DE MAPAS

- Topográficos

- Mostram a delimitação ou posição de feições, naturais ou não da superfície da terra tão fielmente quanto possível dentro dos limites da escala.

Ex.: Mapa Topográfico IBGE 1:100.000

São cartas de referência

- Temáticos

- Mostram valores de atributos ou ocorrências de entes ou feições no contínuo espacial. A precisão de áreas, distancias e ângulos podem ser baixas.

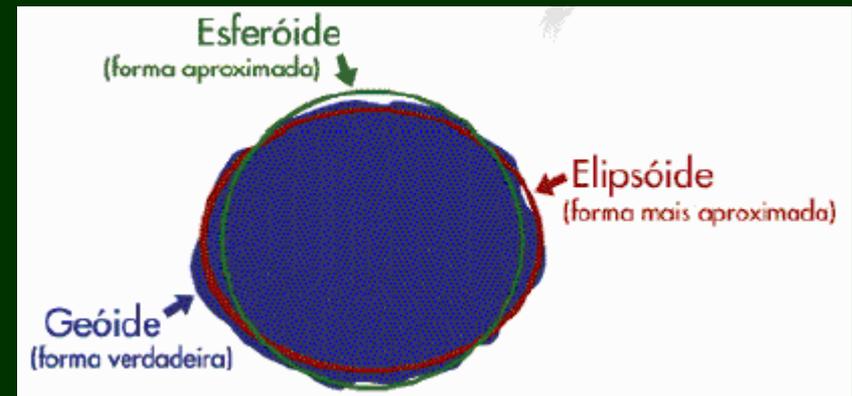
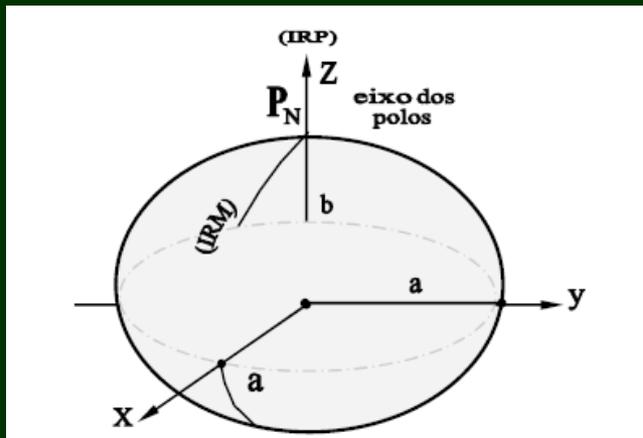
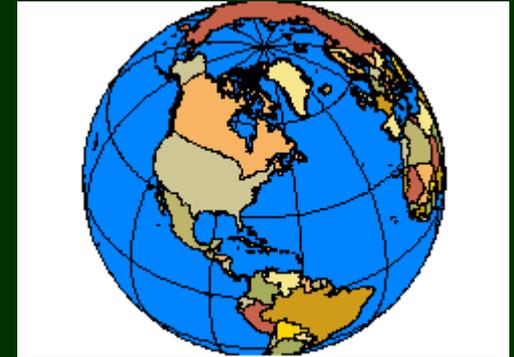
Ex: Densidades de população, clima, uso do solo etc..

TIPOS DE MAPAS

- Topográficos
 - Serão utilizados como entrada para o nosso sistema
- Temáticos
 - Serão uma das saídas do nosso sistema

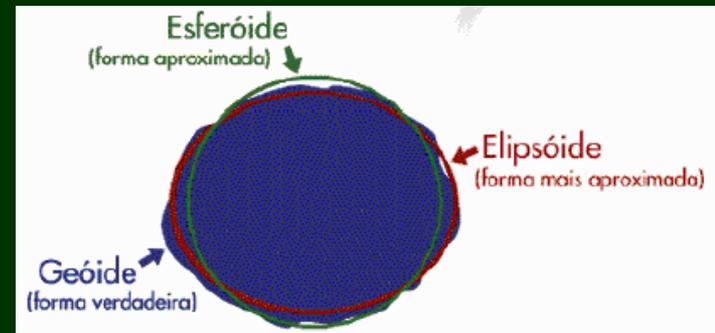
FORMA E DIMENSÕES DA TERRA

- Geóide
- Elipsóide de revolução
- Esférica
- Plana



GEÓIDE

- A superfície terrestre é totalmente irregular, não existindo, até o momento, definições matemáticas capazes de representá-la sem deformá-la. A forma da Terra se assemelha mais a um elipsóide, o raio equatorial é aproximadamente 23 km maior do que o polar, devido ao movimento de rotação em torno do seu eixo .
- O modelo que mais se aproxima da sua forma real, e que pode ser determinado através de medidas gravimétricas, é o geoidal.
- Neste modelo, a superfície terrestre é definida por uma superfície fictícia determinada pelo prolongamento do nível médio dos mares estendendo-se em direção aos continentes. Esta superfície pode estar acima ou abaixo da superfície topográfica, definida pela massa terrestre.



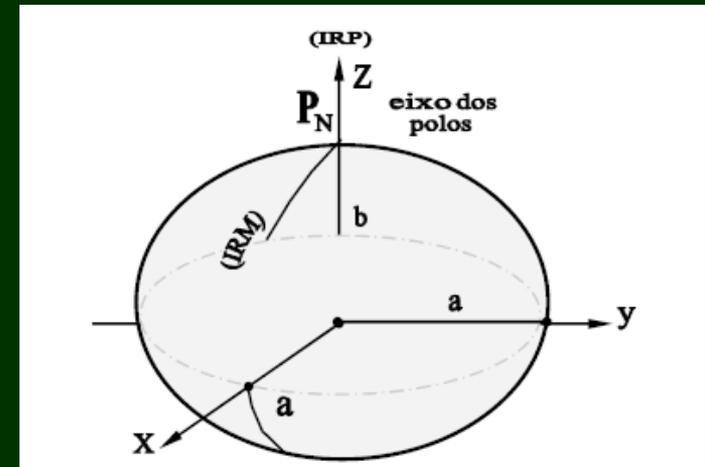
A água respeita a altitude em relação ao Geóide

ELIPSÓIDE DE REVOLUÇÃO

- Este modelo da Terra consiste em aproximá-la através de uma superfície de revolução que se obtém girando uma elipse em torno do eixo dos pólos;
- Pode ser definida pelo semi-eixo maior a e pelo achatamento α do elipsóide

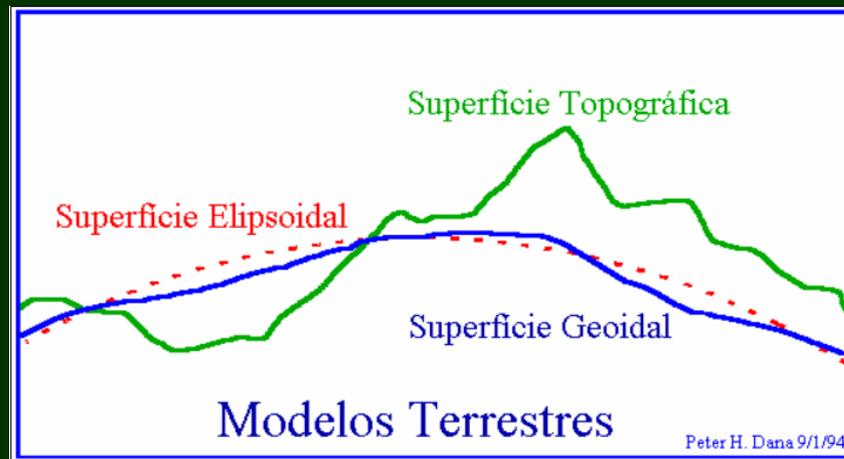
$$\alpha = (a - b) / a$$

onde a = semi-eixo maior e
 b = semi-eixo menor



COMPARAÇÃO DE SUPERFÍCIES

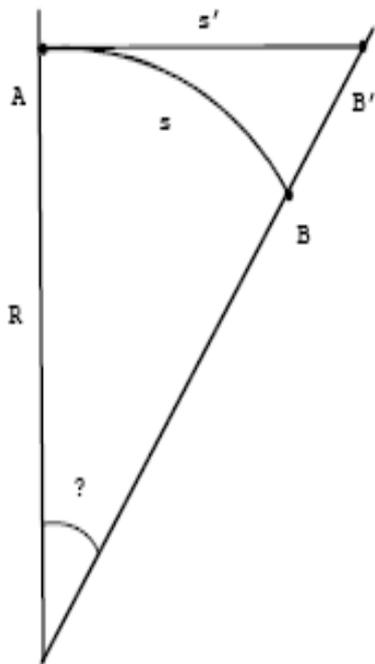
- Elipsóide – não tem significado físico;
- Geóide – pode ser “observado” num marégrafo;
- Superfície Topográfica – local onde vivemos; é referenciada ao elipsóide e ao geóide.



A TERRA PLANA

- Limite da topografia: 25 a 30km;
- Efeito da curvatura dentro dos limites aceitáveis;
- Plano topográfico (utilizado por muitas prefeituras)

EFEITO DA CURVATURA NA DISTÂNCIA



onde:

R - raio da terra;

s - valor da distância medida sobre a terra;

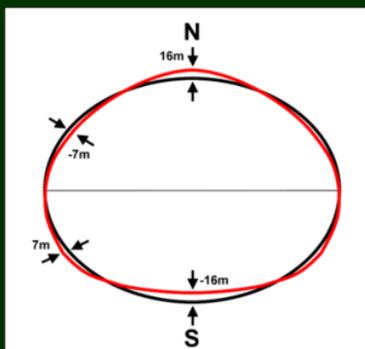
s' - projeção de s no plano topográfico.

$\theta = s / R = \text{ângulo central}$

s	Δs
1 km	0,008 mm
10 km	8,2 mm
25 km*	12,8 cm
50 km	1,03 m

Sistemas de Referência - DATUM Planimétrico

- Para a confecção de um mapa é necessário estabelecer a superfície de referência matemática que será utilizada para representar a superfície terrestre, ou seja, escolher um Elipsóide que melhor se adapte a região a ser mapeada.
- Uma vez escolhido o Elipsóide, escolhe-se um local onde calcula-se as coordenadas a partir de levantamentos astronômicos muito precisos. Este local será a origem para definir outras coordenadas na superfície da terra para esta região. (Brasil)
- Este conjunto de Elipsóide e o local com coordenadas precisas é chamado de **Datum Planimétrico**



Vértice do Datum
SAD 69
em Chuá - Minas
Gerais

Sistemas de Referência - DATUM Planimétrico

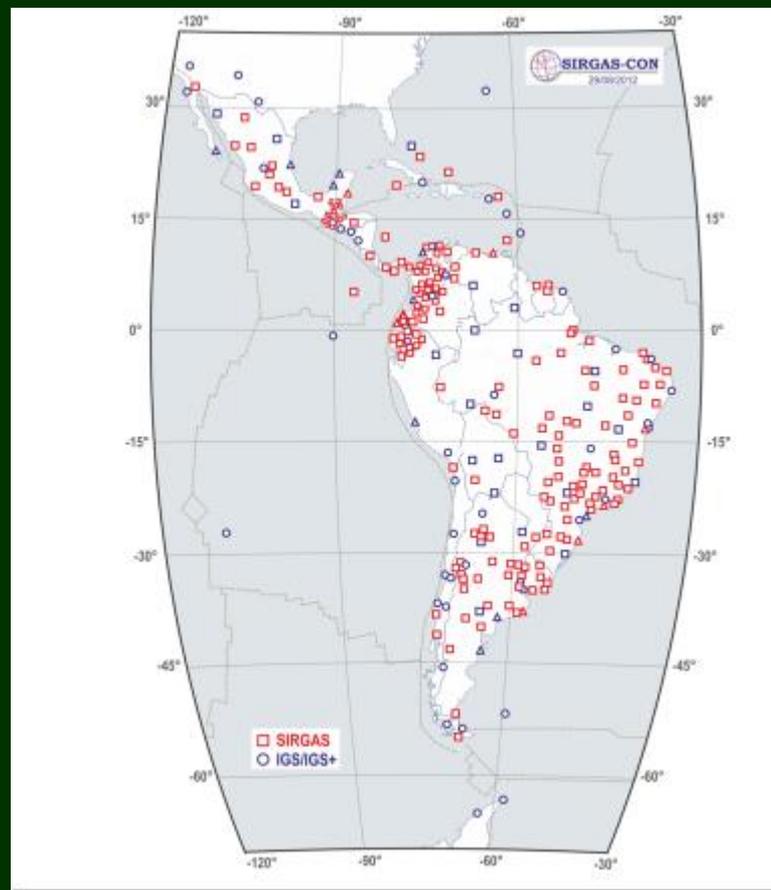
- Datum Planimétricos utilizados no Brasil
 - No Brasil, até o final da década de 1970, utilizava-se o elipsóide Internacional de Hayford, Córrego Alegre-MG, como a origem das coordenadas.
 - A partir de 1977, passou-se a adotar o SAD-69 (Datum Sul-Americano), que apresenta o vértice Chuá-MG como a origem das coordenadas, e como elipsóide de referência o recomendado pela União Astronômica Internacional, homologado em 1967 pela Associação Internacional de Geodésia.
 - Desde o início de 2015 é usado o SIRGAS 2000.

Sistemas de Referência - DATUM Planimétrico

- SIRGAS 2000
 - Sistema de Referência Geocêntrica para a América do Sul (SIRGAS);
 - objetiva promover a adoção no País, de um novo sistema geodésico de referência, unificado, moderno e de concepção geocêntrica (não mais um vértice na superfície), de modo a compatibilizá-lo às mais modernas tecnologias de posicionamento.
 - O SIRGAS não possui um único ponto como referência e sim uma rede de pontos precisos levantados por GPS.
 - Os parâmetros do SIRGAS e do WGS84 (Datum muito utilizado em GPS) são hoje praticamente iguais.

Sistemas de Referência - DATUM Planimétrico

- Rede SIRGAS – são vários pontos (estações) que podem ser usadas como referência e não mais um único ponto.



Fonte : <http://www.sirgas.org/index.php?id=193>

Conversão entre DATUM planimétricos

- As diferenças de posição entre uma feição em diferentes Data (plural de Datum) pode chegar a mais de 100 metros.
- Os SIGs possuem ferramentas para conversão de Datum mas, os parâmetros para serem utilizados nas ferramentas devem ser compatíveis com os utilizados no Brasil.
- Site para buscar os parâmetros de conversão:
http://www6.ufrgs.br/engcart/Teste/refer_exp.html

DATUM VERTICAL

- **O Datum Vertical** define a referência a partir do qual serão calculadas as altitudes em um sistema cartográfico.

Esse ponto fixo é instalado no contato terra-mar e denomina-se marégrafo

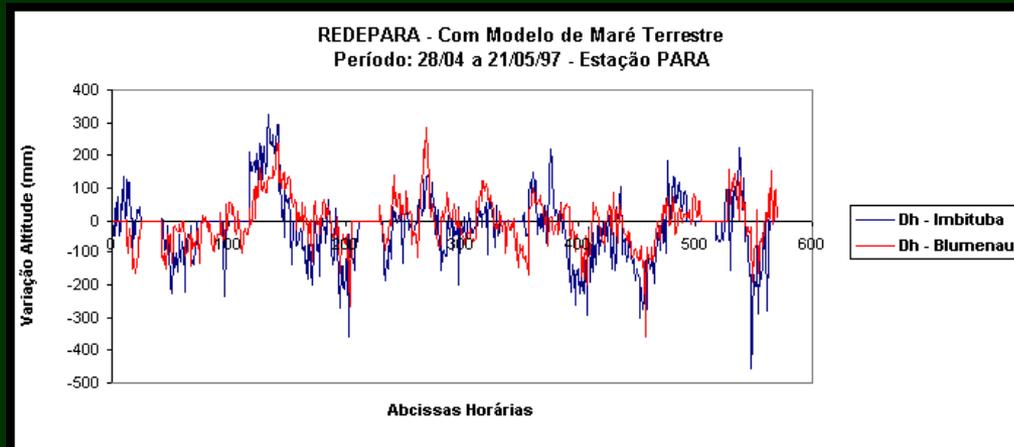
Para origem das altitudes (ou Datum altimétrico ou Datum vertical) é adotado:

- **Imbituba - Estação maregráfica do porto de Imbituba (SC), utilizada como origem para toda rede altimétrica nacional à exceção do estado Amapá.**

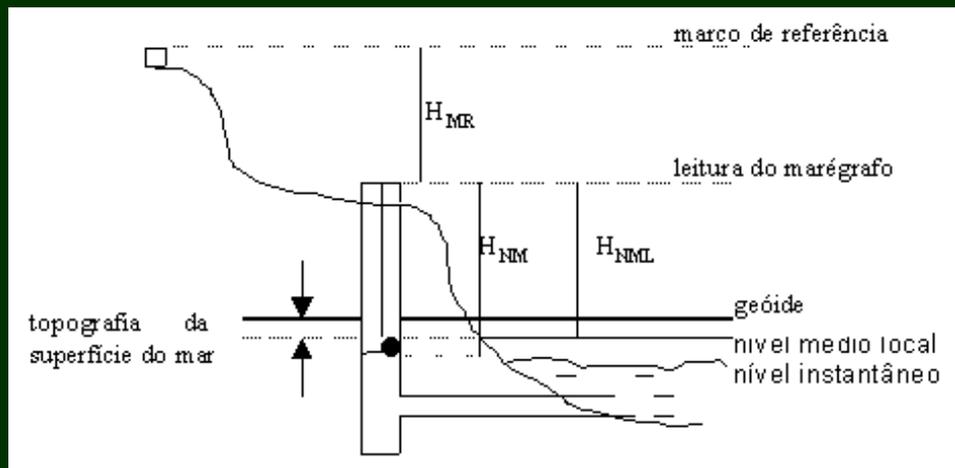
DATUM VERTICAL



Exemplo de marégrafo

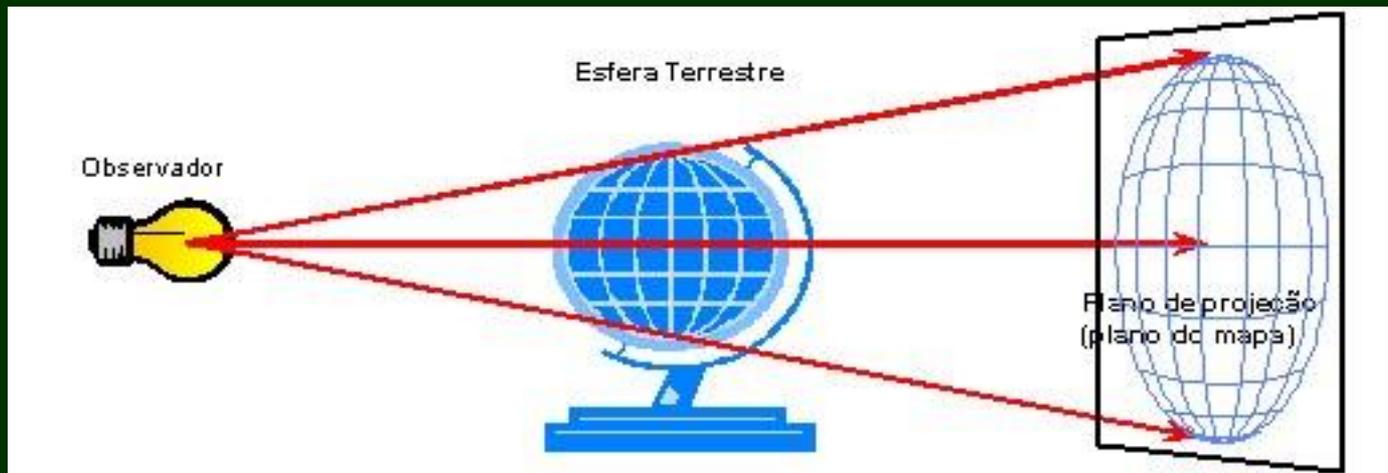


Curvas de um marégrafo

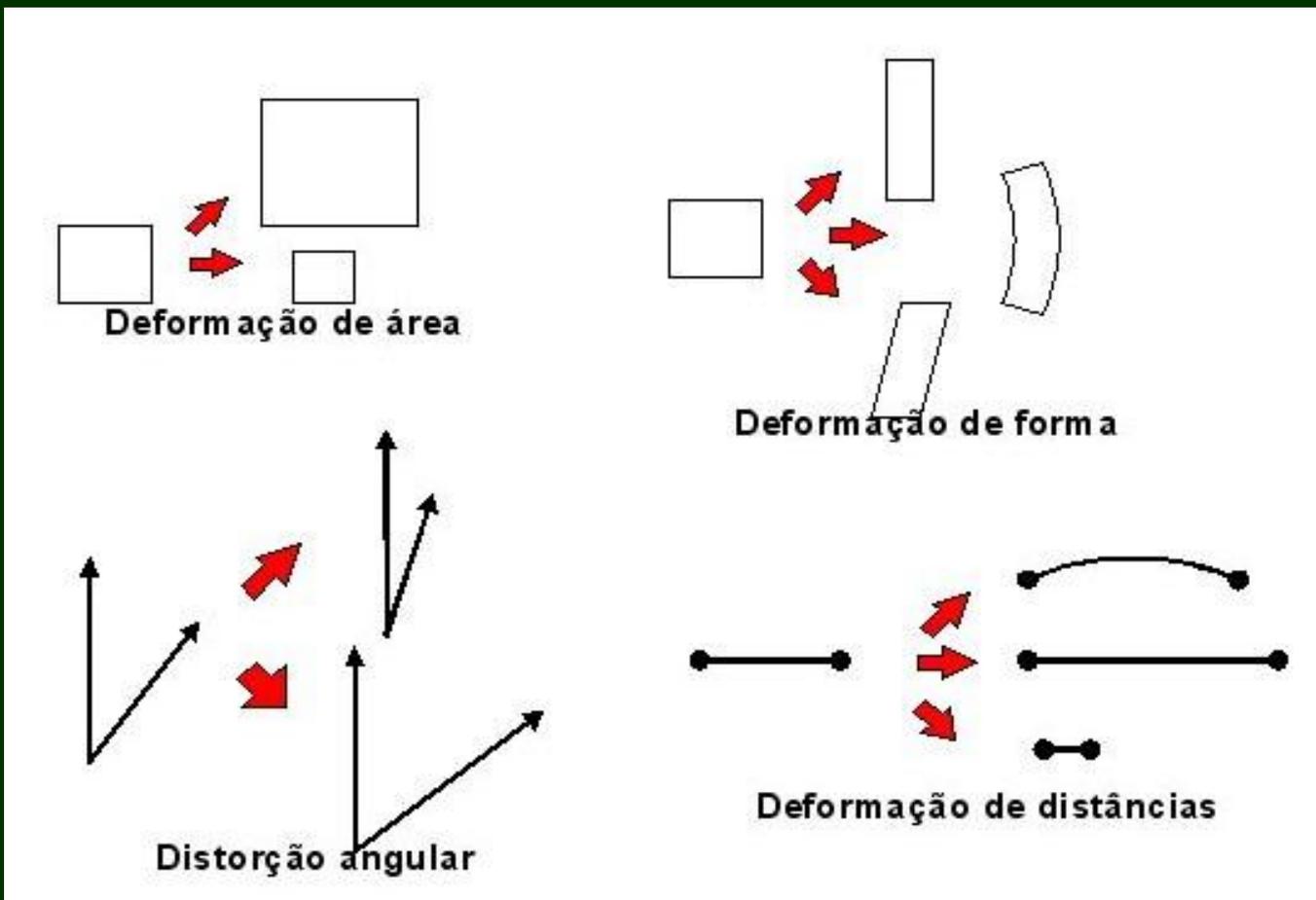


PROJEÇÕES CARTOGRÁFICAS

- É o processo matemático para transferir as feições de uma superfície curva (terra) para uma superfície plana (folha de papel do mapa)



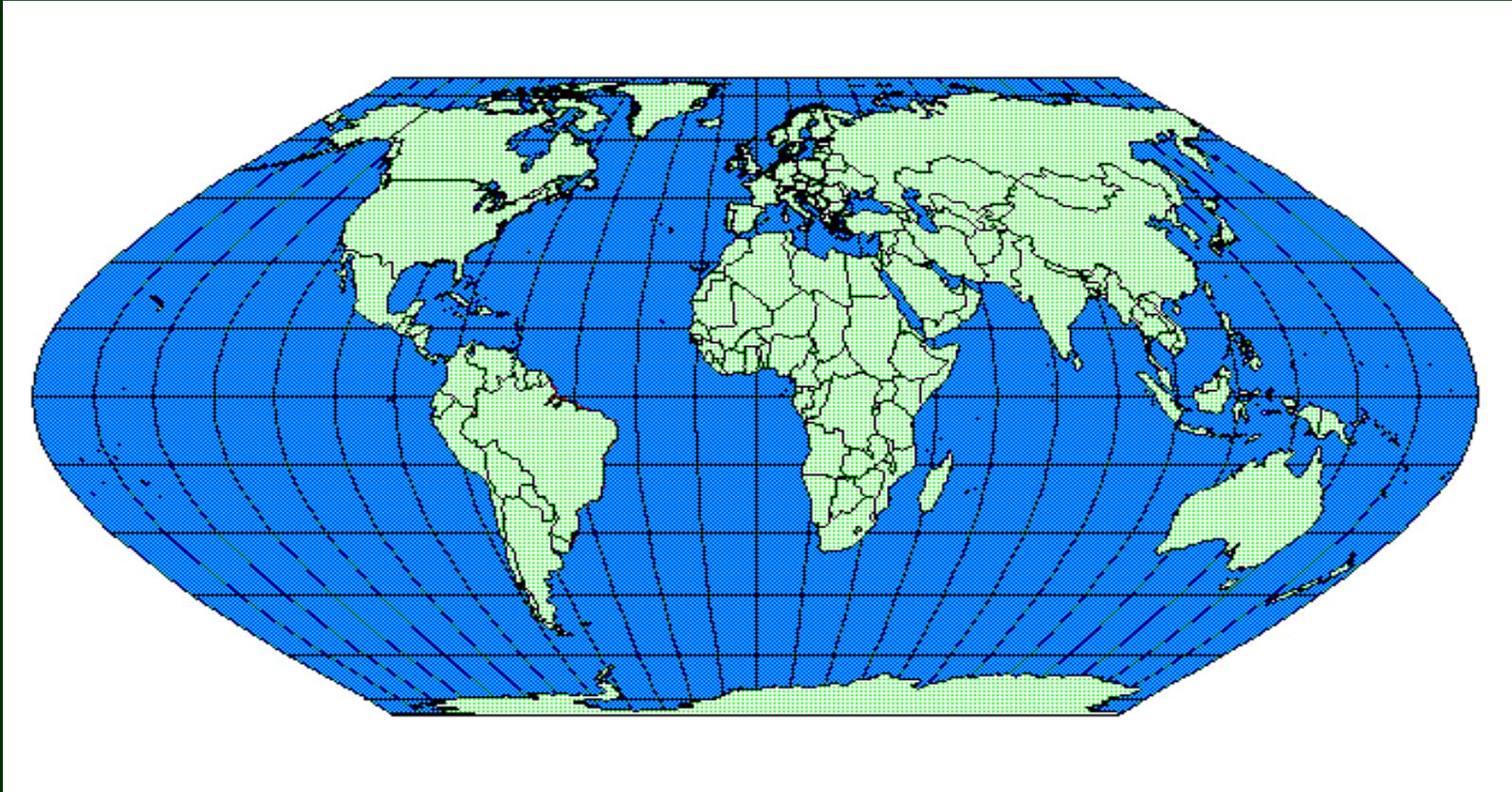
PROJEÇÕES CARTOGRÁFICAS: DISTORÇÕES



PROJEÇÕES CARTOGRÁFICAS: PROPRIEDADES

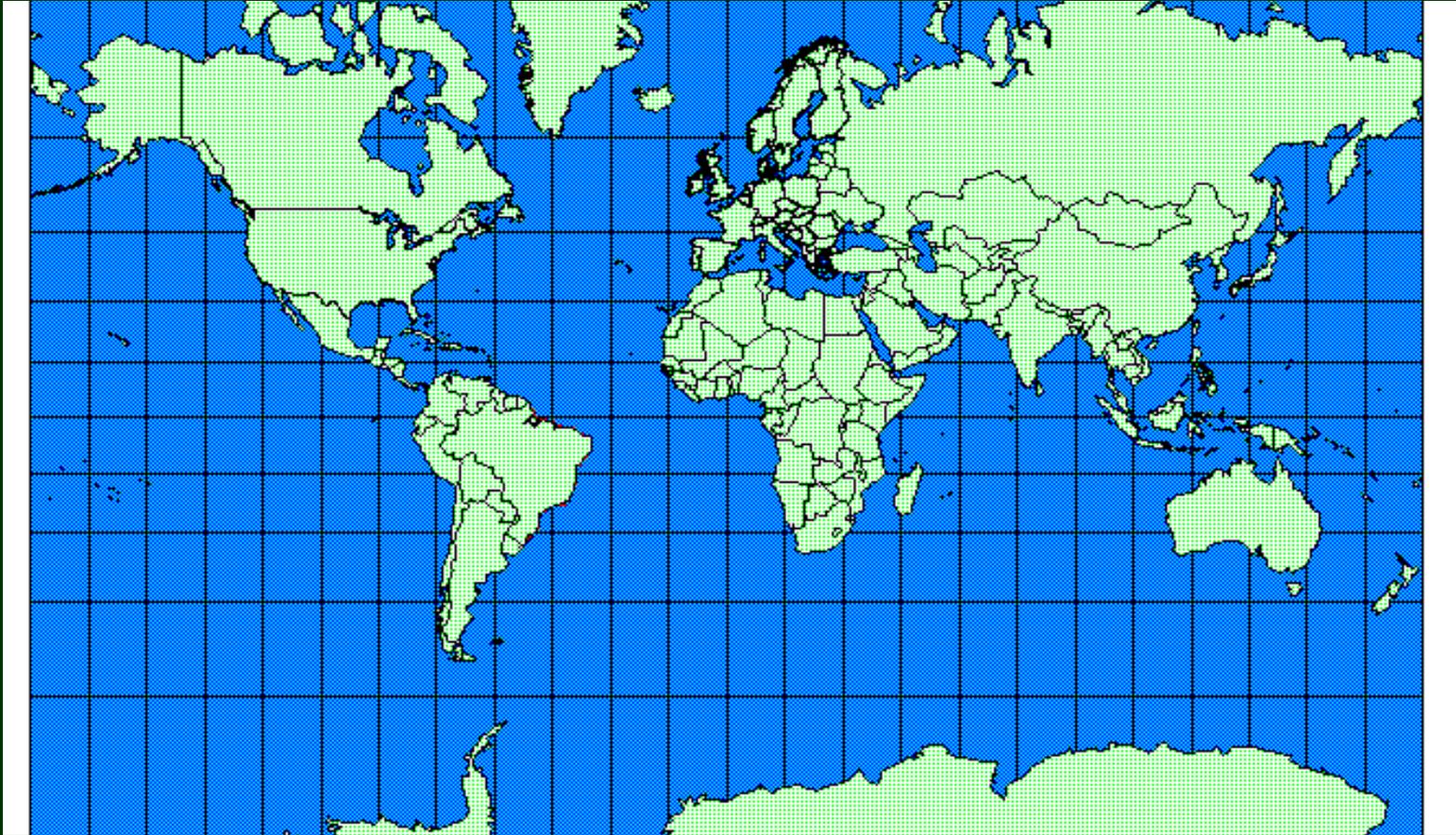
- Quanto às distorções:
 - Equivalentes: não deformam as áreas;
 - Equidistantes: não apresentam deformações lineares;
 - Conformes: mantém os ângulos (Ex.: UTM);
 - Afiláticas: apresentam deformações em áreas, distâncias e ângulos.
- Nenhum sistema de projeção é Equivalente, Equidistante e Conforme ao mesmo tempo
- Não existe sistema de projeção que elimine todos os tipos de deformação.
- Existem sistemas mais adaptados para uma ou outra função.

Sistema de Projeção



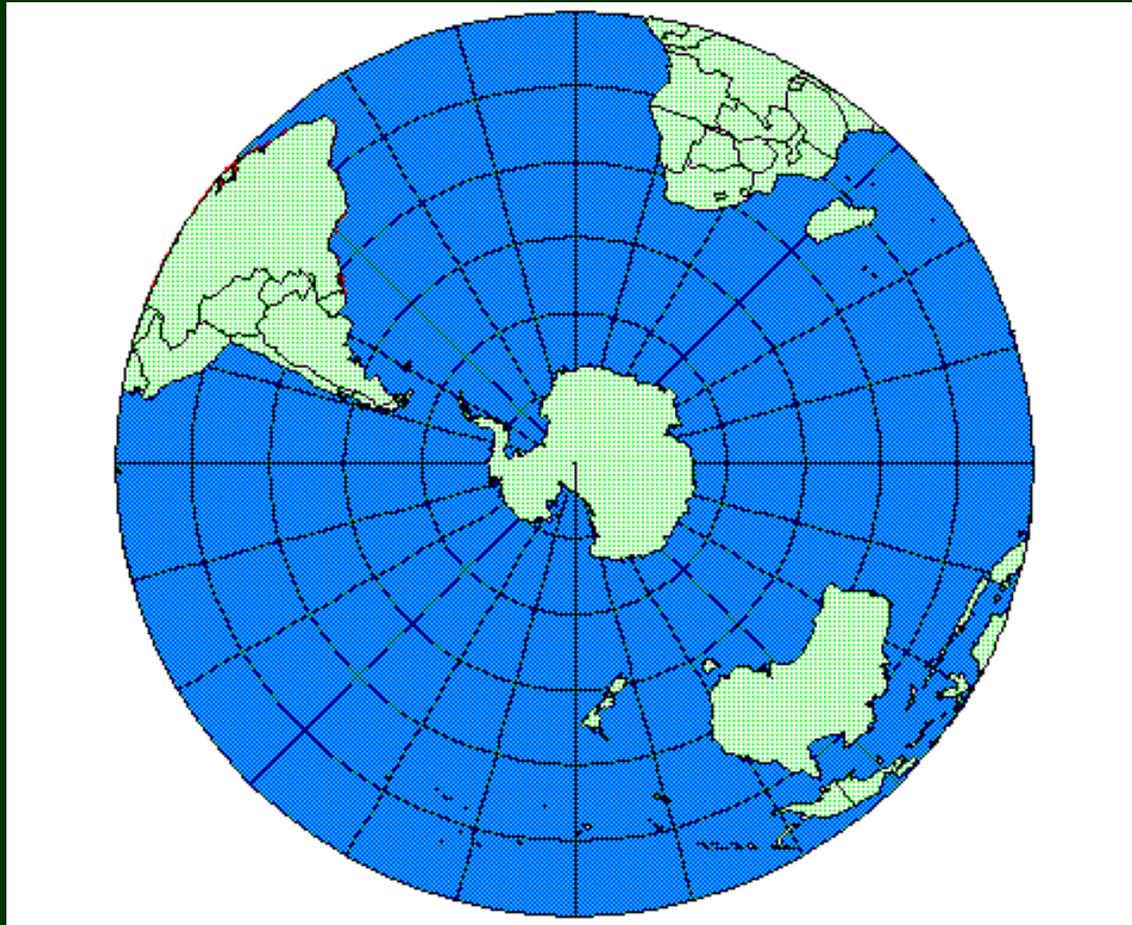
Sistema de projeção: Eckert - Equivalente

Sistema de Projeção



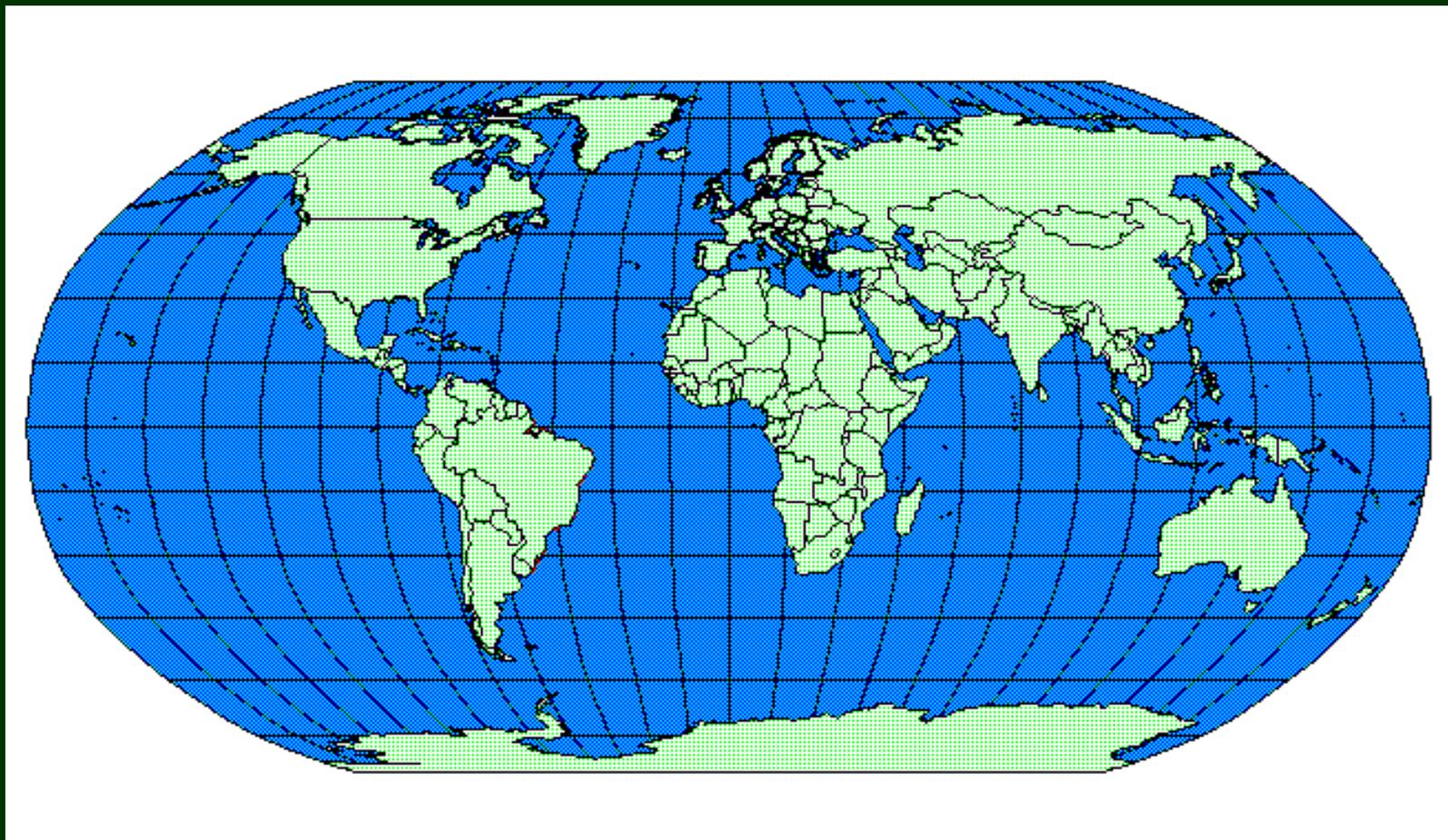
Sistema de projeção: Mercator - Conforme

Sistema de Projeção



Sistema de projeção: Azimutal -Equidistante

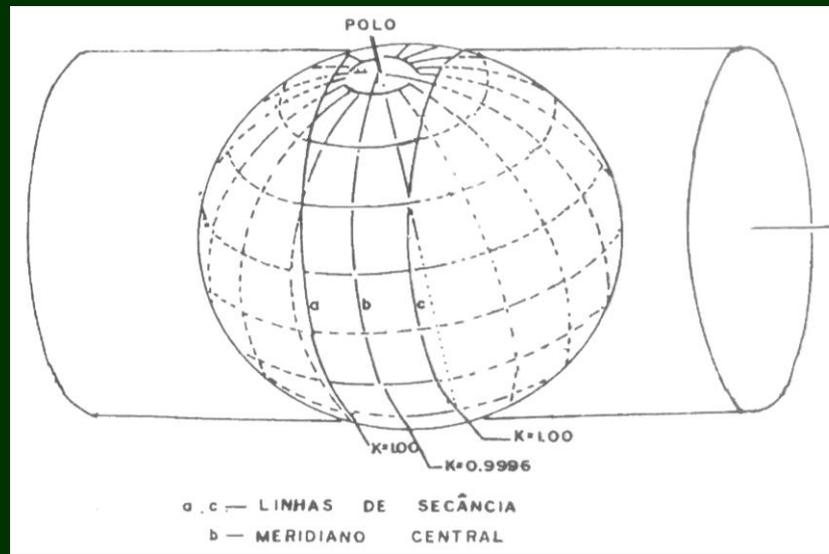
Sistema de Projeção



Sistema de projeção: Robinson -Afilática

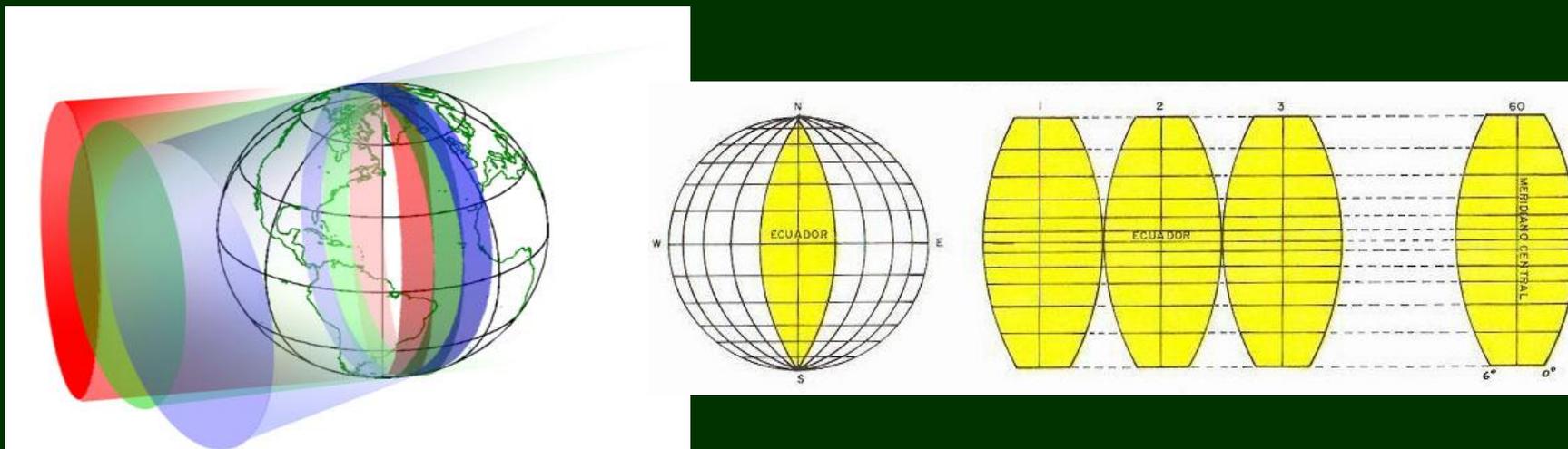
SISTEMA UTM

- A Universal Transversa de Mercator (UTM) é um sistema de projeção cartográfica e corresponde a uma modificação da projeção de Mercator, onde o cilindro secante é colocado em posição transversa .
- Este sistema foi adotado pela Diretoria de Serviço Geográfico do Exército e pelo IBGE como padrão para o mapeamento sistemático do país.



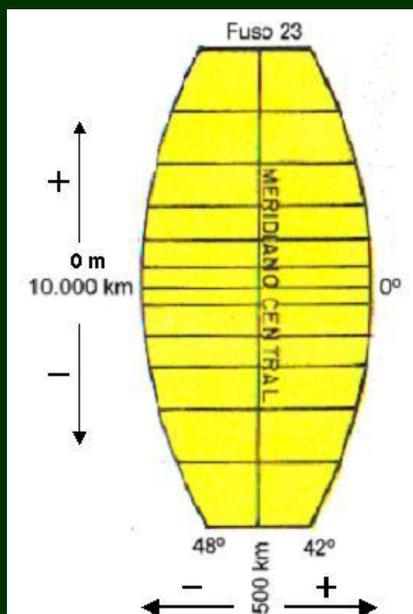
SISTEMA UTM

- O sistema é constituído por 60 fusos de 6° de longitude, numerados a partir do antimeridiano de Greenwich, seguindo de oeste para leste até o encontro com o ponto de origem
- A extensão latitudinal está compreendida entre 80° Sul e 84° Norte.



Sistema UTM

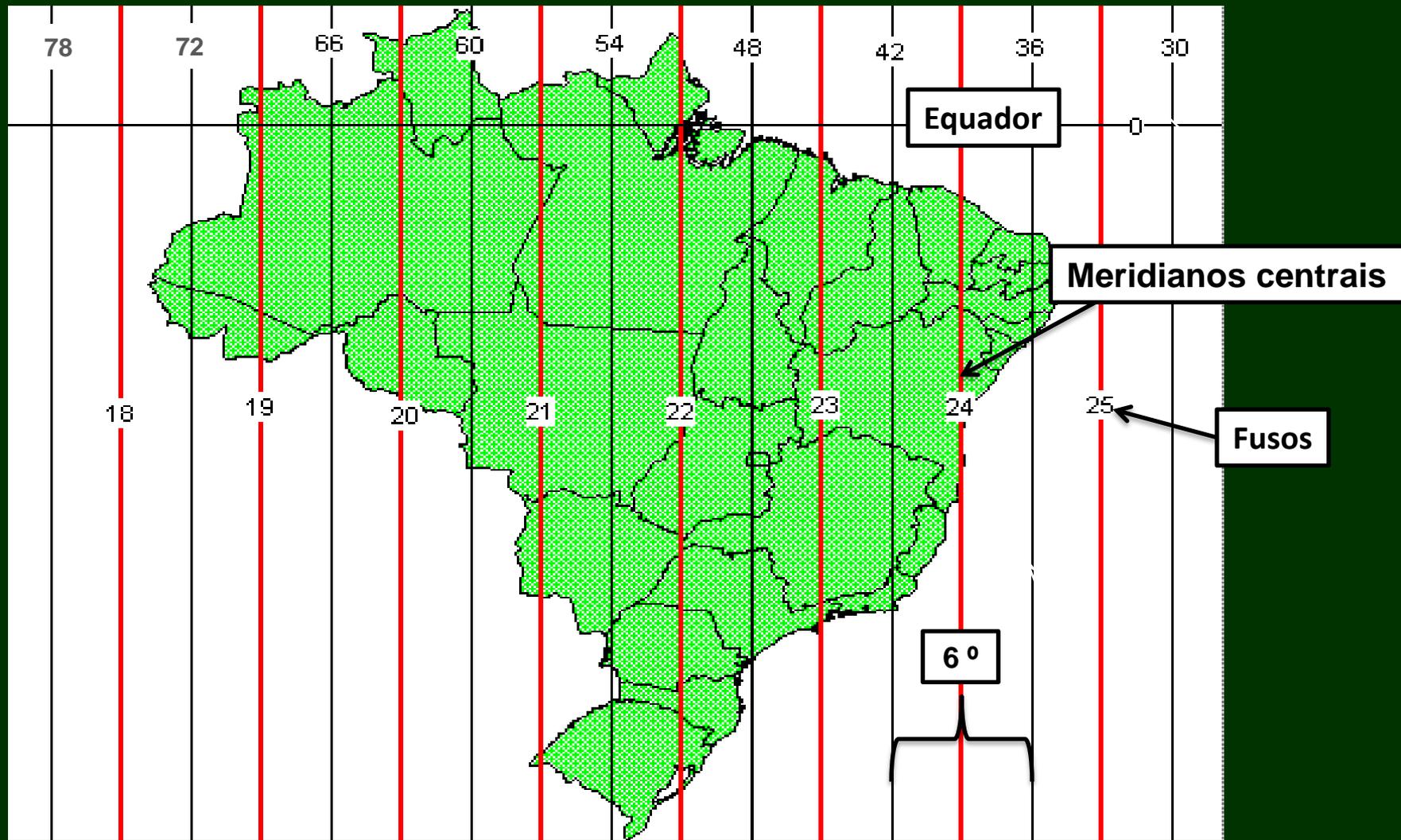
- O eixo central do fuso, denominado como meridiano central, estabelece, junto com a linha do Equador, a origem do sistema de coordenadas de cada fuso.
- Para evitar coordenadas negativas, as coordenadas são acrescidas de 10.000.000 m para as coordenadas “Y” para o hemisfério Sul e 500.000 m para as coordenadas “X” respectivamente



Cada fuso apresenta um único sistema plano de coordenadas, com valores que se repetem em todos os fusos.

Assim, para localizar um ponto definido pelo sistema UTM, é necessário conhecer, além dos valores das coordenadas, o fuso ao qual as coordenadas pertençam e se é ao norte ou sul do Equador.

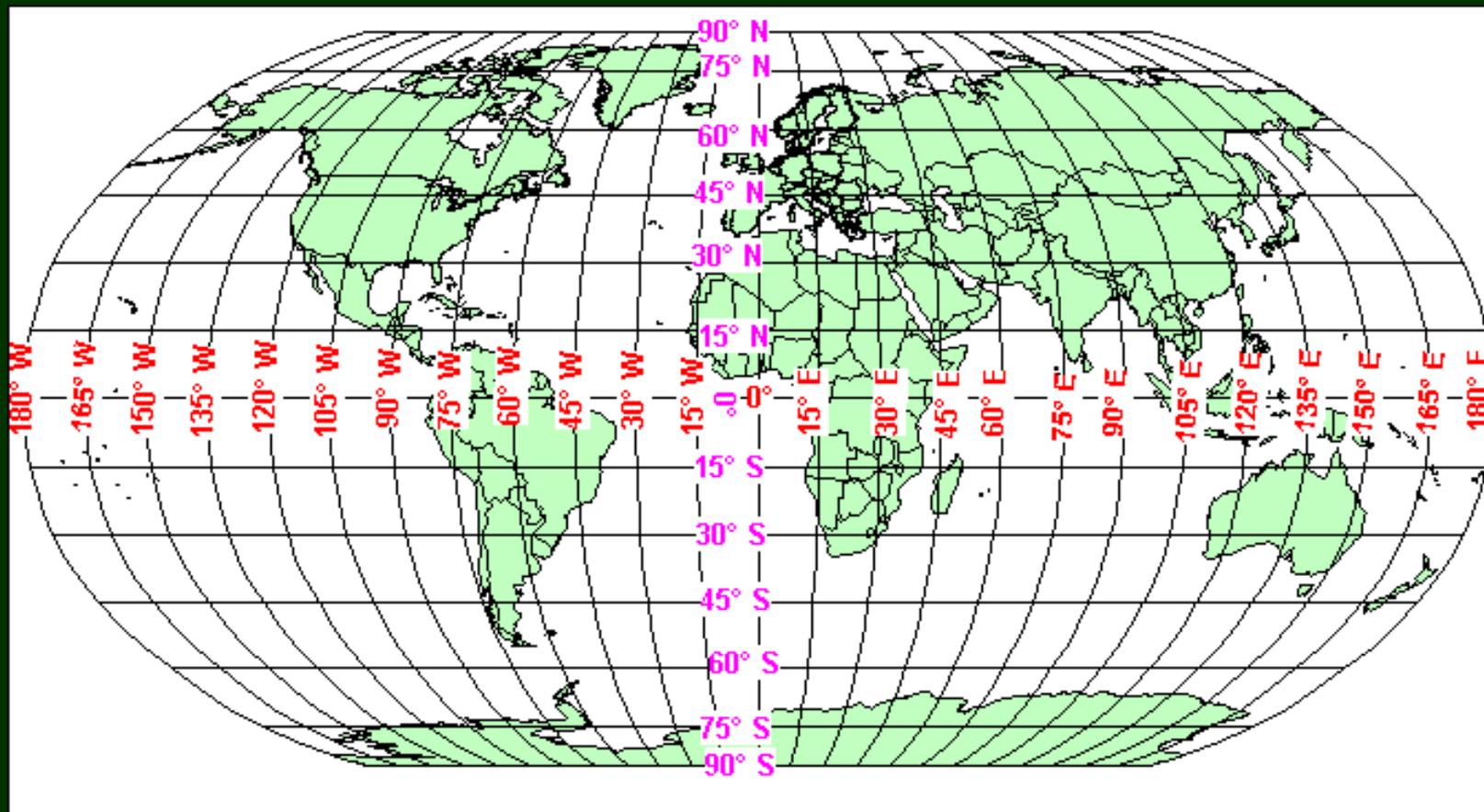
UTM – Fusos no Brasil



SISTEMAS DE COORDENADAS

- Os sistemas de coordenadas servem como referência para o posicionamento de pontos sobre uma superfície referência, (elipsóide, esfera ou um plano).
- Para a esfera ou elipsóide é empregado o sistema de coordenadas geográficas. Para o plano pode ser empregado um sistema de coordenadas cartesianas ou planas (x,y) (por exemplo (UTM) e topográficas locais.

Coordenadas Geográficas



COORDENADAS GEOGRÁFICAS

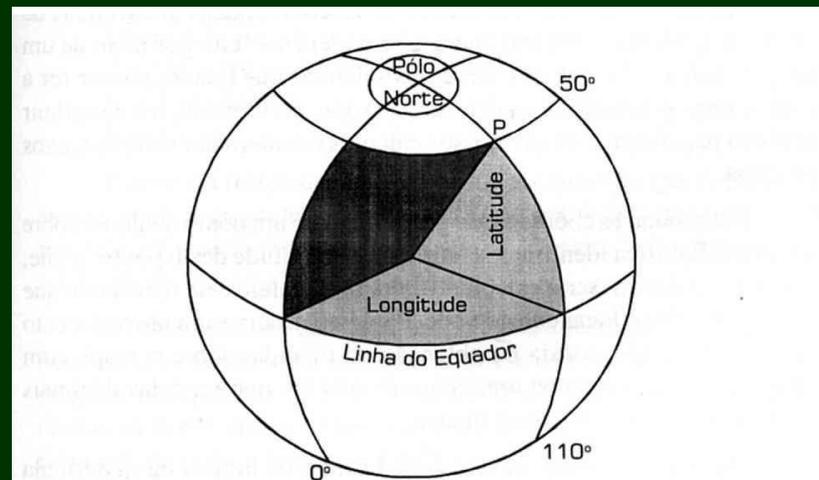
- Latitude (ϕ) – arco contado sobre o meridiano a partir do Equador até o lugar considerado;
 - 0° à 90°N e 0° à 90°S ; (ou 0° à $\pm 90^\circ$);
- Longitude (λ) – arco contado sobre o Equador a partir de Greenwich até o meridiano do lugar;
 - 0° à 180° W Gr. ou 0° à -180°
 - 0° à 180° E Gr. ou 0° à $+180^\circ$.

– Exemplo:

Ponto P

Latitude 50° N

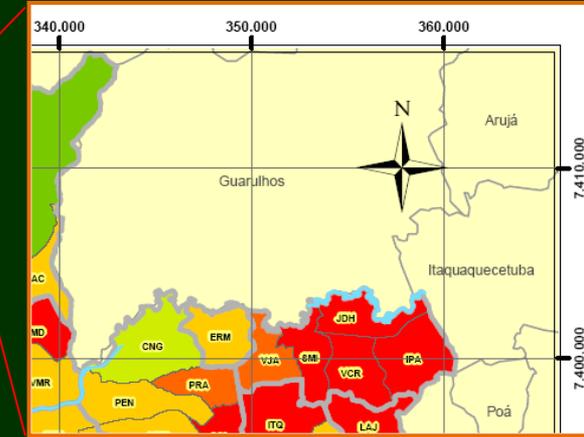
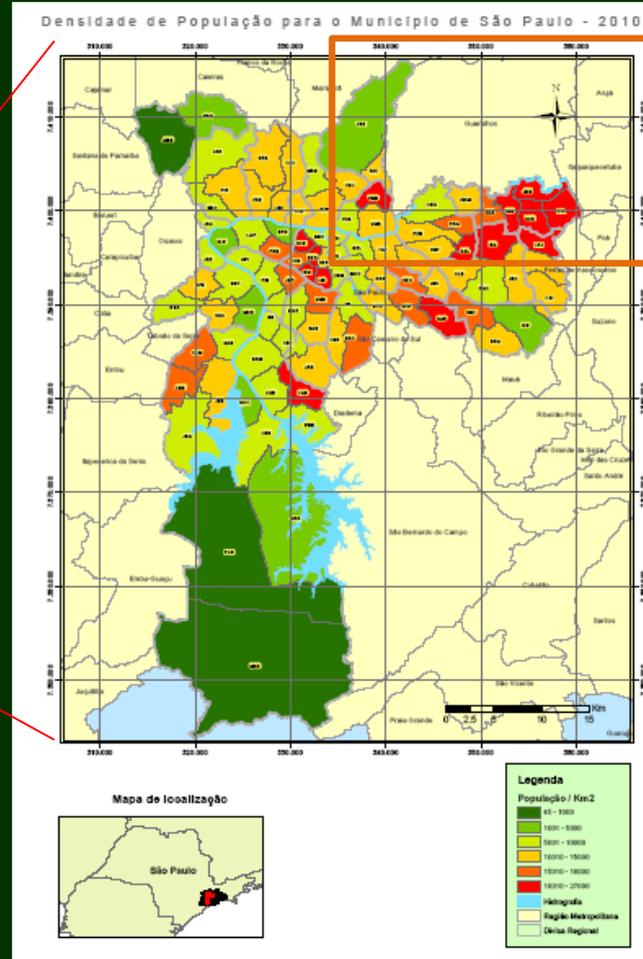
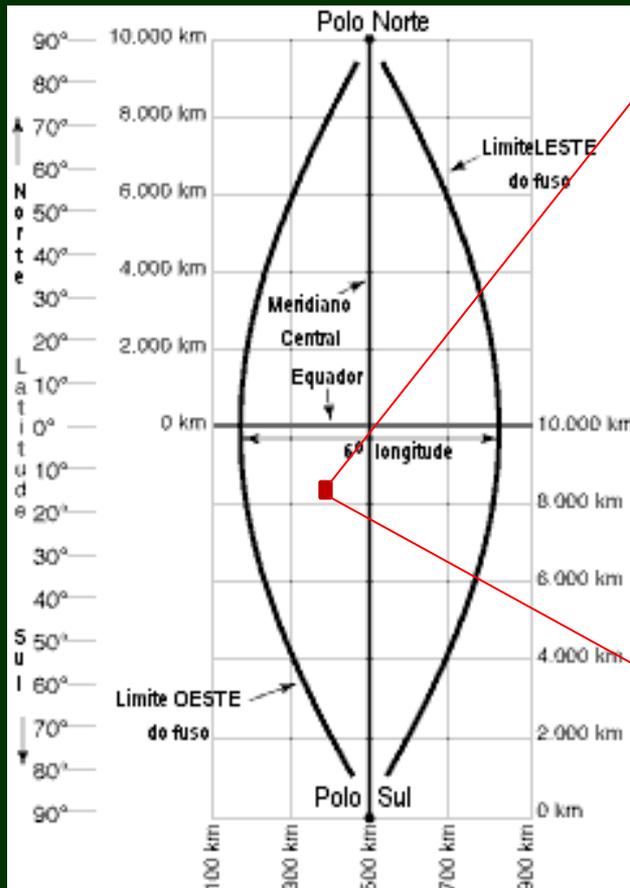
Longitude 110° L



Sistemas de Coordenadas UTM

- O Sistema de Coordenadas UTM é cartesiano.
- Este sistema de coordenadas é composto por dois eixos perpendiculares: um eixo horizontal correspondendo ao eixo das abscissas e denominado com x , e outro vertical correspondendo ao eixo das ordenadas e denominado como y . A interseção dos eixos corresponde a origem do sistema.
- Um ponto qualquer no sistema é definido pela interseção de duas retas perpendiculares entre si e paralelas aos respectivos eixos, e expresso, assim, por dois valores, um correspondente à projeção sobre o eixo x , e outro correspondente à projeção sobre o eixo y .
- A origem do sistema UTM é no cruzamento do meridiano Central com o Equador acrescidas de 10.000.000 m para as coordenadas “Y” para o hemisfério Sul e 500.000 m para as coordenadas “X” respectivamente
- A unidade de medida utilizada no sistema UTM é o metro. (ou Quilometro)

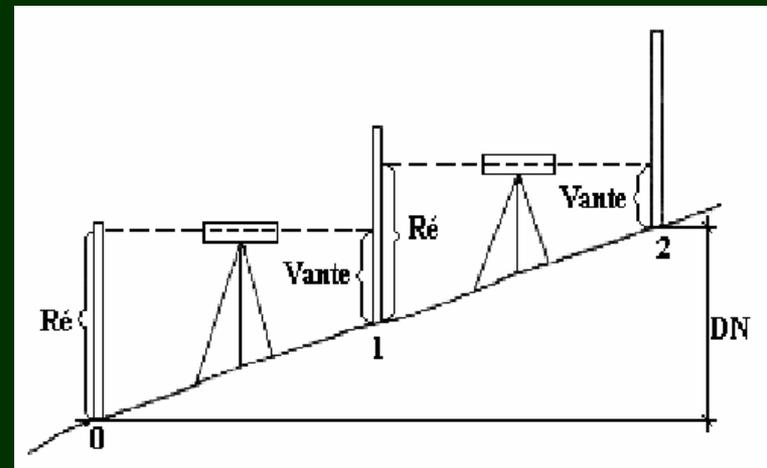
Sistemas de Coordenadas UTM



Detalhe do Grid Cartesiano em UTM em metros

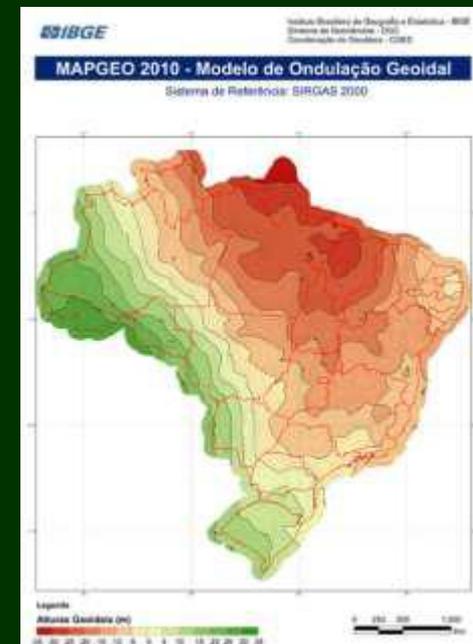
SISTEMAS DE COORDENADAS - ALTITUDE

- Terceira coordenada - Altitude
 - Altitude Ortométrica – refere-se ao Geóide
 - Obtido por Nivelamento a partir de uma referência de altimetria
 - Ou...



SISTEMAS DE COORDENADAS - ALTITUDE

- Terceira coordenada - Altitude
 - Altitude Ortométrica – refere-se ao Geóide
 - Obtido por GPS Geodésico junto com o modelo de ondulação Geoidal (site IBGE)



SISTEMAS DE COORDENADAS - ALTITUDE

- Altitude (altura) Geométrica – refere-se ao Elipsóide
 - Obtido por GPS Geodésico com maior precisão ou por GPS de navegação com baixa precisão



GPS Geodésico



GPS Navegação

Escala

Escala é a razão entre distâncias no mapa e a correspondente distância no mundo real

$E = \text{medida da feição no mapa} / \text{medida da feição no terreno}$

- **Escala grande:** mostra detalhes, pequenas feições.
Ex.: 1: 5.000
- **Escala pequena:** mostra somente grandes feições.
Ex.: 1:1.000.000

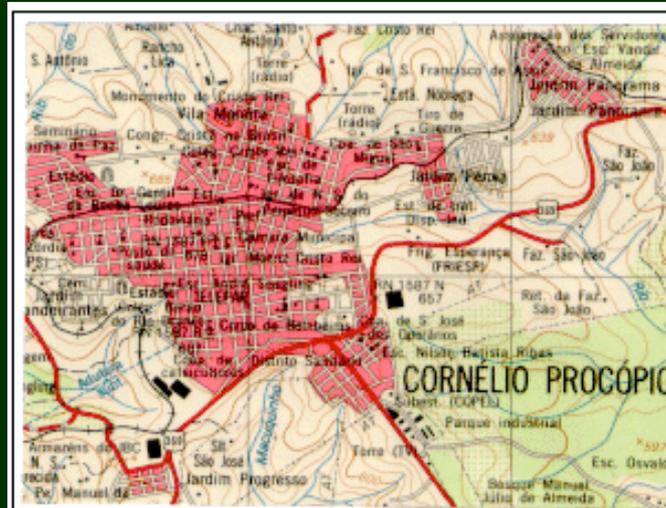
- **A Escala comanda não somente como as feições serão mostradas mas quais**
- **A Escalas são diferentes para diferentes propósitos**

A Escala Comanda :

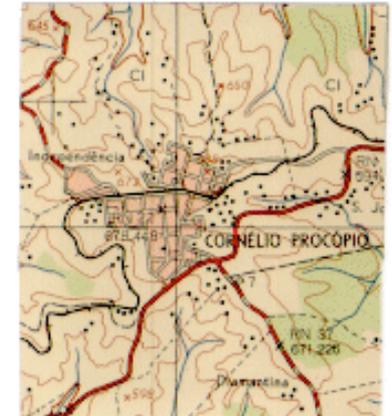
- Abstração Cartográfica - Seleção das feições do mundo real a serem incluídas
 - Simplificação em função do objetivo de comunicação do mapa
- Generalização Cartográfica
 - Simplificação em função da escala
- Simbolização para representar as diferentes as feições
 - Símbolos para representar a mesma feição variam conforme a escala do mapa.

A Escala Comanda :

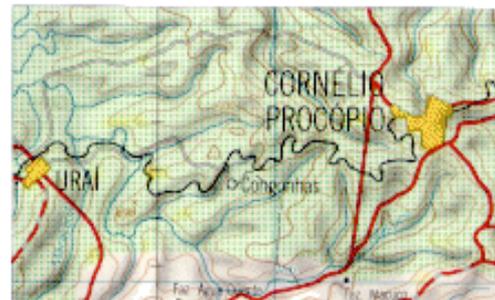
Verificar com a mudança da Escala a mudança dos detalhes, simbologia e simplificação das feições



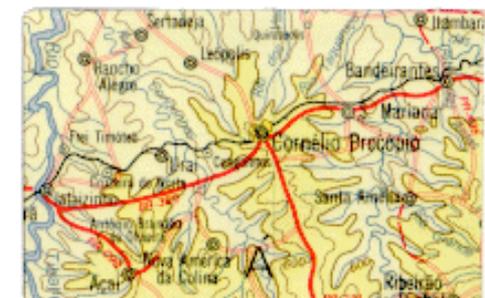
a) escala 1:50.000



b) escala 1:100.000



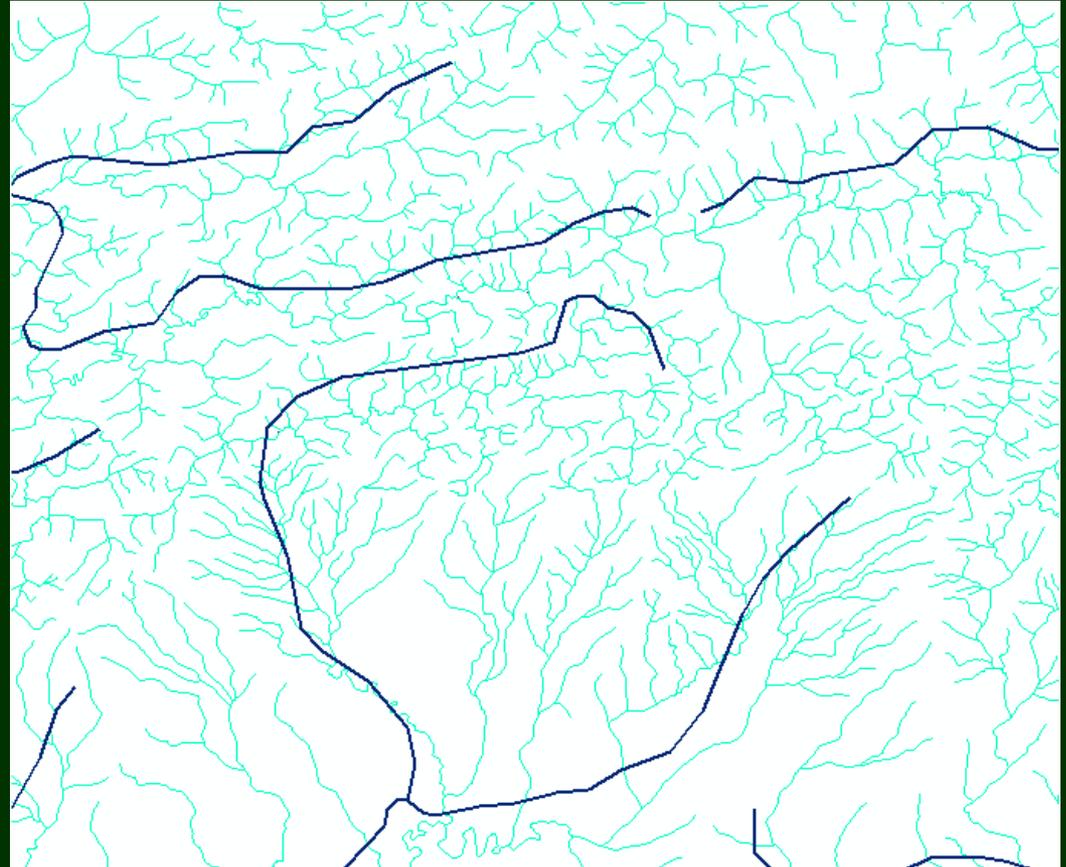
c) escala 1:250.000



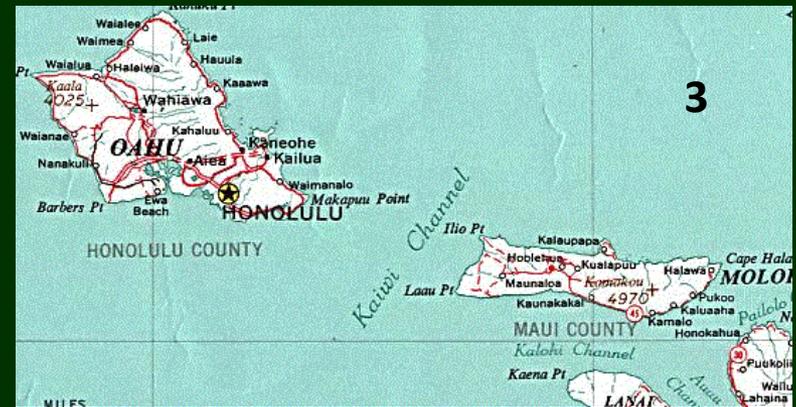
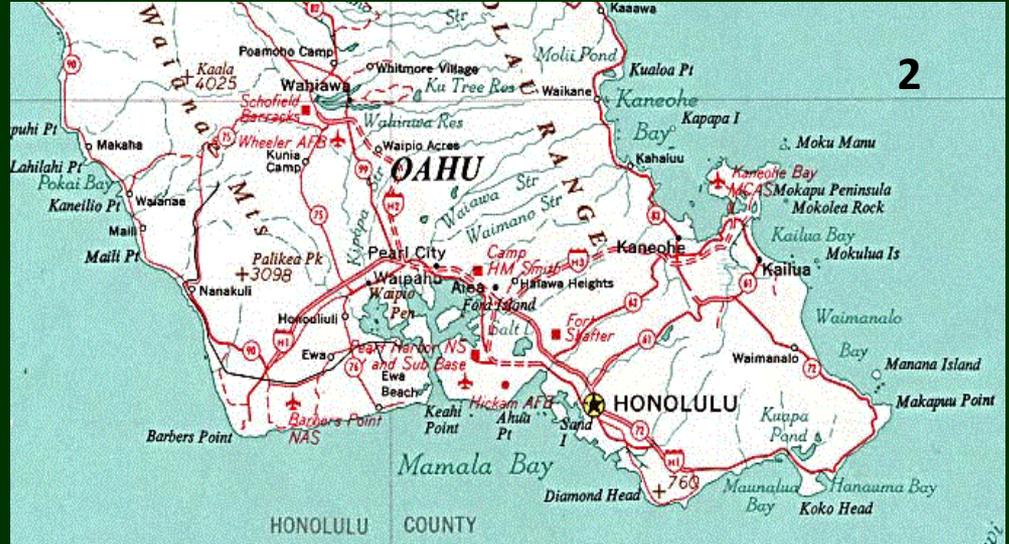
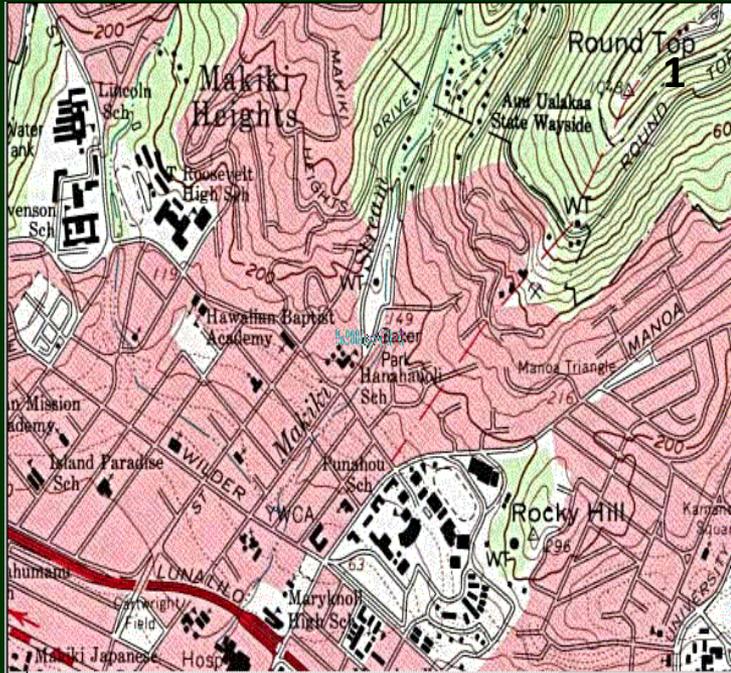
d) escala 1:1.000.000

A Escala Comanda :

Diferença no detalhamento da hidrografia no Estado de São Paulo na escala 1:1.000.000 (Azul escuro) e 1:50.000 (Azul claro)



A Escala Comanda :



Honolulu e o arquipélago havaiano em diferentes escalas
Da visão local (escala grande) para a visão regional (escala pequena)

Acurácia do Material Cartográfico

- **Planimetria**

Para cada uma das direções (X, Y ou E, N) 90 % das coordenadas dos pontos de controle num documento cartográfico e testados no terreno não deverão apresentar erro superior ao PEC planimétrico estabelecido. Dito de outra forma, só 10 % dos pontos poderão apresentar erro superior ao PEC planimétrico.

- **Altimetria**

Na coordenada altimétrica (h, H ou Z) 90 % dos pontos escolhidos (obtidos por interpolação da altimetria existente) e testados no terreno não deverão resultar em erro superior ao PEC altimétrico estabelecido. Dito de outra forma, só 10 % dos pontos poderão apresentar erro superior ao PEC planimétrico.

- **Tabela Normativa**

No que se refere às classes estabelecidas apresenta-se na tabela um resumo dos parâmetros do PEC e respectivos EP para planimetria e altimetria. Esta tabela é sugerida apenas como referência.

Classe	Planimetria		Altimetria	
	PEC	EP	PEC	EP
A	0,5 mm	0,3 mm	1/2 Eq	1/3 Eq
B	0,8 mm	0,5 mm	3/5 Eq	2/5 Eq
C	1,0 mm	0,6 mm	3/4 Eq	1/2 Eq

Resumo dos parâmetros estabelecidos pela norma de controle de qualidade geométrica de documentos cartográficos (Decreto Federal nº. 89.817, de 20/06/1984).

Onde: Eq=eqüidistância das curvas de nível. PEC = Padrão de exatidão cartográfica . EP = Erro padrão

Acurácia do Material Cartográfico

- Resumo
 - Quando se adquire um produto cartográfico (mapa digital, ortofoto, imagem de satélite, etc.) em função da classe contratada deve-se esperar um determinado erro máximo.
 - Para classe “A” este erro não deve ultrapassar 0,5 mm na planimetria.
Ou seja, se comparar as coordenadas de uma série de pontos no material cartográfico com as coordenadas reais na superfície, para 90 % dos pontos não deve ultrapassar 0,5 mm.

Acurácia do Material Cartográfico

- Este 0,5 mm é no material cartográfico. Na superfície deve-se considerar a escala.

Escala	0,5mm são
1:1.000.000	500 metros
1:500.000	250 metros
1:250.000	125 metros
1:100.000	50 metros
1:50.000	25 metros
1:25.000	12,5 metros
1:10.000	5 metros
1:5.000	2,5 metros
1:2.500	1,25 metros

- Por exemplo: Uma ortofoto em 1:10.000 classe “A”, o erro posicional associado as coordenadas planimétricas em x ou y vai ser no máximo +- 5 metros.
- **A escala comanda também o erro**

Acurácia do Material Cartográfico

- Uma imagem de satélite pode ser visualizada até a escala 1:3.000, mas dependendo do produto adquirido o erro planimétrico pode ser compatível com 1:50.000 (+- 25 metros).
- Uma carta topográfica IBGE original 1:50.000 em papel, quando na passagem para o digital, dependendo do processo pode ter seu erro dobrado (passando para +- 100 metros).

Para saber mais sobre acurácia de material cartográfico, veja as teses de mestrado e doutorado de Prof. Dr. Marcelo Nero
www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-24102005-145532/
www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-04112005-110341/

Acurácia dos dados oriundos de GPS

- GPS de navegação
 - A acurácia dos dados é na ordem de +- 10 metros
- GPS para coleta de dados
 - A acurácia dos dados com correção vai ser na ordem de 3 metros (com correção pós processamento ou durante o processo de coleta e dependendo do equipamento).
- GPS geodésico
 - A acurácia dos dados com correção (pós processamento ou durante o processo de coleta) vai ser na ordem de cm (dependendo de uma série de fatores este erro é maior ou menor).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CINTRA, J. P. Informações espaciais I. notas de aulas. São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. 232p.
- DUARTE, P.A. Fundamentos de cartografia. Ed. 2. Florianópolis: Editora da Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.
- IBGE. Noções Básicas de Cartografia – Manuais Técnicos em Geociências. Rio de Janeiro. 1999; nº 8.
- OLIVEIRA, C. Curso de Cartografia Moderna. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora do IBGE, 1993. 152p.
- BLITZKOW, D., E OUTROS. O Conceito Atual dos Referenciais Usados em Geodesia. - Revista Brasileira de Cartografia No XX/YY, 2005. (ISSN 0560-4612)
- <http://www.professores.uff.br/cristiane/Estudodirigido/Index.htm>
- http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/centros_apres.shtm
- <http://www.sirgas.org/>
- http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo_geoidal.shtm
- <http://www.esteio.com.br>
- <http://www.concar.ibge.gov.br/detalheDocumentos.aspx?cod=8>