



**ESCOLA SUPERIOR DA CETESB**  
**GESTÃO DO CONHECIMENTO AMBIENTAL**

**CONFORMIDADE AMBIENTAL COM REQUISITOS TÉCNICOS E LEGAIS**  
**TURMA 3**

FISCALIZAÇÃO, PERÍCIA E AUDITORIA AMBIENTAL  
POLÍTICAS PÚBLICAS AMBIENTAIS INSTRUMENTOS DE  
GESTÃO AMBIENTAL PÚBLICA ORDENAMENTO JURÍDICO  
AMBIENTAL METODOLOGIA DA PERÍCIA AMBIENTAL  
E SEMINÁRIOS POLUIÇÃO DO AR, LICENCIAMENTO E  
CONTROLE DE FONTES FUNDAMENTOS DE  
POLUIÇÃO DAS ÁGUAS GESTÃO DE  
PREVENÇÃO E CONTROLE DA POLUIÇÃO  
DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS GERENCIAMENTO DE ÁREAS  
CONTAMINADAS ANÁLISE DE RISCO TECNOLÓGICO  
EMERGÊNCIAS QUÍMICAS, ASPECTOS PREVENTIVOS  
E CORRETIVOS LEGISLAÇÃO FLORESTAL APLICADA  
AO LICENCIAMENTO AMBIENTAL LICENCIAMENTO  
COM AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL AIA  
LICENCIAMENTO AMBIENTAL SEM AVALIAÇÃO DE IMPACTO



**PÓS-GRADUAÇÃO**  
**LATO SENSU**

**MÓDULO II - PREVENÇÃO DA**  
**POLUIÇÃO AMBIENTAL E CONTROLE**  
**DE FONTES**

**CARTOGRAFIA**  
**APLICADA À**  
**ANÁLISE**  
**AMBIENTAL**



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO  
Governador *João Doria*

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE *Marcos Penido*  
Secretário



CETESB • COMPANHIA AMBIENTAL  
DO ESTADO DE SÃO PAULO  
Diretora-Presidente *Patrícia Iglécias*

Diretoria de Avaliação de  
Impacto Ambiental *Domenico Tremaroli*

Diretoria de Controle e  
Licenciamento Ambiental *Zuleica Maria de Lisboa Peres*

Diretoria de Engenharia e  
Qualidade Ambiental *Carlos Roberto dos Santos*

Diretoria de Gestão Corporativa *Clayton Paganotto*

CETESB • COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

#### **MISSÃO**

Promover e acompanhar a execução das políticas públicas ambientais e de desenvolvimento sustentável, assegurando a melhoria contínua da qualidade do meio ambiente de forma a atender às expectativas da sociedade no Estado de São Paulo.

#### **Visão**

Buscar a excelência na gestão ambiental e nos serviços prestados aos usuários e à população em geral, aprimorando a atuação da CETESB no campo ambiental e na proteção da saúde pública.

#### **Valores**

Ética, legalidade, transparência, eficiência, eficácia, isonomia, imparcialidade, responsabilidade, valorização do capital humano e compromisso com a empresa.



# **CARTOGRAFIA APLICADA À ANÁLISE AMBIENTAL**

**Professora Responsável**  
Lina Maria Aché

São Paulo, Abril de 2019

**CETESB**

**Companhia Ambiental do Estado de São Paulo**

Av. Profº. Frederico Hermann Júnior, 345 - Alto de Pinheiros -

CEP: 05459-900 - São Paulo - SP

<http://www.cetesb.sp.gov.br> / e-mail: [treinamento\\_cetesb@sp.gov.br](mailto:treinamento_cetesb@sp.gov.br)



ESCOLA SUPERIOR  
DA CETESB

O Curso “Conformidade Ambiental com Requisitos Técnicos e Legais”, na modalidade especialização lato sensu, foi autorizado pelo Conselho Estadual de Educação – CEE, conforme Portaria nº 449, publicada no Diário Oficial, em 20/11/2015

**Coordenação do Curso**

Carlos Roberto dos Santos  
Lina Maria Aché  
Tânia Mara Tavares Gasi

**Secretaria**

Sonia Ritt

**Equipe Técnica de Apoio**

**PEGB:** Sonia Teresinha Barbosa  
**PEGC:** Bruno Marcondes Conceição, Elizeu Vasconcelos  
O. Barreto, Rita de Cassia Guimarães  
**PEGF:** Alexandre Nery Gerene Ferreira, Lina Maria Aché

**Gestão da Escola Superior da CETESB**

Tania Mara Tavares Gasi  
PEG - Divisão de Gestão do Conhecimento  
Margarida Maria Kioko Terada  
PEGB - Setor de Biblioteca e Memória Institucional  
Irene Rosa Sabiá  
PEGC - Setor de Cursos e Transferência de Conhecimento  
Lina Maria Aché  
PEGF - Setor de Capacitação e Formação Continuada

© CETESB, 2019

Este material destina-se a uso exclusivo dos participantes do Curso de Pós Graduação Lato Sensu “Conformidade Ambiental com Requisitos Técnicos e Legais”, sendo expressamente proibida a sua reprodução total ou parcial, por quaisquer meios, sem autorização da CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.

Diagramação: **PEGF - Setor de Capacitação e Formação Continuada**

Capa: Vera Severo / Editoração Gráfica: Alexandre Nery Gerene Ferreira / Impressão: AAAG-CETESB

## SUMÁRIO

Noções Básicas de Cartografia .....	7
Noções de Geoprocessamento .....	77
Noções Sobre RPAS (DRONES) .....	87
GNSS “Global Navigation Satellite System” .....	99
Anexo - Apostila Elaborada por Edmilson Martinho Volpi - 2012.....	121

---



# **NOÇÕES BÁSICAS DE CARTOGRAFIA**

## **PARTE 1**

**Igor André C. Redivo**



Governo do Estado de São Paulo  
Sistema Ambiental Paulista

## NOÇÕES BÁSICAS DE CARTOGRAFIA

Igor André C. Redivo

Engenheiro Cartógrafo  
igor@ambiente.sp.gov.br

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO  
Secretaria do Meio Ambiente



### Tópicos

#### Cartografia

- ☞ Forma da Terra
- ☞ Geóide
- ☞ Datum
- ☞ Sistemas Geodésicos
- ☞ Sistemas de Coordenadas
- ☞ Projeções Cartográficas
- ☞ Sistemas UTM
- ☞ Escalas
- ☞ Leitura de Curvas de Nível
- ☞ Limitações Cartográficas

### Problemas

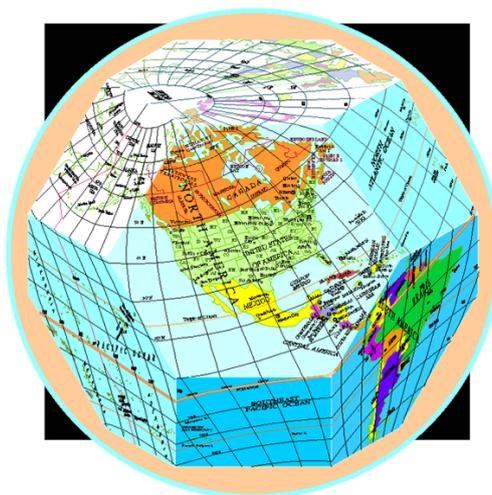
Por quê existem tantos termos em Cartografia ?



### Qual a forma da Terra ?



### Qual a forma da Terra ?



### Criação do Universo

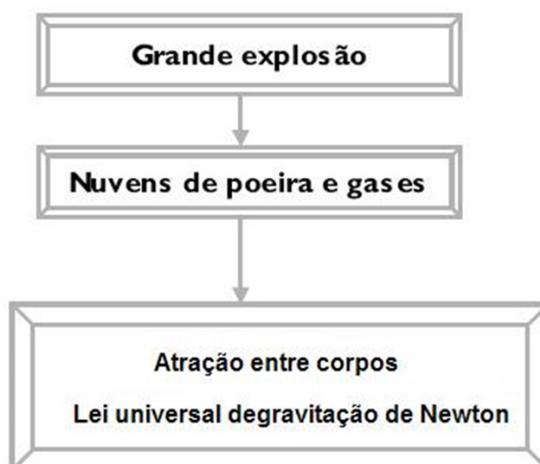


BIG BANG

## Criação do Universo

- ☞ Atualmente existe um consenso geral entre os cientistas no que diz respeito a criação do universo. Acredita-se que o Universo teve origem há 15 bilhões de anos, após uma grande explosão.
- ☞ Esta explosão lançou pelo espaço uma grande quantidade de matéria.
- ☞ Muitos desses materiais formaram nuvens de poeira e gases.
- ☞ Essa teoria foi comprovada a partir de observações astronômicas que mostram que corpos celestes (estrelas, planetas, etc.) continuam se afastando uns dos outros a partir de um centro, que seria o centro da explosão.

## A Teoria da Nebulosa



## A Teoria da Nebulosa

- ☞ A grande explosão lançou no espaço uma grande quantidade de matéria e muitas dessas matérias ficaram agrupadas em nuvens compostas de gases, poeira e pequenos corpos.
- ☞ Num segundo momento quando a força da explosão diminuiu, os elementos existentes nas nebulosas começaram a se atrair mutuamente seguindo a lei universal da gravitação formulada por Newton. Essa lei diz o seguinte:

Matéria atrai matéria na razão direta de suas massas pelo inverso do quadrado da distância entre as matérias

## A Teoria da Nebulosa

- ☞ A atração mútua entre os inúmeros elementos que formam uma nebulosa causa calor, pressão, fusão, etc.
- ☞ Esta teoria explica assim o aspecto arredondado dos diversos corpos celestes (planetas, estrelas, etc.)

## Criação da Terra

- ☞ Todo sistema Solar, inclusive a Terra se formou a partir de uma nebulosa
- ☞ A forma arredondada da Terra é explicada pela teoria da nebulosa

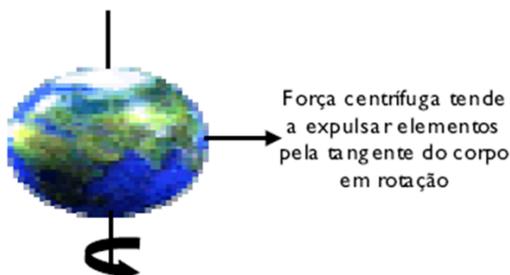


## Criação da Terra

- ☞ O Sistema Solar muito provavelmente se formou a partir de uma nebulosa. A formação da Terra se deu a partir da atração de partículas existentes nessa nebulosa. O choque entre as partículas atraídas durante o processo de formação terrestre, gerou calor pressão, explosões e por muito tempo a Terra foi um corpo incandescente como o Sol. Quando o choque de partículas terminou, iniciou-se o que se chama em Geofísica de decaimento radionativo e então a superfície deste corpo incandescente foi se resfriando formando uma crosta, a crosta terrestre. Em seu interior a Terra ainda é composta por um material incandescente e em processo de fusão devido as altas temperaturas

## Criação da Terra

☞ Assim o planeta possui uma crosta mas em seu interior possui um material liquido de alta temperatura e viscosidade, e como a Terra está em rotação, esse material tende a ser expulso pela força centrífuga exercida na região equatorial. Contudo, nos pólos não existe esta força centrífuga, logo os polos tendem a se achatarem.

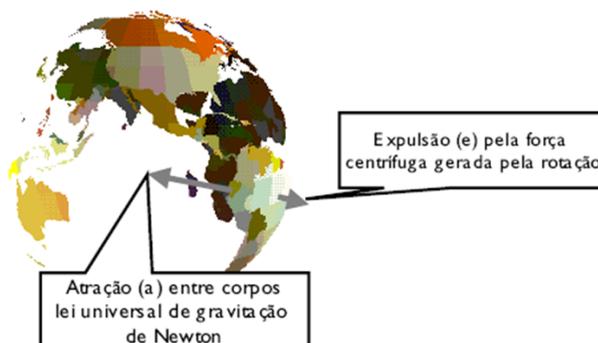


## Criação da Terra



Mas se a força centrífuga tende a expulsar os elementos pela tangente do corpo em rotação, porque a Terra não se “desfaz” ??????

## Gravidade



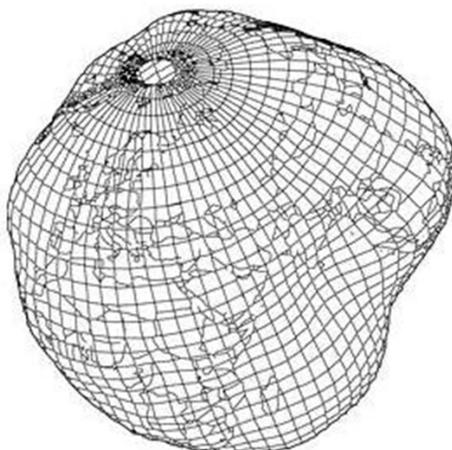
A Aceleração da Gravidade é a soma vetorial entre os vetores da força centrífuga (e) e a força de atração entre as massas (a).

$$\text{Portanto: } g = a + e$$

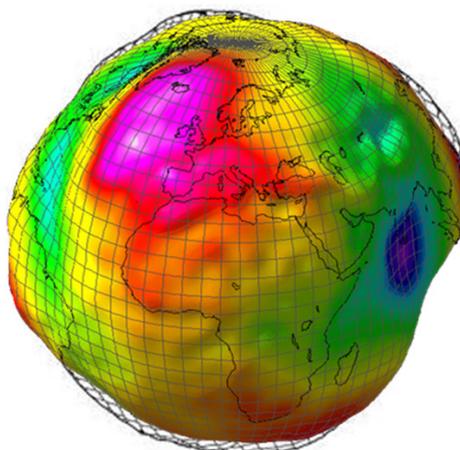
## Gravidade

- ☞ A aceleração da gravidade é uma soma vetorial entre os vetores da força centrífuga, gerada pela rotação da Terra e a força universal da gravitação
- ☞ A força universal da gravitação é bem maior do que a força centrífuga, por isso os elementos da superfície terrestre não são expulsos para o espaço.
- ☞ A gravidade varia em cada ponto da superfície terrestre. Ela é função da Latitude (latitudes próximas ao Equador sofrem uma força centrífuga maior e latitudes próximas aos pólos sofrem uma força centrífuga menor), e também função da composição geológica da superfície terrestre (locais com maior massa terrestre, exercem uma atração maior sobre os corpos).

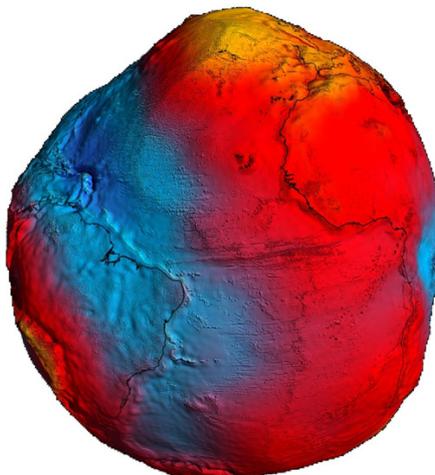
## Gravidade



## Gravidade



## Gravidade



## Geodésia

Geodésia é a ciência que se ocupa da determinação da forma, das dimensões e do campo de gravidade da Terra.

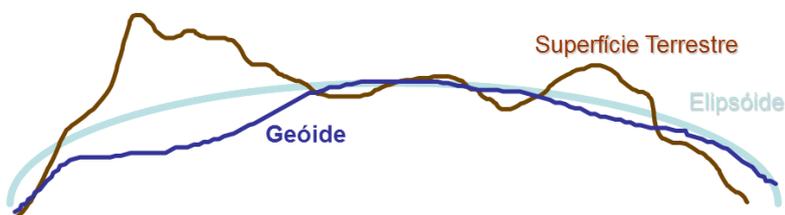
IBGE, <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/default.shtm>

O termo **geodésia** ou **geodesia** (do grego Γεωδαισία, composto de γη, "terra", e δαιζω, "dividir") foi usado, pela primeira vez, por Aristóteles (384-322 a.C.), e pode significar tanto 'divisões (geográficas) da terra' como também o ato de 'dividir a terra' (por exemplo entre proprietários). A geodésia é, ao mesmo tempo, um ramo das Geociências e uma Engenharia, que trata do levantamento e da representação da forma e da superfície da terra, global e parcial, com as suas feições naturais e artificiais e o campo gravitacional da Terra.

Wikipedia, <http://pt.wikipedia.org/wiki/Geodesia>

## Geodésia

☞ A Geodésia é uma ciência que se dedica ao estudo das formas e das dimensões da Terra. Para fazer isso a Geodésia divide a Terra em três superfícies: A superfície terrestre, o Geóide e o Elipsóide

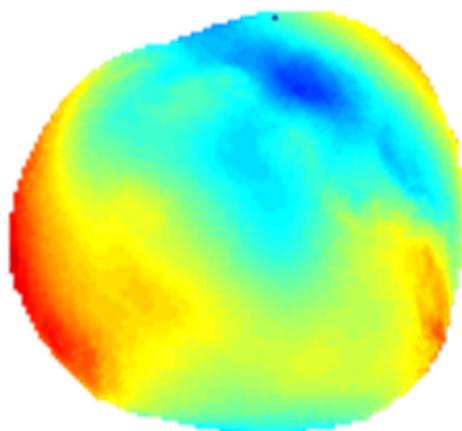


## Geodésia

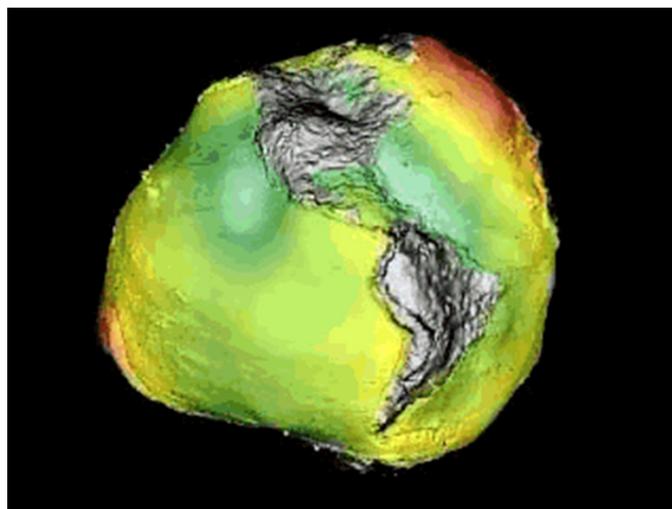
☞ A Superfície Terrestre é uma superfície extremamente difícil de se modelar matematicamente, pois ela possui uma quantidade infinita de reentrâncias e saliências e um modelo matemático para modelar esta superfície é atualmente inconcebível.

☞ O Geóide é uma superfície que possui uma propriedade especial. No Geóide o valor da aceleração da gravidade é igual em todos os pontos (o que não acontece na superfície física). Porém o Geóide é tão difícil de modelar geometricamente quanto a superfície terrestre, pois também possui uma quantidade infinita de reentrâncias e saliências.

## Geodésia

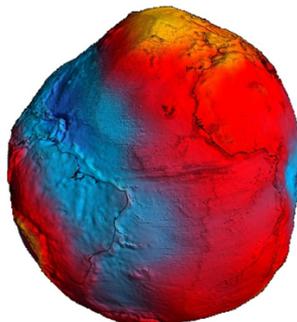


## Geodésia



## Geodésia

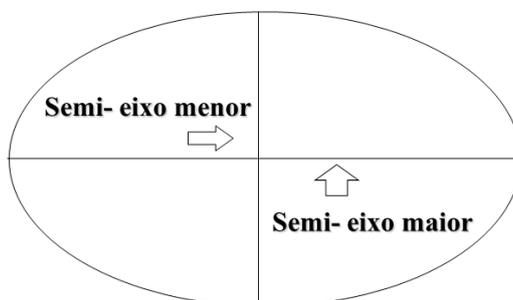
Lançado em 2009, pela ESA (European Spatial Agency), o Satélite GOCE (**G**ravity field and steady-state **O**cean **C**irculation **E**xplore) criado para estudar o campo de gravidade terrestre, nos forneceu em 31/03/2011 o mais novo e preciso modelo geoidal da Terra. A missão se encerrou em 21/10/2013.



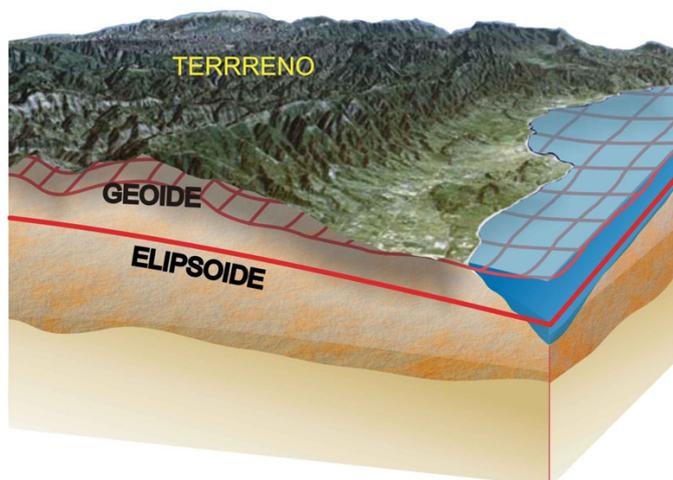
Fonte: <http://www.esa.int/esaLP/LPgoce.html>

## Geodésia

☞ O Elipsoide, foi a única maneira de se representar geometricamente a Terra. Ele é uma figura geométrica tridimensional que é definido por um semi-eixo maior (a) e um semi-eixo menor (b). Os Geodesistas definem o Elipsóide pelo semi-eixo maior (a) e pelo achatamento (f)



## Geodésia



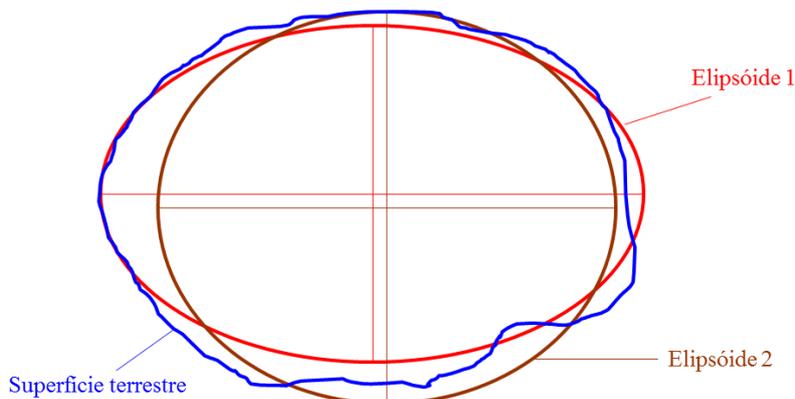
## Geodésia

- ☞ Ao longo dos anos, muitas medidas das dimensões da Terra foram realizadas e geraram assim vários Elipsóides.
- ☞ Muitas foram as tentativas para se calcular as dimensões de um elipsoide que mais se aproximasse da forma real da Terra, e muitos foram os resultados obtidos.
- ☞ Em geral cada país, ou grupo de países adotou um elipsóide de referência para seus trabalhos geodésicos e cartográficos, que mais se aproximasse do geóide na região considerada.

## Geodésia



## Geodésia



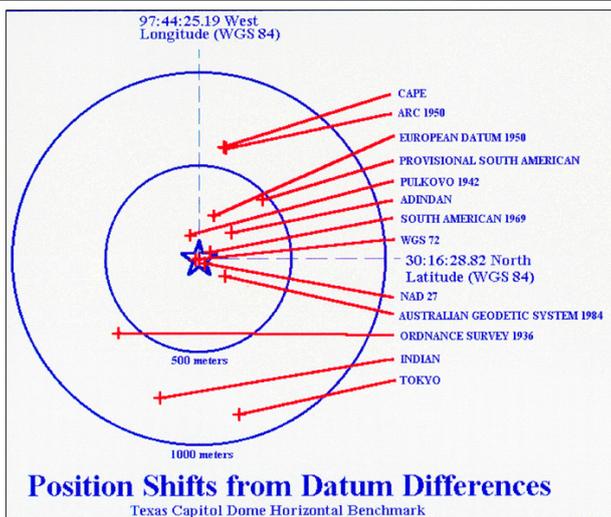
## Geodésia

### Selected Reference Ellipsoids

Ellipse	Semi-Major Axis (meters)	1/Flattening
Airy 1830	6377563.396	299.3249646
Bessel 1841	6377397.155	299.1528128
Clarke 1866	6378206.4	294.9786982
Clarke 1880	6378249.145	293.465
Everest 1830	6377276.345	300.8017
Fischer 1960 (Mercury)	6378166.0	298.3
Fischer 1968	6378150.0	298.3
G R S 1967	6378160.0	298.247167427
G R S 1975	6378140.0	298.257
G R S 1980	6378137.0	298.257222101
Hough 1956	6378270.0	297.0
International	6378388.0	297.0
Krassovsky 1940	6378245.0	298.3
South American 1969	6378160.0	298.25
WGS 60	6378165.0	298.3
WGS 66	6378145.0	298.25
WGS 72	6378135.0	298.26
WGS 84	6378137.0	298.257223563

Peter H. Dana 9/1/94

## Geodésia

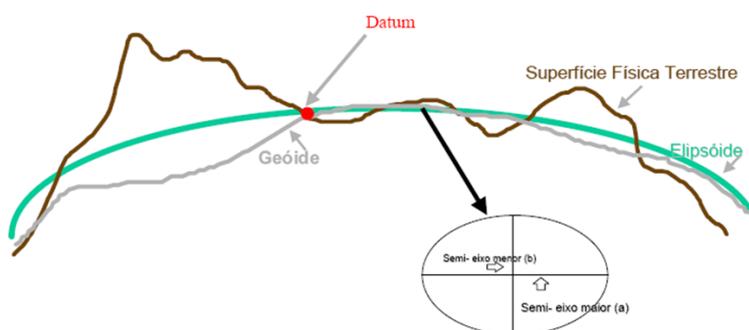


## Geodésia

Como resolver este problema ??



## Datum



## Datum

- ☞ É a referência para o posicionamento horizontal
- ☞ Contém a forma e tamanho de um Elipsóide
- ☞ Contém a posição do elipsóide relativa ao geóide (vértice)
- ☞ É definido no mínimo por 5 parâmetros
  - a** semi-eixo maior
  - f** achatamento
  - dX, dY, dZ** coordenadas da origem do elipsóide em relação ao centro da Terra

## Datum

- ☞ Quando os eixos não são paralelos aos eixos da Terra, ainda:

**RX, RY, RZ** rotações em relação aos eixos coordenados

## Datum SAD69

☞ O Datum que foi mais utilizado no Brasil, foi o Datum SAD-69 (South American Datum of 1969)

... Corrego Alegre

... Astro-Chuá

SIRGAS 2000

2003 – Definição do Sistema de Referência

2005 – Início do período de transição

(Adoção não obrigatória, mas recomendada)

2015 – Adoção definitiva do novo sistema

## Datum SAD69

### Definição

IBGE - Resolução PR nº 22, de 21 de julho de 1983

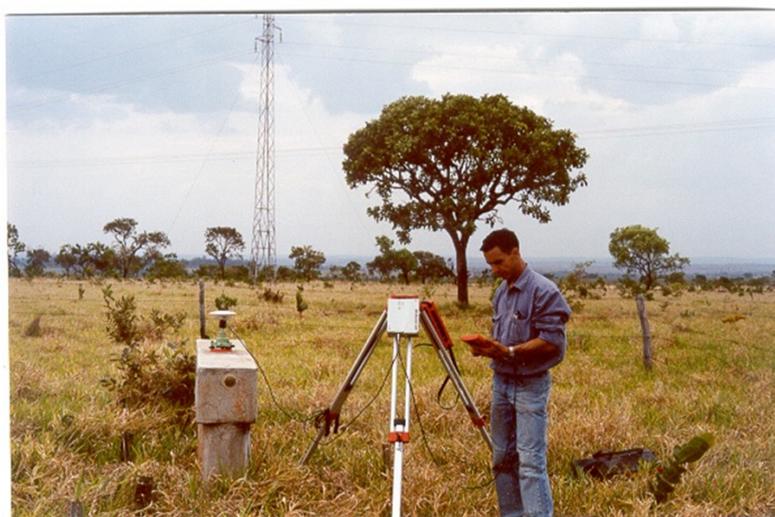
#### a) figura geométrica da Terra:

- elipsóide Internacional de 1967:
- a (semi-eixo maior) = 6.378.160,000m
- f (achatamento) = 1/298,25

#### b) orientação:

- geocêntrica: eixo de rotação paralelo ao eixo de rotação da Terra; plano meridiano origem paralelo ao plano meridiano de GREENWICH
- topocêntrica: no vértice CHUÁ-MG com os seguintes parâmetros
- N (afastamento geoidal) = 0,0m
- $\Phi$  (latitude) = 19°45'41,6527" S
- $\lambda$  (longitude) = 48°06'04,0639" W Gr
- $\alpha$  (orientação) = 271°30'04,05" SWNE para VT-UBERABA

## Vértice Chuá - MG



## Vértice Chuá - MG



### Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas - SIRGAS

- Sistema Geodésico de Referência: Sistema de Referência Internacional – ITRS (International Terrestrial Reference System)
- Figura Geométrica para a Terra: Elipsóide do Sistema Geodésico de Referência de 1980 – GRS80
- Semi-eixo maior  $a = 6.378.137$  m
- Achatamento  $f = 1/298,257222101$
- Origem: Centro de massa da Terra
- Orientação: Pólos e Meridianos de referência consistentes em  $\pm 0,005$  " com as direções definidas pelo BIH em 1984

### SIRGAS2000

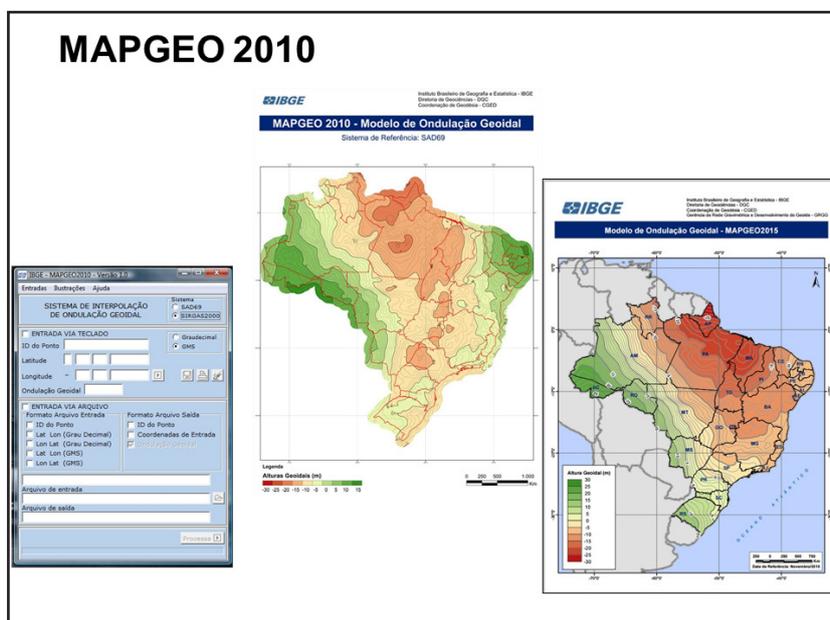
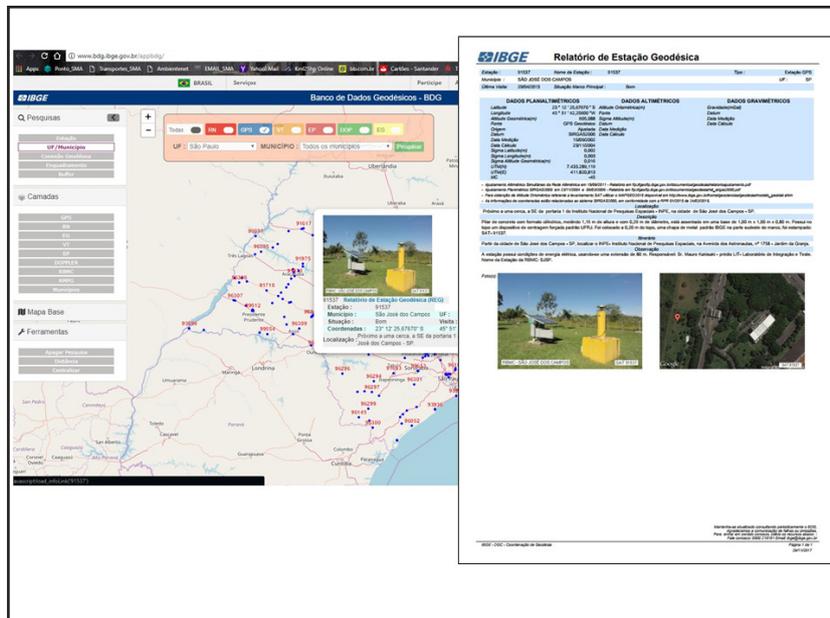
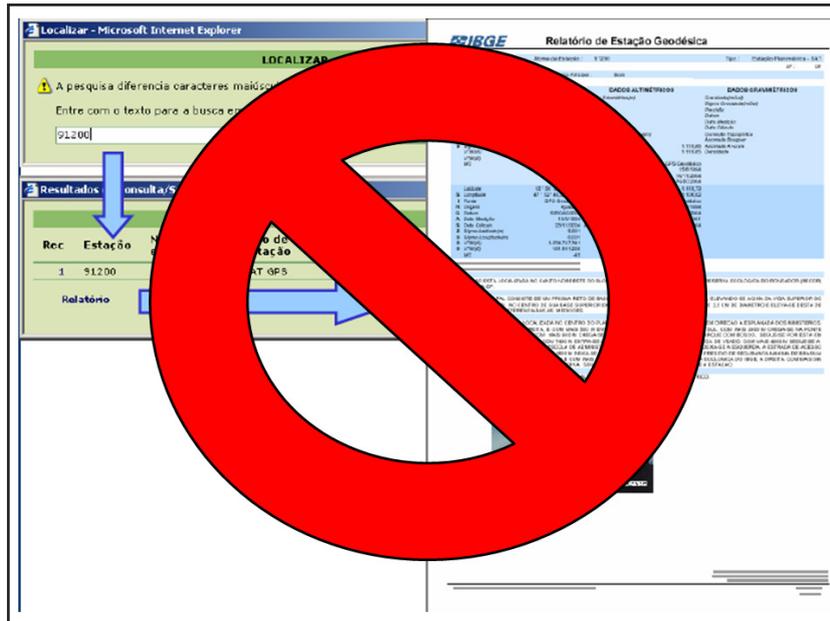
#### Decreto Nº 5334/2005 de 06/01/2005:

Altera a redação do artigo 21, do decreto Nº 89.817  
**“Os referenciais planimétrico e altimétrico para a Cartografia Brasileira são aqueles que definem o Sistema Geodésico Brasileiro - SGB, conforme estabelecido pelo IBGE, em suas especificações e normas.”**

#### Res. do Presidente do IBGE Nº 1/2005, de 25/02/2005:

**“Estabelece o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas - SIRGAS, em sua realização do ano de 2000 - SIRGAS2000, como novo sistema geodésico de referência para o Sistema Geodésico Brasileiro - SGB e para o Sistema Cartográfico Nacional - SCN”**





## MAPGEO 2010

## MAPGEO 2015 (v1.0)

## Sistema de Transformação de Coordenadas (ProGrid)

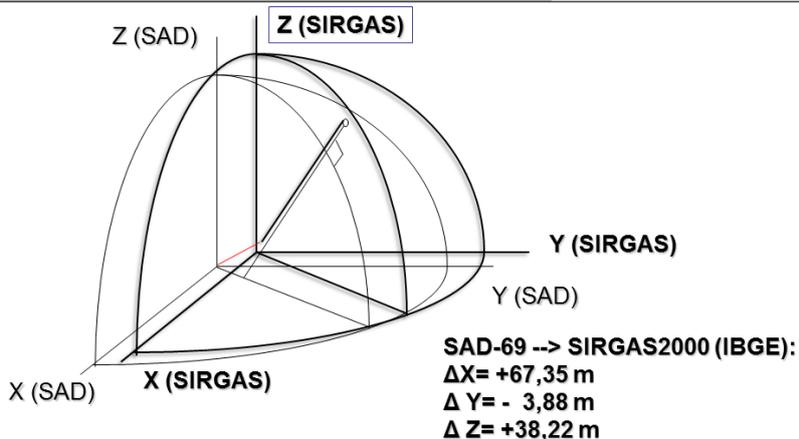
**Formulação Matemática:**

Resolução da Presidência nº 01 de 25/02/2005

Estimativa de qualidade da transformação está correlacionada com:

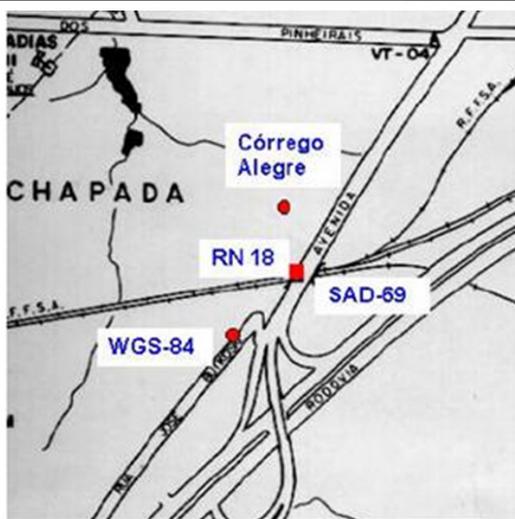
- ☞ Grau de distorção de cada uma das 3 realizações da RGB (Redes GPS, Rede SAD 69 e Rede SAD 69/96)
- ☞ Localização geográfica da estação

## DATUM SAD69 x SIRGAS2000

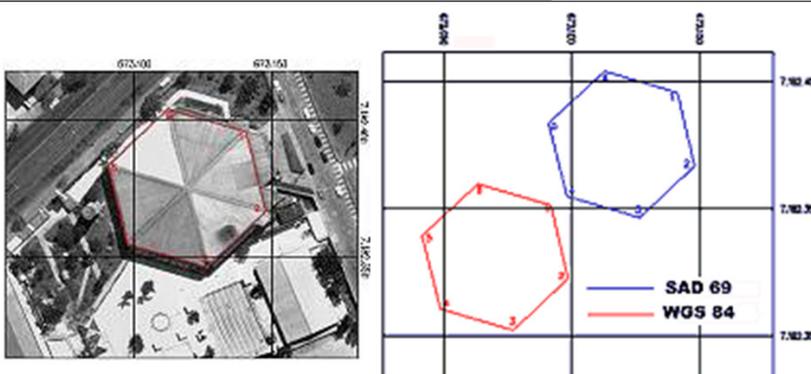


Estes parâmetros devem ser utilizados para converter resultados de Posicionamento atuais de SAD69 para SIRGAS2000 / WGS84

## Sistemas Geodésicos Diferentes

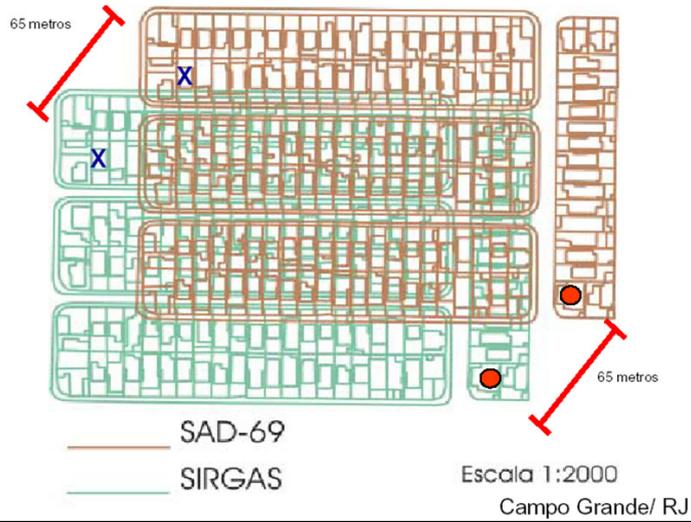


## Sistemas Geodésicos Diferentes



Diferença entre coordenadas de elemento cartográfico nos dois referenciais : SAD 69 e WGS 84 (SIRGAS2000)

### Sistemas Geodésicos Diferentes



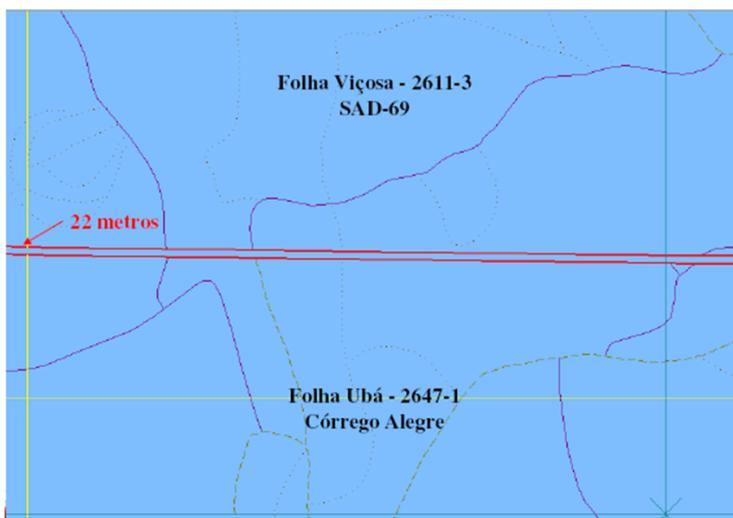
### Sistemas Geodésicos Diferentes



### Sistemas Geodésicos Diferentes



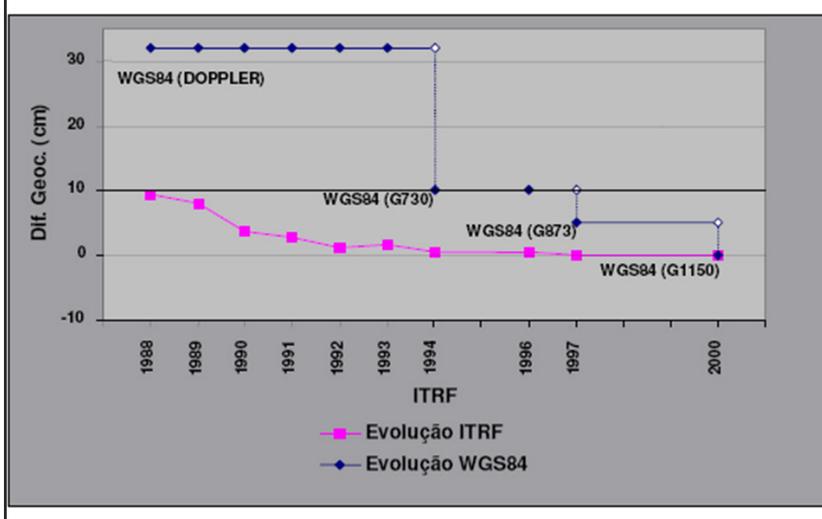
## Folhas Articuladas – Sistemas Diferentes



## SIRGAS2000 x WGS84

- ☞ O ITRF é o sistema mais preciso atualmente;
- ☞ Sua materialização possui cerca de 500 estações no mundo todo, enquanto o WGS84 utilizou somente 26;
- ☞ O ITRF é um esforço internacional de acesso a todos, enquanto a comunidade civil não tem acesso completo ao WGS84;
- ☞ O ITRF é estabelecido por diferentes técnicas de posicionamento, enquanto o WGS84 utiliza somente o GPS;

## Evolução do WGS84



## O que pode ser feito em SIRGAS 2000 ?

- ☞ Emprego direto das coordenadas obtidas por GPS (o sistema WGS84 é compatível com o SIRGAS 2000 ao nível de centímetro);
- ☞ Novos mapeamentos referidos ao SIRGAS 2000;
- ☞ Georreferenciamento em SIRGAS 2000;
- ☞ Integração entre os levantamentos e mapeamentos em SIRGAS2000 e SAD69, utilizando-se os parâmetros de transformação oficialmente divulgados, desde que as diferenças de transformação usando os parâmetros para a região de interesse sejam menores que a precisão esperada para o trabalho;
- ☞ FIM DO SUPORTE TÉCNICO por parte do IBGE referente ao SAD69.

## Projeções Cartográficas



## Projeções Cartográficas

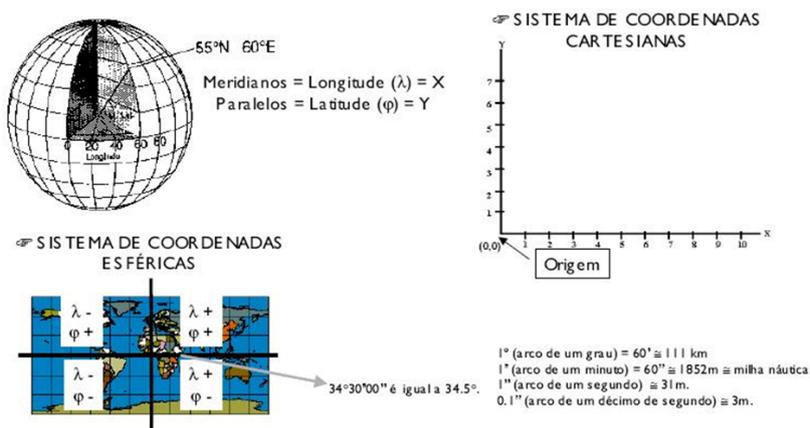
- ☞ Posições Geográficas podem ser referidas a partir de uma superfície esférica. Porém para criar uma base de dados e apresentar mapas que são corretamente georreferenciados e em uma unidade de medida comum (centímetros, metros), uma representação planar deve ser construída.
- ☞ Um globo é uma representação tridimensional do dado geográfico. Esta representação é mais realista do que um mapa planar pois o globo mantém as propriedades espaciais (área, forma, direção e distância);
- ☞ Um mapa é uma representação bidimensional da superfície curva da Terra. Para expressar um espaço tridimensional em um mapa bidimensional é necessário projetar as coordenadas de um espaço tridimensional para um espaço bidimensional (plano).

## Projeções Cartográficas

☞ Os mapas planos são mais utilizados que o globo, por uma série de motivos tais como a facilidade de uso, facilidade no armazenamento, facilidade no seu deslocamento, facilidade em representar a superfície terrestre em grandes escalas, etc..;

☞ As feições geográfica são representadas em uma superfície plana e, conseqüentemente, sempre ocorrem distorções de uma ou mais propriedades espaciais. O método utilizado para projetar coordenadas da superfície esférica para a superfície plana determina que propriedades são preservadas e que propriedades são distorcidas.

## Sistemas de Coordenadas

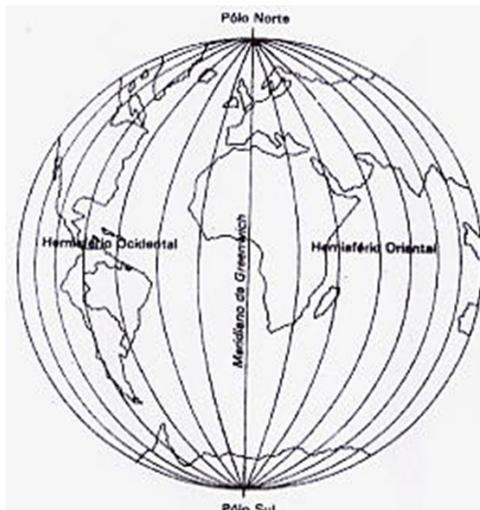


## Sistemas de Coordenadas

### Meridianos

- ☞ Linhas imaginárias na direção N-S, que se cruzam nos pólos;
- ☞ Círculos de circunferência máxima que contém o plano do eixo de rotação da Terra;
- ☞ Origem: Greenwich
- ☞ Variam de 180° a Leste e -180° a Oeste

## Sistemas de Coordenadas



## Sistemas de Coordenadas



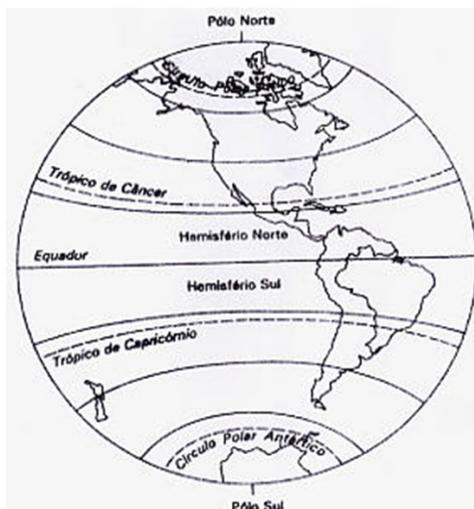
© Les Éditions Québec Amérique inc., 1998.

## Sistemas de Coordenadas

### Paralelos

- ☞ Círculos cujos planos são perpendiculares aos eixos dos polos
- ☞ O Equador é o único círculo de circunferência máxima.
- ☞ Os paralelos vão diminuindo de tamanho em direção aos polos.
- ☞ Variam de  $90^\circ$  Norte a  $-90^\circ$  Sul

## Sistemas de Coordenadas



## Sistemas de Coordenadas



© Les Éditions Québec Amérique inc., 1998.

### A Latitude ( $\emptyset$ )

- ☞ Uma distância angular (graus  $^{\circ}$ ) a Norte ou a Sul do Equador
- ☞ Latitudes variam de 0 a  $\pm 90^{\circ}$  N ou S do Equador
- ☞ Linhas de Latitude são chamadas de paralelos
  - ☞ Paralelos estão na direção leste-oeste
  - ☞ Paralelos diminuem de comprimento do equador até os polos

## A Longitude ( $\lambda$ )

- ☞ Distância angular (graus  $^{\circ}$ ) a leste ou a oeste de uma posição de referência na superfície terrestre
- ☞ Existem  $360^{\circ}$  de longitude
  - $180^{\circ}$  a  $+180^{\circ}$  ou  $180^{\circ}$  W a  $180^{\circ}$  E
- ☞ Linhas de Longitude são chamadas de Meridianos
  - ☞ Meridianos estão na direção norte-sul
  - ☞ Meridianos convergem nos pólos e se afastam em direção ao equador
- ☞ Diferentemente da Latitude, não existe uma razão física para se selecionar a longitude de referência

## A Longitude ( $\lambda$ )

- ☞ De fato, diferentes longitudes têm sido utilizadas como referência através dos tempos
- ☞ Atualmente, o meridiano de referência, ou meridiano central ( $0^{\circ}$ ) passa através do Observatório Real em Greenwich, na Inglaterra

## O Meridiano de Origem



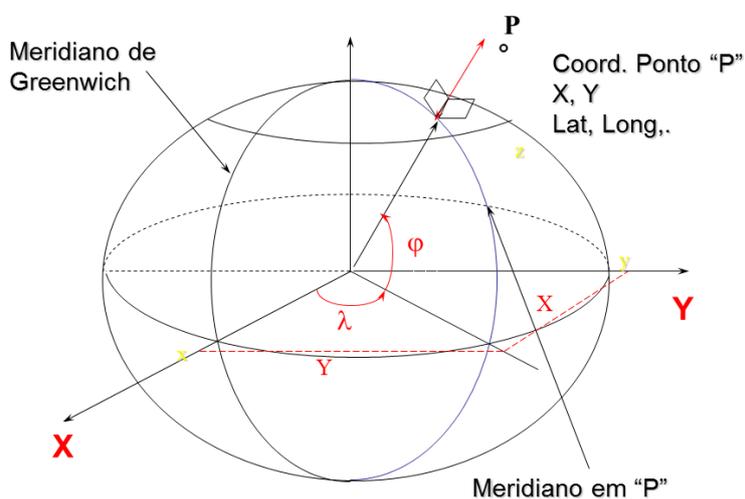
## O Meridiano de Origem



## O Meridiano de Origem



## Sistemas de Coordenadas

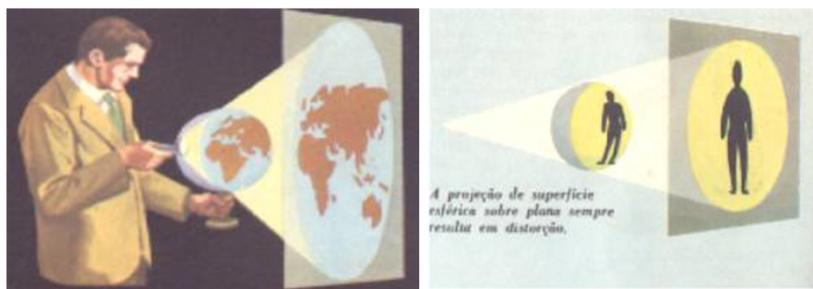


## Sistemas de Coordenadas

- O sistema de coordenadas cartesianas é baseado na superfície plana. Posições do mundo real são medidas usando coordenadas x e y a partir de um ponto origem;
- A conversão de coordenadas esféricas para coordenadas planas causa a distorção de uma ou mais propriedades espaciais

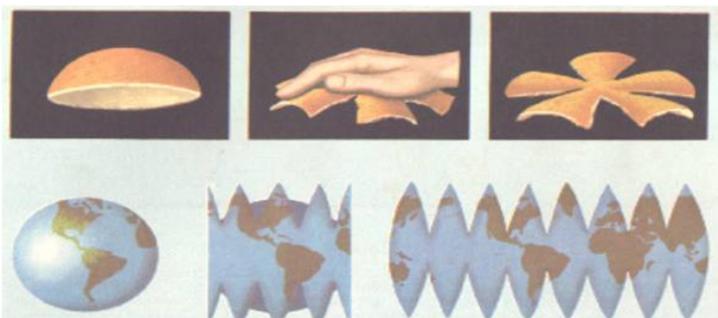
## Projeções Cartográficas

☞ Imagine um grande pedaço de papel (a superfície de projeção) colocado em contato com o globo e uma luz brilhando no centro do globo. Os raios de luz projetam as feições desenhadas na superfície da esfera, na superfície plana do papel



## Projeções Cartográficas

☞ As projeções são representações planas da superfície esférica da Terra, desenhadas sobre o papel ou exibidas sobre a tela do computador. Em outras palavras, elas expressam uma superfície tridimensional em uma superfície bidimensional.



## Projeções Cartográficas



## Projeções Cartográficas



## Projeções Cartográficas

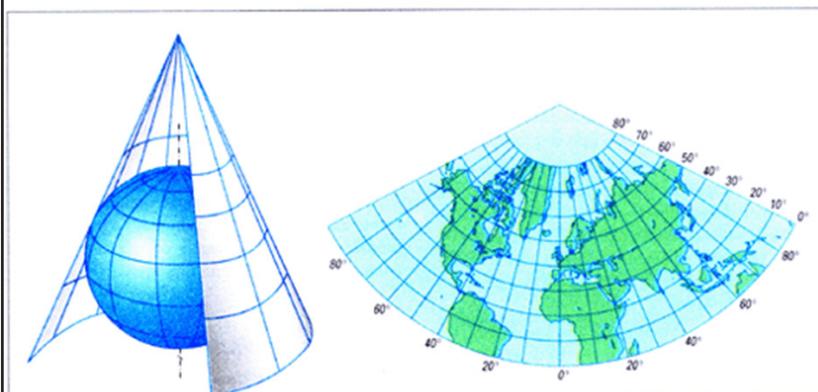


## Projeções Cartográficas

☞ As superfícies de projeção são o cone, o cilindro e o plano. Os mapas construídos a partir do cone, do cilindro e do plano são denominados, respectivamente, cônicas, cilíndricas e planas;

☞ As propriedades espaciais de forma, área, distância e direção são preservadas ou distorcidas diferentemente sobre mapas baseados em superfícies de projeção ou outros parâmetros de projeção

## Projeções Cônicas



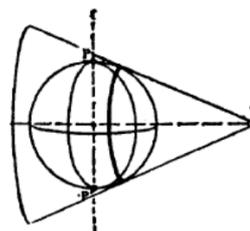
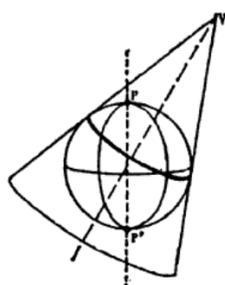
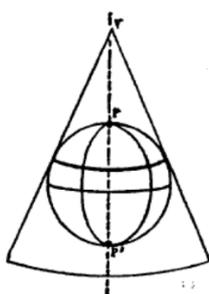
Fonte: Atlas 2000; la France et le monde. Paris, Nathan, 1998.

## Projeções Cônicas

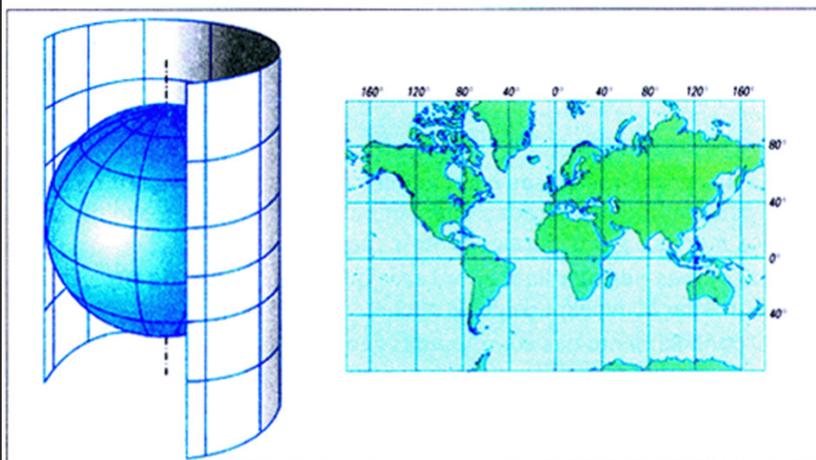
Normal

Transversa

Horizontal

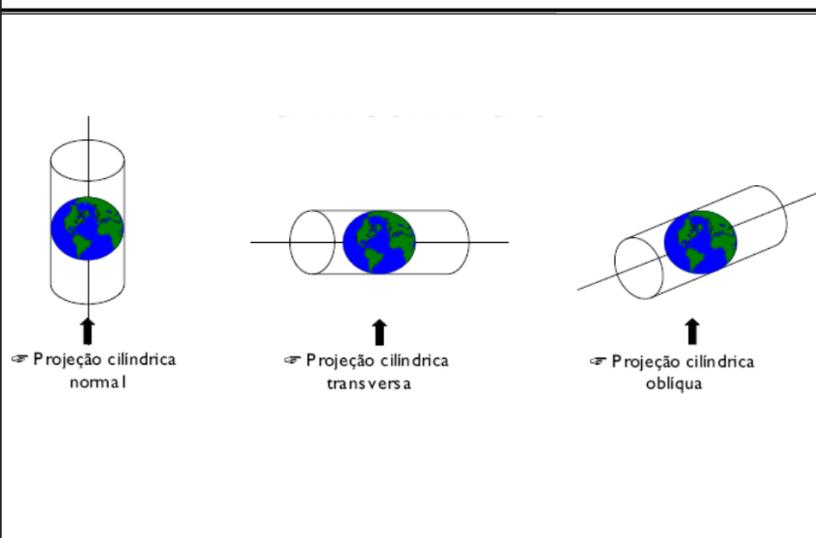


## Projeções Cilíndricas

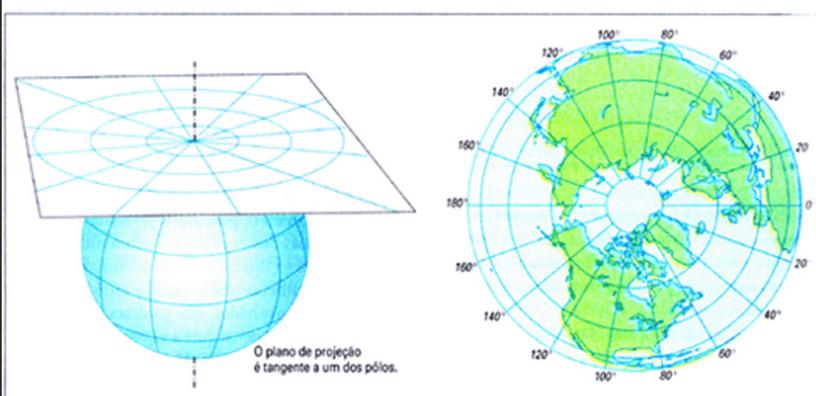


Fonte: Atlas 2000: la France et le monde. Paris, Nathan, 1998.

## Projeções Cilíndricas



## Projeções Planas

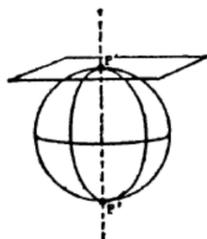


O plano de projeção é tangente a um dos pólos.

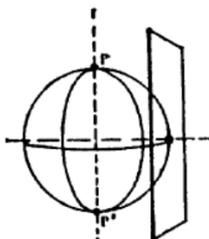
Fonte: Atlas 2000: la France et le monde. Paris, Nathan, 1998.

## Projeções Planas

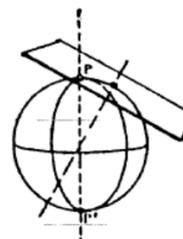
Polar



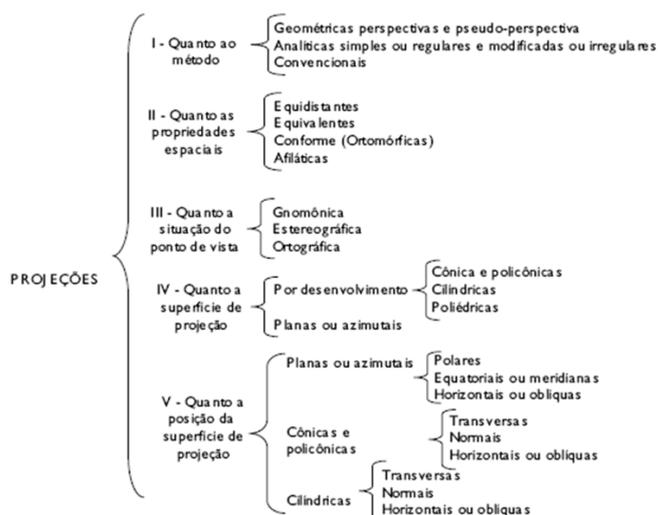
Equatorial



Horizontal



## Classificação das Projeções Cartográficas



## Quanto as Propriedades Espaciais

☞ **CONFORMIDADE:** os ângulos não se deformam e, assim, mantém a forma dentro de alguns limites de extensão. Implica em variação de escala de um ponto para outro.

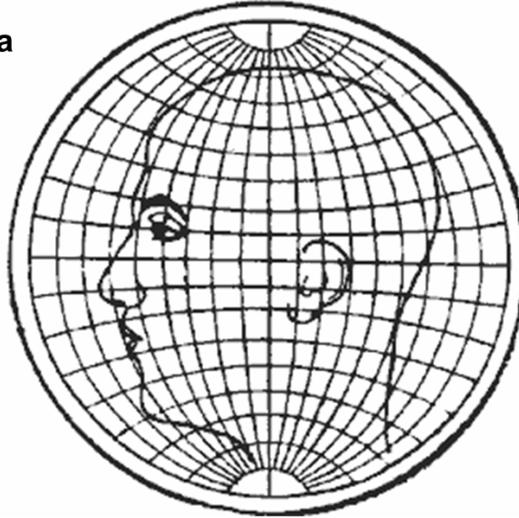
☞ **EQUIVALÊNCIA:** áreas conservadas dentro de alguns limites de extensão

☞ **EQUIDISTÂNCIA:** sem deformações lineares em uma ou algumas direções ao redor de um centro.

☞ **AFILÁTICAS:** não possui nenhuma propriedade dos outros tipos, ou seja, as projeções em que as áreas, os ângulos e os comprimentos não são conservados

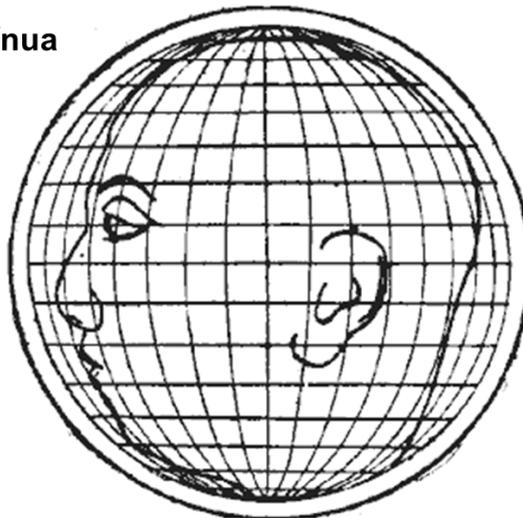
## Projeções Cartográficas

### Cabeça



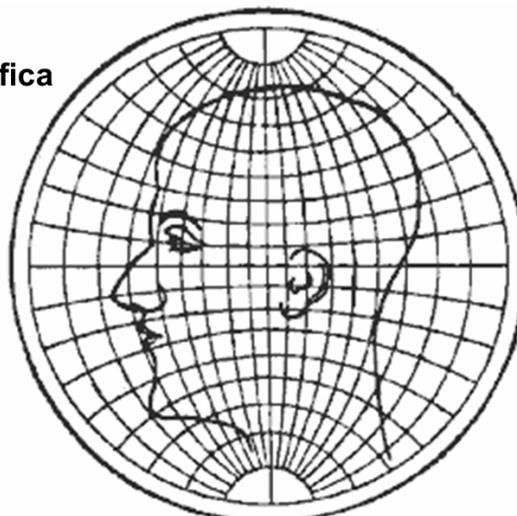
## Projeções Cartográficas

### Cabeça Contínua



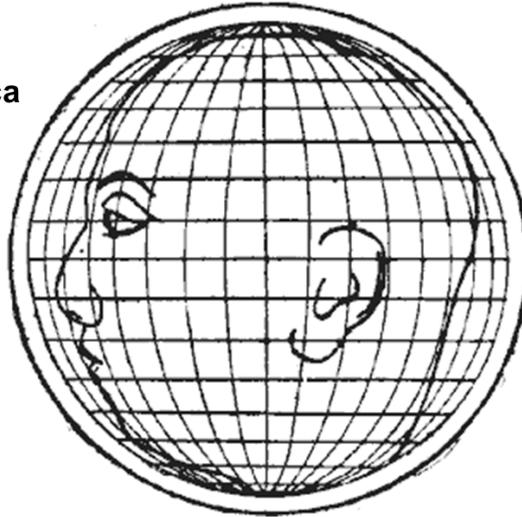
## Projeções Cartográficas

### Cabeça Estereográfica



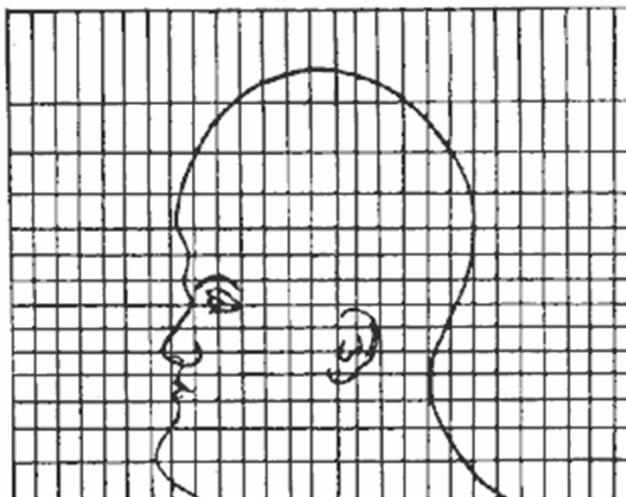
## Projeções Cartográficas

Cabeça  
Ortográfica

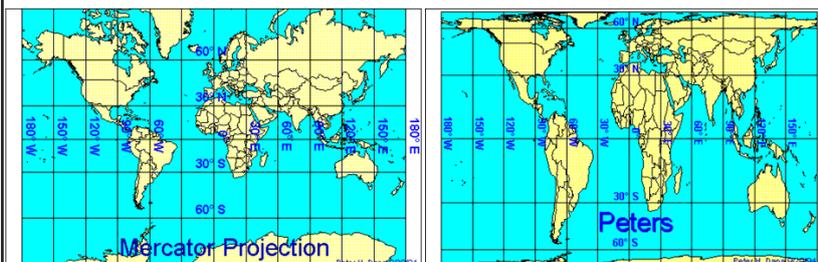


## Projeções Cartográficas

Cabeça  
Mercator



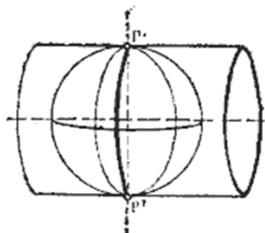
## Projeções Cartográficas



## Projeção UTM

### O que é a projeção UTM ?

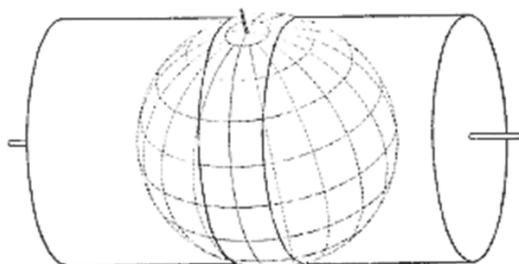
- É a projeção Universal Transversa de Mercator
- Assim como a Projeção de Mercator, é uma Projeção Cilíndrica. Como visto, uma Projeção **Transversa** é aquela onde o eixo do cilindro está no plano do Equador



- É um sistema Universal, isto é, utilizado internacionalmente para representação da Superfície da Terra

## Projeção UTM

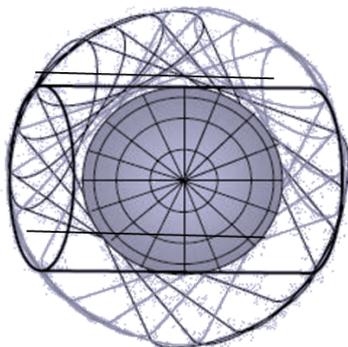
Projeção Cilíndrica Secante Conforme (conserva os ângulos), de acordo com os princípios de Mercator-Gauss, com uma rotação de  $90^\circ$  do eixo do cilindro, de maneira a ficar contido no plano do Equador.



Adota-se uma elipse de referência para representar a Terra

## Projeção UTM

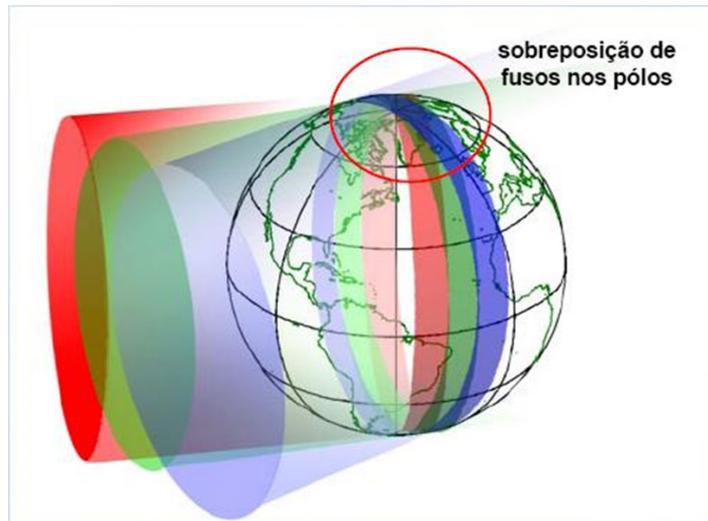
O Sistema proposto prevê a adoção de 60 cilindros de eixo transverso, obtidos através da rotação do mesmo no plano do Equador, de maneira que cada um cubra a longitude de  $6^\circ$ , a partir do anti-meridiano ( $180^\circ$ ) de Greenwich



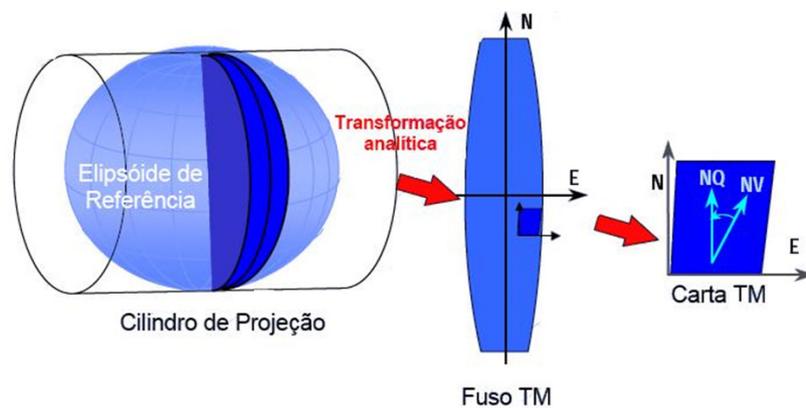
Cada Fuso de  $6^\circ$  do elipsóide terrestre corresponde a um dos 60 cilindros



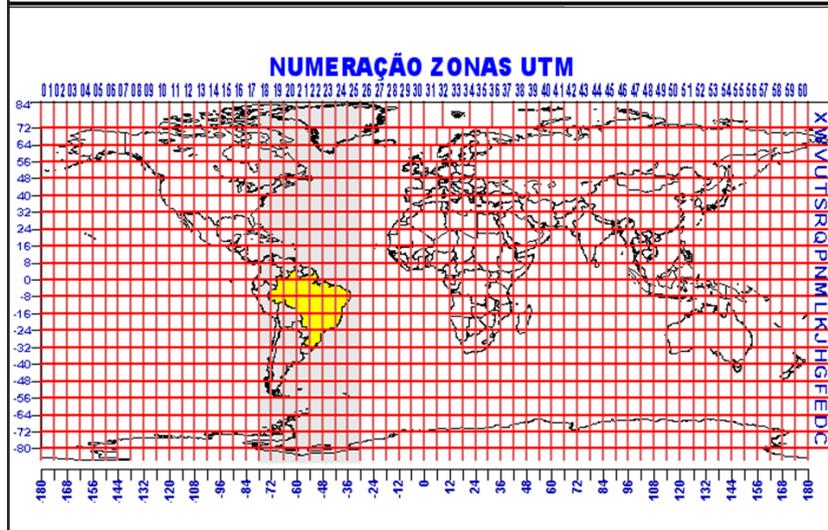
## Projeção UTM



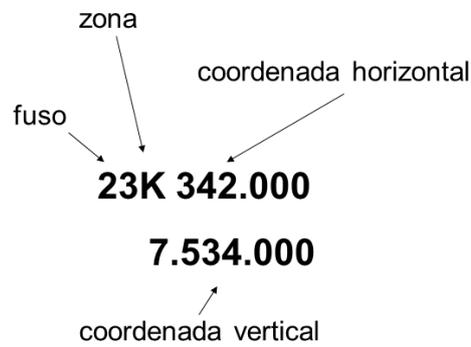
## Projeção UTM



## Projeção UTM



## Projeção UTM

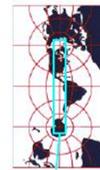


## Projeção UTM



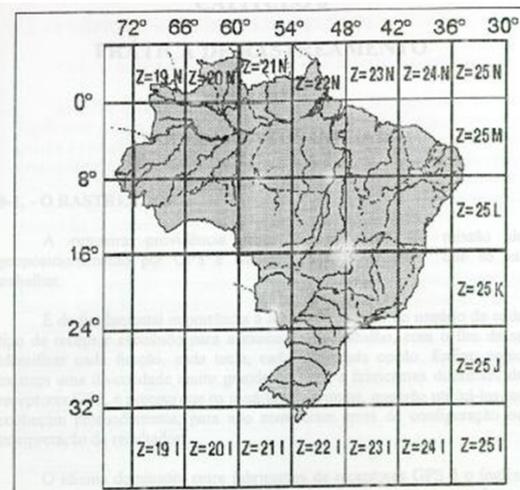
Cada fuso desenvolvido é um segmento da projeção transversa centrada no respectivo meridiano.

Há sobreposição de fusos com o aumento da latitude.

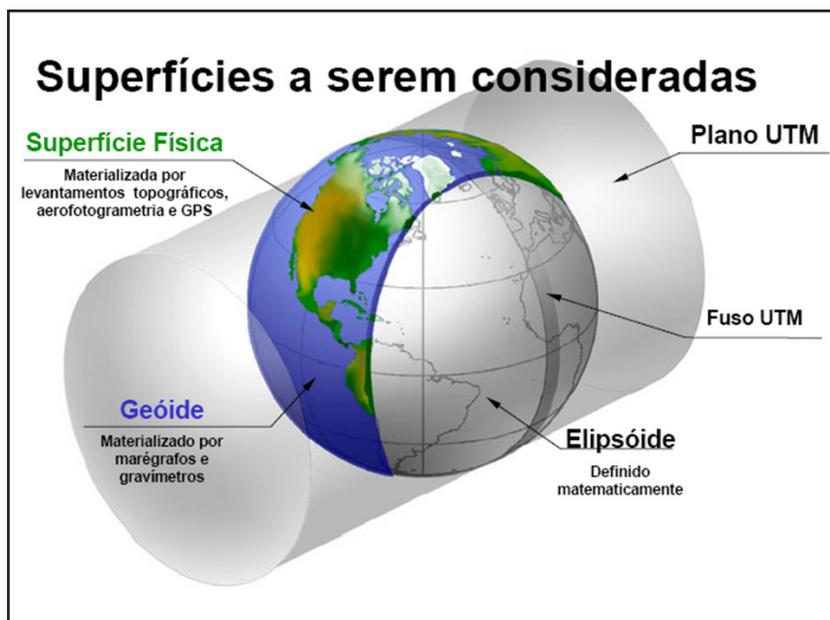


Fuso central da Projeção Transversa

## Projeção UTM



Fonte: Beraldo e Soares (1995)



### Projeção UTM

- Quando realizamos levantamentos Topográficos (pequena porção da superfície da Terra, usamos sistemas de coordenadas ortogonais;
- No caso de um levantamento cartográfico (distâncias superiores a 25 km ) por exemplo, grandes cidades, municípios, é impossível utilizar um sistema ortogonal sem distorção, devido à curvatura da superfície da Terra;
- A Projeção UTM permite abranger uma área extensa em um sistema ortogonal com significativo controle de distorções.

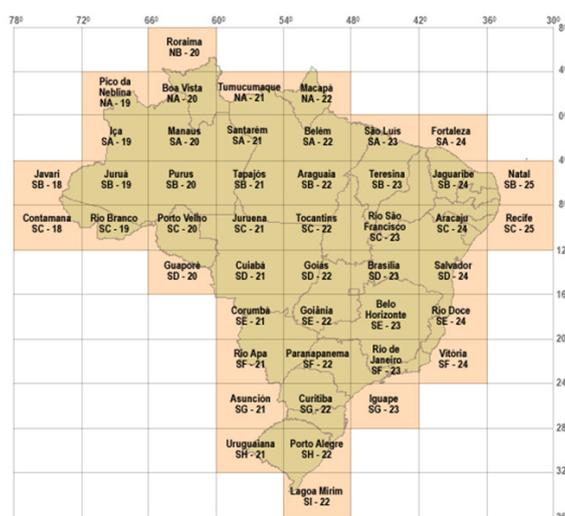
### Projeção UTM

- A Projeção UTM talvez seja a projeção mais utilizada no mundo. Isto ocorre devido a muitos fatores, entre eles a facilidade na interpolação de coordenadas, medida de distâncias cálculo de ângulos, cálculo de áreas, etc.
- A coordenada no Equador vale 10.000.000 de metros e a coordenada no meridiano central vale 500.000 metros. A direita do meridiano central, as coordenadas E (longitude, X) são somadas a 500.000 e a esquerda, as coordenadas são subtraídas de 500.000. No hemisfério Sul, as coordenadas N (latitude, Y) são somadas a 10.000.000

## Projeção UTM

- ☞ Segundo Beraldo e Soares (1995) os fusos longitudinais são contados de seis em seis graus a partir do anti-meridiano de Greenwich ( $180^\circ$  E ou  $180^\circ$  W) para leste
- ☞ Os receptores GPS que aceitam coordenadas UTM, na função de edição de pontos, solicitam ao usuário a indicação da zona a que pertence o ponto indicado.
- ☞ Apesar de ser utilizada mundialmente, a projeção UTM tem seus problemas. O problema maior é que ela divide o globo em fusos de  $6^\circ$  de longitude, ou seja, se necessitamos mapear uma região que se distribua no sentido leste-oeste e esta extensão ultrapasse  $6^\circ$ , a projeção UTM não pode mais ser utilizada.
- ☞ No Brasil, os mapas construídos em escalas 1:1.000.000 e maiores (por IBGE e DSG), se encontram em projeção UTM. No mapeamento municipal também é utilizado a projeção UTM

## Projeção UTM



## Projeções Cartográficas no Brasil

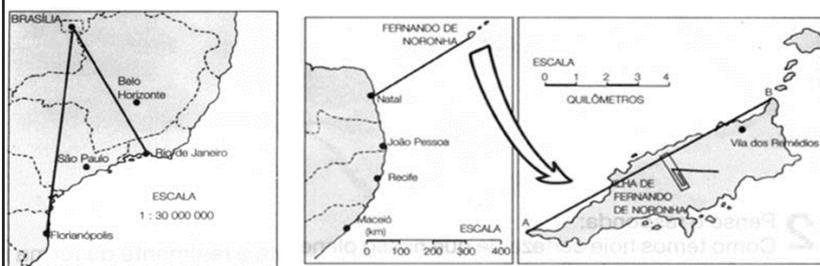
- ☞ Mapeamento do Brasil e grades regiões: Projeção Policônica;
- ☞ Mapeamento de alguns estados: Projeção Cônica Conforme de Lambert;
- ☞ Mapeamento Sistemático: Projeção UTM;
- ☞ Mapeamento de Pequenas Áreas e Municípios: Projeção UTM;
- ☞ Cartas Náuticas: Projeção de Mercator

## Projeções Cartográficas no Brasil

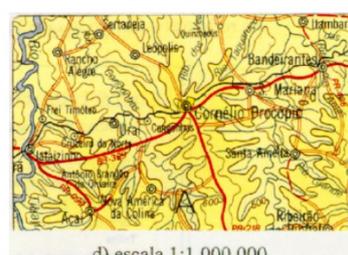
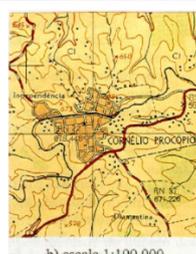
- ☞ No Brasil o IBGE e o DSG são os órgãos de cartografia oficiais, utilizam as projeções citadas anteriormente para as escalas previamente citadas;
- ☞ Não existe uma projeção cartográfica que serve para todas as aplicações. Para cada tipo de aplicação existe uma projeção cartográfica mais adequada;
- ☞ A grande maioria dos softwares de geoprocessamento possuem ferramentas para transformação de projeções cartográficas e trazem em média a possibilidade de alterar 30 a 40 sistemas de projeções;
- ☞ Para escolher a projeção mais adequada a uma determinada aplicação, o usuário deve ler as características das projeções, as restrições de uso e as aplicações mais indicadas. Geralmente vários softwares trazem na ajuda esses detalhes sobre cada projeção.

## Escalas

Quando vamos confeccionar um mapa de uma certa área geográfica, devemos pegar a dimensão real no terreno e reduzi-la para colocá-la no mapa. Para este trabalho devemos usar uma escala, que irá estabelecer uma proporção entre as dimensões apresentadas no mapa e as reais (no terreno).



## Escalas



## Escalas

Escala é uma relação matemática existente entre as dimensões (tamanho) verdadeiras de um objeto e sua representação (mapa). Essa relação deve ser proporcional a um valor estabelecido

- Escala Numérica
- Escala Gráfica

## Escalas Numérica

Representada por uma fração, onde o numerador corresponde à distância no mapa, e o denominador à distância real, na unidade de medida correspondente, no terreno.

Pode ser escrita das seguintes maneiras:

$$\frac{1}{300\ 000}, \quad 1/300\ 000 \quad \text{e} \quad 1:300\ 000$$

Nos três casos lê-se a escala da seguinte forma:

**um por trezentos mil**

significando que a distância real sofreu uma redução de 300 000 vezes, para que coubesse no papel

## Escalas Numérica

No exemplo anterior de escala numérica, a fração tem o seguinte significado

$$\frac{\text{numerador}}{\text{denominador}} \longrightarrow \frac{\text{distância medida no mapa ( 1 cm )}}{\text{distância real ( 300\ 000 cm )}}$$

Porém, é necessário saber-se converter cm em Km, para que se possa conhecer a distância no terreno em uma unidade de medida usual.

## Escalas Numérica

múltiplos do metro			<--metro-->	submúltiplos do metro		
<b>Km</b> quilômetro	<b>hm</b> hectômetro	<b>dam</b> Decâmetro	<b>metro</b>	<b>dm</b> decímetro	<b>cm</b> centímetro	<b>mm</b> milímetro

Observando a tabela acima, verifica-se que um número que esteja na casa do cm ( centímetro ), para ser transformado em km ( quilômetro ), deverá deslocar-se por 5 ( cinco ) casas.

## Escalas Numérica

Retornando a escala do nosso exemplo;

<b>1:300 000</b>	1 cm no mapa equivale 300 000 cm na realidade ou (3 00 000) 3(três)km.
<b>1:20 000 000</b>	1 cm no mapa equivale 20 000 000 cm na realidade ou (200 00 000) 200 km.
<b>1:200 000</b>	1 cm no mapa equivale 200 000 cm na realidade ou (2 00 000) 2 km.
<b>1:154 000 000</b>	1 cm no mapa equivale a 154 000 000 cm na realidade ou (1540 00000) 1540 km.
<b>1:100</b>	1 cm no mapa equivale a 100 cm na realidade ou (0,001 00) 0,001 km.

## Escalas Numérica

Quando se conhece a escala numérica pode-se calcular as distâncias reais utilizando-se as expressões:

$$D = d \times N$$

$$N = D / d$$

$$d = D / N$$

Onde:

D = Distância real (no terreno)

d = Distância no documento

E = Escala = 1 / N

### Exemplos

Um elemento de 15cm no documento cartográfico elaborado na escala 1:50.000, terá que dimensão no terreno?

$$E = 1/50.000 = 1/N, \text{ então } N = 50.000$$

$$d = 15 \text{ cm}$$

$$\mathbf{D = d \times N}$$

$$D = 15 \times 50000 = 7,50000 \text{ cm} = 7,5 \text{ Km}$$

### Exemplos

Um elemento de 7,5 Km no terreno será representado num documento cartográfico na escala de 1:50.000 com que dimensão?

$$E = 1/N = 1/50.000, \text{ então } N = 50.000$$

$$D = 7,5 \text{ Km} = 7.500 \text{ m} = 750.000 \text{ cm}$$

$$\mathbf{d = D / N = 750.000 \text{ cm} / 50.000 = 15 \text{ cm}}$$

### Exemplos

Qual a escala de um documento cartográfico na qual um elemento com 7,5 Km no terreno é representado por 15 cm?

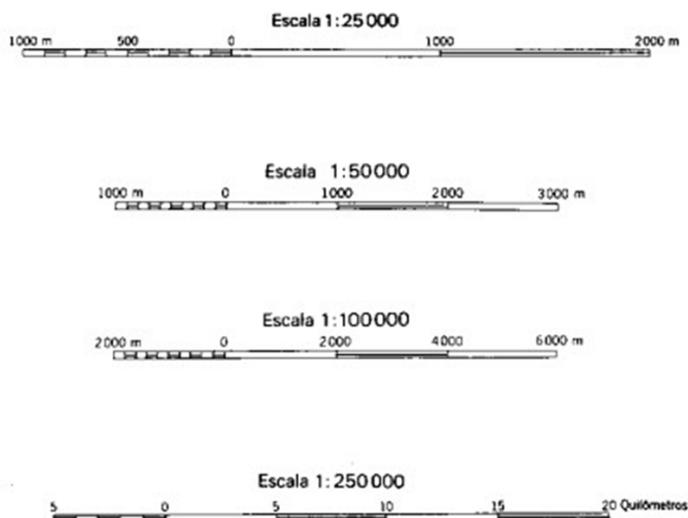
$$D = 7,5 \text{ Km} = 750.000 \text{ cm}$$

$$d = 15 \text{ cm}$$

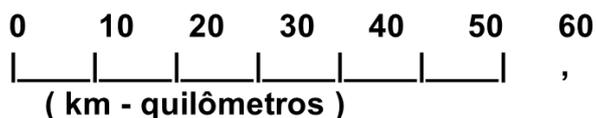
$$\mathbf{N = D/d = 750\ 000/15 = 50\ 000}$$

$$\mathbf{E = 1 / N = 1 / 50\ 000}$$

## Escala Gráfica



## Escala Gráfica



Cada intervalo da reta graduada no mapa corresponde a 1 cm, que na realidade, neste exemplo utilizado, representa no terreno 10 km.

A escala gráfica é mais simples que escala numérica.

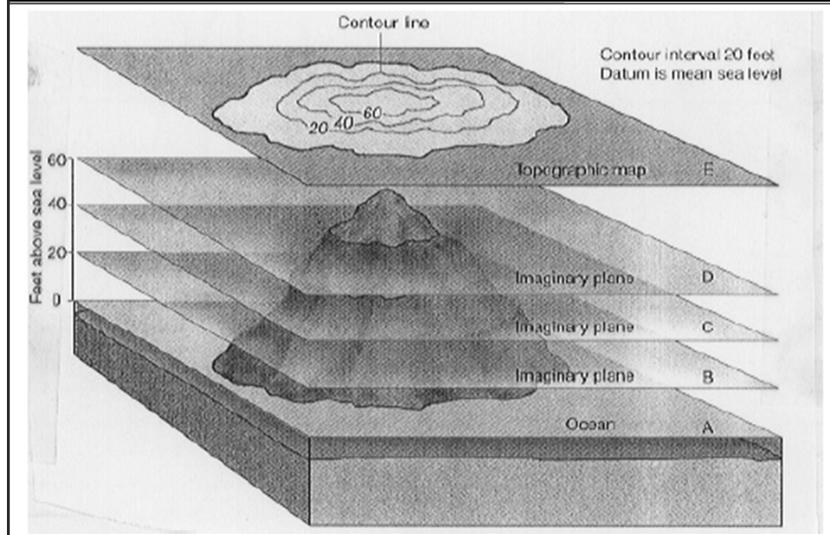
É que na escala gráfica não há necessidade de conversão de cm (centímetro) para km (quilômetros). A escala já demonstra quantos quilômetros corresponde cada centímetro.

## Curvas de Nível

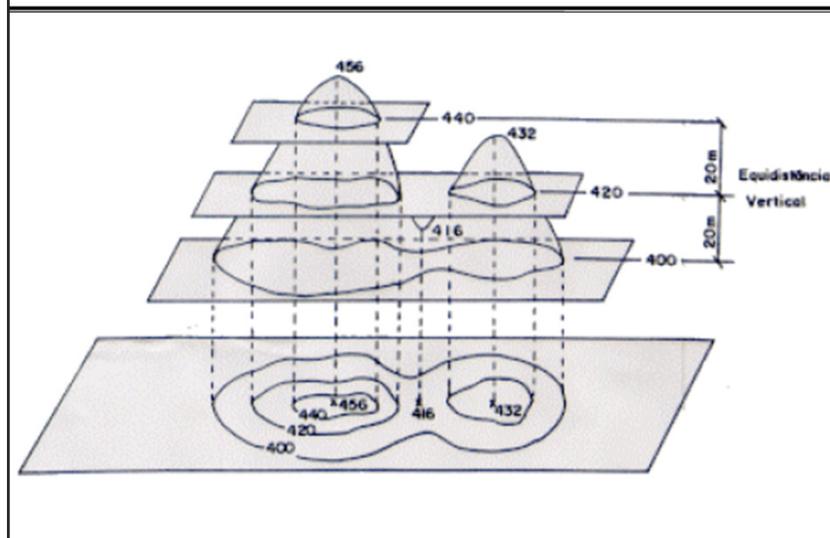
☞ *Curvas de nível* ou *isolinhas* são linhas curvas fechadas formadas a partir da interseção de vários planos horizontais com a superfície do terreno.

☞ Cada uma destas linhas, pertencendo a um mesmo plano horizontal tem, evidentemente, todos os seus pontos situados na mesma cota altimétrica, ou seja, todos os pontos estão no mesmo nível.

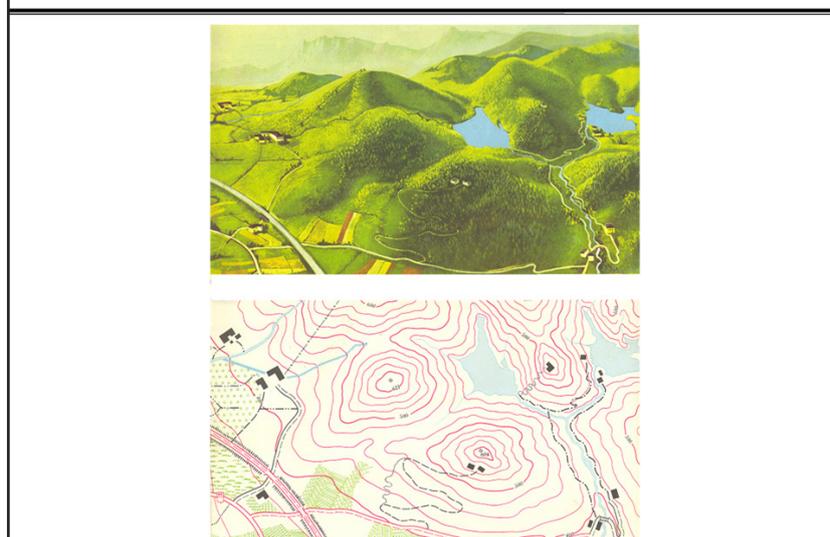
## Curvas de Nível



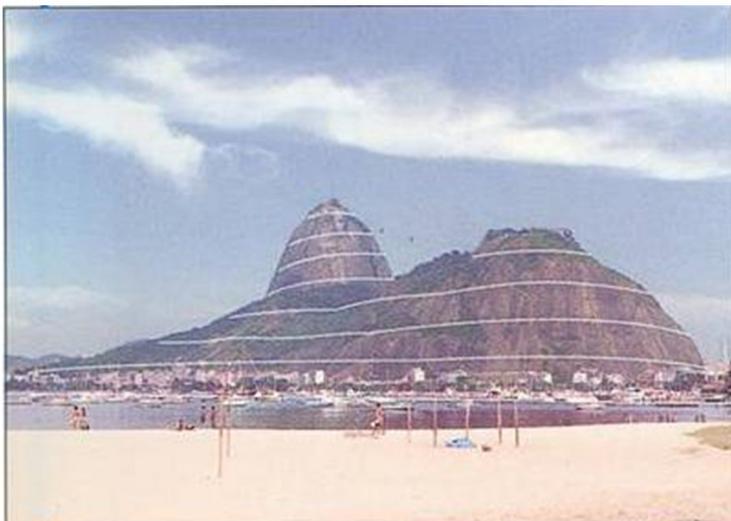
## Curvas de Nível



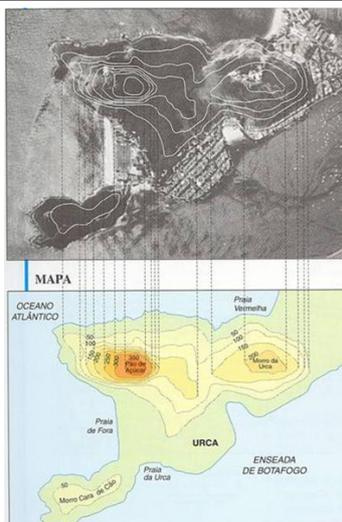
## Curvas de Nível



## Curvas de Nível



## Curvas de Nível



## Curvas de Nível

☞ Os planos horizontais de interseção são sempre paralelos e eqüidistantes e a distância entre um plano e outro denomina-se *Eqüidistância Vertical*.

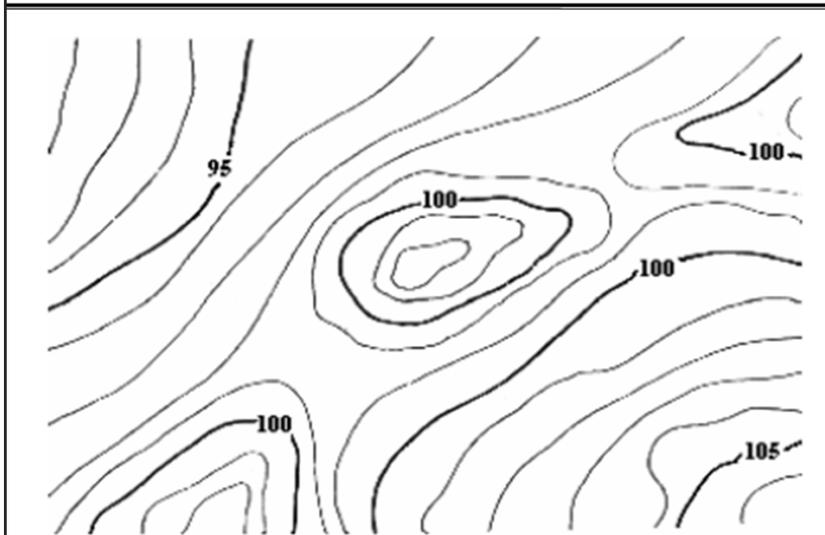
☞ A eqüidistância vertical das curvas de nível varia com a escala da planta e recomendam-se os valores da tabela abaixo.

Escala	Eqüidistância	Escala	Eqüidistância
1:5000	5m	1:100000	50,0m
1:1000	1,0m	1:200000	100,0m
1:2000	2,0m	1:250000	100,0m
1:10000	10,0m	1:500000	200,0m
1:25000	10,0m	1:1000000	100,0m
1:50000	20,0m	1:10000000	500,0m

## Características das Curvas de Nível

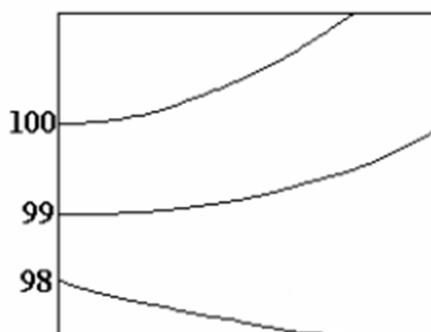
- ☞ As curvas de nível, segundo o seu traçado, são classificadas em:
- *mestras: todas as curvas múltiplas de 5 ou 10 metros.*
  - *intermediárias: todas as curvas múltiplas da eqüidistância vertical, excluindo-se as mestras.*
  - *meia-eqüidistância: utilizadas na densificação de terrenos muito planos.*

## Características das Curvas de Nível



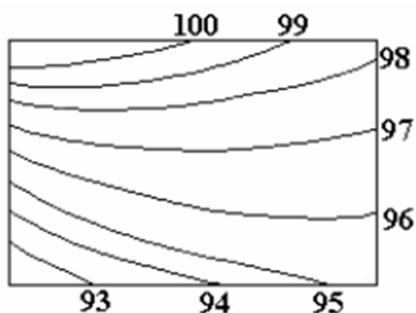
## Curvas de Nível

- As curvas mestras são representadas por traços mais espessos e são todas cotadas.
- Curvas muito afastadas representam terrenos planos



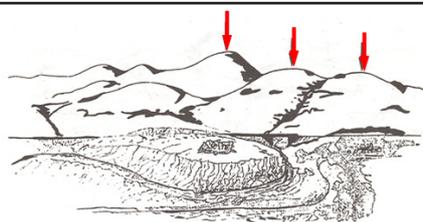
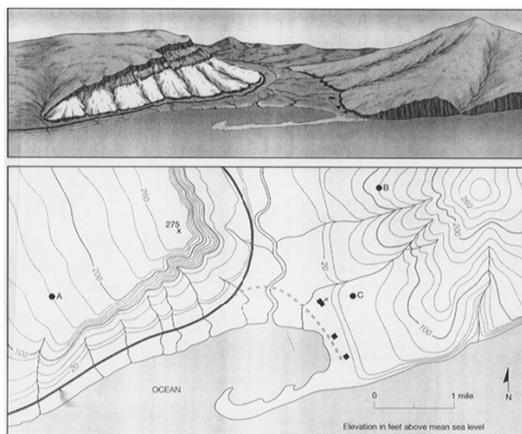
## Curvas de Nível

- As curvas mestras são representadas por traços mais espessos e são todas cotadas.
- Da mesma forma, curvas muito próximas representam terrenos acidentados

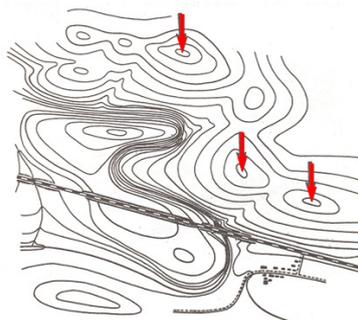


## Curvas de Nível

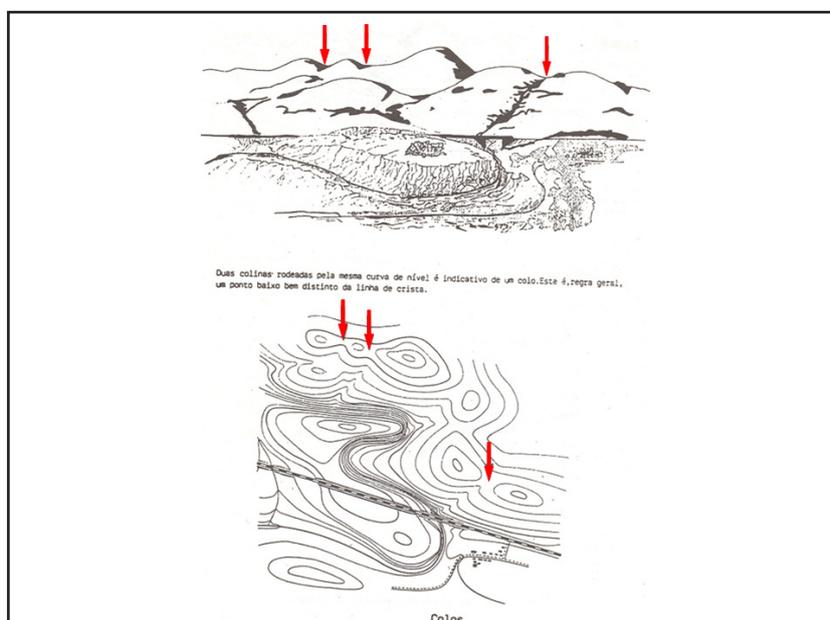
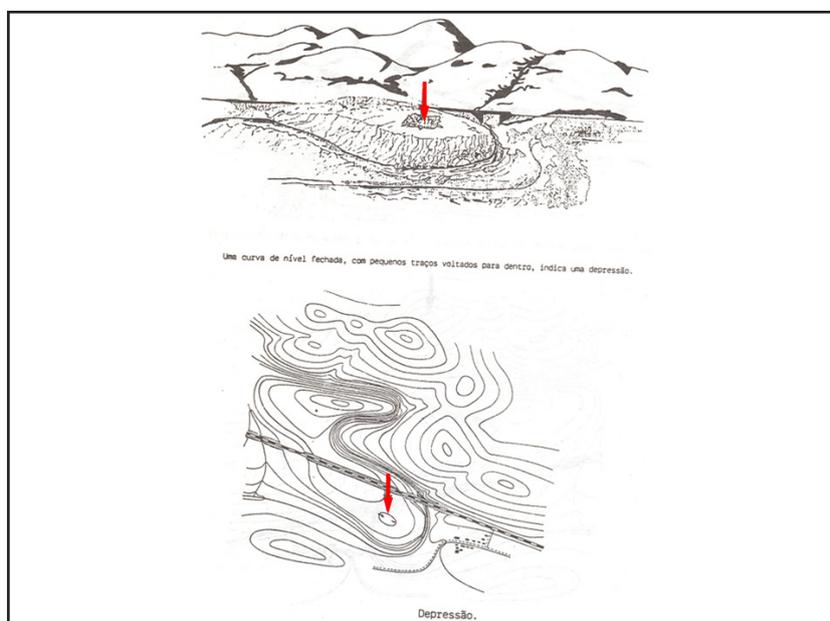
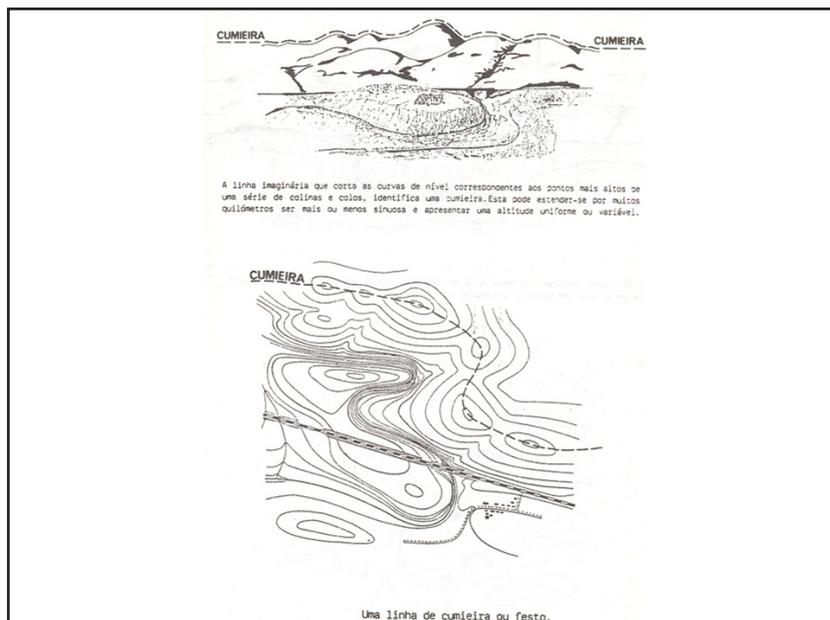
- A maior declividade do terreno ocorre onde as curvas de nível são mais próximas

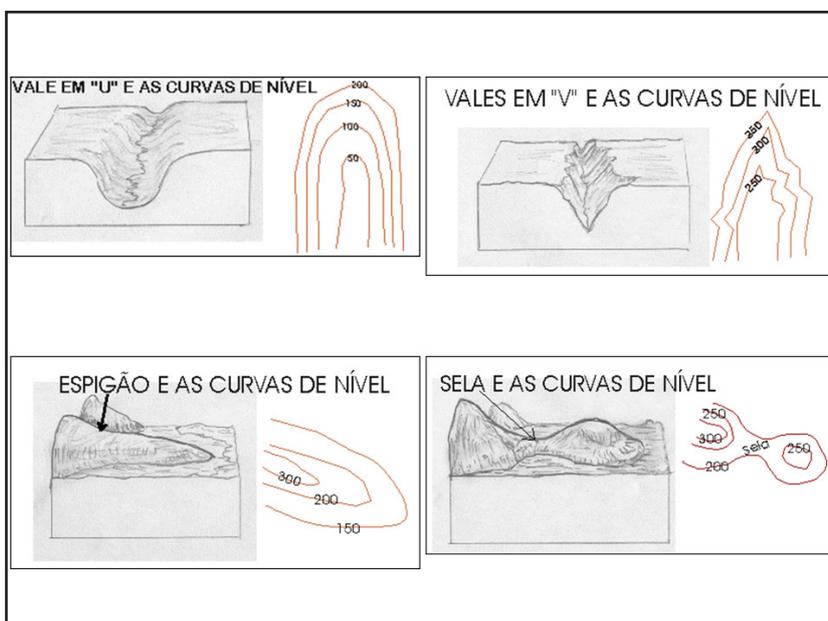
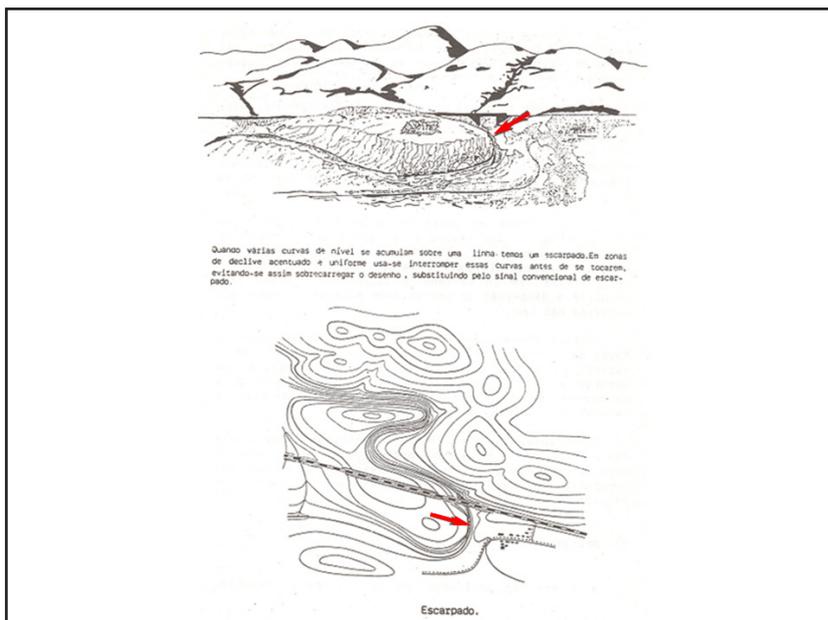


Uma ou mais curvas de nível em forma de argola ou volta fechada, é indicativa de elevação ou colina.



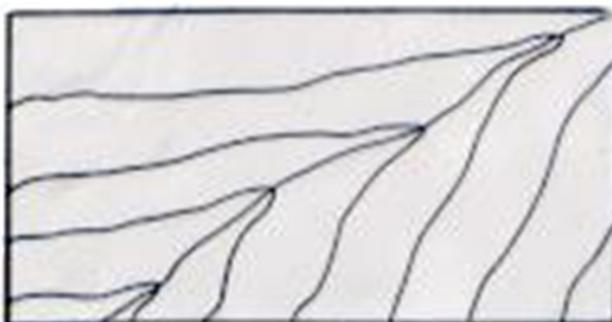
Elevações.





## Curvas de Nível

- Nos cumes e nas depressões o relevo é representado por pontos cotados.
- Em regra geral, as curvas de nível cruzam os cursos d'água em forma de "V", com o vértice apontando para a nascente.

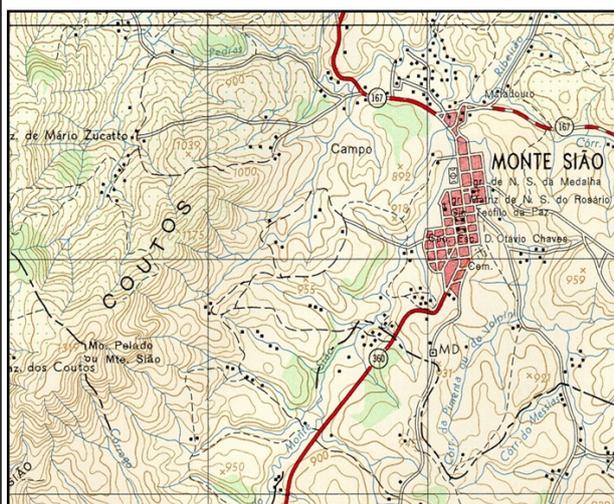


## Curvas de Nível

☞ As curvas de nível formam um “M” acima das confluências fluviais

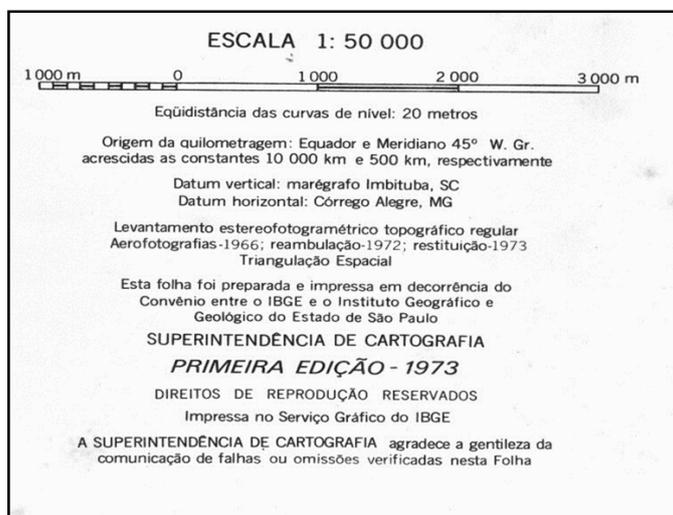


## Curvas de Nível



Detalhe de  
uma carta  
1:50.000  
Eqüidistância  
das curvas de  
nível : 20m

## Elementos de Representação em um Mapa



## Elementos de Representação em um Mapa

DECLINAÇÃO MAGNÉTICA 1983  
E CONVERGÊNCIA MERIDIANA  
DO CENTRO DA FOLHA

ESCALA 1:10.000

EQUIDISTÂNCIA DE CURVAS DE NÍVEL: 5 METROS

PROJEÇÃO UTM ( UNIVERSAL TRANSVERSA MERCATOR )  
REFERÊNCIA HORIZONTAL : CORREGO ALEGRE, MG  
REFERÊNCIA VERTICAL: MAREGRÃO DE IMBITUBA, SC  
COEFICIENTE DE DEFORMAÇÃO LINEAR: K: 1,0001082  
MERIDIANO CENTRAL 51° FUSO 22  
QUADRÍCULA : 1000 METROS

OS NOMES DE RUAS E DETALHES QUE NÃO PUDEAM SER LANÇADOS NO CORPO DA CARTA, FORAM SUBSTITUÍDOS POR NÚMEROS INSCRITOS RESPECTIVAMENTE ENTRE PARENTÊSES E EM CÍRCULOS, QUE SE ENCONTRAM RELACIONADOS AO LADO DIREITO DA MESMA.

PRIMEIRA EDIÇÃO 1983  
DIREITOS DE REPRODUÇÃO RESERVADOS

Agradecemos a gentileza da comunicação de possíveis falhas ou omissões verificadas nesta carta.

A DECLINAÇÃO MAGNÉTICA VARIA ANUALMENTE 9" OESTE.

ÍNDICE DE COBERTURA

FOTOÍNDICE	FAIXA	FOTOS
15-A	92	6311-6312 6313
	93	6366-6368

FOTOGRAFIAS AÉREAS 1979  
RESTITUIÇÃO 1983  
REAMBULAÇÃO DE CAMPO 1983

## Elementos de Representação em um Mapa

ARTICULAÇÃO DA FOLHA

PDRO BARROS	RIO SÃO LOURENCINHO	ITANHAÉM
HIRACATU	PEDRO DE TOLEDO	
BARRA DO RIBEIRA	PONTA DA JURÉIA	

LOCALIZAÇÃO DA FOLHA NO ESTADO

## Elementos de Representação em um Mapa

LOCALIDADES

Mais de 100 000 habitantes	<b>CIDADE</b>
De 50 000 a 100 000 habitantes	<b>CIDADE</b>
De 20 000 a 50 000 habitantes	<b>CIDADE</b>
De 5 000 a 20 000 habitantes	<b>CIDADE</b>
Até 5 000 habitantes	<b>CIDADE</b>
Vila	<b>Vila</b>
Povoado	<b>Povoado</b>
Núcleo ou propriedade rural	<b>Núcleo</b>

LIMITES

Internacional	-----
Interestadual	-----
Intermunicipal	-----
Áreas especiais	-----

ESTRADAS DE RODAGEM

Auto-estrada	-----	2 ou mais vias
Pavimentada	-----	1 ou 2 vias
Sem pavimentação	-----	tráfego permanente
	-----	tráfego periódico
Caminho, Trilha	-----	
Identificação de rodovias	-----	federal
	-----	estadual

ESTRADAS DE FERRO

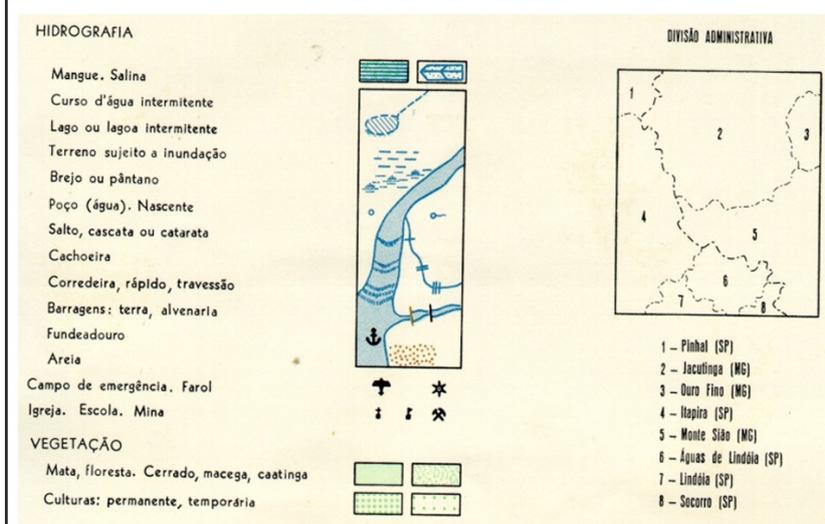
Bitola normal ou larga	-----	via simples	2 ou mais vias
Bitola estreita	-----	via simples	2 ou mais vias
Caminho aéreo (cabo)	-----	via simples	via dupla
Linha de bonde	-----	Tel.	Tel&g.
Linha telefônica e telegráfica	-----	BT	AT
Linha de energia elétrica	-----		

Pontos de controle

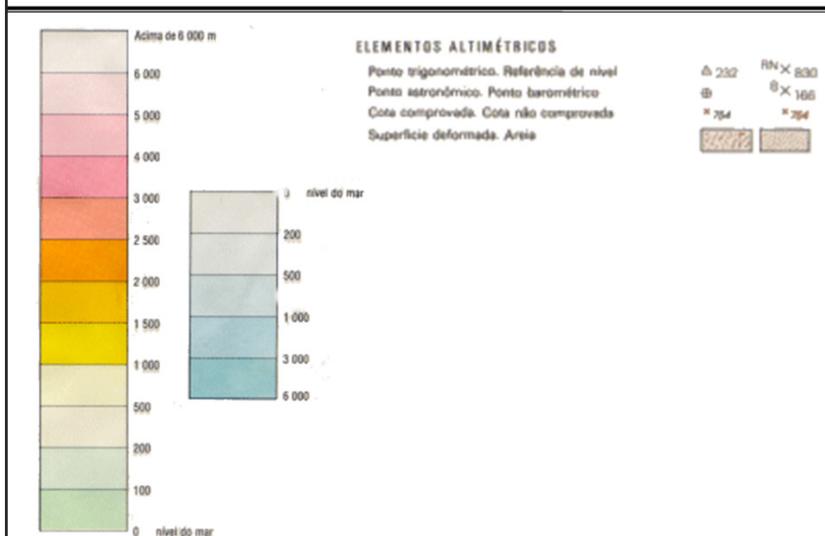
Horizontal	△	Vertical	X
Horizontal e vertical	△ 956		

Altitudes: Comprovada \*792 Não comprovada \*792  
- E G Estação Gravimétrica

## Elementos de Representação em um Mapa



## Elementos de Representação em um Mapa



## Limitações Cartográficas

- Padrão de Exatidão Cartográfica
- Cartas 1:50.000 e cartas 1:10.000
- Imagens ortoretificadas
- Escala de visualização e a aquisição dos dados
- Google Earth

## PEC – Padrão de Exatidão Cartográfica

Padrão de Exatidão Cartográfica é um indicador estatístico de dispersão, relativo a 90% de probabilidade, que define a exatidão de trabalhos cartográficos.

Noventa por cento dos pontos bem definidos numa carta, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao Padrão de Exatidão Cartográfica.

**Fonte:** Decreto Lei 89.817, 1984

[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1980-1989/D89817.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D89817.htm)

## PEC – Padrão de Exatidão Cartográfica

Carta	PEC Planimétrico	PEC Altimétrico
Classe A	0,5 mm x Escala	½ Equid. Curvas
Classe B	0,8 mm x Escala	3/5 Equid. Curvas
Classe C	1,0 mm x Escala	¾ Equid. Curvas

Exemplo: Uma carta com escala de 1:50.000 com PEC classe A, possui um erro aceitável de 25 metros, e uma carta 1:10.000 um erro aceitável de 5 metros.

**Fonte:** Decreto Lei 89.817, 1984

[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1980-1989/D89817.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D89817.htm)

## PEC – Padrão de Exatidão Cartográfica

### Classe A

Altimétrico: metade da equidistância entre as curvas-de-nível, sendo de um terço desta equidistância o Erro-Padrão correspondente.

Exemplo: Uma carta com escala de 1:50.000 possui curvas de nível a cada 20 metros com PEC classe A, o erro aceitável de altura é de 3,3 metros.

**Fonte:** Decreto Lei 89.817, 1984

[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1980-1989/D89817.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D89817.htm)

## PADRÃO DE EXATIDÃO CARTOGRÁFICA DA GEOMETRIA DAS FEIÇÕES

Tabela 14 – Padrão de Exatidão Cartográfica da Planimetria dos Produtos Cartográficos Digitais

PEC <sup>(1)</sup>	PEC-PCD	1:1.000		1:2.000		1:5.000		1:10.000		1:25.000		1:50.000		1:100.000		1:250.000	
		PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)
-	A <sup>(2)</sup>	0,28	0,17	0,56	0,34	1,40	0,85	2,80	1,70	7,00	4,25	14,00	8,51	28,00	17,02	70,00	42,55
A	B <sup>(3)</sup>	0,50	0,30	1,00	0,60	2,50	1,50	5,00	3,00	12,50	7,50	25,00	15,00	50,00	30,00	125,00	75,00
B	C <sup>(4)</sup>	0,80	0,50	1,60	1,00	4,00	2,50	8,00	5,00	20,00	12,50	40,00	25,00	80,00	50,00	200,00	125,00
C	D <sup>(4)</sup>	1,00	0,60	2,00	1,20	5,00	3,00	10,00	6,00	25,00	15,00	50,00	30,00	100,00	60,00	250,00	150,00

Tabela 15 – Padrão de Exatidão Cartográfica Altimétrica dos Pontos Cotados e do MDT, MDE e MDS para a prod. de Prod. Carto. Dig

PEC-PCD <sup>(3)</sup>	1:1.000		1:2.000		1:5.000		1:10.000		1:25.000		1:50.000		1:100.000		1:250.000	
	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)
A	0,27	0,17	0,27	0,17	0,54	0,34	1,35	0,84	2,70	1,67	5,50	3,33	13,70	8,33	27,00	16,67
B	0,50	0,33	0,50	0,33	1,00	0,66	2,50	1,67	5,00	3,33	10,00	6,66	25,00	16,66	50,00	33,33
C	0,60	0,40	0,60	0,40	1,20	0,80	3,00	2,00	6,00	4,00	12,00	8,00	30,00	20,00	60,00	40,00
D	0,75	0,50	0,75	0,50	1,50	1,00	3,75	2,50	7,50	5,00	15,00	10,00	37,50	25,00	75,00	50,00

Tabela 16 – Padrão de Exatidão Cartográfica da Altimetria (curvas de nível) dos Produtos Cartográficos Digitais

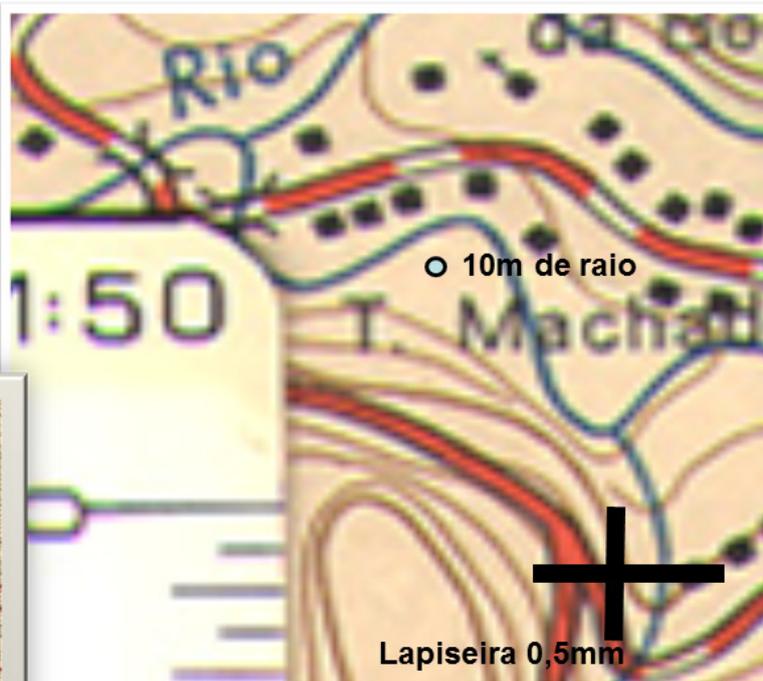
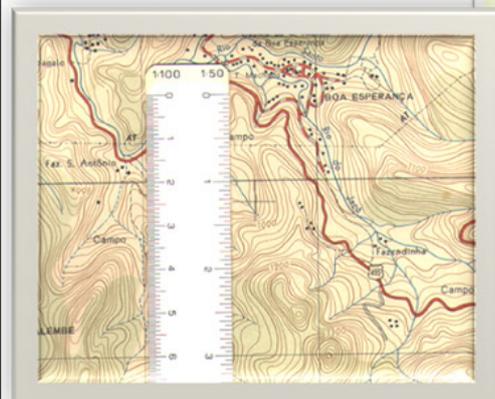
PEC <sup>(1)</sup>	PEC-PCD	1:1.000 (Eqd = 1 m)		1:2.000 (Eqd = 1 m)		1:5.000 (Eqd = 2 m)		1:10.000 (Eqd = 5 m)		1:25.000 (Eqd = 10m)		1:50.000 (Eqd = 20m)		1:100.000 (Eqd = 50m)		1:250.000 (Eqd = 100m)	
		PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)
A	A	0,50	0,33	0,50	0,33	1,00	0,67	2,50	1,67	5,00	3,33	10,00	6,67	25,00	16,67	50,00	33,33
B	B	0,60	0,40	0,60	0,40	1,20	0,80	3,00	2,00	6,00	4,00	12,00	8,00	30,00	20,00	60,00	40,00
C	C	0,75	0,50	0,75	0,50	1,50	1,00	3,75	2,50	7,50	5,00	15,00	10,00	37,50	25,00	75,00	50,00
	D <sup>(4)</sup>	1,00	0,60	1,00	0,60	2,00	1,20	5,00	3,00	10,00	6,00	20,00	12,00	50,00	30,00	100,00	60,00

Fonte: Especificações Técnicas para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais 2.1.3 - <http://www.geoport.br/index.php/inde2?id=140>

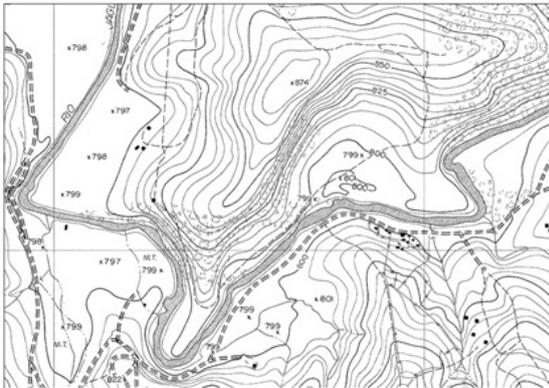
## Cartas 1:50.000 e 1:10.000

### Carta 1:50.000

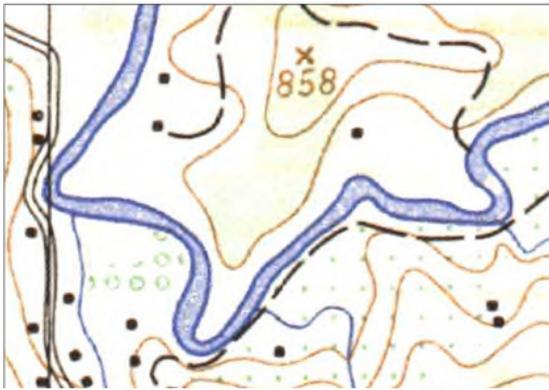
Um traço de 0,5 mm terá uma distância real de 25 m



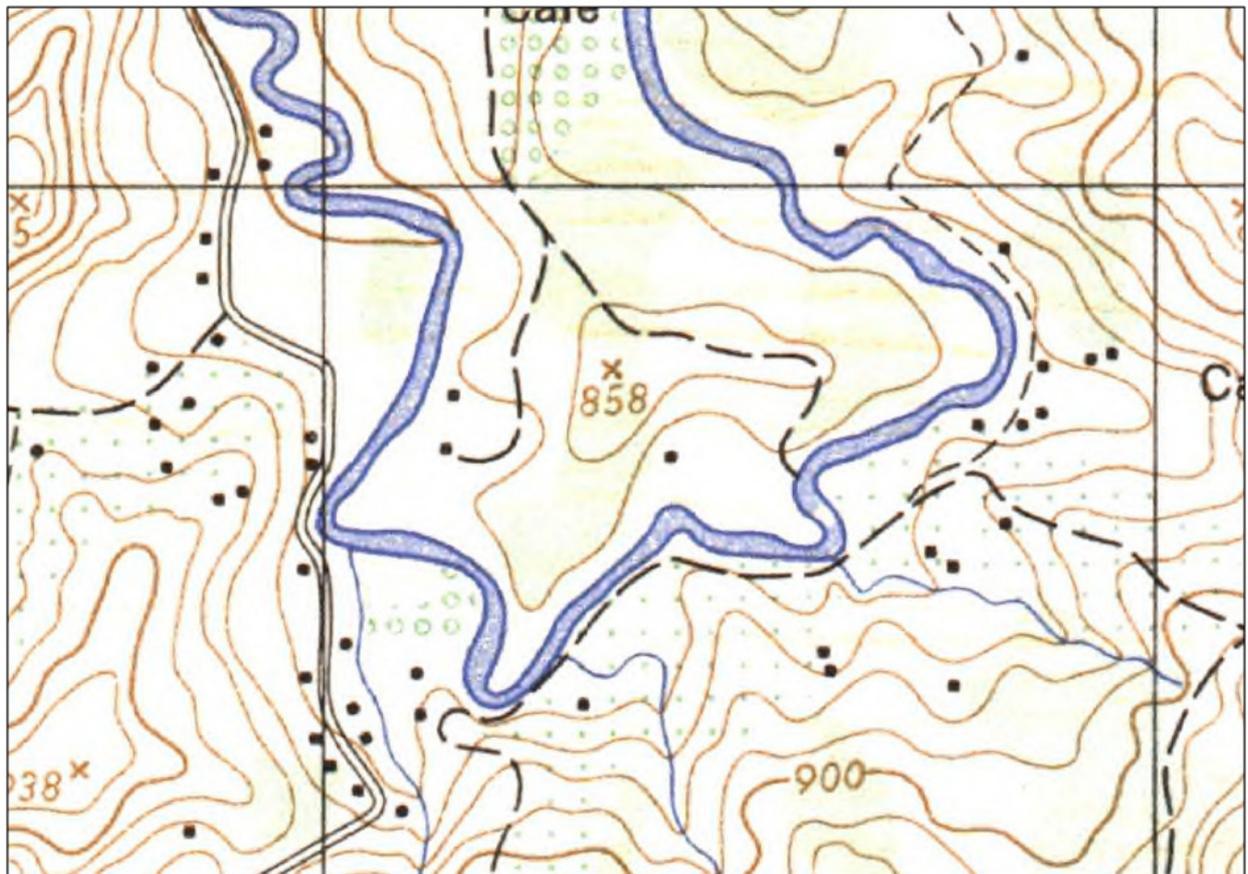
## Cartas 1:50.000 e 1:10.000

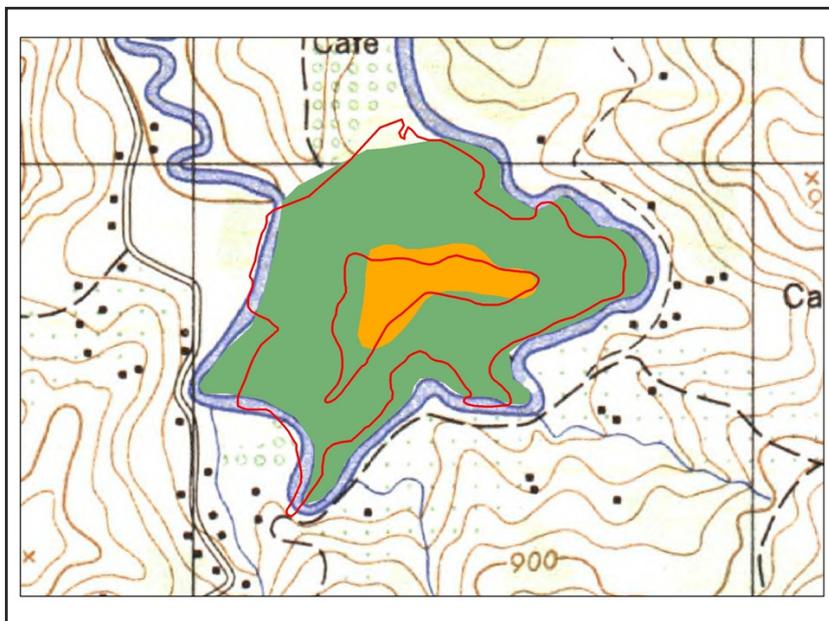
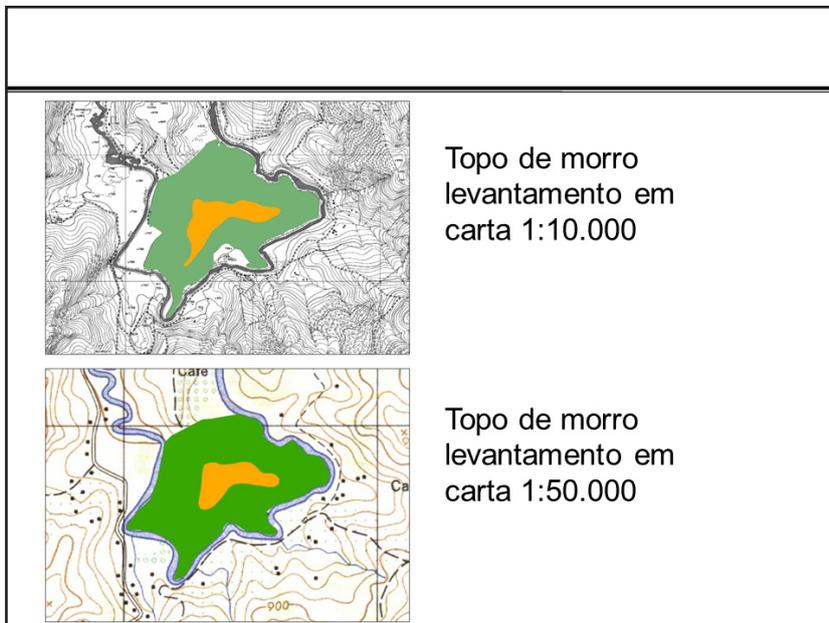
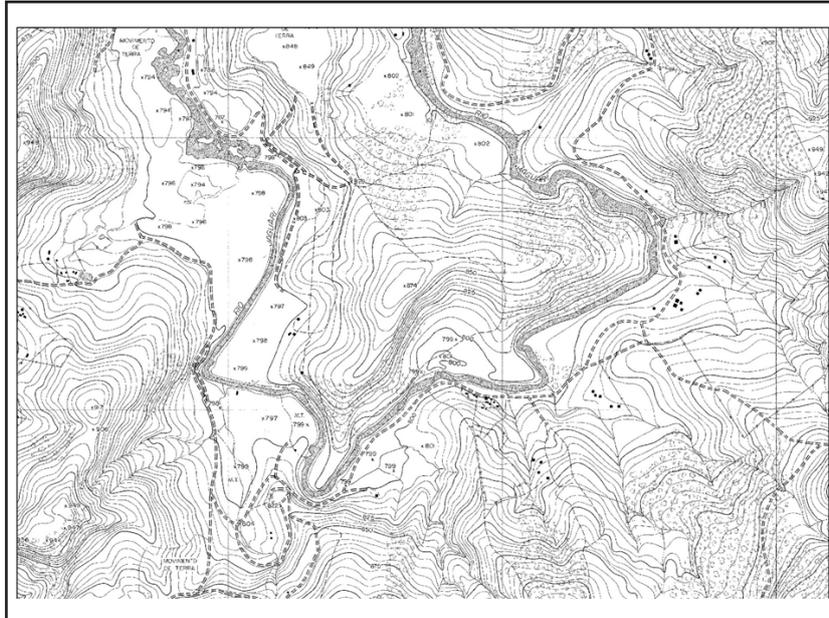


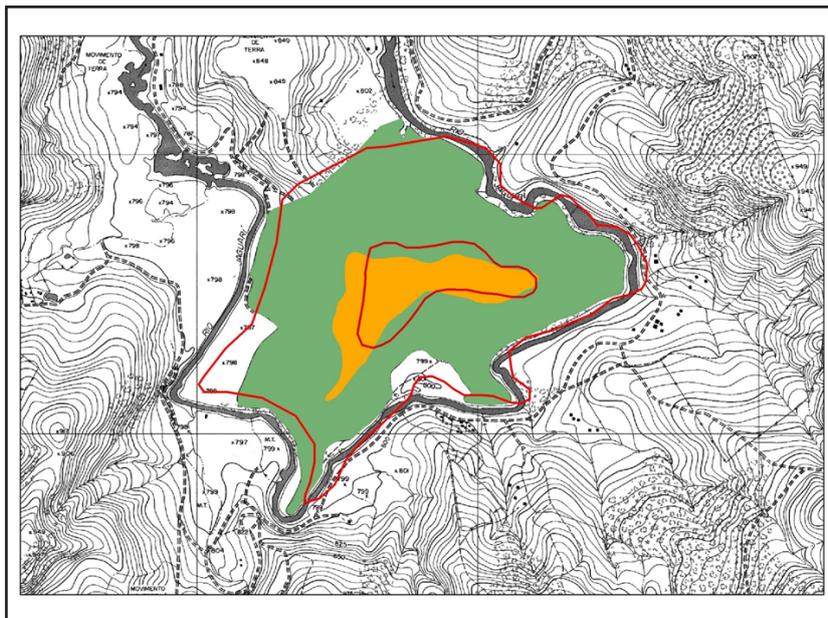
Carta escala 1:10.000,  
curvas de nível a cada  
5 metros.



Carta escala 1:50.000,  
curvas de nível a cada  
20 metros.

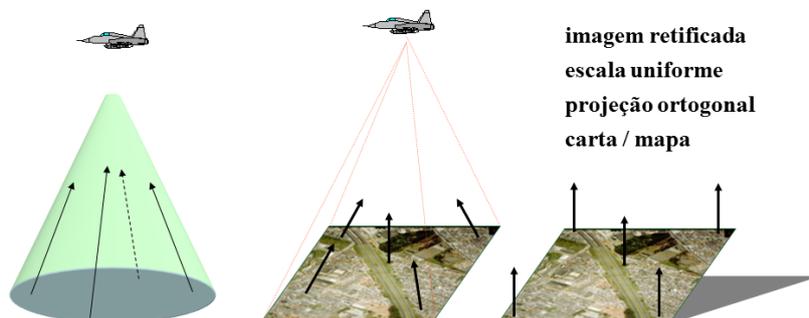




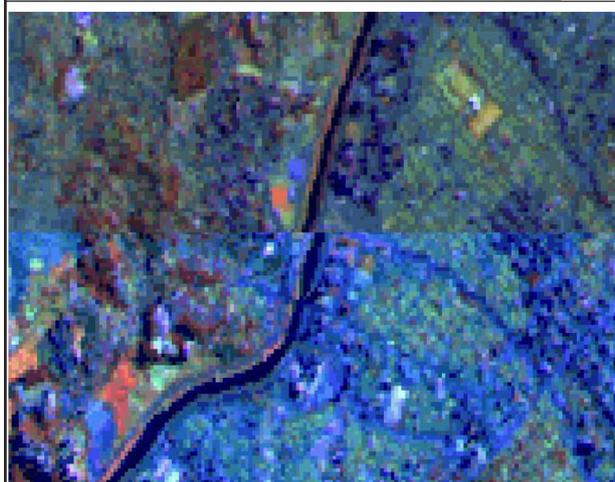


## Ortorretificação

Imagem retificada quanto a variação do relevo e escala, apresentando como principal propriedade a projeção ortogonal, semelhante a um mapa.



## Imagens Ortorretificadas



Landsat 2004  
ortorretificada

Landsat 2008  
não  
ortorretificada

## Escala de Visualização e Aquisição dos Dados

Ortofoto 2000 / resolução espacial aproximada 0,5 metros



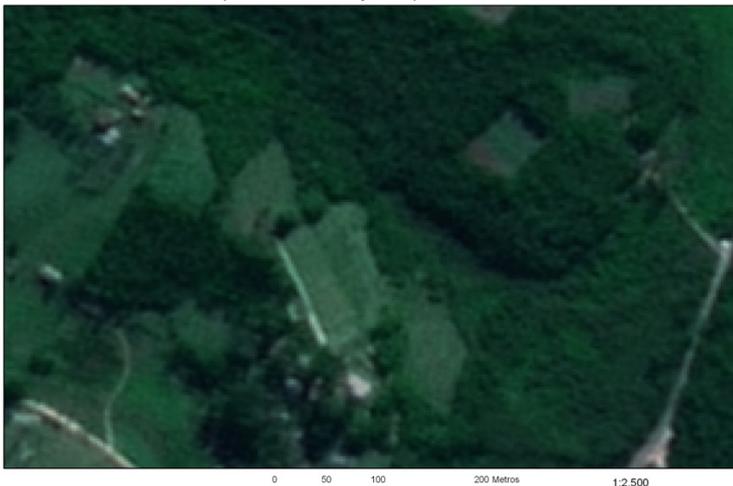
## Escala de Visualização e Aquisição dos Dados

Ikonos 2002 / resolução espacial 1,0 metro



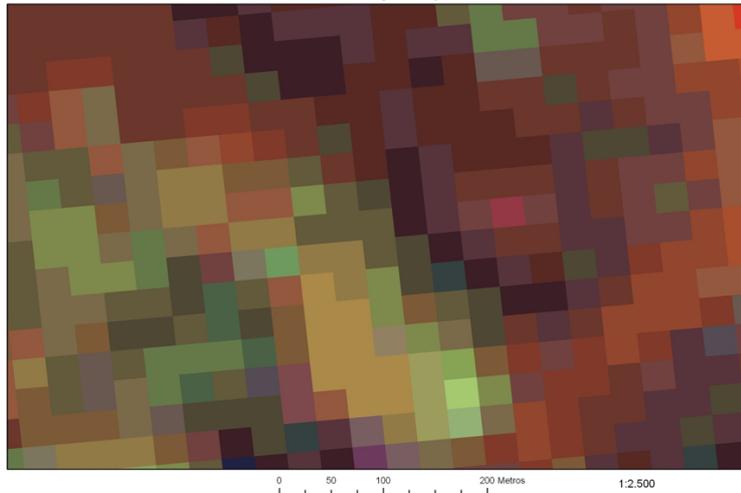
## Escala de Visualização e Aquisição dos Dados

Spot 2007 / resolução espacial 2,5 metros



## Escala de Visualização e Aquisição dos Dados

Landsat 2004 / resolução espacial 30 metros



## Escala de Visualização e Aquisição dos Dados

Ortofoto 2000 / resolução espacial aproximada 0,5 metros



## Escala de Visualização e Aquisição dos Dados

Ikonos 2002 / resolução espacial 1,0 metro



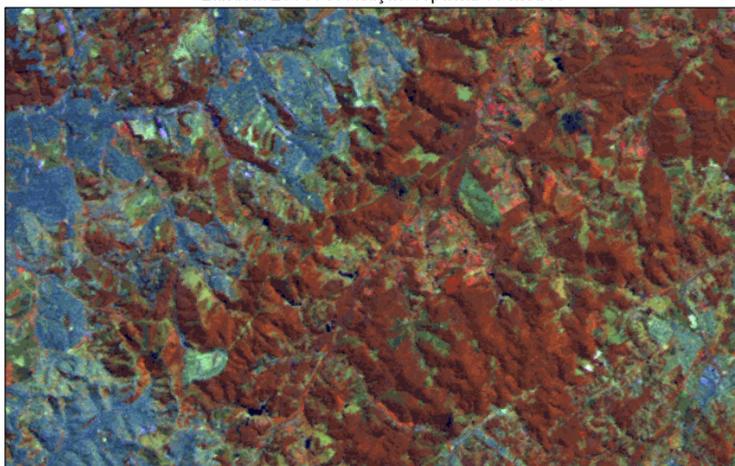
## Escala de Visualização e Aquisição dos Dados

Spot 2007 / resolução espacial 2,5 metros



## Escala de Visualização e Aquisição dos Dados

Landsat 2004 / resolução espacial 30 metros



## Google Earth / Maps

A Empresa ESTEIO de Curitiba, fez um estudo com as imagens Google Earth, comparando a localização de pontos levantados em campo e amarrados aos vértices da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo) em 3 Cidades Brasileiras e a plotagem destes pontos nas imagens do Google Earth

## Google Earth / Maps

Cidade de São Paulo – CONCIDADE

PONTO	DISTANCIA ENTRE OS PONTOS	DIREÇÃO
4717	8,98	OESTE
4909	9,07	NOROESTE
5604	12,11	SUDOESTE
6106	9,73	OESTE
6111	7,5	SUDOESTE
6305	10	OESTE
6505	10,21	OESTE
6506	11,27	OESTE
6513	8,25	SUDESTE
6515	10,38	SUDESTE
6803	8,68	OESTE
6805	7,81	OESTE
6806	11,04	OESTE
6906	8,92	OESTE
6907	9,94	OESTE
7006	6,24	OESTE
7303	13,37	OESTE
<b>Média</b>	<b>9,62</b>	
<b>Desvio Padrão</b>	<b>1,76</b>	
<b>Direções</b>	<b>OESTE</b>	<b>12</b>
	<b>NOROESTE</b>	<b>1</b>
	<b>SUDOESTE</b>	<b>2</b>
	<b>SUDESTE</b>	<b>2</b>

## Google Earth / Maps

Cidade de Juiz de Fora – PMJF

PONTO	DISTÂNCIA ENTRE OS PONTOS	DIREÇÃO
2011	3	NOROESTE
2015	5,2	SUDESTE
2019	6,54	OESTE
2022	3,82	OESTE
2024	8,02	OESTE
2032	5,39	SUDESTE
2033	12,71	OESTE
<b>Média</b>	<b>6,38</b>	
<b>Desvio Padrão</b>	<b>3,24</b>	
<b>Direções</b>	<b>OESTE</b>	<b>4</b>
	<b>NOROESTE</b>	<b>1</b>
	<b>SUDESTE</b>	<b>2</b>

## Google Earth / Maps

Cidade de Curitiba – IPPUC

PONTO	DISTANCIA ENTRE OS PONTOS	DIREÇÃO
10007	10,02	NOROESTE
10013	3,51	SUDOESTE
10014	12,42	NORDESTE
10017	12,02	NORDESTE
10022	9,69	NOROESTE
20002	11,59	NOROESTE
20004	11,94	NOROESTE
20009	10,61	NOROESTE
20011	9,33	NOROESTE
20025	5,49	SUDOESTE
20036	7,02	OESTE
20040	8,83	NOROESTE
<b>Média</b>	<b>9,37</b>	
<b>Desvio Padrão</b>	<b>2,78</b>	
<b>Direções</b>	<b>Oeste</b>	<b>1</b>
	<b>Noroeste</b>	<b>7</b>
	<b>Sudoeste</b>	<b>2</b>
	<b>Nordeste</b>	<b>2</b>

## Google Earth / Maps

Lembram ?

Uma carta com escala de 1:50.000 com PEC classe A, possui um erro aceitável de 25 metros, e uma carta 1:10.000 um erro aceitável de 5 metros.

Então ...

O erro do Google Earth é menor que o erro de uma carta 1:50.000

Porém, é maior que o de uma carta 1:10.000

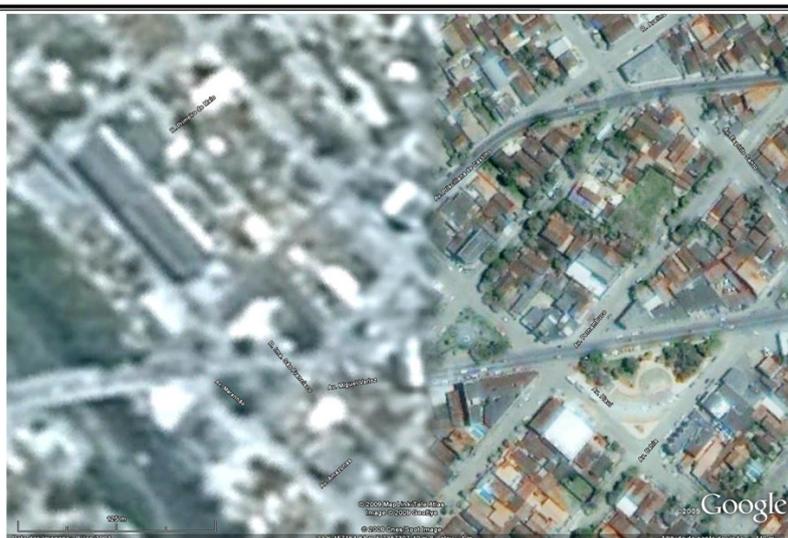
Por outro lado, Professores do CEFET-GO analisaram o PEC das imagens do Google Earth (XIV SBXR, 2009) e chegaram a conclusão que elas atendem o PEC classe A para escalas 1:5.000

## Google Earth / Maps

O Google Earth também apresenta problemas na construção dos mosaicos.

Estes problemas surgem durante o processo de superposição de uma mesma cena, fazendo que os pontos correspondentes nas imagens não estejam coincidentes, causados por diversos motivos, entre eles: manipulação dos dados correlacionados pro problemas de diferentes tomadas de posição, imagens de diferentes épocas, imagens obtidas por sensores diferentes e principalmente pela qualidade do MDT, pois os dados para a retificação das imagens provêm da missão SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) e sua resolução espacial para todo o planeta, exceto USA, é de aproximadamente 90 metros, e precisão altimétrica de 16 m.

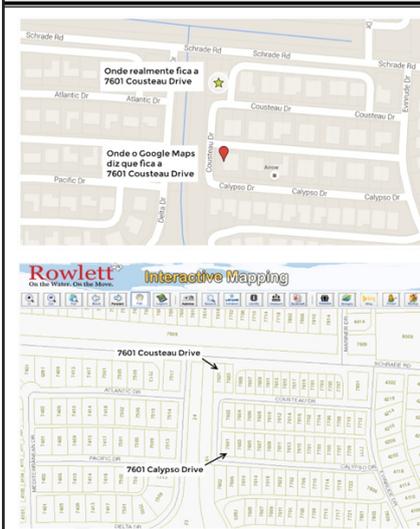
## Google Earth / Maps



## Google Earth / Maps



## Google Earth / Maps



No entanto, o Google não pode ser culpado por esse engano: a empresa de demolição deveria consultar um sistema de informação geográfica (SIG) fornecido pela cidade, sob risco de cometer erros amadores como destruir a casa errada.

Ao lado, o SIG de Rowlett - Texas, mostra o endereço correto para demolição:

Fonte:  
(<http://gizmodo.uol.com.br/demolicao-engano-google-maps/>, 24/03/2016)

## AGRADECIMENTOS / BIBLIOGRAFIA

- ☞ Edmilson Volpi, CTR-IV (S. J. do Rio Preto) / CBRN (SMA / SP)
- ☞ CFM / CBRN (SMA / SP)
- ☞ Inst. Geográfico e Cartográfico do Estado de SP - IGC
- ☞ Manual Técnico de Noções Básicas de Cartografia - Fundação IBGE – 1998.  
([ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/cartografia/nocoas\\_basicas\\_cartografia.pdf](ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/cartografia/nocoas_basicas_cartografia.pdf)) Acessado em 11 de julho de 2014.
- ☞ Especificações Técnicas para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais 2.1.3.  
(<http://www.geoportal.eb.mil.br/index.php/inde2?id=140>). Acessado em 11 de julho de 2014.











# **NOÇÕES DE GEOPROCESSAMENTO**

## **PARTE 2**

**Roney Perez dos Santos**



# NOÇÕES DE GEOPROCESSAMENTO

Geógrafo: Roney Perez dos Santos

## DEFINIÇÕES

**DADOS** são um conjunto de valores, numéricos ou não, sem significado próprio.

**INFORMAÇÃO** é o conjunto de dados que possuem significado para determinado uso ou aplicação.



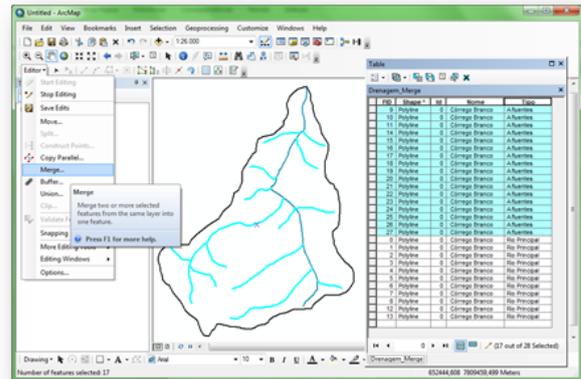
## Geoprocessamento

Conjunto de tecnologias voltadas a coleta e tratamento de informações espaciais para um objetivo específico. As atividades envolvendo o geoprocessamento são executadas por sistemas específicos mais comumente chamados de Sistemas de Informação Geográfica (**SIG ou GIS**).

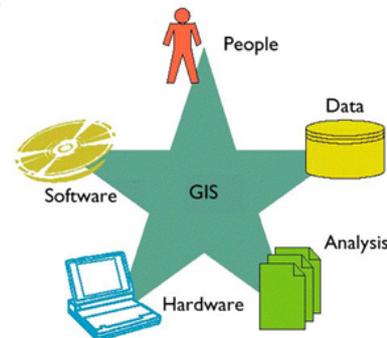
(SPRIG - INPE)

SIG são relacionados a outras aplicações de banco de dados, mas com uma diferença importante. Toda a informação em um SIG é vinculada a um sistema de referência espacial. Outras bases de dados podem conter informação locacional (como endereços de rua ou códigos de endereçamento postal), mas uma base de dados de SIG usa georeferências como o meio primário de armazenar e acessar a informação.

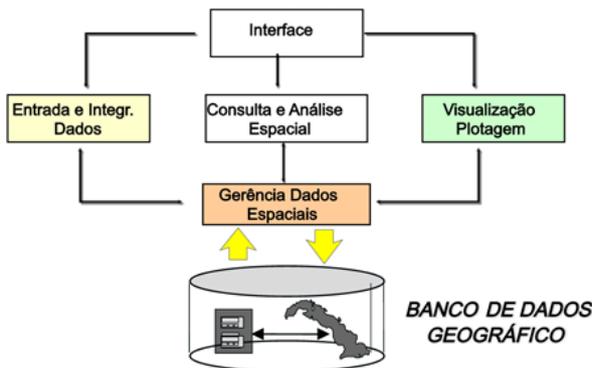
SIG não é um simples software, é a integração de várias tecnologias como tratamento de imagens, CAD cartográfico, bancos de dados, bem como realizar tratamentos matemático e estatístico dos dados. Pode ser considerado como a integração de cinco componentes.



Integração de cinco componentes básicos

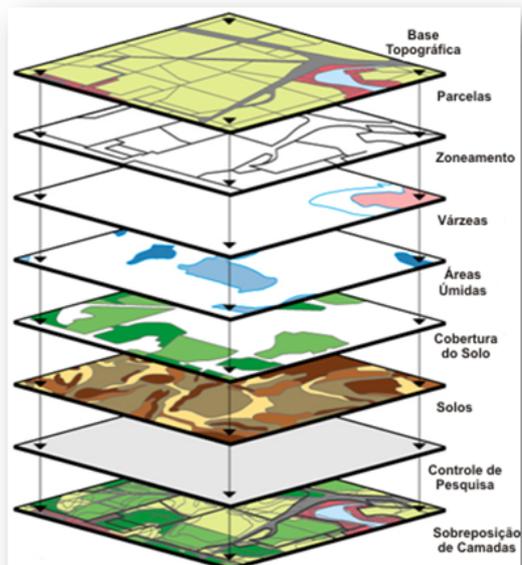


ESTRUTURA DE UM SIG



Produção de mapas;

Análise espacial de fenômenos;  
Banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação de informação espacial.

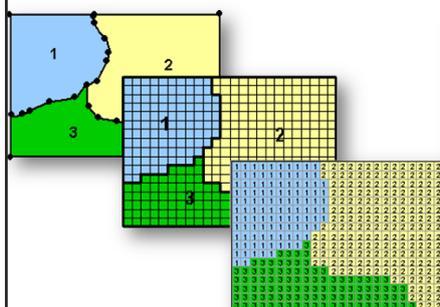


Relações espaciais

Relações topológicas

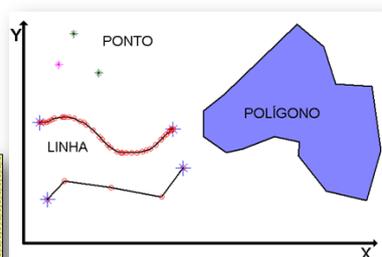
## ESTRUTURA DE DADOS

### RASTER (MATRICIAL)

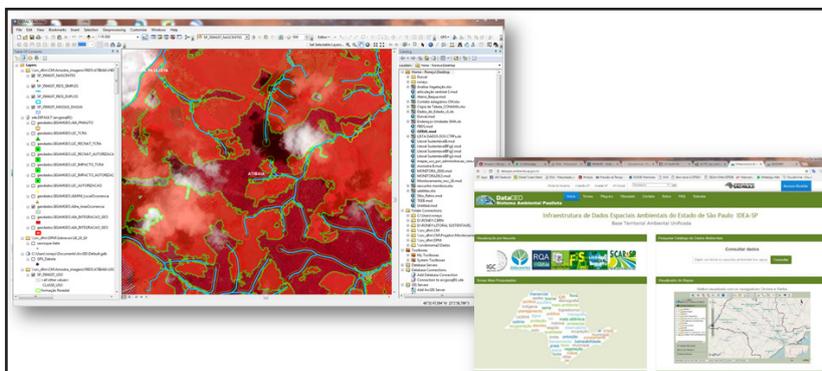


Facilidade de cálculo entre planos de informação.  
Qualidade do dado localizado

### VETORIAL



Permite cálculos topológicos.  
Leveza dos arquivos



O trabalho com meio ambiente é fundamentalmente localizado espacialmente e envolve muitas interações, a ferramenta mais adequada para manipular estas informações estão contidas no universo do geoprocessamento.

## BIBLIOGRAFIA

ROSA, R., **Introdução ao Geoprocessamento**  
[http://professor.ufabc.edu.br/~flavia.feitosa/cursos/geo2016/AULA\\_5-ELEMENTOSMAPA/Apostila\\_Geop\\_rrosa.pdf](http://professor.ufabc.edu.br/~flavia.feitosa/cursos/geo2016/AULA_5-ELEMENTOSMAPA/Apostila_Geop_rrosa.pdf) 2013, 124p.

XAVIER DA SILVA, J. E Z Aidan, R.T. **Geoprocessamento & análise ambiental: aplicações**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2004. 363 p.

<https://www3.ufpe.br/latecgeo/images/PDF/g1.pdf>











# **NOÇÕES SOBRE RPAS (DRONES)**

## **PARTE 3**

**Roney Perez dos Santos**



# NOÇÕES SOBRE RPAS (DRONES)

GEOG. RONEY PEREZ DOS SANTOS

## DEFINIÇÕES



**DRONE** “zangão”: aeronave não tripulada, pilotada a partir de uma Estação de Pilotagem Remota, com uso apenas recreativo.

**RPA** “remotely piloted aircraft”: aeronave não tripulada, pilotadas a partir de uma Estação de Pilotagem Remota, com objetivos voltados às operações em proveito dos Órgãos ligados aos Governos Federal, Estadual ou Municipal.



## NOMENCLATURA & CLASSIFICAÇÃO

**UAS** – Unmanned Aircraft Systems  
**DRONE** – “zangão”  
**UVA** – Unmanned Aerial Vehicle  
**VANT**- Veículo Aéreos Não tripulado

Designação\*  
Oficial

**RPAS**  
Remotely  
Piloted  
Aircraft  
System



ASA FIXA

Pelo regulamento da ANAC, **aeromodelos** são as aeronaves usadas para recreação e lazer  
**RPA** são as aeronaves não tripuladas utilizadas para outros fins como experimentais, comerciais ou institucionais.

ASA ROTATIVA



## CLASSIFICAÇÃO

Quanto ao peso máximo de decolagem (PMD):

Classe 1: + 150kg

Classe 2: + 25kg e - 150kg

Classe 3: +0,25kg e - 25kg

>0,25Kg não exige cadastro



## ÓRGÃOS



**ANAC** – certifica a aeronave e o piloto. Trata de assuntos técnicos e operacionais.



**DECEA** – disciplina o espaço aéreo, restringe locais e normatiza voo.

## LEGISLAÇÃO

Instruções do Comando da Aeronáutica – **ICA 100-40 2019**): uma aeronave é “qualquer aparelho que possa sustentar-se na atmosfera a partir de reações do ar que não sejam as reações do ar contra a superfície da terra”.

Dessa forma, uma RPA deve ser entendida como sendo uma aeronave, para a qual aplicam-se regras específicas de uso e acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro.

Até início de 2017 as operações com RPAs não dispunham de enquadramento claro.

Era aproveitada a legislação para aeromodelismo, as operações comerciais eram ilegais.

A publicação da ICA 110-40 regulamentou a questão, permitindo o uso comercial e recreativo.

A AIC 23/18 (11 de junho de 2018) regulamenta os procedimentos e responsabilidades para acesso do espaço aéreo por RPAs por órgãos de governo.



## PASSOS PARA REGULARIZAÇÃO

1. O RPAS deve estar homologado pela ANATEL caso o modelo não sido homologado pelo fabricante junto a Agência:

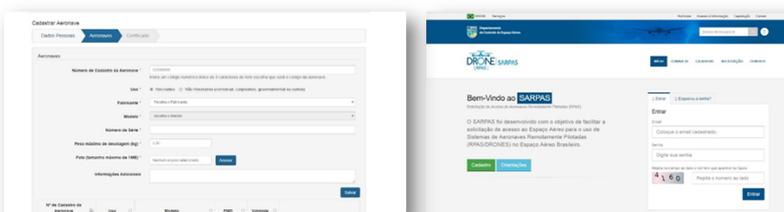
<http://www.anatel.gov.br/institucional/noticias-destaque/2-uncategorised/1485-drones-devem-ser-homologados-para-evitar-interferencias>

2. Cadastro de piloto e aeronave no SISANT

<http://www.anac.gov.br/>

3. Cadastro das aeronaves e pilotos para acesso ao espaço aéreo

<http://servicos2.decea.gov.br/sarpas/>



## TIPOS DE VOOS

**VLOS** – voo executado sempre no visual sem auxílio de lentes (exceto as corretivas)

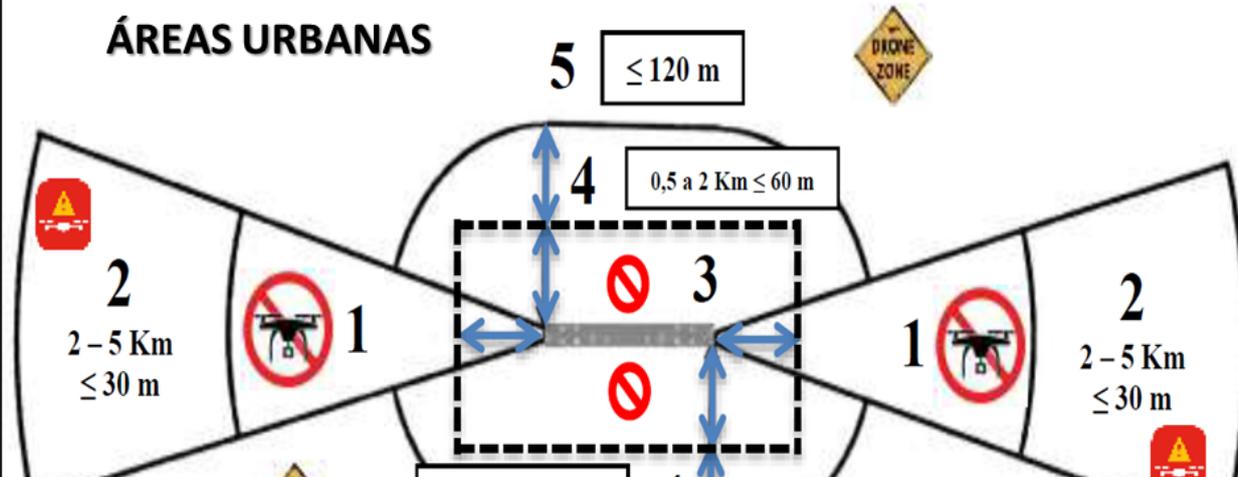
**EVLOS** – voo executado com participação de um observador. Aeronave sempre no visual (piloto e/ou observador) VISADA ESTENDIDA

**BVLOS** – voo executado além do campo de visada – voo cego.

### BVLOS NÃO É PERMITIDO PARA CLASSE 3



# REGRAS DE ACESSO AO ESPAÇO AÉREO



\* Voos acima de 120m (400 pés) do solo somente com NOTAM

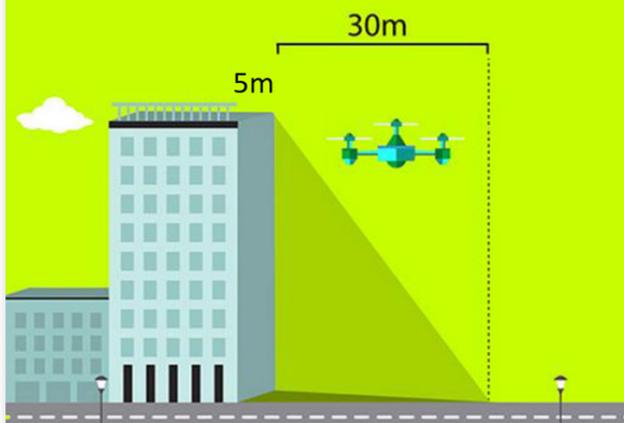
\* Em zonas rurais a operação em áreas sem restrição não deve ultrapassar altura de 60m (200 pés) do solo.

REGRAS PARA ACESSO AO ESPAÇO AÉREO	PMD < 25 KG							PMD > 25 KG
	VOO ATÉ 100 FT AGL			VOO ENTRE 100 E 400 FT AGL			VOO ACIMA DE 400FT AGL	-
TIPO DE OPERAÇÃO	VLOS	VLOS	BVLOS (FPV)	VLOS	VLOS	BVLOS (FPV)	VLOS/BVLOS	-
GROUND SPEED MÁX	30 KTS	30 KTS	30 KTS	60 KTS	60 KTS	60 KTS	-	-
DISTÂNCIA DE AERODROMOS	$\geq 03\text{ NM}$	$< 03\text{ NM}$	-	$\geq 05\text{ NM}$	$< 05\text{ NM}$	-	-	-
AFASTAMENTO* DE PESSOAS NÃO ANUENTES	$\geq 30\text{ Metros}$	$\geq 30\text{ Metros}$	$\geq 30\text{ Metros}$	$\geq 30\text{ Metros}$	$\geq 30\text{ Metros}$	$\geq 30\text{ Metros}$	$\geq 30\text{ Metros}$	C. A.
AFASTAMENTO* DE PATRIMÔNIOS	$\geq 30\text{ Metros}$	$\geq 30\text{ Metros}$	$\geq 30\text{ Metros}$	$\geq 30\text{ Metros}$	$\geq 30\text{ Metros}$	$\geq 30\text{ Metros}$	-	-
AFASTAMENTO DE ROTAS DE AERONAVES TRIPULADAS	$\geq 03\text{ NM}$	$< 03\text{ NM}$	-	$\geq 05\text{ NM}$	$< 05\text{ NM}$	-	-	-
PERÍODO DA OPERAÇÃO	DIURNO NOTURNO	DIURNO NOTURNO	DIURNO NOTURNO	DIURNO NOTURNO	DIURNO NOTURNO	DIURNO NOTURNO	DIURNO NOTURNO	DIURNO NOTURNO
COMUNICAÇÃO BILATERAL COM ÓRGÃO ATS	NÃO	TALVEZ**	SIM	NÃO	TALVEZ**	SIM	SIM	SIM
SOLICITAÇÃO	SARPAS	SARPAS	SARPAS	SARPAS	SARPAS	SARPAS	SARPAS	SARPAS
EMIÇÃO DE NOTAM	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM
PRAZO PARA AUTORIZAÇÃO	ATÉ 45 MINUTOS	02 DIAS ÚTEIS	18 DIAS	02 DIAS ÚTEIS	18 DIAS	18 DIAS	18 DIAS	18 DIAS

## OPERAÇÕES DIFERENCIADAS

### Princípio da sombra

O voo de RPA neste volume não afeta a segurança de outras aeronaves. Atenção às aeronaves de asas rotativas dos órgãos de segurança pública e de defesa civil



## OPERAÇÕES DIFERENCIADAS

Sobrevoos de áreas de segurança:

As áreas de segurança, mesmo que não estejam protegidas por Espaços Aéreos Condicionados, não devem ser sobrevoadas sem a prévia autorização das autoridades responsáveis pela área envolvida.

Ex.: refinarias, plataformas de exploração de petróleo, depósitos de combustível, estabelecimentos penais, áreas militares, usinas hidroelétricas, usinas termoelétricas, usinas nucleares, redes de abastecimento de água ou gás, barragens ou represas, redes de comunicação (como, por exemplo, sítios de antenas) ou de vigilância da navegação aérea

## BIBLIOGRAFIA

ICA 100-40 SISTEMAS DE AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS E O ACESSO AO ESPAÇO AÉREO; Ministério da Defesa, Comando da Aeronáutica, Departamento de controle do Espaço Aéreo, 2016-2017.

AIC 17-18 AEROVAES REMOTAMENTE PILOTADAS PARA USO RECREATIVO AEROMODELOS; Ministério da Defesa, Comando da Aeronáutica, Departamento de controle do Espaço Aéreo, 2018

ICA 23-18 AEROVAES REMOTAMENTE PILOTADAS PARA USO EM PROVEITO DOS ÓRGÃOS LIGADOS AOS GOVERNOS FEDERAL, ESTADUAL OU MUNICIPAL; Ministério da Defesa, Comando da Aeronáutica, Departamento de controle do Espaço Aéreo, 2018











# **GNSS “GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM” PARTE 4**

**Roney Perez dos Santos**



# GNSS

## “Global Navigation Satellite System”

Geógrafo: Roney Perez dos Santos

### GEOLocalização



Astrolábio 1500 – 1520  
Library of Congress

Fundamental para a navegação marítima

Gregos criam o astrolábio (sec III a.C.), aprimorado pelos árabes. O instrumento possibilita medir os ângulos de elevação dos astros, assim calculando as latitudes.



Bússola chinesa sec. I AC

Juntamente com a bússola permitiu a expansão das navegações



Cronômetro n°4 de  
John Harrison 1761

O cronômetro marítimo foi criado em 1656 permitindo o cálculo preciso das longitudes.

Em 1757 o sextante chegou a forma atual, associado ao melhor conhecimento de geometria.



Sextante 1731



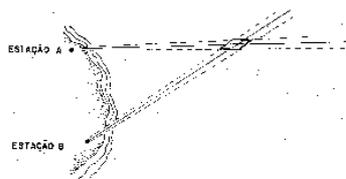
Sextante francês do início do sec. XX

## SISTEMAS DE RÁDIO LOCALIZAÇÃO ANTERIORES AO GNSS



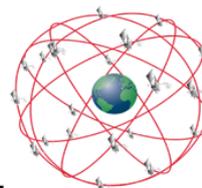
RADIOGONIÔMETRO  
anos 70

- **RADIOGONIÔMETRO:** 1921, erro: ~2Km
- **LORAN:** anos 40 e 50: 400m
- **OMEGA,** USA: cobertura mundial, para submarinos:~ 6 Km
- **SECOR:** 1964, geodésico, USA precursor do GPS
- **TRANSIT:** 1964, USA, para mísseis e submarinos: 200m
- **TSYKLON:** 1967, soviético, doppler: 80m
- **TSIKADA:** 974, civil, soviético: 100m



## *Global Navigation Satellite System*

Os GNSS Possuem por finalidade a localização instantânea em qualquer lugar do planeta com grande acurácia.



Os GNSS são planejados para garantir a melhor geometria da constelação de satélites, disponibilidade para todas a regiões do globo terrestre, integridade e confiança aos usuários.

## GNSS EXISTENTES



- GPS – Governo dos EUA;
- GLONASS – Governo Russo;
- GALILEO – PPP entre governos e Indústrias da EU (2020);
- COMPASS (BEIDOU) – Governo chinês (2020);

## QUADRO COMPARATIVO

CONSTELAÇÃO	GPS	GLONASS	GALILEO	COMPASS BEIDOU-2
PROPRIEDADE	EUA	URSS/ Russia	União Européia	China
NÚMERO DE SATÉLITES	30+2	28	30	30
TOTAL CAPACIDADE OPERACIONAL	1985	1995/2010	2020	2020
PERÍODO ORBITAL	12h	11h15	14h22	12h53
PLANOS ORBITAIS	6	3	3	6
ALTITUDE (km)	20.200	19.100	23.616	21.528
SATÉLITES EM CADA PLANO	4	8	10	5
INCLINAÇÃO	55°	64,8°	56°	55°
FREQUÊNCIAS DAS PORTADORAS (MHz)	1575,4 1227,6 1176,45	1246/1257 1602/1616	1561,0 1589,7 1207,1 1268,5	1575,4 1227,6 1176,4 1278,7

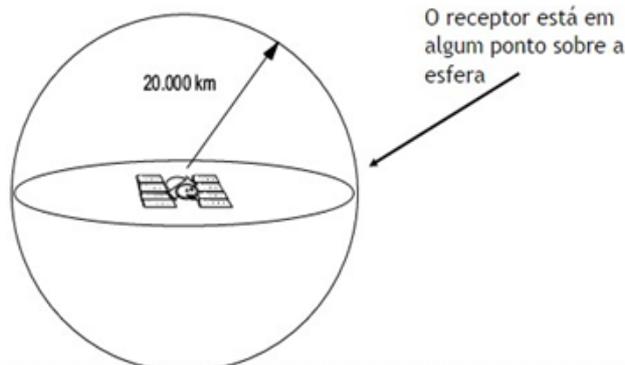
## GNSS FUNCIONAMENTO

### Determinação da Posição:

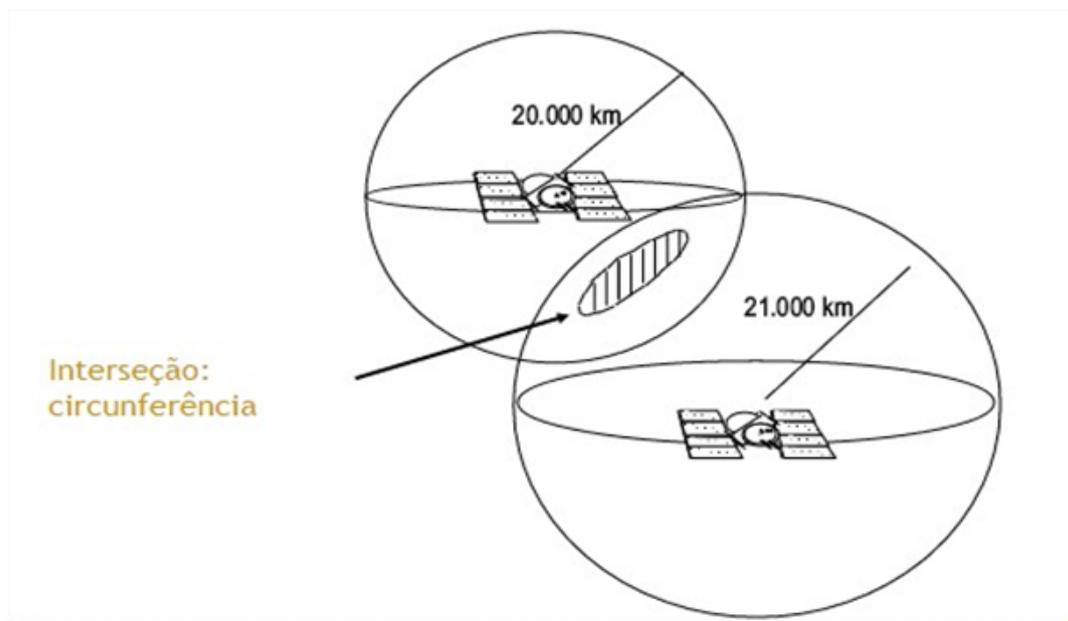
O receptor calcula o tempo de deslocamento do sinal até o satélite, medindo a distância por meio de uma equação. O receptor define que está em qualquer lugar de uma esfera cujo o centro é o satélite;

- 4 incógnitas:
1. Latitude
  2. Longitude
  3. Altitude
  4. Tempo

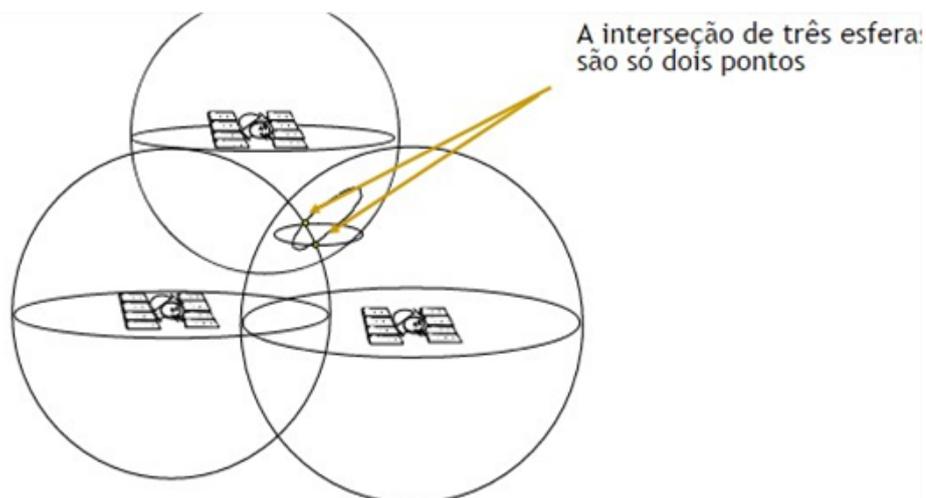
São necessárias 4 equações



Uma segunda medição fornece como solução a interseção entre duas esferas: uma circunferência...

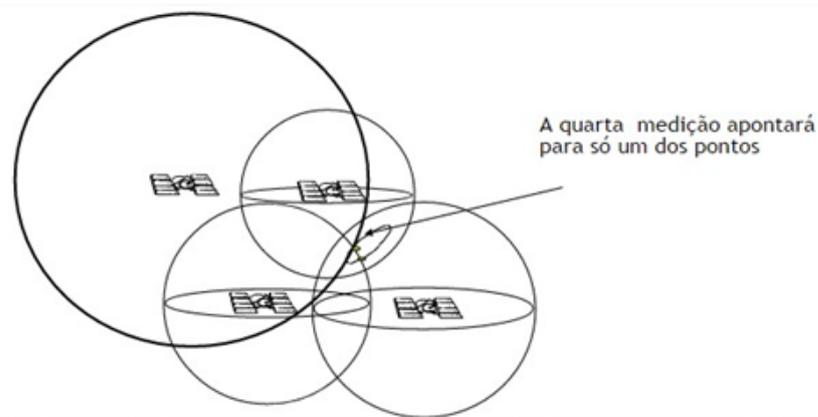


- Na prática, 3 medições são suficientes para determinar a posição. Um dos pontos é descartado, já que é uma solução impossível, no espaço ou em alta velocidade.



Quarta medição permite, reduzir ou eliminar o erro do relógio (tempo) do receptor, possibilitando a redução de erros.

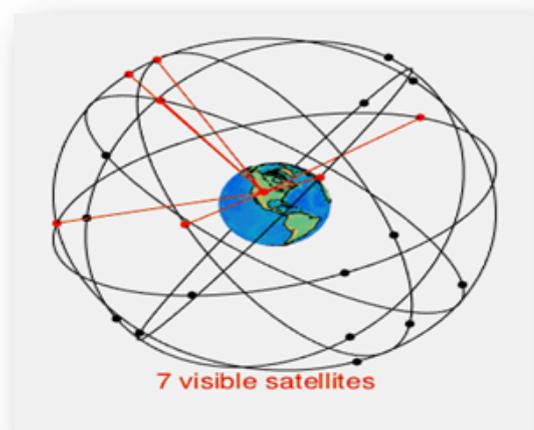
Na prática, 3 medições são suficientes para determinar a posição. Um dos pontos é descartado, já que é uma solução impossível, no espaço ou em alta velocidade

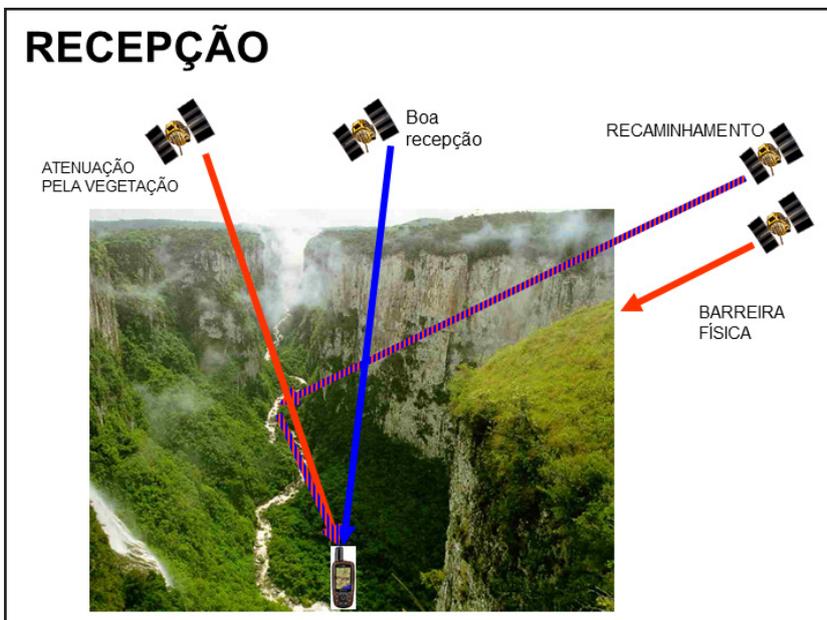
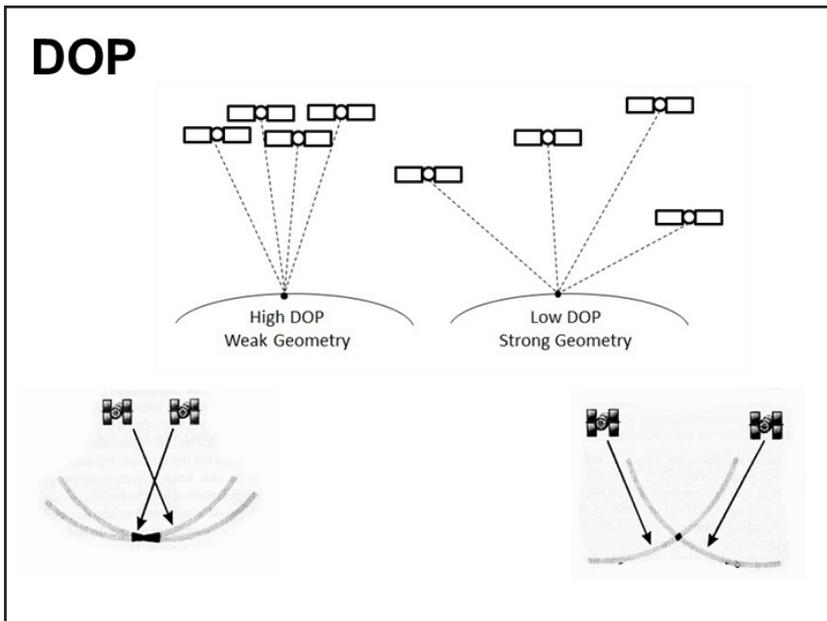


## Diluição da precisão - DOP

Um indicador da estabilidade na posição resultante.

- DOP depende da geometria da constelação;
- DOP é um fator multiplicativo que reflete o ruído da medição dos satélites (input) no ruído da solução (output);
- Menor DOP => posição mais precisa;
- Maior DOP => posição menos precisa;
- Geralmente nos levantamentos, o valor do PDOP é o mais importante e observado;
- PDOP = DOP da posição – referido à geometria “instantânea”.





## GPS - Global Positioning System

Características do sistema GPS:

- Disponibilidade contínua
- Cobertura Global
- Latitude/longitude/altura elipsoidal/  
data-hora
- Exatidão nominal de aproximadamente 16 metros



Primeiro GPS portátil 1988



GPS meados dos anos 90



Circuito gps para celulares

Início do projeto:1973  
início da implantação :1979  
totalmente operacional desde 1985/1994  
custo de implantação: US\$12.000.000.000,00  
custo até 2016: US\$ 22.000.000.000,00

## GPS - CONFIGURAÇÃO

### Segmento Espacial

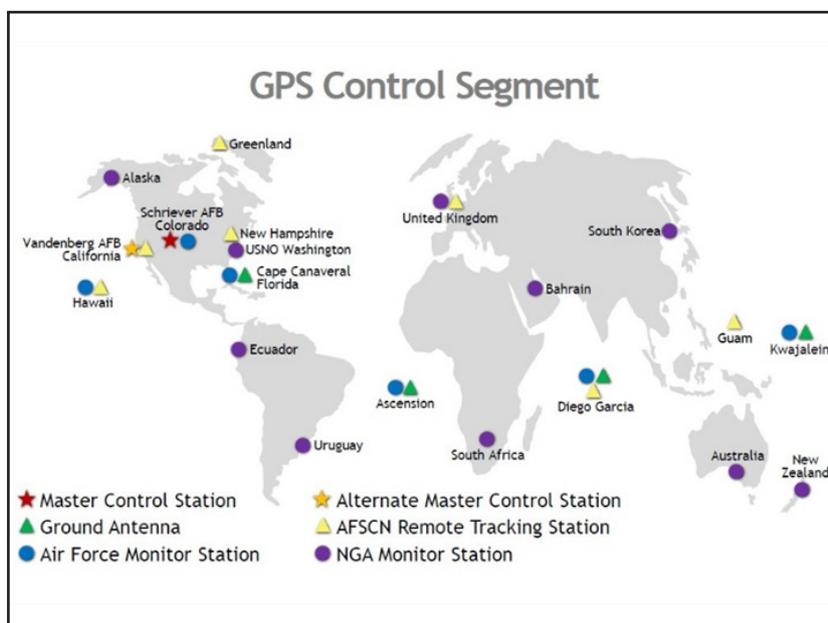
Constelação com mínimo de 30 satélites em 6 planos orbitais

### Segmento de Controle

Monitorar, controlar e corrige continuamente o segmento espacial

### Segmento de Usuário

Todos receptores GPS e sistemas associados



## Características do GPS

Fornecer dois tipos de serviço:

**SPS - Standard positioning service:** L1: código C/A, 1.575,42MHz

Aberto e gratuito, passível de desligamento sem aviso prévio

**Precise positioning service:** L2: código P, 1.227,60MHz, uso militar ou **PPS**

Uso privativo militar

### Novos sinais

**L2C** - projetado especificamente para atender às necessidades comerciais (combinado com L1)

**L5** - projetado para atender aos requisitos exigentes para o transporte seguro de vida e outras aplicações de alto desempenho (2024)

**L1C** - projetado para permitir a interoperabilidade entre sistemas de navegação por satélite GPS e outros GNSS

## SISTEMAS REGIONAIS ORBITAIS DE CORREÇÃO SBAS

**WAAS** - operado pela Federal Aviation Administration (USA)

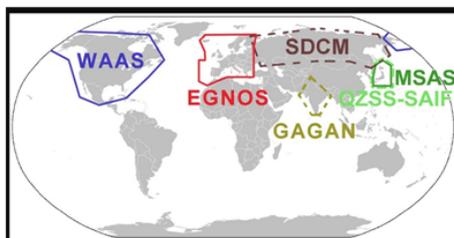
**EGNOS** - *European Geostationary Navigation Overlay Service* (ESA)

**GAGAN** - GPS Aided Geo Augmented Navigation (India)

**SDCM** - System for Differential Corrections and Monitoring (Russia)

**MSAS** - Satellite-based Augmentation System (Japão)

**QZSS** - Quasi-Zenith Satellite System (Japão)



## Tipo de Receptores GNSS



## Tipo de Receptores GNSS

☞ SIG



## Tipo de Receptores GNSS

☞ TOPOGRAFICO



## Tipo de Receptores GNSS

☞ GEODÉSICOS



## Métodos de Posicionamento

O posicionamento, consiste na determinação da posição de objetos, parado ou em movimento, na superfície terrestre ou próximo a ela, utilizando receptores GPS (GNSS), pode ser realizado das seguintes maneiras: Absoluta, DGPS (*Differential GPS*) e Relativa.

1. Posicionamento Absoluto (ou por ponto), quando as coordenadas estão associadas diretamente ao Superfície (ou Elipsóide) de Referência;
2. DGPS, um receptor GPS é posicionado numa estação de referência, onde são calculadas correções de coordenadas ou Pseudodistâncias, que são transmitidas para o usuário da estação a ser posicionada;
3. Posicionamento Relativo, onde as coordenadas são determinadas com relação a um referencial materializado por um ou mais vértices com coordenadas conhecidas.

## Métodos de Posicionamento (Absoluto)

No posicionamento absoluto utilizasse apenas de um receptor. Esse método de posicionamento é muito utilizado em navegação de baixa precisão e em levantamentos expeditos. O posicionamento instantâneo de um ponto, usando a pseudodistância derivada do Código C/A, presente na portadora L1, apresentava, até o dia 1 de maio de 2000, precisão planimétrica melhor que 100m e altimétrica de 140m, durante 95% do tempo (Monico, 2007). Após a desativação da SA, houve uma melhora de 10 vezes nos resultados. Mesmo se a coleta de dados, sobre o mesmo ponto fixo, for de longa duração, a qualidade dos resultados não melhora significativamente, em razão dos vários erros sistemáticos envolvidos na observável utilizada. Esse método não atende aos requisitos de precisão intrínsecos ao posicionamento topográfico e geodésico (Monico, 2007).

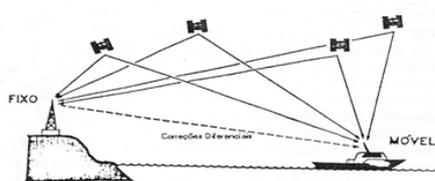
## Métodos de Posicionamento (DGPS)

DGPS (Differential GPS) – um receptor GNSS é estacionado numa estação de referência, onde são calculadas correções de coordenadas ou de pseudodistâncias, que são transmitidas para os usuários da estação a ser posicionada. Este método foi desenvolvido visando a reduzir os efeitos da SA imposta ao GPS no modo Absoluto. É uma técnica que não só melhora a acurácia, mas também a integridade do GPS. Estando a estação base localizada nas proximidades da região de interesse, há uma forte correlação entre os erros calculados na estação base e os erros da estação móvel.

# Métodos de Posicionamento (DGPS)

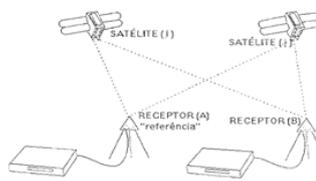
## TIPOS DE DGPS

### DGPS em Tempo Real



- Transmissor e receptor de rádio;
- Receptor fixo determina as correções;
- As correções são enviadas para o móvel;
- Precisões: 1m;

### DGPS Pós-Processado



- Não usa equipamentos de rádio;
- Correção a posteriori;
- Controle sobre os dados;
- Precisões: 0,5m.

# Métodos de Posicionamento (Relativo)

No Posicionamento relativo, um receptor é instalado em um ponto cujas as coordenadas são conhecidas, que constitui a base do levantamento, e um receptor móvel percorre os pontos a serem posicionados, para coleta de dados;

O usuário deve dispor de no mínimo, dois receptores geodésicos, ou utilizar apenas um, e dispor de dados obtidos de uma ou mais estações de referência dos Sistemas de Controle Ativo (SCA), como por exemplo, a RBMC / IBGE (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo). Neste método, a posição de ponto é determinada em relação à de outro(s), cujas as coordenadas são conhecidas. As coordenadas dos pontos conhecidos devem estar referenciáveis preferencialmente ao WGS84, ou a um sistema compatível, como o ITRF (International Terrestrial Reference Frame). O posicionamento relativo pode ser feito por meio dos métodos: Estático, Estático-Rápido, Cinemático, Cinemático em Tempo-Real, etc.

# RBMC / IBGE

## Rede de Marcos Geodésicos / Pref. Mun. de SP



Fonte:

[https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/arquivos/secretarias/planejamento/mapas/0002/marcos\\_sp.asp;](https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/arquivos/secretarias/planejamento/mapas/0002/marcos_sp.asp;)

## Métodos de Posicionamento (Relativo)

Método Estático

- L1 ou L1/L2;
- De 20 a 4 horas de rastreamento, no mínimo (recomendado), isso depende do tamanho da linha de base;
- Dados normalmente gravados a cada 15 segundos – taxa de coleta;
- Pós-processado;
- Precisão milimétrica;



## Métodos de Posicionamento (Relativo)

RINEX (*Receiver Independent Exchange Format*)

- Cada marca de receptor usa próprio formato binários para registrar as observáveis. Para facilitar o intercâmbio de dados foi desenvolvido o formato RINEX, o qual consiste de três arquivos em ASCII, quais sejam:
  - Observação (\*.yyo, \*.OBS...);
  - Mensagens de Navegação dos Satélites ou Efemérides Transmitidas (\*.yyn, \*.NAV...);
  - Dados meteorológicos (\*.yym, \*.MET...).

## Métodos de Posicionamento (Relativo)

### ☞ Método Estático-Rápido

- L1 ou L1/L2;
- Tempo de ocupação varia entre 5-20 minutos, dependendo do número de satélites;
- Dados normalmente gravados, taxa de registro, de 5 a 15 segundos;
- Pós-processado;
- Precisão submétrico ou centimétrico;

## Métodos de Posicionamento (Relativo)

### Método Cinemático

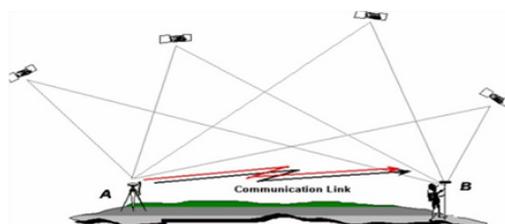
- L1 é suficiente;
- Dados normalmente gravados, taxa de registro, de 2 a 5 segundos, dependendo da Antena;
- Deve-se manter o sinal de no mínimo 4 SV's o tempo todo, ou reocupar uma estação com coordenadas conhecidas (dX, dY, dZ);
- Precisão submétrico ou centimétrico;



## Métodos de Posicionamento (Relativo)

### Método RTK (Real Time Kinematic)

- Exclusivo de receptores geodésicos L1/L2;
- Ambigüidades calculadas rapidamente;
- Não há necessidade de manter recepção contínua;
- Usa sistemas de rádio transmissão;
- Tão preciso quanto o estático;
- Alto custo;
- Precisão centimétrico ou milimétrico



## Métodos de Posicionamento (Relativo)

### 👉 Método RTK por Rede



## Exemplo de aplicações do GNSS

1. Mapeamentos Topográficos
  - Folhas Topográficas, perimétricas ou cadastrais;
  - Rede de Marcos Geodésicos para servir de apoio para levantamentos topográficos;
  - Pontos de apoio para Restituição Aerofotogramétrica;
  - Usa sistemas de rádio transmissão;
  - Altimetria / Perfis topográficos;
  - Etc.
2. Locações
  - Obras de Engenharia: Construções, estradas, barragens, etc.;
  - Talhões, piquetes, pastos, APP's, CAR, etc.

### 3. Agricultura de Precisão

Receptor GNSS com operador a pé ou em veículo leve para o georreferenciamento de amostras, medições e contagens.

Receptor GNSS embarcado e integrados em máquinas e implementos para monitorar e controlar plantio, colheita, subsolagem, adubação, aplicação de insumos



## BIBLIOGRAFIA

- ☞ MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: Descrição, fundamentos e aplicações**. 2ª ed. São Paulo. Editora UNESP, 2007;
- ☞ SEGANTINE, P. C. L. **GPS – Sistema de Posicionamento Global**. 1ª ed. São Carlos. Editora EPUSP, 2005;
- ☞ Recomendações para Levantamentos Relativos Estáticos (GPS) – Fundação IBGE – 2008. ([ftp://geofp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/pdf/recom\\_gps\\_internet.pdf](ftp://geofp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/pdf/recom_gps_internet.pdf)). Acessado em 26 de outubro de 2015;

## BIBLIOGRAFIA – SITES

<https://www.gps.gov/systems/gnss/>

<https://www.gsa.europa.eu/european-gnss/what-gnss>

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

<http://en.beidou.gov.cn/>













**ANEXO**  
**APOSTILA ELABORADA POR**  
**EDMILSON MARTINHO VOLPI - 2012**



## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	9
1.1	DEFINIÇÕES E CONCEITO EM CARTOGRAFIA .....	9
1.2	HISTÓRICO DA CARTOGRAFIA .....	10
1.3	O CAMPO DE ATUAÇÃO DA CARTOGRAFIA .....	13
2	O GEÓIDE E O PROBLEMA DA REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA .....	15
2.1	INTRODUÇÃO .....	15
2.2	O GEÓIDE .....	16
2.3	O ELIPSÓIDE OU ESFERÓIDE .....	17
2.4	A ESCOLHA DE UMA SUPERFÍCIE ADEQUADA DE REFERÊNCIA PARA O MAPEAMENTO .....	20
2.4.1	A SUPERFÍCIE PLANA DE REPRESENTAÇÃO .....	21
2.4.2	A HIPÓTESE ESFÉRICA .....	22
2.4.3	A HIPÓTESE ELIPSÓIDICA .....	22
3	PROJEÇÕES CARTOGRÁFICAS .....	24
3.1	O CONCEITO DE PROJEÇÃO .....	24
3.2	O CONCEITO DE DISTORÇÃO .....	25
3.3	PROPRIEDADES ESPECIAIS DAS PROJEÇÕES .....	27
3.3.1	CONFORMIDADE .....	28
3.3.2	EQUIVALÊNCIA .....	29
3.3.3	EQÜIDISTÂNCIA .....	29
3.4	CLASSIFICAÇÃO DAS PROJEÇÕES .....	30
3.4.1	QUANTO ÀS PROPRIEDADES .....	30
3.4.2	QUANTO À SUPERFÍCIE DE PROJEÇÃO .....	30
3.4.3	QUANTO AO MÉTODO DE TRAÇADO .....	34
4	PROJEÇÃO UTM - O SISTEMA UTM .....	36
4.1	INTRODUÇÃO .....	36
4.2	ESPECIFICAÇÕES .....	37
4.2.1	SISTEMA GAUSS-KRÜGER - (GAUSS 3) .....	38
4.2.2	SISTEMA GAUSS-TARDI - (GAUSS 6) .....	38
4.3	SISTEMA UTM .....	39
4.4	TRANSFORMAÇÃO DE COORDENADAS .....	44
5	ESCALA E ESCALAS .....	46
5.1	CONCEITO DE ESCALA .....	46
5.2	FORMAS DE EXPRESSÃO DE ESCALA .....	47
5.3	ESCALA GRÁFICA .....	50
6	A CARTA TOPOGRÁFICA .....	52
6.1	INTRODUÇÃO .....	52
6.2	ORGANIZAÇÃO DA FOLHA DE CARTA TOPOGRÁFICA .....	53
6.2.1	DESCRIÇÃO GERAL DA FOLHA .....	54
7	REPRESENTAÇÃO DO RELEVO NAS CARTAS TOPOGRÁFICAS .....	64
7.1	INTRODUÇÃO .....	64
7.2	FORMAS DE REPRESENTAÇÃO DO RELEVO .....	65
7.3	NOMENCLATURA DO TERRENO .....	75



CETESB

---

---

## 1 – Introdução

### 1.1 Definições e Conceito em Cartografia

Etmologicamente, Cartografia é uma palavra derivada do grego “*graphein*”, significando escrita ou descrita e do latim “*charta*”, com o significado de papel. Mostra, portanto uma estreita ligação com a apresentação gráfica da informação, através da sua descrição em papel. Foi criada em 1839 pelo historiador português Visconde de Santarém, em carta escrita em Paris e dirigida ao historiador brasileiro Adolfo Varnhagen. Antes de o termo ser divulgado e conseqüentemente consagrado na literatura mundial, usava-se tradicionalmente como referência, o vocábulo *Cosmografia*, que significa astronomia descritiva.

Uma definição simplista pode ser estabelecida, apresentando-a como, segundo a ONU, a “*ciência que trata da concepção, estudo, produção e utilização de mapas*”. Outras definições, mais complexas e mais atualizadas fornecem uma visão mais profunda dos elementos, funções e processos que a compõem, tais como a estabelecida pela Associação Cartográfica Internacional (ICA), em 1973, que a apresenta como: “*A arte, ciência e tecnologia de construção de mapas, juntamente com seus estudos como documentação científica e trabalhos de arte. Neste contexto mapa deve ser considerado como incluindo todos os tipos de mapas, plantas, cartas, seções, modelos tridimensionais e globos, representando a Terra ou qualquer outro corpo celeste*”. A mesma ICA em 1991, apresentou uma nova definição, nos termos seguintes: “*ciência que trata da organização, apresentação, comunicação e utilização da geoinformação, sob uma forma que pode ser visual, numérica ou tátil, incluindo todos os processos de elaboração, após a preparação dos dados, bem como o estudo e utilização do mapas ou meios de representação em todas as suas formas*”.

Esta é uma das definições mais atualizadas, incorporando conceitos que não eram citados anteriormente, mas nos dias atuais praticamente já estão diretamente associados à Cartografia. Ela extrapola o conceito da apresentação cartográfica, devido à evolução dos meios de apresentação, para todos os demais compatíveis com as modernas estruturas de representação da informação. Apresenta o termo **geoinformação**, caracterizando um aspecto relativamente novo para a Cartografia em concepção, mas não em utilização, pois é uma abordagem diretamente associada à representação e armazenamento de informações. Trata-se, porém, de associar a Cartografia como uma **ciência de tratamento da informação**, mais especificamente de informações gráficas, que estejam vinculadas à superfície terrestre, sejam elas de natureza física, biológica ou humana. Dessa forma a **informação geográfica** sempre será a principal informação contida nos documentos cartográficos.

Fica também evidenciado, de uma maneira geral, que a Cartografia tem por objetivo o estudo de todas as formas de elaboração, produção e utilização da representação da informação geográfica. Continua a caracterizar a importância do mapa, como uma das

principais formas de representação da informação geográfica, incluindo outras formas de representação e aspectos de armazenamento da informação cartográfica, principalmente os definidos por meios computacionais.

A utilização de mapas e cartas é um aspecto bastante desconsiderado pelos usuários da Cartografia. Uma grande maioria de usuários utiliza mapas e cartas, sem conhecimentos cartográficos suficientes para obtenção de um rendimento aceitável que o documento poderia oferecer. Geralmente um guia de utilização é desenvolvido, através de manuais distintos ou legendas específicas e detalhadas, destinados a usuários que possuem uma formação cartográfica limitada. Ao usuário, no entanto, cabe uma boa parcela do sucesso de um documento cartográfico, podendo a divulgação e a utilização de um documento cartográfico ser equiparada a um livro. Um documento escrito sem leitores, pode perder inteiramente a finalidade de sua existência e da mesma forma isto pode ser estendido para um mapa, ou seja, um mapa mal lido ou mal interpretado pode induzir a informações erradas sobre os temas apresentados.

## **1.2 - Histórico da Cartografia**

O histórico da Cartografia é tão extenso quanto à própria história da humanidade. Não se sabe quando o primeiro “cartógrafo” elaborou o primeiro mapa. Não há dúvidas porém que este seria uma representação bastante bruta em argila, areia ou desenhada em uma rocha.

Na Antiguidade, um dos mapas mais antigos conhecidos, data de aproximadamente 5.000 A.C., mostrando montanhas, corpos d`água e outras feições geográficas da Mesopotâmia, gravadas em tábuas de argila.

Datam desta época também mapas com a mesma estrutura, do vale do Rio Eufrates e do rio Nilo.

Aos fenícios são atribuídas as primeiras cartas náuticas, que serviam de apoio à navegação, bem como as primeiras sondagens e levantamentos do litoral.

Na Grécia, à época de Aristóteles (384-322 A.C.), a Terra foi reconhecida como esférica pelas evidências da diferença de altura de estrelas em diferentes lugares, do fato das embarcações aparecerem “subindo o horizonte” e até mesmo pela hipótese de ser a esfera a forma geométrica mais perfeita.

Por volta de 200 A.C., o sistema de latitude e longitude e a divisão do círculo em 360° já era bem conhecida.

Estimativas do tamanho da Terra foram realizadas por Eratóstenes (276-195 AC) e repetido por Posidônio (130-50 A.C.), através da observação angular do Sol e estrelas.

O processo de Eratóstenes consistia em medir a diferença da vertical do Sol ao longo do meridiano que unia Alexandria a Syene (atual Aswan)

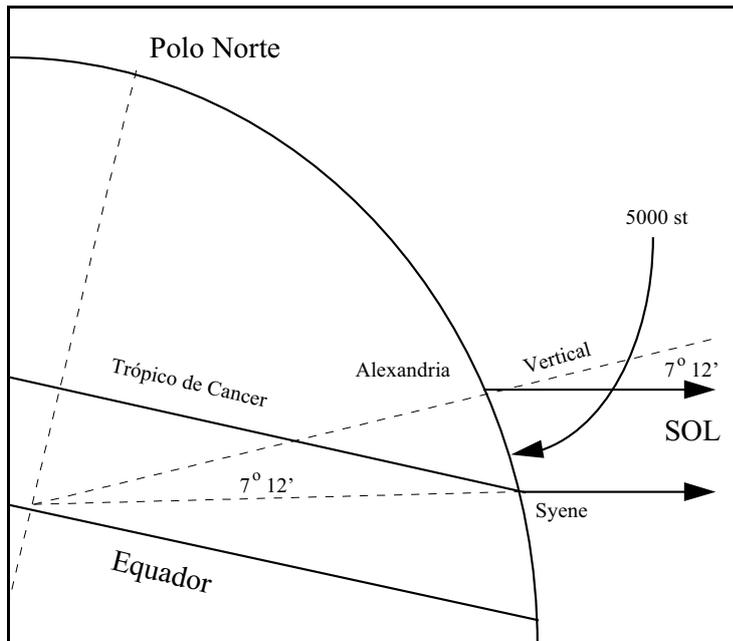


Figura 1 - O processo de Eratóstenes

Sabendo-se que a distância entre as duas cidades – 5.000 estádios (1st = 185m), verificou-se que a diferença entre a posição do Sol nas duas cidades - 7°12' equivalia a 1/50 do círculo completo, logo ter-se-ia como o valor da circunferência terrestre cerca de 46.250 km, ou seja, valor apenas 15% maior do que o real, o que para os métodos da época são valores bastante razoáveis. Eratóstenes errou por duas razões: a distância entre as duas cidades não era exatamente de 5.000 st, nem as duas cidades estavam

situadas no mesmo meridiano. Caso isto tivesse ocorrido, o seu erro estaria em torno de 2% da medida real!

Pelas referências existentes, os mapas eram documentos de uso corrente para os gregos, como pode ser verificado pela edição de 26 mapas, trabalhados por Claudius Ptolomeu (90-160 D.C.), em seu tratado simplesmente intitulado GEOGRAFIA.

Os romanos interessavam-se pela Cartografia apenas com fins práticos: cartas administrativas de regiões ocupadas e representações de vias de comunicação, como podem ser observadas nas tábuas de PEUTINGER.

Na Idade Média, como praticamente ocorreu em toda a humanidade, há um retrocesso no desenvolvimento da Cartografia. Existem poucas referências, e as que existem carecem de qualquer base científica. São apenas esboços e croquis desprovidos de beleza e funcionalidade. Os de melhor representação são devido aos árabes. Os europeus são pobres, sem nenhuma base científica.

Com o Renascimento inicia-se também o ciclo das grandes navegações. As descobertas marítimas dos Escandinavos não acrescentam nenhum material novo ao conhecimento do mundo, exceto a descoberta da bússola a partir do século XIII.

Ao fim da Idade Média e início da Moderna, surgem os **PORTULANOS**, cartas com a posição dos portos de diferentes países, bem como indicação do Norte e Sul (Rosa dos Ventos), voltadas para a navegação e comércio. As cartas passam a ser artisticamente desenhadas, surgindo a impressão das primeiras cartas com Gutenberg, em 1472 ( Etimologia de Isidoro de Sevilha / 1560 - 1632).

Desenvolve-se neste período o primeiro sistema de projeção cartográfica, devido a Gerhardt Kremer dit Mercator. Deve-se a Abraham Oertel dit Ortelius (1527 - 1598) a edição do primeiro ATLAS em 1570 sob o nome de THEATRUM ORBIS TERRARUM.

A Idade Moderna trás com a política de expansão territorial e colonial a necessidade de conhecimentos mais precisos das regiões. Surgem as primeiras triangulações no século XVIII com os franceses e italianos, estabelecendo-se um modelo matemático geométrico perfeito de representação terrestre.

Cassini desenvolve o primeiro mapa da França, com auxílio da astronomia de posição (escala de 1/86.400), em 1670.

Os processos de cálculo, desenho e reprodução são aprimorados. Nomes como Clairout, Gauss, Halley, Euler desenvolvem a base matemática e científica da representação terrestre.

Utiliza-se correntemente a Topografia, Geodésia e Astronomia de precisão nos desenvolvimentos de mapas.

Os sistemas transversos de Mercator, aperfeiçoados por Gauss e Krüger são criados e aplicados no mapeamento da Alemanha.

No século XX, muitos fatores ajudam a promover uma aceleração acentuada no desenvolvimento da Cartografia. Pode-se incluir o aperfeiçoamento da litografia, a invenção da fotografia, da impressão a cores, o incremento das técnicas estatísticas, o aumento do transporte de massas.

A invenção do avião foi significativa para a Cartografia. A junção da fotografia com o avião, tornou possível o desenvolvimento da fotogrametria, ciência e técnica que permite o rápido mapeamento de grandes áreas, através de fotografias aéreas, gerando mapas mais precisos de grandes áreas, a custos menores que o mapeamento tradicional. Desenvolvem-se técnicas de apoio que incrementam a sua utilização.

Surtem os equipamentos eletrônicos para determinação de distâncias, aumentando a precisão das observações, assim como a rapidez na sua execução.

O emprego de técnicas de fotocartas, ortofotocartas e ortofotomapas geram documentos confiáveis e de rápida confecção.

A utilização de outros tipos de plataformas imageadoras para a obtenção da informação cartográfica, tais como radares (RADAM, SLAR), satélites artificiais imageadores (LANDSAT, TM e SPOT), satélites RADAR (RADARSAT), vem modernamente revolucionando as técnicas de informação cartográfica para o mapeamento, abrindo novos e promissores horizontes, através de documentos tanto confiáveis como de rápida execução..

## 1.2 - O Campo de Atuação da Cartografia

Pelo histórico apresentado, é fácil ver que a Cartografia é uma atividade bastante antiga, porém pode-se perfeitamente delimitar aplicações específicas ao longo da sua história. Inicialmente como apoio às explorações, especialmente os mapas de navegação e aplicação comercial. Poucas eram as aplicações que fugiam a esses objetivos. Por outro lado eram poucos os que se dedicavam à elaboração e construção de mapas, isto no decorrer de séculos, praticamente até o século XIX.

No decorrer do século XIX e início do século XX, conforme o aumento da demanda de mapas para fins mais específicos, foram criadas instituições que se dedicam exclusivamente à elaboração de cartas e mapas, tanto com propósitos gerais, como com propósitos definidos.

Hoje em dia a maior parte dos países possuem organizações governamentais dedicadas à construção de cartas, com as mais diversas finalidades. Existem outras organizações, públicas e privadas, com finalidades semelhantes, para atuação cartográfica apenas nas suas áreas específicas.

Os **avanços técnicos** nos processos de construção de cartas, a **necessidade crescente** de informação georreferenciada, tanto para a **educação, pesquisa**, como apoio para **tomada de decisões**, a nível governamental ou não, caracteriza o mapa como uma ferramenta importante, tanto para análise de informações, como para a sua divulgação, em quaisquer áreas que trabalhem com a informação distribuída sobre a superfície terrestre.

- Caracterizar uma tabela com uma distribuição de ocorrência de cólera.
- Mostrar a tabela e um mapa.
- Definir o que se pode obter com a visualização do mapa.

- A tabela oferece uma visão quantitativa do fenômeno.
- O mapa oferece tanto esta visão, como a distribuição espacial, permitindo cruzamento de outros tipos de informações e a conseqüente análise deste cruzamento.

Por Ex: - Ocorrência c/ águas poluídas

- Ocorrência c/ consumo de pescado
- Ocorrência c/ favelas
- Ocorrência c/ migração

Dividir a Cartografia em áreas de aplicação é tão difícil quanto classificar os tipos de cartas e mapas.

Normalmente usa-se caracterizar duas classes de operações para a Cartografia:

- preparação de mapas gerais, utilizados para referência básica e uso operacional. Esta categoria inclui mapas topográficos em grande escala, cartas aeronáuticas hidrográficas.

- preparação de mapas usados para referência geral e propósitos educacionais e pesquisa. Esta categoria inclui os mapas temáticos de pequena escala, atlas, mapas rodoviários, mapas para uso em livros, jornais e revistas e mapas de planejamento.

Dentro de cada categoria existe uma considerável especialização, podendo ocorrer nas fases de levantamento, projeto, desenho e reprodução de um mapa topográfico.

A primeira categoria trabalha inicialmente a partir de dados obtidos por **levantamentos de campo** ou **hidrográficos**, por **métodos fotogramétricos** ou de **sensores remotos**.

São fundamentais as considerações sobre a **forma da Terra**, **nível do mar**, **cota de elevações**, **distâncias precisas** e **informações locais detalhadas**.

Utilizam-se instrumentos eletrônicos e fotogramétricos complexos e o sensoriamento remoto tem peso importante na elaboração dos mapas.

Este grupo inclui as **organizações governamentais de levantamento**.

No Brasil são as seguintes:

- Fundação IBGE
- Diretoria de Serviço Geográfico
- Diretoria de Hidrografia e Navegação

- Instituto de Cartografia Aeronáutica

A outra categoria que inclui a Cartografia Temática trabalha basicamente com os mapas elaborados pelo primeiro grupo, porém está mais interessada com os aspectos de **comunicação da informação geral** e a **delineação gráfica efetiva** dos relacionamentos, generalizações e conceitos geográficos.

O domínio específico do assunto pode ser extraído da **História, Economia, Planejamento Urbano e Rural, Sociologia, Engenharias** e outras tantas áreas das **ciências físicas e sociais**, bastando que exista um **georeferenciamento**, ou seja, uma **referência espacial** para a **representação do fenômeno**.

Orgãos que no Brasil dedicam-se à elaboração de mapas temáticos:

- Fundação IBGE
- DNPM / CPRM - Mapas geológicos
- EMBRAPA - solos, uso de solos, pedologia
- Institutos de Terras - planejamento rural
- Governos Estaduais e Municipais (incipiente)
- DNER - mapas rodoviários

## **2 - O Geóide e o Problema da Representação Cartográfica**

### **2.1 - Introdução**

A Geodésia é uma ciência que se ocupa do estudo da forma e tamanho da Terra no aspecto geométrico e com o estudo de certos fenômenos físicos tais como a gravidade e o campo gravitacional terrestre, para encontrar explicações sobre as irregularidades menos aparentes da própria forma da Terra. O assunto é intimamente ligado com mapeamento e Cartografia.

A maior parte das evidências sobre a forma e tamanho da Terra é baseada em levantamentos geodésicos. Por outro lado é necessário se conhecer o tamanho da Terra e sua grandeza, para se poder representá-la em mapas, em uma escala desejada.

Sabe-se que a Terra é um planeta de forma aproximadamente esférica e sobre o qual existem irregularidades da superfície definida pelas terras, mares, montanhas, depressões etc. Estas irregularidades topográficas não representam mais do que uma pequena aspereza da

superfície, comparadas ao tamanho da Terra. Considerando-se o raio da Terra com aproximadamente 6.371 km, a maior cota em torno de 9 km (Monte Everest) e a maior depressão por volta dos 11 km (Fossa das Marianas), a representação da Terra como um globo de 6 cm de raio mostra que a variação entre as duas cotas representará apenas 0,2 mm, ou seja, o limite de percepção do olho humano.

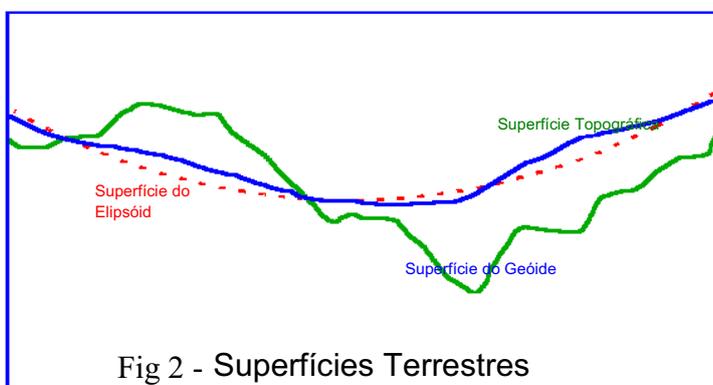
A idéia da Terra esférica data da época dos geômetras gregos, em torno de 600 A.C.. O primeiro trabalho com embasamento científico foi a experiência clássica de Eratóstenes, definindo as primeiras dimensões conhecidas para a Terra. Ainda durante o período grego, Aristóteles, através dos estudos sobre os movimentos da Terra, concluiu que deveria haver um achatamento nos pólos.

Somente próximo ao fim do século XVII, ISAAC NEWTON demonstrou que a forma esférica da Terra era realmente inadequada para explicar o equilíbrio da superfície dos oceanos. Foi argumentado que sendo a Terra um planeta dotado de movimento de rotação, as forças criadas pelo seu próprio movimento tenderiam a forçar quaisquer líquidos na superfície para o Equador. Newton demonstrou através de um modelo teórico simples que o equilíbrio hidrostático seria atingido, se o eixo equatorial da Terra fosse maior que o seu eixo polar. Isto é, equivalente a um corpo que seja achatado nos pólos.

## 2.2 - O Geóide

A forma da Terra, na realidade, é única. É definida como um **Geóide**, que significa a forma própria da Terra.

O geóide é definido pela superfície do nível médio dos mares supostamente prolongado sob os continentes. Assim ele está ora acima, ora abaixo da superfície definida como a superfície topográfica da Terra, ou seja, a superfície definida pela massa terrestre.



A superfície do Geóide (nível médio dos mares) é propriamente definida como sendo uma superfície equipotencial - igual potencial gravitacional -, onde a direção da gravidade é perpendicular a ela em todos os lugares.

Devido á variações na densidade dos elementos constituintes da Terra e também por serem estes irregularmente distribuídos, o Geóide normalmente eleva-se sobre os continentes e

afunda nas áreas oceânicas. Isto mostra outras perturbações e depressões com uma variação de 60 m.

A significância do Geóide para o mapeamento e a Cartografia é efetiva, uma vez que todas as observações na Terra são realizadas sobre o Geóide.

Como o Geóide é irregular, a direção da gravidade não é, em todos os lugares, direcionada para o centro da Terra, e por outro lado, a sua forma não permite uma redução precisa das observações, por não ser matematicamente definido.

### 2.3 - O Elipsóide ou Esferóide

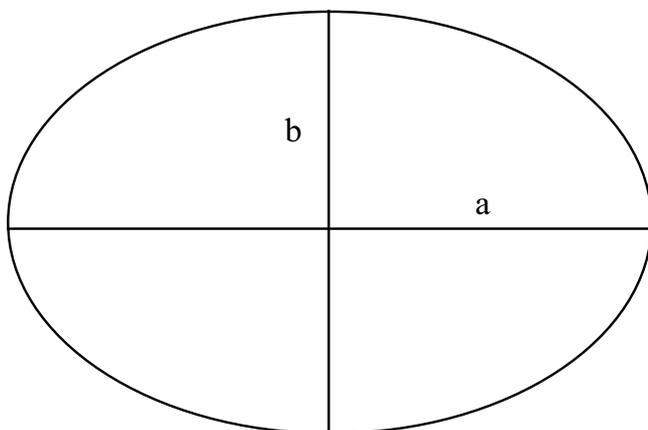
Além das irregularidades causadas pelas variações da densidade terrestre, da distribuição dos elementos componentes da Terra, o Geóide é ainda mais deformado da aproximação de uma esfera, pela existência do movimento de rotação terrestre.

Devido à rotação em torno do seu eixo, a Terra incha na área equatorial, enquanto achata-se nos pólos, efetuando o equilíbrio hidrostático da sua massa. A diferença real entre o raio equatorial e o polar é de aproximadamente 23.0 km, sendo o raio equatorial maior que o polar.

Para o mapeamento preciso de grandes áreas, tais como o mapeamento geodésico, uma figura regular geométrica deve ser considerada, matematicamente definida, para que os cálculos sejam igualmente precisos.

As reduções ao Geóide são inconsistentes devido às diferenças na direção da gravidade. Esta limitação pode ser contornada pela redução ou transferência dos dados para uma figura geométrica que mais se aproxime do Geóide.

Esta figura é um elipsóide de revolução, gerada por uma elipse rotacionado em torno do seu eixo menor.



A elipse possui dois eixos **2a** (eixo maior) e **2b** (eixo menor), **a** e **b** representam os semi-eixos maior e menor, respectivamente.

A razão que exprime o achatamento ou a elipticidade é dada pela expressão:  $f = \frac{(a-b)}{a}$

Para a Terra esse valor é definido em torno da razão de 1/300.

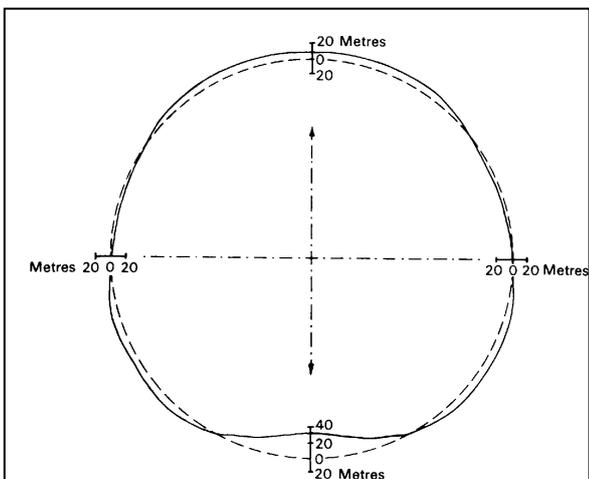
Fig 3 – Elipsóide de Revolução

Sabe-se que a diferença entre os dois semi-eixos terrestres é de aproximadamente 11,5 Km, ou seja, o eixo polar é cerca de 23 Km mais curto que o eixo equatorial.

Para uma redução de escala de 1/100.000.000, o que representa a Terra com um raio equatorial de 6 cm, a diferença para o raio polar será da ordem de 0,2 mm, valor imperceptível, uma vez que é a largura do traço de uma linha.

Equivale a dizer com o que foi explanado acima, que para pequenas escalas o achatamento é menor do que a largura das linhas usadas para o desenho, portanto, negligenciável.

Tira-se uma importante conclusão sob o ponto de vista cartográfico, que permite estabelecer a



Terra como esférica para determinados propósitos.

Entretanto deve-se notar que qualquer tentativa de representar o elipsóide terrestre por meio de um elipsóide reconhecível, deve envolver um considerável exagero, uma vez que é imperceptível a diferença entre os dois semi-eixos.

Isto pode conduzir por sua vez a uma má interpretação de algumas ilustrações retratando

a geometria do elipsóide.

Como o elipsóide de revolução aproxima-se muito da esfera, é também tratado na literatura como esferóide. Ambos os termos (elipsóide e esferóide) têm o mesmo significado.

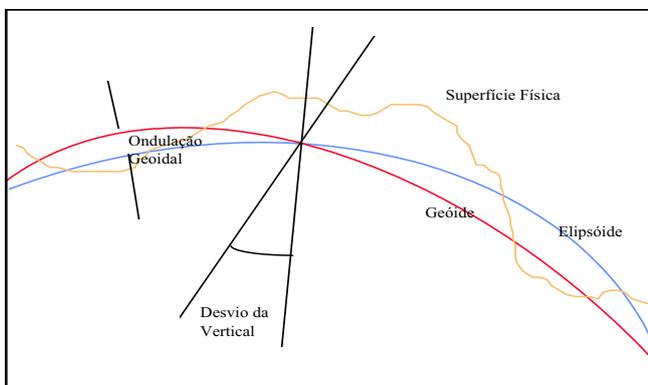


Fig. 5 – Superfícies Terrestres

As medições da figura da Terra são desenvolvidas de cinco diferentes formas, determinando seu tamanho e sua forma:

- medição de arcos astro-geodésicos na superfície terrestre;
- medições da variação da gravidade na superfície;
- medição de pequenas perturbações na órbita lunar;
- medição do movimento do eixo de

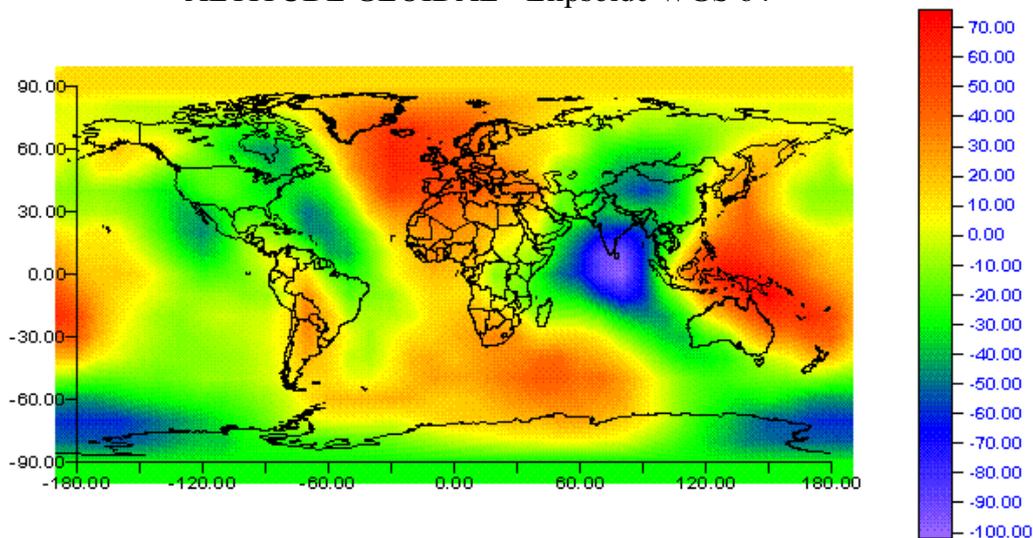
rotação da Terra em relação às estrelas;

- medição do campo gravitacional terrestre a partir de satélites artificiais.

Estas medições, além de definirem o Geóide pela determinação da sua superfície equipotencial, estabelecem o elipsóide melhor adaptado à superfície terrestre, seja ele de âmbito global ou local.

O relacionamento entre o Geóide e o elipsóide indica o desvio da vertical da superfície do Geóide, permitindo determinar as cartas geodésicas, estabelecendo o desnível geoidal (diferença entre o Geóide e o elipsóide em uma dada região). São elaborados por sua vez mapas geoidais, que mostram esses desníveis entre o geóide e o elipsóide.

ALTITUDE GEOIDAL - Elipsoide WGS 84



O elipsóide por sua vez pode ser determinado para adaptar-se a uma região, país ou continente, evitando a ocorrência de desníveis geoidais muito exagerados. A relação abaixo mostra alguns dos mais de 50 elipsóides existentes no mundo:

Nome	Data	a	b	f	Utilização
Delambre	1810	6376428	6355598	1/311,5	Bélgica
Everest	1830	6377276	6356075	1/300,80	Índia, Burma
Bessel	1841	6377997	6356079	1/299,15	Europa Central e Chile
Airy	1849	6377563	6356257	1/299,32	Inglaterra

Clarke	1866	6378208	6356584	1/294,98	USA
Hayford	1924	6378388	6356912	1/297,0	Mundial
Krasovsky	1940	6378245	6356863	1/298,30	Rússia
Ref. 67	1967	6378160	6356715	1/298,25	Brasil e América do Sul
WGS 84	1984	6378185	6356???	1/298,26	Mundial levantamento de satélites

## 2.4 - A escolha de uma Superfície Adequada de Referência para o Mapeamento

O conhecimento da forma e tamanho da Terra é necessário para descrevê-la momentaneamente, visando às necessidades de mapeamento.

O aumento de complexidade do modelo matemático muitas vezes é desnecessário face à magnitude dos valores expressos por um modelo mais simples. Assim, dependendo do objetivo e a significância dessas variações, deve-se considerar a possibilidade da utilização de diferentes superfícies de referência, que descrevam adequadamente a forma e o tamanho da Terra para o propósito que se destina.

A superfície terrestre é geometricamente mais complicada que o elipsóide, porém as variações do Geóide não ultrapassam algumas centenas de metros, variações essas que são praticamente negligenciáveis para a maior parte dos levantamentos e para a Cartografia.

Pode-se simplificar o problema apresentado e considerarem-se três diferentes formas de representar a forma e tamanho da Terra para diferentes propósitos:

- Um plano tangente à superfície terrestre;
- Uma esfera perfeita de raio apropriado;
- Um elipsóide de revolução de dimensões e achatamento adequados.

Essas três hipóteses estão listadas em ordem ascendente de refinamento, assim um elipsóide adequado representa melhor a forma da Terra do que uma esfera de raio equivalente.

Estão também ordenados em ordem crescente de dificuldade matemática. As formulações necessárias para definir posições; para estabelecer as relações entre ângulos e

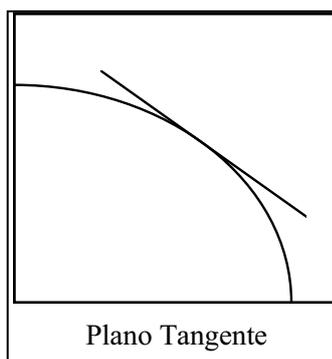
distâncias sobre um plano, são muito mais simples do que as definições para uma superfície curva de uma esfera, que por sua vez são mais simples do que as formulações estabelecidas para um elipsóide.

### 2.4.1 - A Superfície Plana de Representação

Pode parecer um retrocesso assumir a Terra com uma representação plana. Esta representação é, no entanto, muito útil por assumir simplificações que facilitam o trabalho de mapeamento.

Supor a Terra plana evita o problema da existência de um sistema de projeção a elaboração de um mapa ou levantamento.

Um plano tangente à superfície curva, tal como a figura mostra, tangente em A, está próximo à superfície na vizinhança deste ponto.



Se deseja-se mapear ou levantar feições que estejam próximos a A, pode-se assumir que a Terra é um plano, desde que os erros cometidos por esta hipótese simplificadora, sejam suficientemente pequenos para que possam influenciar no mapeamento executado.

Sendo a hipótese justificada, o levantamento pode ser calculado com a utilização da geometria plana. A plotagem na planta pode ser executada pela simples redução das dimensões na superfície pelo fator de escala considerado.

O problema central da argumentação é a definição da representação da “vizinhança do ponto A”, ou seja, qual o limite de representação da Terra plana, de forma que os erros advindos desta representação não tenham significância na área mapeada. Imediatamente isto implica, até intuitivamente, que a hipótese plana deva ser confinada à elaboração de mapas de pequenas áreas.

De uma forma geral, utiliza-se a hipótese plana no desenvolvimento de Cartografia cadastral, de áreas urbanas, plantas e outras formas de representação, em escalas variando de 1/500 até 1/10.000.

O limite de representação plana, sem outras considerações é definido por um círculo de 8 km de raio em torno do ponto de tangência do plano.

Apesar de não ser necessário o seu emprego, existem tipos de projeções com utilização específica na hipótese plana.

### 2.4.2 - A Hipótese Esférica

O fato de que em uma escala superior a 1/100.000.000 não existe praticamente diferença entre o tamanho dos eixos do elipsóide, implica que o uso principal da hipótese esférica ocorrerá na preparação de mapas de formato muito pequenos, mostrando grandes partes da superfície terrestre, isto é, um hemisfério, continente ou mesmo um país. Tal como aparecem nos Atlas.

Neste aspecto, questiona-se qual a escala máxima aproximada que justifica a utilização da hipótese esférica.

Estudos realizados, principalmente por Willian Tobler, através da comparação de erros angulares e lineares, mostraram que a maior escala possível de representação para uma área de aproximadamente 8.000.000 km<sup>2</sup>, estaria algo em torno de 1/500.000, porém os erros padrões indicavam que este número era muito otimista.

Genericamente, pela consideração do erro gráfico de 0,2 mm representando de 7 a 8 km, estar-se-ia limitado a uma representação em torno de 1/15.000.000 ou menor.

Em termos cartográficos práticos, assume-se a escala média de 1/5.000.000 como possível de representar a Terra como uma esfera.

O raio de representação é normalmente definido pelo raio terrestre médio, estabelecido pela formulação:  $R = \sqrt{M.N}$ , onde M é o raio da seção meridiana e N o raio da seção normal ao elipsóide, para o centro da latitude da região a representar.

Em termos gerais, valores de 6.370 a 6.372 km são utilizados normalmente para definir o raio terrestre com uma razoável precisão, na assunção da Terra como uma esfera.

### 2.4.3 - A Hipótese Elipsóidica

Obviamente o elipsóide ou o esferóide adapta-se melhor ao Geóide do que a esfera. Em razão disto, esta é a superfície de referência mais amplamente empregada em levantamentos e mapeamentos. Por outro lado possui uma superfície matematicamente desenvolvida, que permite a execução de cálculos diversos com uma precisão necessária para a cartografia de grandes áreas.

Para a execução do levantamento de um país, inicialmente é determinada uma rede de pontos sobre a sua superfície, que servirão de apoio a determinações posteriores.

Essa rede de pontos são determinados de 1ª ordem, ou de precisão, e estende-se por toda a região a se levantar.

Possuem alta precisão (da ordem do milímetro), podendo ser desenvolvida pelos processos clássicos planimétricos (Triangulações, Trilateração) ou modernamente com o auxílio de satélites de posicionamento geodésicos (NNSS e GPS).

Para que os cálculos possam ser desenvolvidos, determina-se o elipsóide que melhor se adapte à região (maior tangência e menores desníveis geodésicos).

Esta hipótese da figura elipsóidica gera menores erros na definição de uma superfície de referência para a Terra, sendo portanto a superfície ideal para o cálculo de precisão (cálculo geodésico).

Esta superfície portanto é apropriada à todas as escalas de mapeamento topográfico e de navegação, assim como para todas as cartas temáticas e especiais que se apoiem nestes levantamentos. Estima-se como o limite, a escala aproximada de 1/4.000.000 a 1/5.000.000.

A seleção de um elipsóide particular para uma região, é devido ao fato de parâmetros de um adaptar-se melhor aos dados observados do que qualquer outro.

No Brasil, a rede primária inicialmente estava desenvolvida sobre o elipsóide Internacional de Hayford, de 1924, sendo a origem de coordenadas estabelecida no ponto Datum de Córrego Alegre.

A partir de nossas observações e cálculos, o sistema geodésico brasileiro foi mudado para o SAD - 69 (South American Datum - 69) com elipsóide de referência de 67 e o ponto Datum estabelecido no ponto CHUÁ Astro Datum (Minas Gerais).

### 3 - Projeções Cartográficas

#### 3.1 – O Conceito de Projeção

Uma projeção de mapa ou um sistema de projeção cartográfica pode ser definido como sendo “qualquer representação sistemática de paralelos e meridianos retratando a superfície da Terra, ou parte dela, considerada em uma esfera ou esferóide, sobre um plano de referência”.

Toda projeção é uma forma de representação de coordenadas sobre um plano; a rede de coordenadas geográficas, a graticula, deve ser locada por coordenadas cartesianas ou polares, assim como qualquer outro meio, que represente coordenadas na projeção. Dessa forma, pode-se estabelecer que as projeções são transformações projetivas, que permitem transformar a superfície tridimensional da superfície terrestre em uma representação plana, ou seja bidimensional.

Cada ponto da superfície terrestre de coordenadas geográficas ou geodésicas  $(\varphi, \lambda)$ , deve ser definido em um plano por um único ponto de coordenadas  $(x, y)$  cartesianas ou  $(r, \theta)$  polares.

Em uma forma funcional, o relacionamento deve ser expresso como:

$$x = f_1(\varphi, \lambda),$$

$$y = f_2(\varphi, \lambda),$$

$$r = f_3(\varphi, \lambda),$$

$$\theta = f_4(\varphi, \lambda).$$

Em que  $f_i$  são funções que determinam cada uma das coordenadas na representação do mapa. Assim, fica estabelecido que cada ponto da superfície terrestre tenha um e apenas um ponto correspondente na carta ou mapa, ou seja, existirá uma correspondência um-para-um entre o mapa e a superfície terrestre, ou seja,  $x$  e  $y$  (ou  $r$  e  $\theta$ ), são funções de  $(\varphi, \lambda)$ .

Este relacionamento na realidade poderá ser até questionado mais tarde, uma vez que algumas projeções mostram o mesmo meridiano duas vezes, ou os pólos são representados por linhas ou alguma parte da superfície terrestre não seja representada. Mas isso são características intrínsecas à determinados tipos de projeções, que exigem representações duplas de mesmos meridianos ou paralelos, ou mesmo por relacionamentos matemáticos que não permitam a visualização de determinada porção terrestre. O principal motivo destes problemas é exatamente a superfície contínua da esfera ter de ser representada sobre um plano limitado.

Estas particularidades geralmente ocorrem nas bordas das projeções e devem ser tratadas como casos excepcionais ou pontos singulares. De qualquer forma, dentro do contexto das projeções cada ponto da superfície terrestre é representado apenas uma vez, e portanto a idéia de pontos correspondentes pode ser aplicado.

A correspondência entre a superfície e o mapa não pode ser exata por dois motivos básicos:

- Alguma transformação de escala deve ocorrer porque a correspondência 1/1 é fisicamente impossível.
- A superfície curva da Terra não pode ajustar-se a um plano sem a introdução de alguma espécie de deformação ou distorção, equivalente a esticar ou rasgar a superfície curva.

Estas deformações serão tanto maiores quanto maior for a área projetada, e quanto mais afastada for do **centro da projeção**. O centro de projeção caracteriza o local onde a distorção é nula. A área em torno do centro de projeção, onde as distorções são inferiores a certos valores limites, estabelecidos a priori em função da finalidade da projeção, caracteriza o **campo de projeção**. O termo deformação não é muito bem aplicado podendo levar à idéia do desconhecimento de formas e estruturas aplicadas. Já o termo distorção estabelece que exista um conhecimento prévio do comportamento da deformação.

### 3.2 - O Conceito de Distorção

O exame de um globo representativo da superfície terrestre mostra que a sua superfície não poderá ser transformada em um plano. É possível, porém, para um globo de dimensões de uma bola de futebol, ajustar-se um pedaço de papel, como por exemplo, um selo, sem deformá-lo ou rasgá-lo. Se este mesmo selo for colocado sobre a superfície de uma bola de ping-pong, dificilmente será conseguida a adaptação à superfície sem esticá-lo ou rasgá-lo, ou seja, sem uma deformação ser aplicada.

As distorções ou deformações são tanto maiores quanto maior a área representada, e terão características próprias segundo a forma de relacionamento entre a superfície terrestre e a representação plana correspondente, caracterizando a projeção adotada.

A figura abaixo apresenta uma representação plana da Terra pelo corte da superfície esférica ao longo dos paralelos de  $\pm 15^\circ$ ,  $\pm 45^\circ$  e  $\pm 75^\circ$  e ao longo do meridiano de Greenwich. Aproxima-se do corte de uma laranja. É possível desta forma, realizar-se uma planificação razoável.

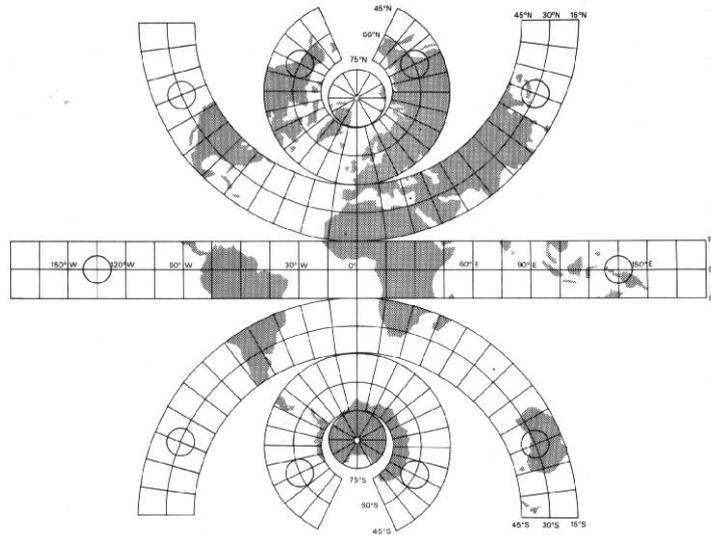


Figura 8 - Representação Terrestre por cortes ao longo dos paralelos

Esta representação faz com que alguns paralelos sejam mostrados duas vezes, gerando uma descontinuidade do mapa e deixando vazios entre os paralelos.

Desejando-se evitar estes vazios, ou seja, o mapa mostrar a superfície de forma contínua, deve-se fechar os vazios esticando-se cada zona em uma direção ao longo dos meridianos até a coincidência dos paralelos, conforme mostra a figura abaixo.

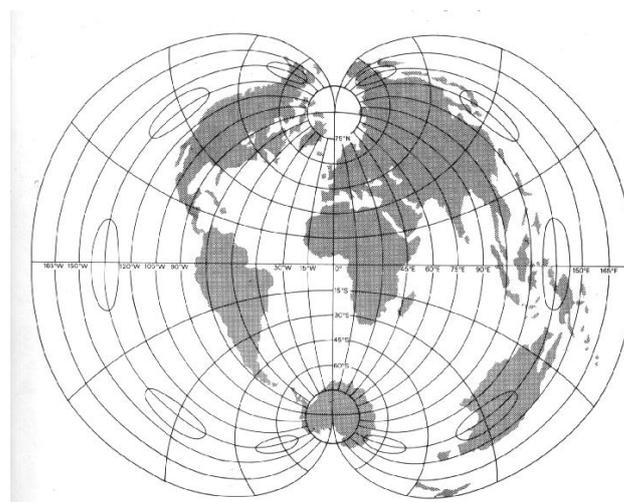
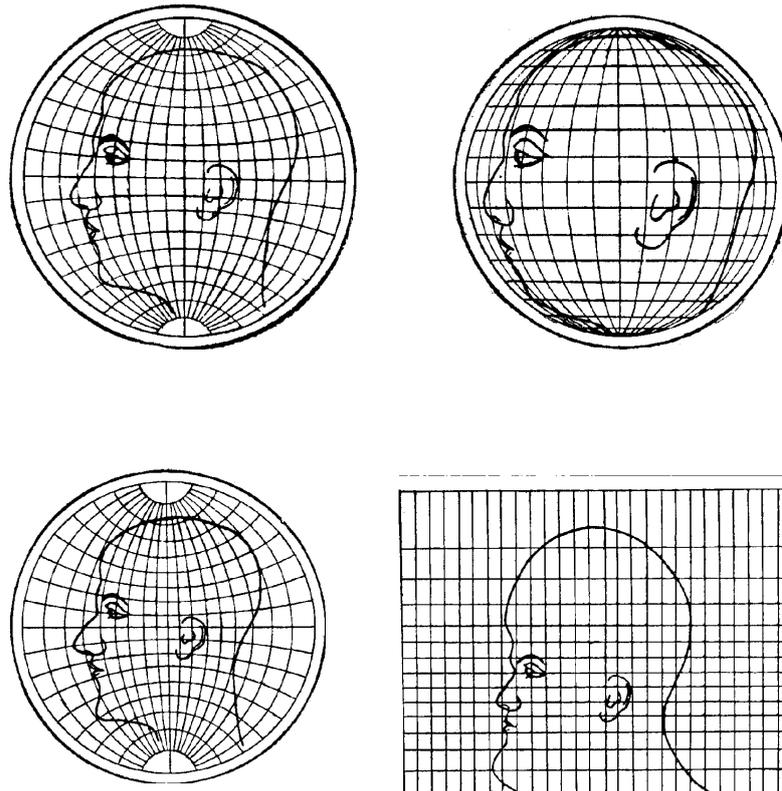


Figura 9 - Representação contínua da Terra

Comparando-se as figuras, pode-se verificar que a deformação cresce à medida que se aproxima das bordas do mapa. A quantidade de distorção pode ser visualizada pela deformação dos círculos na figura anterior, para as elipses da figura.

Uma notável ilustração de distorções e deformações pode ser vista nas figuras. Um rosto foi desenhado sobre a projeção globular, sendo depois transportado para as projeções ortográfica, estereográfica e de Mercator.



Figuras 10 a, b, c e d - Distorções

Isto não quer dizer que uma projeção é melhor que outra, por que a figura pode ser desenhada em outra projeção e transportada para a inicial, gerando também distorções.

### 3.3 - Propriedades Especiais das Projeções

Apesar do fato da escala principal ser preservada em algumas linhas ou pontos em uma projeção e as escalas específicas serem variáveis em posição e direção no mapa, é possível criar combinações de escalas específicas que podem ser mantidas por todo o mapa, exceção feita apenas nos pontos singulares, onde não se mantêm as características projetivas.

Estas combinações são denominadas **propriedades** das projeções (ou propriedades especiais) e podem ser definidas como as **propriedades de uma projeção que surgem do relacionamento entre as escalas máxima e mínima em qualquer ponto e são preservadas em todo o mapa, exceto em seus pontos singulares.**

As mais importantes dessas propriedades são:

- Conformidade
- Equivalência
- Eqüidistância

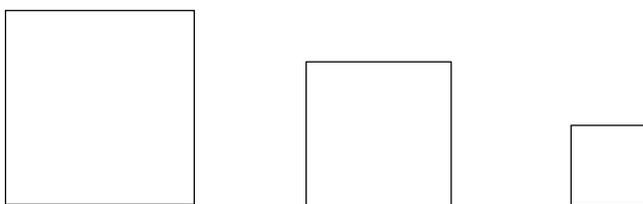
### 3.3.1 - Conformidade

Uma projeção conforme é uma projeção em que a escala máxima é igual à mínima em todas as partes do mapa ( $a = b$ ).

Um pequeno círculo na superfície terrestre se projetará como um círculo na projeção, caracterizando uma deformação angular nula.

Assim as **pequenas formas** são preservadas e os **ângulos** de lados muitos curtos também são preservados. Isto é uma característica necessária aos mapas que servirão a propósitos de medição de ângulos ou direções. Ou seja, os ângulos em torno de um ponto são mantidos. Incorretamente esta propriedade é referenciada como uma projeção de formas verdadeiras. Na realidade só a forma de pequenas áreas são preservadas. Grandes áreas, de características regionais ou globais são distorcidas em sua configuração geral.

A variação de escala é constante em todas as direções em torno de um ponto qualquer. Fora do centro de projeção podem existir grandes alterações.



ÂNGULOS E PEQUENAS FORMAS PRESERVADOS

Figura 11 - Manutenção de áreas e formas

Não havendo deformação angular, as intercessões da graticula (paralelos e meridianos) são ortogonais, independentemente da natureza dos paralelos e meridianos mapeados, mas não quer dizer que todas as projeções que tenham esta característica sejam conformes.

Serve para todos os empregos relativos a direção dos ventos, rotas, cartas topográficas, etc.

### 3.3.2 - Equivalência

As escalas máxima e mínima são recíprocas:  $a.b = 1$ , mantendo uma escala de área uniforme. Deforma muito em torno de um ponto, porque a escala varia em todas as direções.

O princípio da equivalência é a manutenção das áreas de tamanho finito. Um aspecto importante das projeções equivalentes é a sua habilidade de que todo ou parte do globo pode ser mapeado em um quadrado, retângulo, círculo ou elipse, ou outra figura geométrica qualquer, tendo a mesma área da parte do globo.



Figura 12 - Conservação de áreas

Devido às suas deformações não interessa à cartografia de base, porém é de muito interesse para a cartografia temática.

### 3.3.3 - Eqüidistância

Uma escala específica é mantida igual à escala principal ao longo de todo o mapa. Por exemplo: a escala ao longo de um meridiano  $h = 1.0$ . Assim sob certas condições, as distâncias são mostradas corretamente. A eqüidistância porém, não mantida em todo o mapa, a escala linear é correta apenas ao longo de determinadas linhas ou a partir de um ponto específico.

É menos empregada que as projeções conforme ou equivalentes, porque raramente é desejável um mapa com distâncias corretas em apenas uma direção.

No entanto os mapas eqüidistantes são bastante usados em Atlas, mapas de planejamento estratégico e representações de grandes porções da Terra onde não é necessário preservar as outras propriedades, pelo fato do aumento da escala de área ser mais lento dos que nas projeções conformes e equivalentes.

### 3.4 - Classificação das Projeções

As projeções cartográficas podem ser classificadas segundo diversos tipos de características.

- Propriedades
- Superfície de projeção
- Método de traçado

#### 3.4.1 - Quanto às Propriedades

Quanto às propriedades, é uma repetição do item anterior, podem ser divididas em:

- Conformes
- Equivalentes
- Eqüidistantes
- Afiláticas

Nenhuma dessas propriedades pode coexistir, por serem incompatíveis entre si. Uma projeção terá uma e somente uma dessas propriedades.

As projeções afiláticas não conservam área, distância, forma ou ângulos, mas podem apresentar alguma outra propriedade específica que justifique a sua construção.

#### 3.4.2 - Quanto à Superfície de Projeção

A superfície de projeção é a figura geométrica que estabelecerá a projeção plana do mapa.

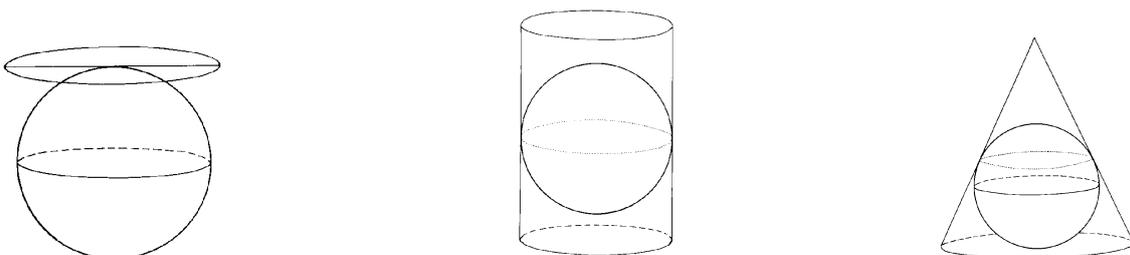


Figura 13 - Superfícies de projeção – tangentes

Podem ser:

- Planas ou Azimutais: quando a superfície for um plano.
- Cilíndricas: quando a superfície for um cilindro.
- Cônicas: quando a superfície for um cone.

Conforme o contato da superfície de projeção com o globo, podem ainda ser classificadas em:

- Tangentes, mostradas nas três figuras anteriores e
- Secantes, mostradas nas três figuras seguintes.

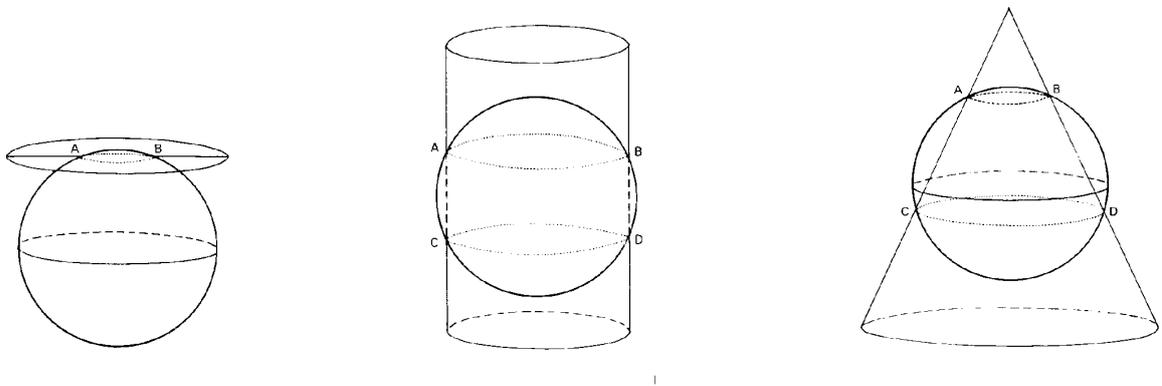


Figura 14 - Superfícies de projeção – secantes

Ainda em relação à superfície de projeção, quanto a posição relativa ao Equador e Pólos, cada uma dessas superfícies de projeção tem uma outra classificação.

As projeções planas são classificadas em:

- Normais ou Polares: plano tangente ao pólo (paralelo ao Equador).

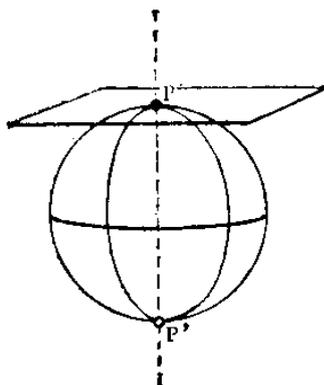


Figura 15 - Plana normal ou polar

-Transversa ou Equatorial: plano tangente ao Equador.

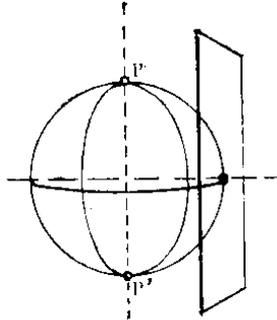


Figura 16 - Plana Transversas ou equatorial

- Horizontais ou Oblíquas: plano tangente a um ponto qualquer.

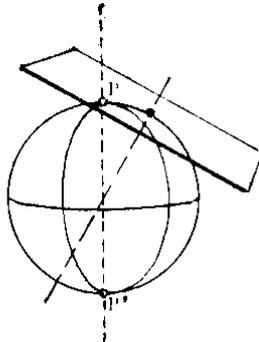


Figura 17 - Plana horizontal ou oblíqua

As projeções cilíndricas são classificadas em:

- Equatoriais ou Normais: o eixo do cilindro é perpendicular ao Equador (paralelo ao eixo terrestre).

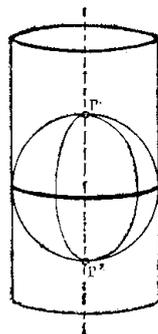


Figura 18 - Cilíndrica normal ou equatorial

- Transversa ou Meridianas: o eixo do cilindro é perpendicular ao eixo da Terra.

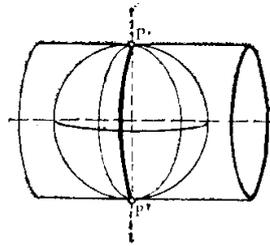


Figura 19 - Cilíndrica transversa

- Horizontais ou Oblíquas: o eixo do cilindro é inclinado em relação ao eixo terrestre.

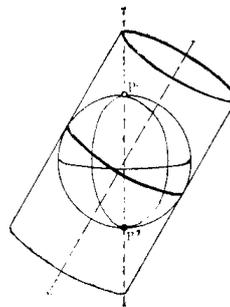


Figura 20 - Cilíndrica oblíqua

As projeções cônicas por sua vez também podem ser classificadas em:

- Normais: quando o eixo do cone é paralelo ao eixo da Terra (coincide).

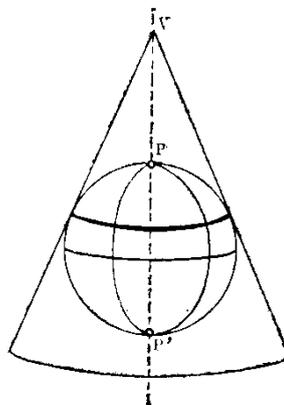


Figura 21 - Cônica normal

- Transversais: quando o eixo do cone é perpendicular ao eixo terrestre.

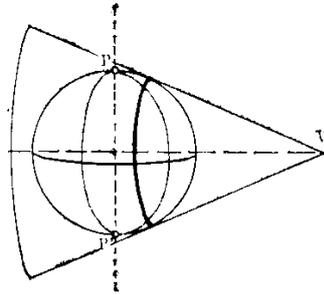


Figura 22 - Cônica transversa

- Horizontais ou Oblíquas: quando o eixo do cone é inclinado em relação ao eixo da Terra.

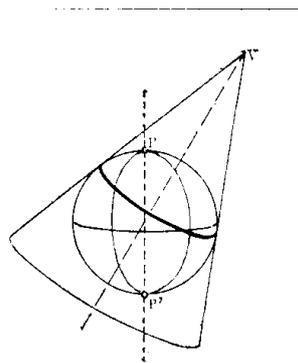


Figura 23 - Cônica oblíqua

### 3.4.3 - Quanto ao Método de Traçado

Segundo a forma de traçar (desenhar ou criar as projeções) podem ser classificadas em:

- **Geométricas:** São as que podem ser traçadas diretamente utilizando as propriedades geométricas da projeção.
- **Analíticas:** São as que podem ser traçadas com o auxílio de cálculo adicional, tabelas ou ábacos e desenho geométrico próprio.
- **Convencionais:** São as que só podem ser traçadas com o auxílio de cálculo e tabelas.

As projeções geométricas possuem ainda uma subdivisão, caracterizando ou não a existência de um ponto de vista ou centro de perspectiva:

- Perspectiva: possuem um ponto de vista.
- Pseudo-perspectivas ou Não-perspectivas: possuem um ponto de vista fictício ou não possuem.

Conforme a posição do ponto de vista, podem ser ainda mais uma vez subdivididas em:

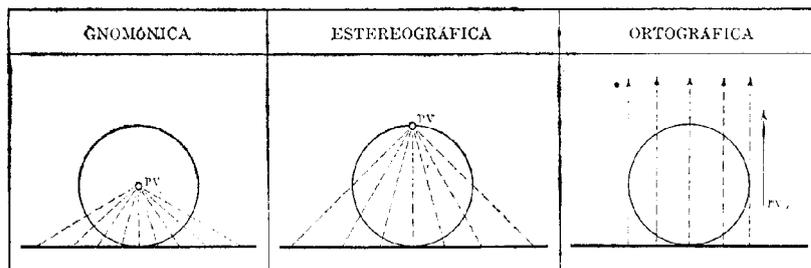


Figura 24 - Posição do ponto de vista

- Ortográficas: o ponto de vista está no infinito.
- Estereográficas: o ponto de vista está no ponto diametralmente oposto à tangência do plano de projeção.
- Gnomônica: o ponto de vista está no centro da Terra.

## 4 - PROJEÇÃO UTM - O SISTEMA UTM

### 4.1 - Introdução

Ao fim do século XVIII, tendo por fim o levantamento do território de Hannover, Gauss estabeleceu um sistema de projeção conforme para a representação do elipsóide: Gauss Hannovershe Projektion.

Esta projeção tinha as seguintes características:

- cilindro tangente a Terra;
- cilindro transverso, tangente ao meridiano de Hannover.

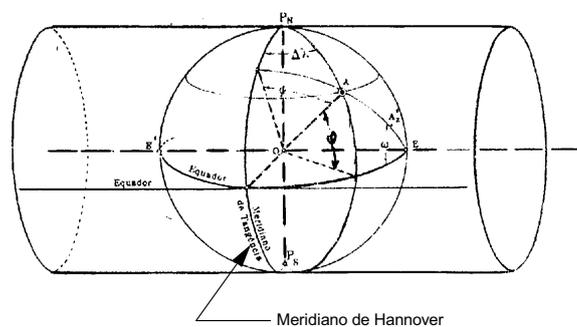


Figura 25 - Projeção Transversa de Mercator com cilindro tangente ao meridiano de Hannover

Aproveitando os estudos de Gauss, outro geodesta alemão, Krüger, definiu um sistema projetivo, no qual o cilindro era rotacionado, aproveitando-se fusos de 3° de amplitude, ficando este sistema conhecido pelo nome de Gauss-Kruger.

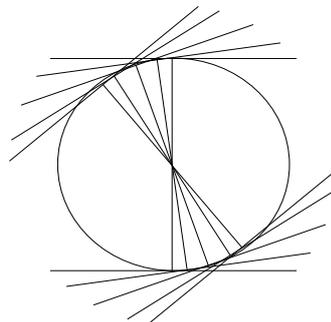


Figura 26 - Modificação de Krüger: cilindro tangente e fusos de 3°

Após a 1ª Grande Guerra Mundial (1914-1918), as exigências militares fazem com que as projeções conformes sejam largamente empregadas na confecção de cartas topográficas.

Um outro geodesta, francês, chamado Tardi, introduz novas modificações ao sistema de Gauss, criando o sistema Gauss-Tardi.

Este passa a ser aplicado a fusos de  $6^\circ$  de amplitude, idênticos à da carta do mundo ao milionésimo, e os meridianos centrais são múltiplos de  $6^\circ$  ( $36^\circ$ ,  $42^\circ$  ...). O cilindro passa a ser secante, criando-se duas linhas de distorção nula.

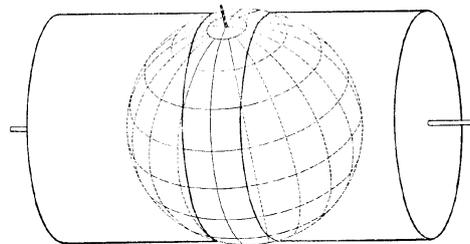


Figura 27 - Modificação de Tardi: cilindro secante e fusos de  $6^\circ$

Este sistema foi proposto pela UGGI em 1935 como um sistema universal, numa tentativa de unificação dos trabalhos cartográficos.

O antigo Serviço Geográfico do Exército (SGE), em 1932 adotou o sistema Gauss-Krüger, em fusos de  $3^\circ$  ( $1,5^\circ$  para cada lado do meridiano central).

Em 1943 o SGE adotou o sistema de Gauss-Tardi. Os meridianos centrais são múltiplos de  $6^\circ$ , não coincidindo com a carta ao milionésimo.

Em 1951 a UGGI (União Geodésica e Geofísica Internacional) recomendou o emprego em sentido mais amplo para o mundo inteiro, o sistema UTM (Universal Transversa de Mercator), o qual foi adotado a partir de 1955 pela Diretoria do Serviço Geográfico do Exército.

## 4.2 – Especificações

Serão apresentadas aqui as especificações de todos os sistemas (G. Kruger, Tardi e UTM), devido ao fato de ainda existirem em circulação cartas que foram impressas nesses sistemas. Isto pode confundir o leigo, uma vez que as coordenadas desses sistemas não são compatíveis. Mesmo tratando-se de sistemas teoricamente semelhantes, são diferentes em conteúdo.

#### 4.2.1 Sistema Gauss-Krüger - (Gauss 3)

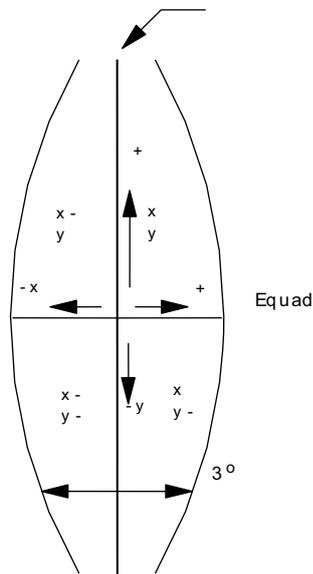


Figura 28 - Sistema Gauss 3 sistemas LTM (Local Transversa de Mercator).

- Projeção conforme de Gauss;
- Decomposição em fusos de  $3^\circ$  de amplitude;
- Meridiano central múltiplo de  $1^\circ 30'$ ;
- Cilindro tangente no meridiano central;
- $K_0$  coeficiente de escala (fator de escala) = 1 no meridiano central;
- Existe ampliação para as bordas do fuso;
- Constante do Equador = 0;
- Constante do meridiano central = 0;
- Coordenadas planas:
  - $x$  - abscissa sobre o meridiano;
  - $y$  - ordenada sobre o Equador;
 (Inversão do sistema matemático)

#### Desenho

É um sistema de aplicação mais local. Inspirou a criação dos

#### 4.2.2 Sistema Gauss-Tardi - (Gauss 6)

- Projeção conforme de Gauss, cilíndrica, transversa e secante;
- Fusos de  $6^\circ$  de amplitude ( $3^\circ$  para cada lado);
- Meridiano central múltiplo de  $6^\circ$ . Para o caso brasileiro, os MC são:  $36^\circ$ ,  $42^\circ$ ,  $48^\circ$ ,  $54^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $66^\circ$  e  $72^\circ$ ;

O fator de escala (coeficiente de redução de escala)  $h_0 = 0,999333...$

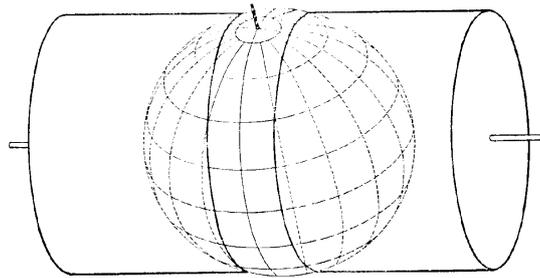
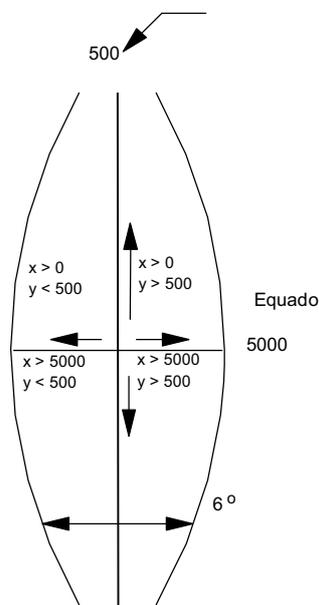


Figura 29 - Cilindro secante e fusos de 6°

Existe portanto um miolo de redução, até a região de secância, aonde  $h = 1.0$ . Até as bordas do fuso haverá ampliação;



Sistema Gauss-Tardi

Figura 30 - Sistema Gauss 6

- Origem dos sistemas parciais no cruzamento central, acrescidas as constantes:

5.000 km para o Equador,

500 km para o meridiano central;

- Estas constantes visam não existir coordenadas negativas o que aconteceria com o sistema Gauss-Krüger;

- Existência de uma zona de superposição de 30' além do fuso. Os pontos situados até o limite da zona de superposição são colocados nos dois fusos (próprio e subsequente), para facilitar trabalhos de campo.

#### 4.3. - Sistema UTM

O sistema UTM foi adotado pelo Brasil, em 1955, passando a ser utilizado pela DSG e IBGE para o mapeamento sistemático do país.

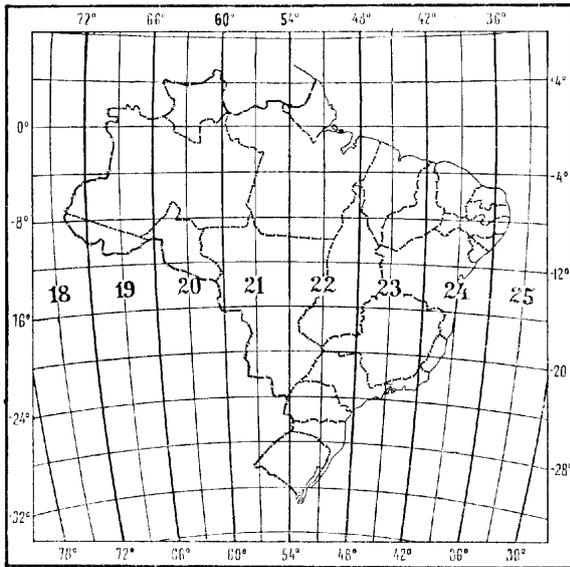


Figura 31 - Divisão dos fusos do Brasil

Gradativamente foi o sistema adotado para o mapeamento topográfico de qualquer região, sendo hoje utilizado ostensivamente em quaisquer tipo de levantamento.

- Utiliza a projeção conforme de Gauss como um sistema Tardi;

- O cilindro é secante, com fusos de 6°, 3° para cada lado;

- Os limites dos fusos coincidem com os limites da carta do mundo ao milionésimo;

- Os fusos de 6° são numerados a partir do antimeridiano de Greenwich, de 1 até 60, de oeste para leste (esquerda para a direita, desta forma coincidindo com a carta do mundo; pela figura 31 pode ser verificado a divisão do país em fusos.

A tabela abaixo, mostra o número de fusos, seu meridiano central e os meridianos extremos dos fusos brasileiros

Fusos	Meridiano Central	Meridianos Limites
18	-75°	-78° -72°
19	-69°	-72° -66°
20	-63°	-66° -60°
21	-57°	-60° -54°
22	-51°	-54° -48°
23	-45°	-48° -42°
24	-39°	-42° -36°
25	-33°	-36° -30°

- Para evitar coordenadas negativas, são acrescentadas as seguintes constantes:
  - 10.000.000 m para o Equador,
  - 500.000 m para o meridiano central.

Obs.: A constante de 10.000.000 refere-se apenas ao hemisfério sul.

- O coeficiente de redução de escala (fator de escala) no meridiano central é  $h_0 = 0,9996$

O cilindro sofre uma redução, tornando-se secante ao globo terrestre, logo, o raio do cilindro é menor do que a esfera modelo.

A vantagem da secância é o estabelecimento de duas linhas de distorção nula, nos pontos de secância, ou seja,  $h = 1.0$ .

Estas linhas estão situadas a aproximadamente 180 km a leste e a oeste do meridiano central do fuso. Pelo valor arbitrado ao meridiano central, as coordenadas da linha de distorção nula estão situadas em 320.000 m e 680.000 m aproximadamente.

A figura 32b mostra a representação esquemática da variação da distorção na projeção. A partir do meridiano central, existe um núcleo de redução, que aumenta de 0,9996 até 10, quando encontra a linha de secância. A partir da linha de secância, até a extremidade do fuso existe uma ampliação, até o valor de  $h = 1,0010$ .

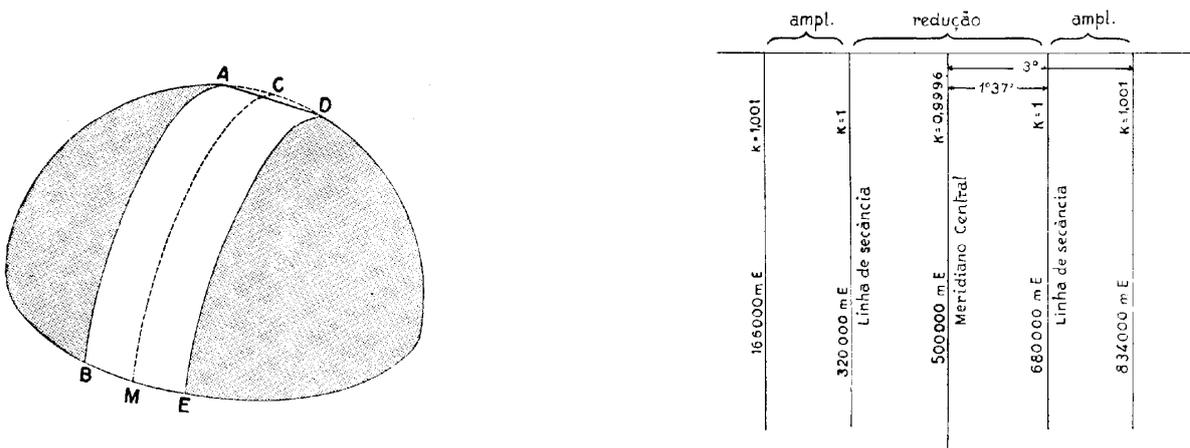
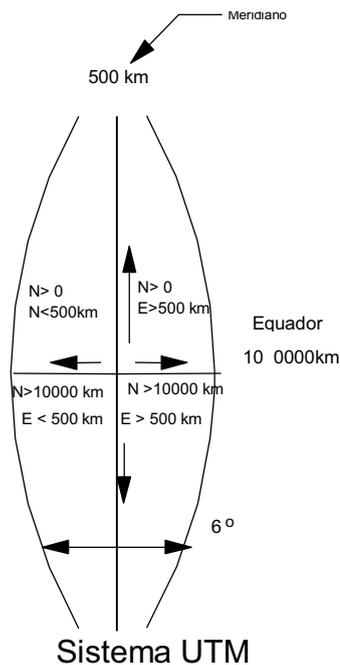


Figura 32 a - Região de secância b - áreas de ampliação e redução

A tabela abaixo mostra o fator de escala ao longo das coordenadas este.

Ordenada E		K	log K
500 000	500 000	.99960	9.99983 — 10
490 000	510 000	.99960	9.99983
480 000	520 000	.99960	9.99983
470 000	530 000	.99961	9.99983
460 000	540 000	.99962	9.99983
450 000	550 000	.99963	9.99984
440 000	560 000	.99964	9.99984
430 000	570 000	.99966	9.99985
420 000	580 000	.99968	9.99986
410 000	590 000	.99970	9.99987
400 000	600 000	.99972	9.99988
390 000	610 000	.99975	9.99989
380 000	620 000	.99978	9.99990
370 000	630 000	.99981	9.99992
360 000	640 000	.99984	9.99993
350 000	650 000	.99988	9.99995
340 000	660 000	.99992	9.99997
330 000	670 000	.99996	9.99998 — 10
320 000	680 000	1.00000	0.00000
310 000	690 000	1.00005	0.00002
300 000	700 000	1.00009	0.00004
290 000	710 000	1.00014	0.00006
280 000	720 000	1.00020	0.00009
270 000	730 000	1.00025	0.00011
260 000	740 000	1.00031	0.00013
250 000	750 000	1.00037	0.00016
240 000	760 000	1.00043	0.00019
230 000	770 000	1.00050	0.00022
220 000	780 000	1.00057	0.00025
210 000	790 000	1.00064	0.00028
200 000	800 000	1.00071	0.00031
190 000	810 000	1.00079	0.00034
180 000	820 000	1.00086	0.00037
170 000	830 000	1.00094	0.00041
160 000	840 000	1.00103	0.00045
150 000	850 000	1.00111	0.00048
140 000	860 000	1.00120	0.00052
130 000	870 000	1.00129	0.00056
120 000	880 000	1.00138	0.00060
110 000	890 000	1.00148	0.00064
100 000	900 000	1.00158	0.00069

Deve ser observado, que o limite de fuso deve sempre ser preservado. A ampliação cresce de tal forma após a transposição de fusos, que não respeitar o limite traz distorções cartograficamente inadmissíveis.



Sistema UTM

Figura 33 - Sistema 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).

### Exemplo

- P1 (640 831,33 m; 323, 285 m)

É um ponto situado à direita do meridiano central e no hemisfério norte.

- P2 (640 831,33 m; 9 999 676, 615 m)

É um ponto simétrico do ponto anterior em relação ao Equador.

- P3 (359 168,67 m; 9 999 676, 715 m)

É um ponto simétrico em relação ao anterior, em relação ao meridiano central.

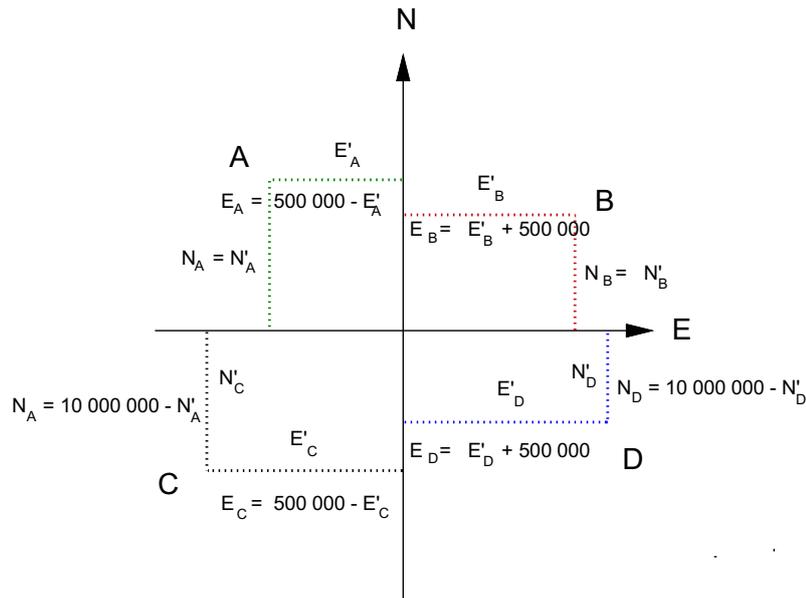


Figura 34 - Esquema de representação das coordenadas UTM

É importante observar que cada fuso será responsável por um conjunto igual de coordenadas, ou seja, o que irá diferenciar o posicionamento de um ponto será a indicação do meridiano central ou do fuso que contém o ponto ou conjunto de pontos.

Pelo esquema apresentado na figura 34, pode-se verificar que as coordenadas, não têm os valores das constantes do Equador e do meridiano central. Estas constantes são adicionadas para evitar coordenadas negativas.

- O sistema UTM é utilizado entre as latitudes de  $84^\circ$  e  $-80^\circ$ . As regiões polares são complementadas pelo UPS (Universal Polar Stereographic).

#### 4.4. Transformação de Coordenadas

A transformação de coordenadas da projeção UTM para o elipsóide e vice-versa, foge do objetivo deste curso. No entanto, deve ser salientado algumas recomendações para não se cair em erros que possam colocar a perder todo um trabalho que porventura esteja sendo realizado.

A latitude e longitude de cartas topográficas em projeção UTM, estarão sempre referidas a um elipsóide de revolução. São portanto **latitudes e longitudes geodésicas** e não geográficas (referidas à esfera).

Até 1977, o sistema cartográfico brasileiro utilizava o elipsóide de internacional de Hayford, sendo o datum (origem) do sistema Córrego Alegre. A partir de 1977 todo o sistema foi modificado, passando-se a utilizar o SAD - 69 (South American Datum) composto do elipsóide de Referência de 67 e o datum CHUÁ.

Os dados relativos aos dois elipsóides são mostrados abaixo:

Hayford:  $a = 6\,378\,388\text{ m}$

$$f = 1 / 297$$

Referência de 67  $a = 6\,378\,160\text{ m}$

$$f = 1 / 298,25$$

Cartas mais antigas podem mostrar não só sistemas de projeção diferentes (Gauss-Krüger, Gauss-Tardi) como também estarem relacionando outros data e elipsóides.

Deve-se ter a atenção ao se retirar coordenadas de cartas antigas.

A transformação de coordenadas pode ser efetuada por cálculo manual, utilizando-se tabelas e manuais de transformação desenvolvidos pela DSG e IBGE, ou através de rápido cálculo em calculadora de bolso ou programas de computadores.

Tais programas são capazes de calcular também a convergência meridiana e coeficiente de redução de escala para o ponto considerado.

## 5 - Escala e Escalas

### 5.1- Conceito de escala

O conceito de escala em termos cartográficos é essencial para qualquer tipo de representação espacial, uma vez que qualquer visualização gráfica é elaborada segundo uma redução do mundo real. Genericamente pode ser definido de uma forma bem simples:

Escala é a relação entre a dimensão representada do objeto e a sua dimensão real. É, portanto, uma razão entre as unidades da representação e do seu tamanho real.

Em termos lineares, planares ou volumétricos, dispõe-se então das relações adimensionais de escala linear, de área e de volume:

$$E_L = d/D \quad E_p = a/A \quad E_v = v/V$$

Sendo  $d$  = medida linear da representação;  $D$  medida linear real

$a$  = medida de área (planar) da representação;  $A$  medida planar real.

$v$  = medida de volume da representação; medida de volume real.

A razão é adimensional, por relacionar quantidades físicas idênticas, acarretando a ausência de dimensão.

O inverso da relação de escala  $D/d$ ,  $A/a$  e  $V/v$ , denomina-se número da escala ( $N$ ), podendo então a representação numérica da escala ser estabelecida pela relação

$$E = 1/N \quad \text{ou} \quad 1: N \quad \text{ou} \quad 1/N \quad (N_L, N_a, N_v)$$

Quando a dimensão do objeto representado é menor que o objeto real, tem-se uma escala de redução. O contrário estabelece uma escala de ampliação.

$E = 1/20000$  - redução (uma unidade linear equivale a 20 000 unidades lineares no terreno)

$E = 20/1$  - ampliação (20 unidades lineares na carta equivalem a uma unidade linear no terreno)

## 5.2 Formas de Expressão de Escala

Uma escala pode ser expressa das seguintes formas:

- fração representativa ou numérica;
- em palavras e
- gráfica ou escala de barras.

A expressão numérica de escala é dada pelo relacionamento direto entre medidas lineares, planares ou volumétricas na representação (mapa) e na superfície terrestre (da definição de escala)

$$E_l = d / D \quad E_a = a/A \quad E_v = v/V$$

A apresentação da razão no entanto é feita normalmente mostrando o numerador unitário e o denominador expressando um valor:

$$E = 1 / N = \frac{d / d}{D / d}$$

A este valor N denomina-se **número da escala** e a E dá-se o nome de **fração representativa ou fator de escala**, e tanto pode ser dada pela fração como pela razão representativa: 1/100.000 ou 1:100.000, dizendo-se por exemplo, “um para cem mil”, neste caso.

Formalmente esta razão expressa que uma unidade no mapa, equivale ao **número de escala** de unidades no terreno, ou seja

1 mm na carta = 100.000 mm no terreno

1 cm na carta = 100.000 cm no terreno

1 dm<sup>2</sup> na carta = 100.000 dm<sup>2</sup> no terreno

1 m<sup>3</sup> na carta = 100.000 m<sup>3</sup> no terreno

Esta forma de expressar uma escala estabelece a segunda maneira de mostrar a relação, a forma escrita. Normalmente esta expressão é dada em termos de uma unidade coerente para as observações no mapa (mm ou cm em termos lineares,  $\text{cm}^2$ ,  $\text{cm}^3$ ), para unidades também coerentes em termos de terreno (quilômetros, quilômetros quadrados ou cúbicos).

$$1:100.000 - 1 \text{ cm} = 10 \text{ km} = 10.000 \text{ m}$$

$$1 \text{ mm} = 1 \text{ km} = 1.000 \text{ m}$$

$$1:25.000 - 1 \text{ cm} = 0,25 \text{ km}$$

$$4 \text{ cm} = 1 \text{ km}$$

$$\text{Área} - 1/250\,000 - 1 \text{ cm}^2 = 25 \text{ m}^2$$

$$\text{Volume} - 1/1\,000\,000\,000 = 1 \text{ cm}^3 = 1000 \text{ m}^3$$

A conversão de uma forma é simples, bastando efetuar uma transformação de unidades.

Deve-se estar atento para mapas ou cartas antigas, principalmente oriundas de países que adotavam o sistema inglês. Por exemplo, a expressão de:

$$1 \text{ m} = 1 \text{ milha, fornece um fator de } 1 / 63360.$$

$$1 / 2 = 1 \text{ milha} = 1 / 253440$$

$$4'' = 1 \text{ milha} = 1 / 15840$$

Recordando:  $1'' = 2,54 \text{ cm}$

$$1 \text{ mi n} = 1852 \text{ m}$$

$$1 \text{ ft} = 30,48 \text{ cm}$$

$$1 \text{ yd} = 1,093613 \text{ m}$$

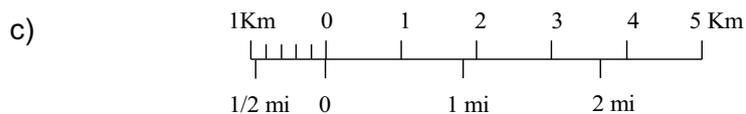
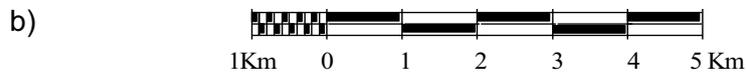
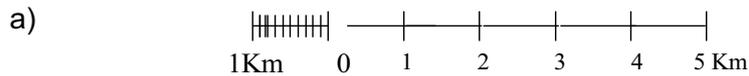
A tabela abaixo mostra as escalas mais comuns e equivalências:

<b>Escala</b>	<b>1 cm</b>	<b>1 km</b>	<b>1 in (pol)</b>	<b>1 mi</b>
<b>1:2.000</b>	20 m	50 cm		
<b>1:5.000</b>	50 m	20 cm		
<b>1:10.000</b>	0,1 km (100 m)	10 cm		
<b>1:20.000</b>	0,2 km	5 cm		
<b>1:25 000</b>	0,25 km	4 cm		
<b>1:31.680</b>	0,317 km	3,16 cm	0,5 m	2
<b>1:50.000</b>	0,5 km	2,0 cm		
<b>1:63 360</b>	0,634 km	1,58 cm	1,0	1
<b>1:100.000</b>	1.0 km	1 cm		
<b>1:250.000</b>	2,5 km	4 mm		
<b>1:500.000</b>	5,0 km	2 mm		
<b>1:1.000.000</b>	10 km	1 mm		

Pode-se verificar que quanto maior o número da escala, menor será a escala, e inversamente; quanto menor o número da escala, maior a escala. Uma escala maior acarreta portanto um maior grau de detalhamento dos objetos cartografados, sendo aplicada em áreas menores e vice versa.

### 5.3 - Escala Gráfica

A escala gráfica ou de barra é forma de apresentação da escala linear, sendo apresentada por uma linha, normalmente fazendo parte da legenda da carta, dividida em partes, mostrando os comprimentos na carta, diretamente em termos de unidades do terreno.



A figura mostra algumas formas de apresentação de escalas gráficas.

Este tipo de escala permite que as medidas lineares obtidas na carta sejam comparadas diretamente na escala, já se estabelecendo o valor no terreno.

As escalas podem ser simples ou duplas (a) e (c), isto é, calibradas em mais de um sistema de medida linear.

Normalmente a escala gráfica apresenta-se dividida em duas partes, a partir da origem: a **escala propriamente dita** e o **talão** (parte menor), sendo que o **talão**, é subdividido em intervalos menores da maior graduação da escala, para permitir uma medição mais precisa.

A escala propriamente dita inicia do zero para a direita e o talão do zero para a esquerda. O tamanho do talão corresponde a uma unidade da escala.

A escala gráfica, por razões de espaço e funcionalidade, não deve ter menos do que 6 divisões e no máximo 12 divisões (incluindo o talão), dependendo da escala que está representando.

A divisão do talão deve seguir o sistema de unidades. Com o sistema métrico normalmente divide-se em 10 partes. Para uma escala de milhas, tomam-se 8 divisões e para uma escala horária tomam-se 6 divisões (10 min).

## 6 - A Carta Topográfica

### 6.1 – Introdução

Pelos conceitos já definidos, as cartas das escalas de mapeamento sistemático são divididas em folhas e cada folha representa a cobertura topográfica de uma área, sob a projeção cartográfica escolhida para a representação terrestre.

No caso brasileiro, o mapeamento sistemático é constituído pelas escalas mostradas na tabela 5, dividida em folhas, cuja área de cobertura é apresentada:

Tabela 5 - Cobertura do Mapeamento sistemático

Escala	Projeção	Dimensão	Área Coberta
1/1.000.000	Cônica Conforme	6° x 4°	290400 km <sup>2</sup>
1/500.000	Cônica Conforme	3° x 2°	72600 km <sup>2</sup>
1/250.000	UTM	1° 30' x 1°	18150 km <sup>2</sup>
1/100.000	UTM	30' x 30'	3025 km <sup>2</sup>
1/50.000	UTM	15' x 15'	756 km <sup>2</sup>
1/25.000	UTM	7' 30" x 7' 30"	189 km <sup>2</sup>

As cartas são elaboradas para apresentar uma representação o mais precisa possível do terreno, tanto planimétrica como altimetricamente, bem como a hidrografia e vegetação da região.

A planimetria compreende:

- rodovias, caminhos e elementos afins;
- terrenos e elementos afins;
- elementos relacionados à comunicações;
- edifícios e lugares povoados;
- elementos de áreas e contornos;
- obras públicas e industriais;

- pontos de controle;
- limites e fronteiras;
- sinais convencionais diversos.

A hidrografia:

- hidrografia costeira (litoral e afastada da costa);
- elementos hidrográficos em geral.

A vegetação, apesar de ser um elemento planimétrico, é tratada separadamente, por ser restituída separadamente dos demais.

A altimetria, ou hipsografia faz a representação dos elementos topográficos de relevo na carta.

## 6.2 - Organização da Folha de Carta Topográfica

As folhas de cartas são padronizadas pelas **folhas modelo**, que definem a situação relativa, área ocupada, inscrições marginais, tipos de letras da toponímia e legendas, bem como a espessura de todos os tipos de linhas, limites, áreas etc.

A padronização das cartas ao milionésimo e 1/500.000 segue o “Manual de Normas, Especificações e Procedimentos Técnicos para a carta Internacional do Mundo ao Milionésimo - CIM”, editado pelo IBGE, seguindo as normas internacionais.

As escalas do mapeamento sistemático são padronizadas pelos Manuais Técnicos T34-700 Convenções Cartográficas, 1ª Parte - Normas para o Emprego dos Símbolos e 2ª Parte - Catálogo de Símbolos do Estado Maior do Exército, normatizando a reambulação, restituição e desenho final, para as escalas de 1/250.000 e 1/100.000. As escalas maiores seguem as normas relativas à escala de 1/100.000.

### 6.2.1 - Descrição Geral da Folha

O tamanho da folha não está vinculado a série A da ABTN, e sim à área útil definida pela folha.

Até 1/100.000, o tamanho está definido em 60 x 75 cm e para e 1/250.000 75 x 65 cm.

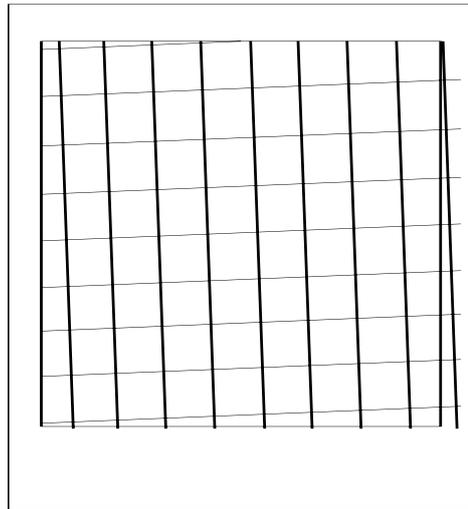


Figura 36 - Organização da folha

Basicamente a carta consta de 3 elementos:

- Quadro;
- Moldura;
- Legenda.

A figura 36 ilustra a organização da folha.

#### a) Descrição do Quadro

O quadro é a parte da carta onde está traçado o reticulado UTM e onde será traçado os elementos cartográficos que constituirão a planimetria, hidrografia, vegetação e altimetria.

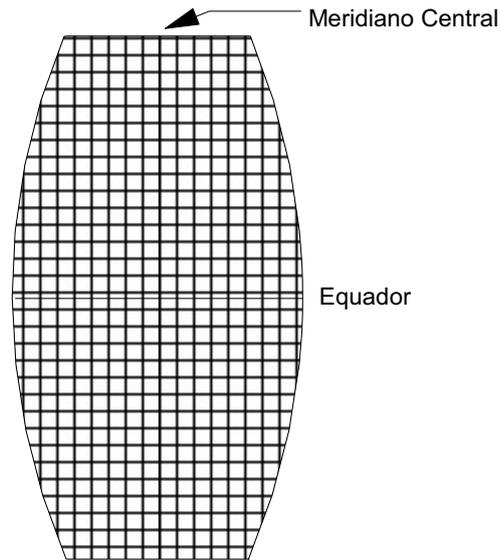


Figura 37 - Reticulado UTM

O reticulado UTM é definido pelo quadriculado formado pelas linhas paralelas ao meridiano central (coordenadas E) e paralelos ao Equador (coordenadas N).

O reticulado possui um traço mais grosso, de 10 em 10 km até a escala de 1/100.000 e de 50 em 50 km na escala de 1/250.000. Este traço tem por finalidade auxiliar nas medições de coordenadas. Por sua característica, sempre terão valores múltiplos de 10 ou de 50, conforme a escala da carta.

A finalidade do reticulado UTM é servir de apoio à obtenção ou plotagem de coordenadas na folha.

Uma quadricula corresponde ao quadrado definido pela intercessão de duas linhas ortogonais de coordenadas consecutivas.

A referência da quadricula será sempre definida pela coordenada do canto inferior esquerdo da quadricula.

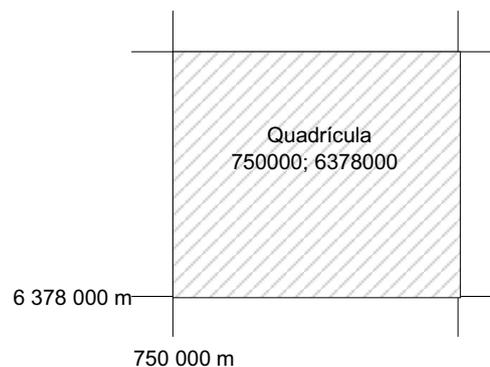


Figura 38 - Quadricula UTM

O tamanho da quadrícula é padronizado para qualquer escala em 4cm x 4cm. A tabela 3 mostra as dimensões de terreno para cada quadrícula:

Tabela 6 – Tamanho de quadrículas das diversas escalas

1:25.000	1 km x 1 km	4cm x 4cm
1:50.000	2 km x 2 km	4cm x 4cm
1:100.000	4 km x 4 km	4cm x 4cm
1:250.000	10 km x 10 km	4cm x 4cm

### b) Moldura

O reticulado UTM é circundado pela moldura da folha, constituído pelos 4 cantos da folha, definidos pelas suas coordenadas geodésicas.

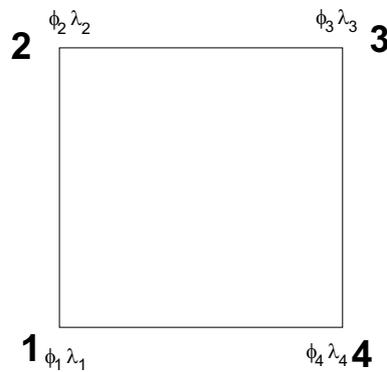


Figura 39 - Definição dos cantos da folha

É obrigatória a colocação das coordenadas dos 4 cantos da folha ( $\phi$ ,  $\lambda$ ), nos quatro cantos de cada folha.

As anotações marginais na moldura referem-se aos valores das coordenadas UTM do reticulado.

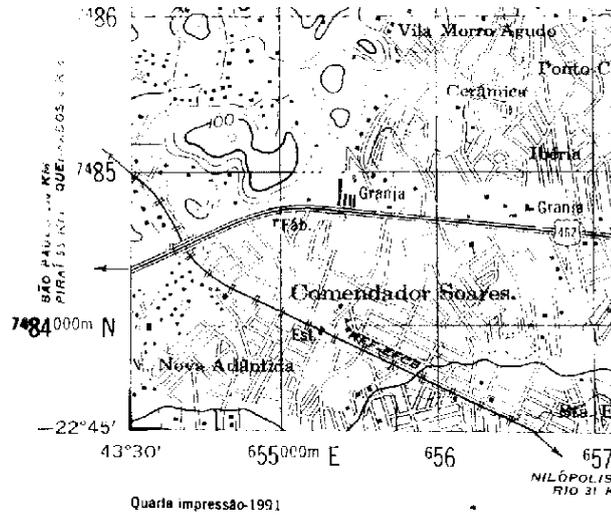


Figura 40 - Anotação das coordenadas UTM na folha

A partir do canto 1, marca-se por inteiro o valor das primeiras linhas de coordenadas que encontram a moldura.

A partir daí todos os demais contatos das linhas E e N com a moldura, serão numerados com apenas os 3 algarismos iniciais (coordenadas E) e os 4 algarismos iniciais para as coordenadas N.

Ainda constam da moldura a numeração intermediária de latitude e longitude, sendo definida por traços na moldura e no cruzamento por cruzetas. Servem para auxiliar na marcação e plotagem de coordenadas geodésicas. O seu espaçamento em valores sexagesimal é definido na tabela 7.

Tabela 7 – Espaçamento das marcações intermediárias de latitude e longitude

Escala	Espaçamento
1/25.000	2' 30"
1/50.000	5'
1/10.000	10'
1/250.000	15'

### c) Legenda

As legendas correspondem a todos as demais inscrições marginais existentes na folha da carta.

Na parte superior da folha encontram-se as seguintes legendas:

Canto Superior Esquerdo

- Organização executora;

Convênios associados

- Região de localização da folha e escala

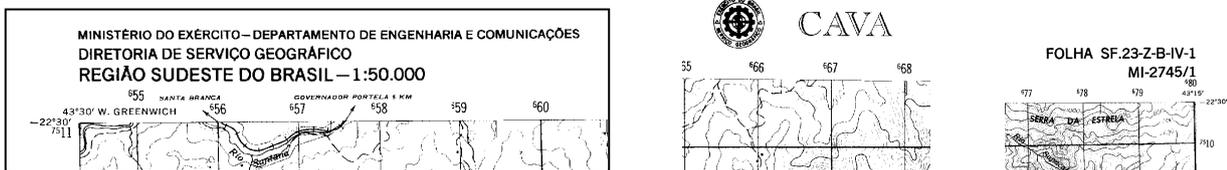


Figura 41 - Anotações da parte superior da legenda

No centro é lançado o nome da folha e símbolos da organização executora.

No canto superior direito é lançado o Índice de Nomenclatura da folha, e se a escala for maior ou igual a 1/100.000, é lançado também o seu número MI (mapa índice).

A parte inferior da folha pode ser dividida em três setores distintos.

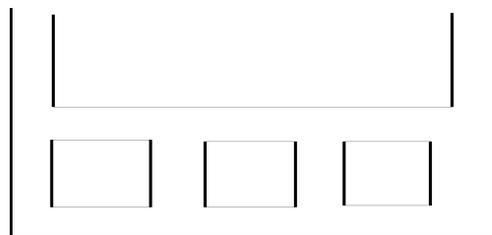


Figura 42 - Setores da legenda inferior

No setor esquerdo encontram-se os dados referentes a edição e impressão e ano da impressão.

Segunda edição — DSG  
Segunda impressão — 1995

**SINAIS CONVENCIONAIS**  
Nesta folha considera-se que uma via tenha a largura mínima de 2,5 metros  
A cor rosa representa zonas urbanizadas nas quais só aparecem áreas edificadas

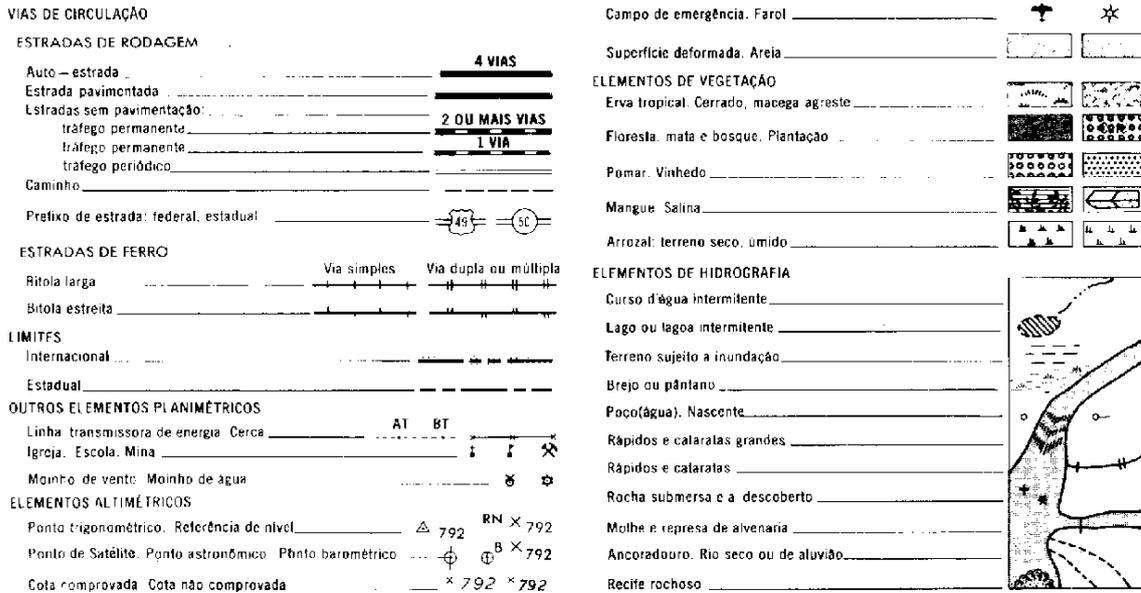


Figura 43 - Sinais convencionais

Encontra-se também sinais convencionais mais freqüentes, referentes a todos os elementos cartográficos (planimetria, vegetação, hidrografia e altimetria).

No bloco direito são encontrados os dados de execução das fases de construção da

**EXECUÇÃO DAS FASES**

FASES	EXECUTANTES	ANO
Cobertura Aérea	1 <sup>o</sup> / 5 <sup>o</sup> GAV — FAB	1971
Apoio de Campo	TerraFoto S/A	1972
Restituição	TerraFoto S/A Em aparelho de 2 <sup>a</sup> ordem	1972
Desenho	Diretoria de Serviço Geográfico 3 <sup>a</sup> DL	1985
Reimpressão	Diretoria de Serviço Geográfico 3 <sup>a</sup> DL	1995

Coordenador: M. F. SUDENE

folha.

Figura 44 - Tabela de fases de execução da folha

A articulação da folha, que mostra o posicionamento da folha em relação às folhas adjacentes, sendo referenciadas pelo nome. Caso não exista nome, a referência deve ser feita pelo número MI.

A folha é colocada no centro em verde e a articulação das 8 folhas adjacentes é mostrada ao seu redor.

**ARTICULAÇÃO DA FOLHA**

VASSOURAS MI-2714/4	NIGUEL PIREIRA MI-2715/3	ITAIPAVA MI-2715/4
PARACAMBI MI-2744/2		PETRÓPOLIS MI-2745/2
SANTA CRUZ MI-2744/4	VILHA MILITAR MI-2745/3	BAÍA DE GUANABARA MI-2745/4

Figura 45 - Articulação da folha

Outra legenda é a situação da folha no Estado. Mostra-se a localização ou o posicionamento da folha no Estado que pertence a folha.

**SITUAÇÃO DA FOLHA NO ESTADO**

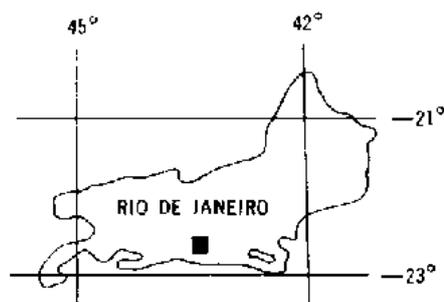


Figura 46 - Situação da folha no Estado

O bloco central é composto dos seguintes elementos de legenda:

- Escala da carta;

- Escala gráfica

1:25.000	2.000 m	talão de 100m (1.000 m)
1:50.000	4.000 m	talão de 100 m (1.000 m)
1:100.000	10 km	talão de 200 m (1.000 m)
1:250.000	20 km	talão de 1 km (5 km)

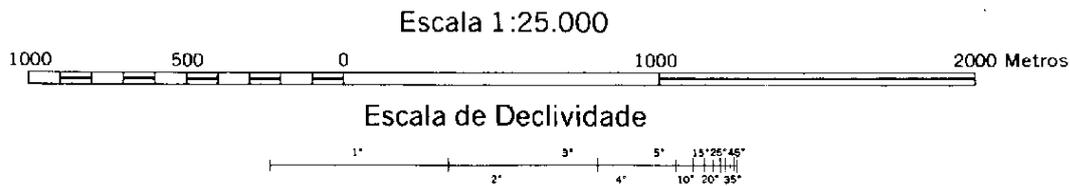
Definição da equidistância da folha:

1:25.000	10 m
1:50.000	20 m
1:100.000	50 m
1:250.000	100 m

- Descrição da marcação de curvas mestras;

- Origens para Datum vertical e Datum horizontal;

- Origem das coordenadas UTM (Meridiano Central e Equador);



**EQÜIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NÍVEL: 10 METROS**

AS CURVAS MESTRAS ESTÃO REPRESENTADAS EM LINHA GROSSA CONTÍNUA E CORRESPONDEM A CADA 50 CURVA DE NÍVEL. NAS ÁREAS COM Densa COBERTURA VEGETAL AS CURVAS FORAM TRAÇADAS PELA COPA DAS ÁRVORES.

**PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR**

DATUM VERTICAL: IMBITUBA — S. CATARINA

DATUM HORIZONTAL: CÔRREGO ALEGRE — MINAS GERAIS

ORIGEM DA QUILOMETRAGEM UTM. 19 EQUADOR E MERIDIANO 33° W. GR.7

ACRESCIDAS AS CONSTANTES: 10.000 KM E 500 KM, RESPECTIVAMENTE

EXEMPLO DE OBTENÇÃO DE COORDENADAS PLANAS DE UM PONTO DESTA FOLHA COM 25 METROS DE APROXIMAÇÃO	
NÃO SE DEVEM TOMAR EM CONTA os algarismos em TIPO PEQUENO de qualquer número da quadricula; esses algarismos são para determinar os valores complementares das coordenadas.	
Utilizam-se SOMENTE os algarismos de TIPO GRANDE. Exemplo: 91 02000	
PONTO UTILIZADO COMO EXEMPLO: ESCOLA	
1. Localiza-se a linha VERTICAL da quadricula situada imediatamente a ESQUERDA do ponto e lêem-se os algarismos de TIPO GRANDE correspondentes a ela, na margem superior ou inferior da folha; Estimam-se os milímetros (do intervalo da quadricula) entre a linha mencionada e o ponto e divide-se por 40:	80 0275
2. Localiza-se a linha HORIZONTAL da quadricula situada imediatamente ABAIXO do ponto e lêem-se os algarismos de TIPO GRANDE correspondentes a ela na margem esquerda ou direita da folha; Estimam-se os milímetros (do intervalo da quadricula) entre a linha mencionada e o ponto e divide-se por 40:	03 0400
EXEMPLO de referência:	8027503400

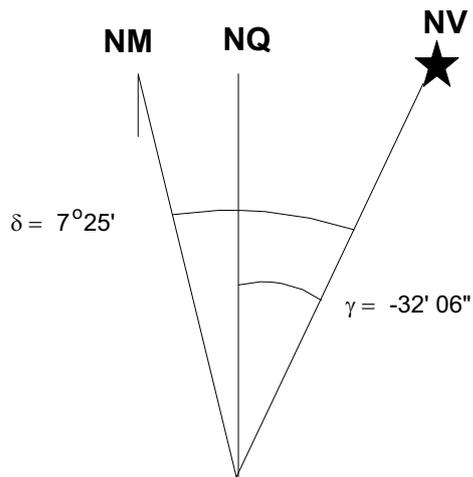
Figura 47 - Legenda central inferior

- Exemplo de obtenção de coordenadas UTM;
- Divisão Administrativa, mostrando os limites administrativos aproximados (municípios) da região abrangida pela folha;
- Dados de orientação

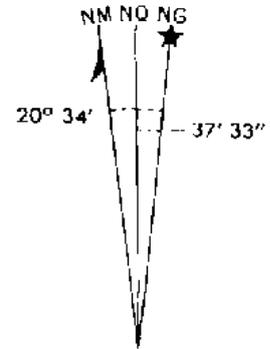
Definidos pelo posicionamento na data da impressão dos nortes de quadricula, magnético e geográfico, declinação magnética (valor e taxa de variação anual) e convergência meridiana.

Deve ser observado que a posição é esquemática, devendo ser usados apenas os valores numéricos para cálculo.

A declinação magnética cresce 8,2' anualmente.



DECLINAÇÃO MAGNÉTICA 1991  
E CONVERGÊNCIA MERIDIANA  
DO CENTRO DA FOLHA



A DECLINAÇÃO MAGNÉTICA CRESCE  
6,9' ANUALMENTE

**Usar exclusivamente os dados numéricos**

Figura 48 - Ângulos de orientação da folha

É ainda dado o ano da declinação magnética e a indicação de que a convergência meridiana é relativa ao centro da folha.

## 7 - Representação do Relevo nas Cartas Topográficas

### 7.1 – Introdução

O relevo é um fenômeno definido por uma superfície contínua e quantitativa, envolvendo uma terceira dimensão, que tem que ser reduzida a duas dimensões, para que possa ser representada em uma carta topográfica.

A superfície contínua é expressa em termos de elevações sobre uma superfície de referência, ou profundidade sob essa superfície. Quaisquer superfícies contínuas, para uma representação plana têm um comportamento assemelhado, de forma que o que for definido para a representação do relevo, pode ser estendido para a representação dos demais fenômenos contínuos sobre a superfície terrestre, tais como: temperatura, pressão, anomalias magnéticas, força da gravidade, potencial gravitacional, etc.

A variação em relevo afeta as observações de quase todas as demais feições cartografadas, pois todas têm que ser projetadas em um plano de referência, para serem representadas na carta.

Por outro lado, não é possível representar a 3<sup>a</sup> dimensão completamente em um mapa bidimensional. Ela só pode ser indicada seletivamente, caso contrário, por ser contínua, ocuparia toda a área do mapa.

Ocupando uma área então, é um fenômeno zonal ou de área, devendo, portanto ter também uma representação zonal. Existem, porém, pontos e linhas importantes do relevo que devem ser representados, por exemplo: cumes, divisores de água, linhas de declividade, ruptura de declive etc., concluindo-se que a representação do relevo tem elementos isolados pontuais, lineares e zonais, devendo-se combiná-los de forma que a representação como um todo seja tanto **precisa** como **visualmente fiel**.

A precisão é absolutamente necessária para a utilização da carta como um instrumento científico de trabalho, onde se necessita de valores precisos e coerentes com a escala de representação.

A visualização está de acordo com a precisão. A observação na carta tem que permitir visualizar o que existe no terreno, com as limitações da carta.

Em consequência da representação seletiva, o problema cartográfico de representação do relevo deve fornecer informações suficientes, sem interferir em outros elementos cartográficos.

O relevo compreende dois elementos principais:

- elevação
- declividade.

É difícil a representação de declividade sem a obtenção de informações de altitude, a não ser de uma forma aproximada, por que a declividade é obtida pelo relacionamento da diferença de altitude com a distância plana.

Enquanto a declividade só pode ser obtida a partir das elevações, o inverso não ocorre, havendo então uma precedência na determinação das altitudes nas cartas topográficas.

As informações de algumas elevações podem ser representadas diretamente na carta, por símbolos pontuais ou lineares. As feições de relevo devem ser interpretadas a partir das informações de elevação ou representadas graficamente, sugerindo uma superfície contínua.

## 7.2 - Formas de Representação do Relevo

Existem duas formas de representação do relevo:

### - qualitativa

Onde se busca mais o aspecto artístico (representação visual), devendo ser legível o bastante para ser reconhecida por qualquer usuário;

### - quantitativa

Representação científica, dando preferência ao aspecto **precisão**, em detrimento muitas vezes da representação visual.

#### 1) - Processo Qualitativo

A representação qualitativa teve início com Leonardo da Vinci, que foi o primeiro a tentar uma representação do relevo em mapas.

Sua representação era uma perspectiva simbólica, que mostrava algumas colinas em plano. Não havia nenhuma precisão.



Figura 49 - Relevo desenhado por Leonardo da Vinci

No decorrer do século XIX houve alguma preocupação da representação qualitativa (visual), com algumas características quantitativas.

#### **a) - Hachúrias ou hachuras**

Foi o primeiro processo de representação da altimetria na Cartografia de base. Hoje em dia é pouco usado devido a imprecisão do processo. Surgiu nas cartas da França em 1889, sendo utilizada até meados da década de 50.

As hachúrias são pequenas linhas traçadas no sentido de maior declividade do terreno, devendo obedecer as seguintes considerações:

- devem ser dispostas em filas e não serem desenhadas em toda a extensão das encostas;

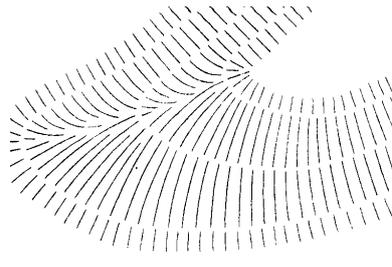


Figura 50 - Representação de relevo por hachuras

- O comprimento e o intervalo entre elas é tanto menor quanto maior for a declividade.

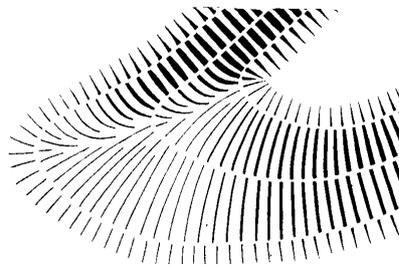


Figura 51 - Apreciação do espaçamento, intervalo e comprimento das hachuras

- As hachúrias apoiam-se em curvas de nível e devem ser exatamente perpendiculares a elas.

Os processos de traçado fazem com que haja um efeito plástico, dando uma gradação de escurecimento, quanto mais forte for a declividade, por exemplo, variando a espessura, o comprimento e a direção do traçado.

Todo o processo de hachúrias é desenvolvido por desenho a mão livre.



Figura 52 - Mapa de relevo por hachuras

### **b) - Representação Sombreada**

Dentro do mesmo tipo de representação qualitativa é definida a representação sombreada do relevo.

Em princípio o sombreado não tem nenhum valor científico. Possui apenas um valor estético e sua principal vantagem sobre as hachúrias é não sobrecarregar a carta, fornecendo um melhor efeito plástico.

Existem dois processos:

- manual;
- automático.

O manual considera apenas a sombra do relevo e é artisticamente desenhado a aerógrafo. É dependente do desenhista.

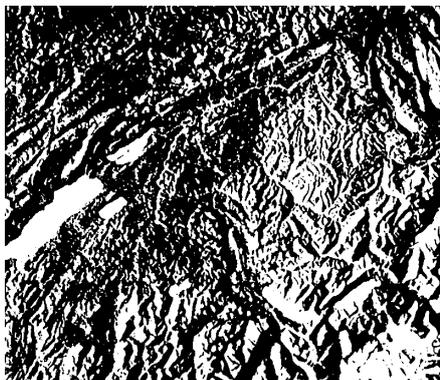


Figura 53 - Relevo sombreado

O processo automático trabalha com *softwares* específicos e necessita da geração de um modelo digital de terreno, que permita efetuar o sombreado. Exige técnicas avançadas de programação em computação gráfica já existindo, porém, pacotes gráficos que executam esse tipo de trabalho.

Em ambos os processos, o trabalho exige a definição de uma fonte de luz sobre o modelo que vai definir a área de sombra. No processo manual, o desenhista não tem o modelo e sim a carta em desenho bidimensional, e a sua abstração é exatamente criar o modelo na imaginação, para que o sombreado saia coerente, daí a subjetividade do sombreado.

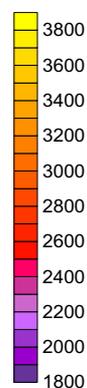
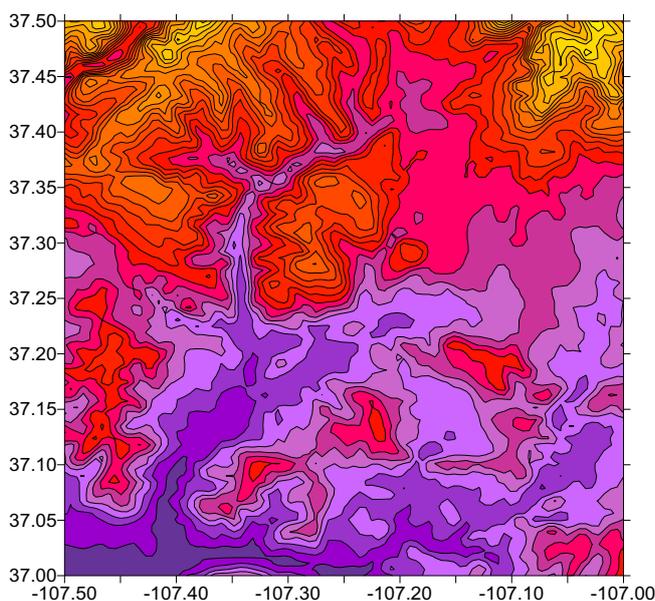
### c) - Cores Hipsométricas

As cores hipsométricas são usadas para a representação do relevo por classes de altitudes.

Em se tratando de relevo submarino, passam a chamarem-se **cores batimétricas**.

O problema da representação do relevo através de cores é basicamente a definição número de intervalos de altitude (intervalos de classe) entre as altitudes extremas, que serão representadas pelas cores e a escolha das próprias cores que representarão cada intervalo de classe.

A representação hipsométrica por cores, é uma das possibilidades de representação de uma distribuição contínua de um fenômeno sobre a superfície terrestre. Pode-se de uma maneira geral representar qualquer ocorrência de distribuição contínua por este processo.



#### c.1 - Escolha da Cor

A cor antes de mais nada é um fenômeno psicológico.

Luz é a sensação visual despertada pelo estímulo de receptores (bastonetes) no olho humano, por uma porção do espectro eletromagnético.

O espectro eletromagnético contém desde os comprimentos de onda pequenos dos raios X e gama, até os grandes comprimentos usados pelo radar.

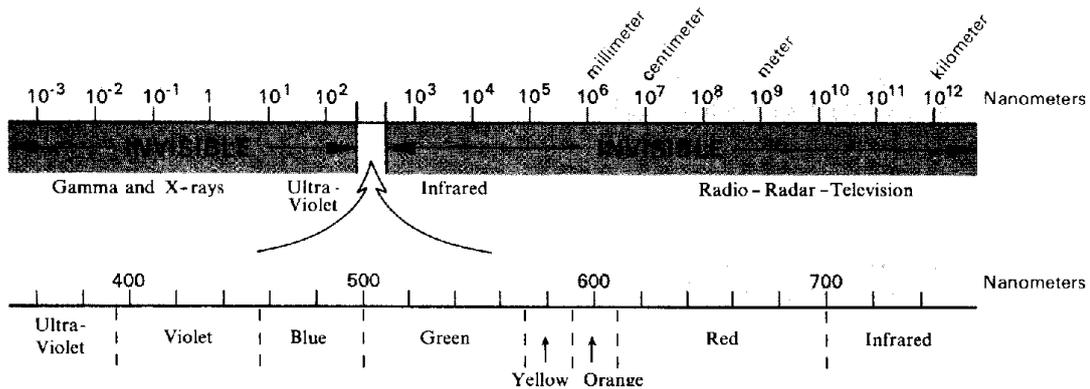


Figura 55 - Espectro eletromagnético

Apenas uma pequena porção do espectro é visível, estando os comprimentos de onda entre 400 e 700  $m\mu$ . ( $1 m\mu = 10^{-9} m$ ).

Nessa faixa, conforme se pode verificar na figura, está todo o espectro visível da luz, correspondendo a emissão da luz branca, que emite todos os comprimentos de onda do visível. Decomposta por um prisma, fornece a gama de cores que a compõe.

A reprodução de qualquer documento a cores é diretamente proporcional ao número de cores que deva ser representada, ou quanto mais cores mais onerosa será a sua reprodução.

Pela prática, não devem ser escolhidas mais de 10 cores para a representação de um documento, ficando a escolha ideal entre 6 e 8 cores.

A cor azul, e os seus matizes, será sempre reservada para a representação batimétrica, podendo-se chegar até violeta.

Para representação altimétrica ou hipsométrica, a evolução da representação, desde o século XIX, estabeleceu que as cores seriam escolhidas do intervalo mais baixo para o mais alto, seguindo o espectro eletromagnético, a partir do verde até o vermelho e em seus diversos matizes, conforme o universo de classes a representar.

Em geral o vermelho puro não é atingido, pois possui outra representação genérica, substituído por matizes de marrom.

Para a representação de geleiras, foi decidido a utilização do branco.

## 2) - Processo Quantitativo

O processo quantitativo de representação da altimetria é uma forma moderna e científica de representação da altimetria.

Existem três formas básicas de representação, podendo uma ser decorrente da outra:

- curvas de nível, curvas hipsométricas ou isohipsas (curvas batimétricas);
- representação por perfis;
- representação por traçado perspectivo.

Quaisquer um dos processos permite que se faça medições sobre a representação, obtendo-se valores de altitude ou profundidade, compatíveis com a escala de representação, o que não era possível com os métodos qualitativos.

### a) - Representação por Curvas de Nível

Imagina-se o relevo sendo cortado por planos horizontais paralelos entre si.

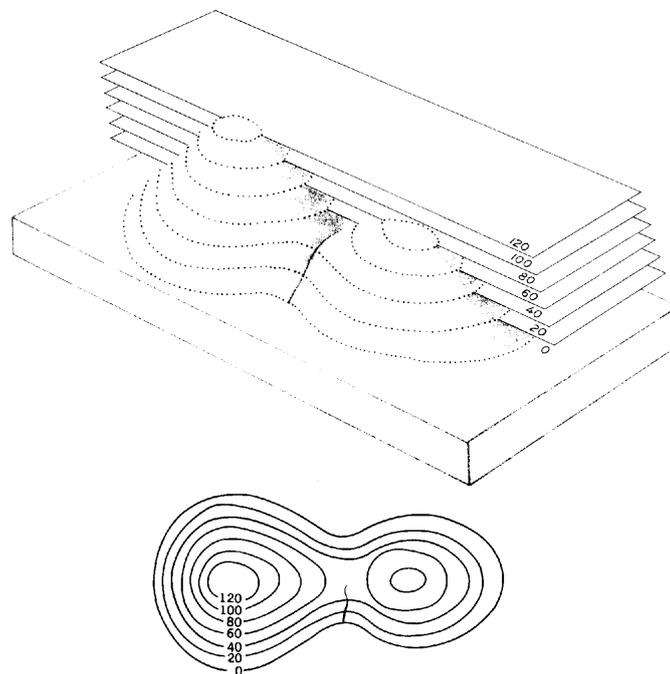


Figura 56 - Curvas de nível

As curvas de nível correspondem às linhas de interseção do relevo com os planos horizontais, projetados ortogonalmente no plano da carta topográfica.

Este é o sistema que permite a melhor tomada de medidas até hoje desenvolvido. Os contornos são as **isarítmias**, ou linhas que são obtidas pela intercessão dos planos paralelos cortando a superfície tridimensional da forma terrestre, projetadas ortogonalmente na carta.

Uma linha de contorno é, portanto uma linha de igual altitude a partir de uma superfície de referência, denominada “datum vertical”, que indica a cota origem das altitudes, na superfície do geóide.

As observações não são efetuadas no elipsóide, são determinadas no geóide e podem ser reduzidas ao elipsóide, desde que se conheça a diferença de nível entre o geóide e o elipsóide, o desnível geoidal.

O problema está em estabelecer a posição horizontal sobre a superfície e a elevação vertical acima da superfície, de um grande número de pontos na superfície física.

Quando dispõe-se de posições suficientes e a superfície curva do plano origem foi transformado em uma superfície plana por meio de um sistema de projeção, o mapa pode ser traçado. Em consequência o leitor vê a superfície da Terra ortogonalmente.

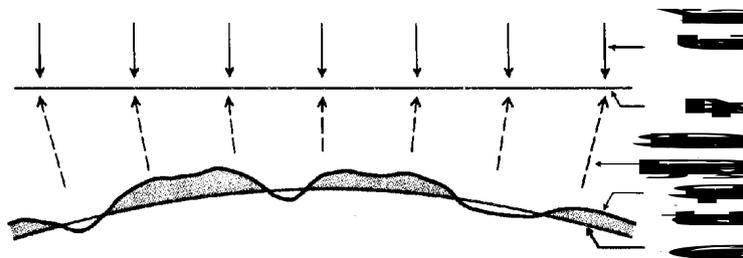


Figura 57 - Visão do usuário para o mapa

A representação por curvas de nível é um sistema de representação artificial, que tem pouca correspondência na natureza ou seja, os planos não são vistos cortando a superfície terrestre, sendo, portanto, um exercício de visualização para a maior parte das pessoas.

As figuras abaixo representam o relevo em uma carta topográfica, e uma representação em luz e sombra, que é o que normalmente se vê, e a comparação com a representação de contornos.

As curvas de nível são os símbolos mais notáveis em uma carta topográfica, se eles forem corretamente locados e o intervalo entre eles for constante e relativamente pequeno.

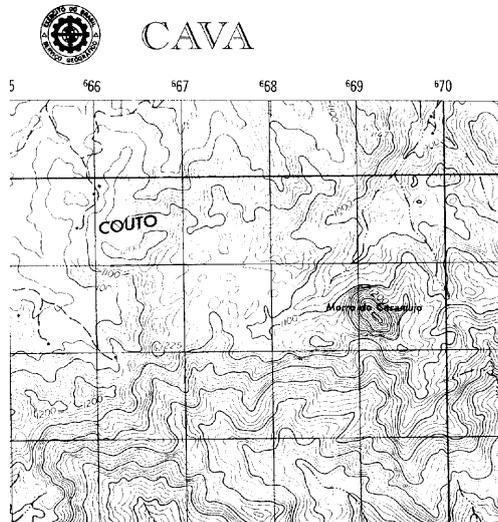


Figura 58 - Trecho de uma carta topográfica com curvas de nível

O intervalo entre duas curvas de nível consecutivas é denominado **eqüidistância** e significa a diferença de nível constante entre as curvas de nível de uma mesma escala.

A eqüidistância padronizada para as escalas do mapeamento sistemático brasileiro são as seguintes:

1:25.000	-----	10 m
1:50.000	-----	20 m
1:100.000	-----	50 m
1:250.000	-----	100 m

Sugere-se para escalas maiores:

1:1.000/2.000	-----	1 m
1:5.000	-----	2/5 m
1:10.000	-----	5/10 m

As curvas de nível são numeradas a intervalos regulares, para não prejudicar a clareza das cartas. Por convenção, a cada 5 curvas será traçada mais grossa e numerada.

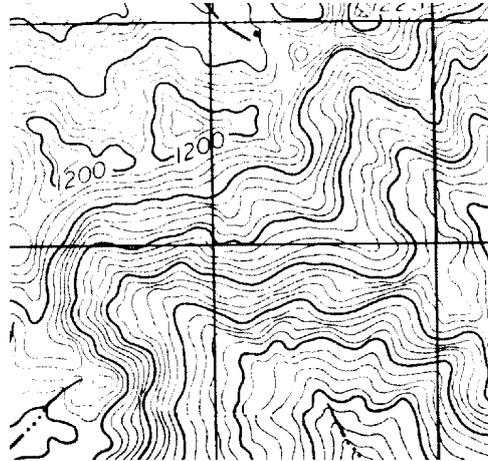


Figura 59 - Curvas mestres e espaçamento entre as curvas

Assim, as curvas numeradas sempre serão:

1:25.000	-----	múltiplo de 50 m
1:50.000	-----	múltiplo de 100 m
1:100.000	-----	múltiplo de 250 m
1:250.000	-----	múltiplo de 500 m.

Deve-se verificar sempre a eqüidistância definida nas cartas, pois existem cartas antigas com eqüidistâncias de 40 m para a escala de 1/100.000.

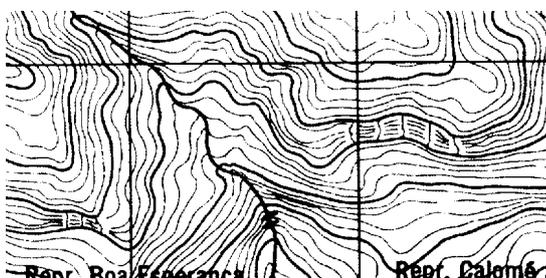


Figura 60 - Coalescência

O relevo acidentado apresenta intervalo entre as curvas de nível menor, indicando a existência de uma maior declividade. Exige um maior número de curvas que o relevo plano, para que se possa ter uma melhor visualização da topografia.

Se o relevo for muito acidentado e íngreme, pode ocorrer o fenômeno de coalescência, que não permite a representação de todas as curvas de nível, sendo então simplificada a representação para as curvas mestras.

A combinação de processos quantitativos e qualitativos permitem reunir os aspectos científicos com os estético-plásticos. Podem-se citar as seguintes combinações:

- sombras e curvas;
- cores hipsométricas, sombras e curvas (denominado mise à l'effet)

### 7.3 - Nomenclatura do Terreno

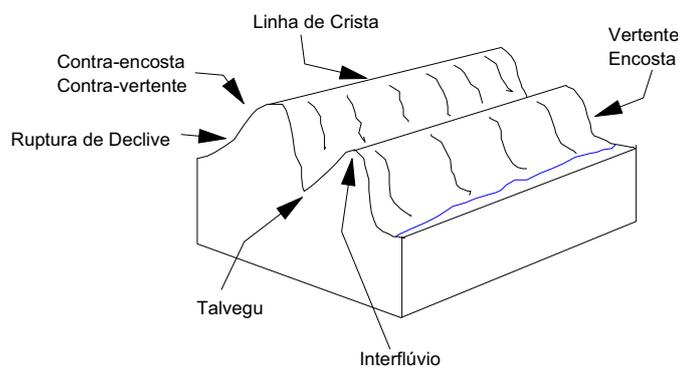


Figura 61 - Nomenclatura do Terreno

Inicialmente são necessárias algumas definições sobre a configuração do relevo. Considere-se a figura 61

- **Linha de Crista:** linha formada pela interseção de 2 planos das vertentes (vertente e contravertente). É um divisor de águas natural.

- **Vertentes ou Encostas:** plano de declividade; são as superfícies com acives, as contraencostas ou contravertentes são as superfícies com declive em relação às encostas.

- **Interflúvio:** é um divisor de águas sem a forma de crista.

- **Talvegu:** é a linha de interseção de uma encosta e uma contraencosta no plano inferior. Corresponde ao leito dos rios.

- **Ruptura de declive:** mudança brusca da direção de uma vertente.

Regra geral de representação das curvas de nível: Para uma equidistância constante, em qualquer caso, vertente ou talvegu, o intervalo entre as curvas de nível é tanto maior quanto o declive for menor e vice-versa. Para um declive constante, o intervalo é constante.

### a) - Representação dos Talwegues

O declive cresce de jusante para montante, assim para um talvegue as curvas de nível serão mais afastadas para jusante e mais próximas para montante.

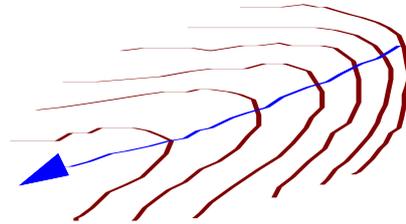


Figura 62 - Estrutura de curvas em talvegue

O perfil de um rio, apresentando uma forma parabólica, indica que já atingiu o seu perfil de equilíbrio.



Figura 63 - Estrutura de curvas em talvegue em equilíbrio

Se houver irregularidades no perfil, também será aparente nas curvas de nível.

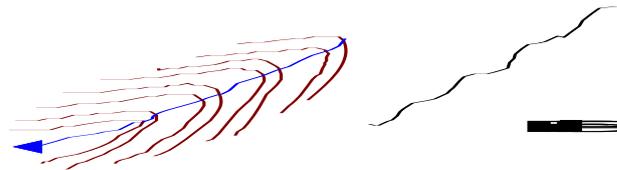


Figura 64 - Curvas em um talvegue em desequilíbrio

Se o rio tiver um traçado reto, as curvas que o acompanham serão também retas. Se o rio for sinuoso, as curvas também o serão.



Figura 65 - Curvas em traçado reto e sinuoso

Em relação à confluência de rios, o rio afluente tem como nível de base, o nível do rio principal, tendo uma declividade maior que o rio principal, ocorrendo então que as curvas de nível são mais próximas no rio afluente que no principal.

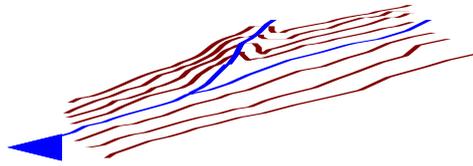


Figura 66 - Confluência de rios

O declive no talvegue é sempre inferior ao declive das vertentes, assim o intervalo entre as curvas de nível será sempre maior que em qualquer outro lugar.

#### b) - Representação de Vertentes

A vertente é o plano da superfície que liga a linha de crista ao talvegue, assim o talvegue influencia o traçado no sopé da vertente e a linha de crista no topo. Haverá sempre uma reentrância da curva de nível, indicando a existência de um talvegue.



Figura 67 - Curvas em vertentes

As vertentes podem ser:

#### - regulares

Apresentam intervalos iguais entre as curvas em todo o conjunto.

#### - convexas

As curvas são próximas na base e afastados no topo.

**- côncavas**

As curvas são afastadas na base e próximas no topo.

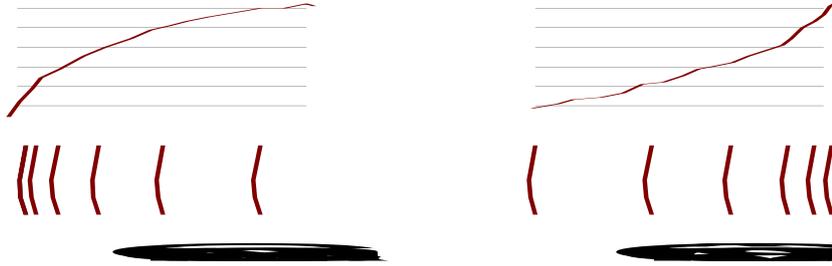


Figura 68 - Vertentes convexas e côncavas

**c) - Informações sobre estratigrafia**

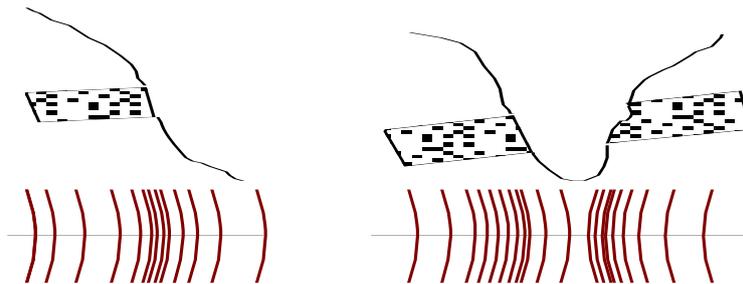


Figura 69 - Possível informação de camada

Na estrutura horizontal ou monoclinal, o talvegue é paralelo à direção da camada. As curvas são paralelas entre si. É típico de região sedimentar.

No caso do talvegue ser oblíquo ou perpendicular à direção da camada terão uma aparência bastante sinuosa.

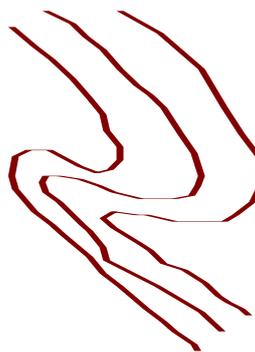


Figura 70 - Estrutura de camada em talvegue oblíquo

#### d) - Interpretação do fundo de vale

A tendência geral é a modelagem de um vale em forma de **V**.

##### - Vale Simétrico

Se o terreno for homogêneo, haverá simetria em relação a um eixo.



Figura 71 - Vale simétrico

##### - Vale Assimétrico

Caso o terreno não seja homogêneo.



Figura 72 - Vale de fundo assimétrico

##### - Vale de fundo chato



Figura 73 - Vale de fundo chato

**- Vale de fundo convexo**



Figura 74 - Vale de fundo convexo

**- Vale de fundo côncavo**



Figura 75 - Vale de fundo côncavo

**- Vale transverso**

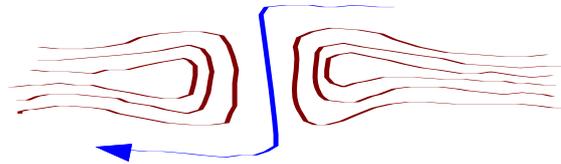


Figura 76 - Vale transverso

**- Vale meandrítico**

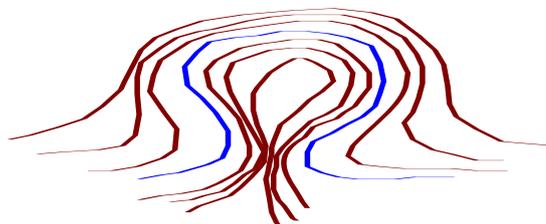


Figura 77 - Vale meandrítico

### e) - Representação dos Divisores d'Água

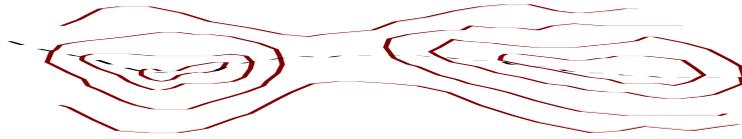


Figura 78 - Divisor de águas

A linha poderá ser deslocada se existir um rio com uma declividade maior que outro, para o de maior declividade.

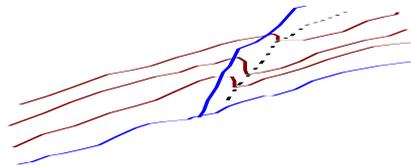


Figura 79 - Deslocamento de um divisor



FISCALIZAÇÃO, PERÍCIA E AUDITORIA AMBIENTAL  
POLÍTICAS PÚBLICAS AMBIENTAIS INSTRUMENTOS DE  
GESTÃO AMBIENTAL PÚBLICA ORDENAMENTO JURÍDICO  
AMBIENTAL METODOLOGIA DA PESQUISA CIENTÍFICA  
E SEMINÁRIOS POLUIÇÃO DO AR, GERENCIAMENTO E  
CONTROLE DE FONTES FUNDAMENTOS DO CONTROLE  
DE POLUIÇÃO DAS ÁGUAS GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS  
PREVENÇÃO E CONTROLE DA POLUIÇÃO DOS SOLOS E  
DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS GERENCIAMENTO DE ÁREAS  
CONTAMINADAS ANÁLISE DE RISCO TECNOLÓGICO  
EMERGÊNCIAS QUÍMICAS ACIDENTES PREVENTIVOS E  
CORRETIVOS LEGISLAÇÃO FLORESTAL APLICADA AO  
LICENCIAMENTO AMBIENTAL LICENCIAMENTO COM  
AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL AIA LICENCIAMENTO  
AMBIENTAL SEM AVALIAÇÃO DE IMPACTO



| Secretaria de  
Infraestrutura e Meio Ambiente