

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE BIOSISTEMAS

LEB 5040 SIG E AMC EM AMBIENTE AGRÍCOLA

FUNDAMENTOS
DE
CARTOGRAFIA

Prof. Carlos A. Vettorazzi

2016

1. INTRODUÇÃO

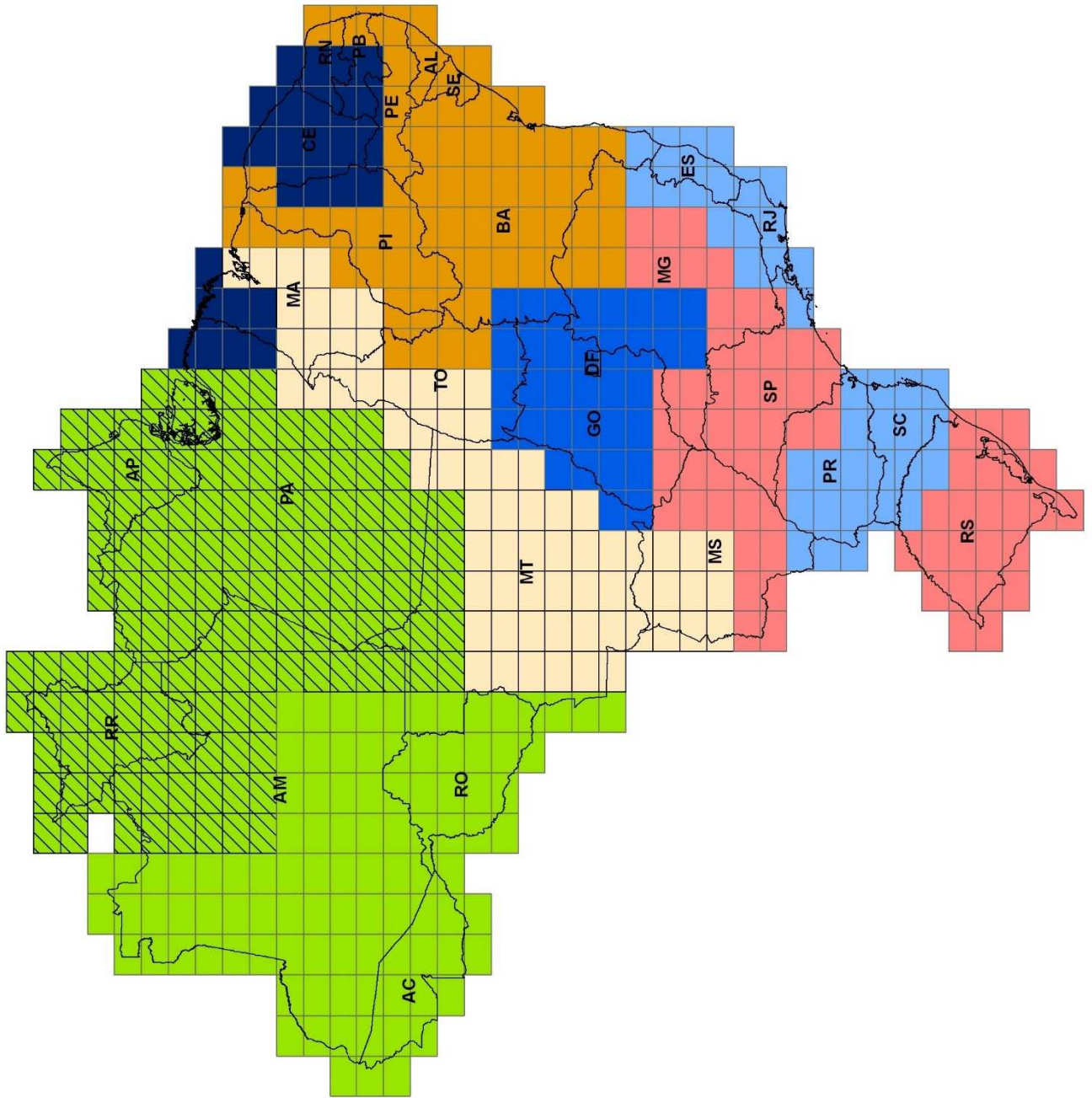
Necessidade da compreensão de alguns conceitos cartográficos e geodésicos fundamentais, como os modelos de representação da Terra; sistemas de referência geodésicos; projeções e sistemas de coordenadas etc.

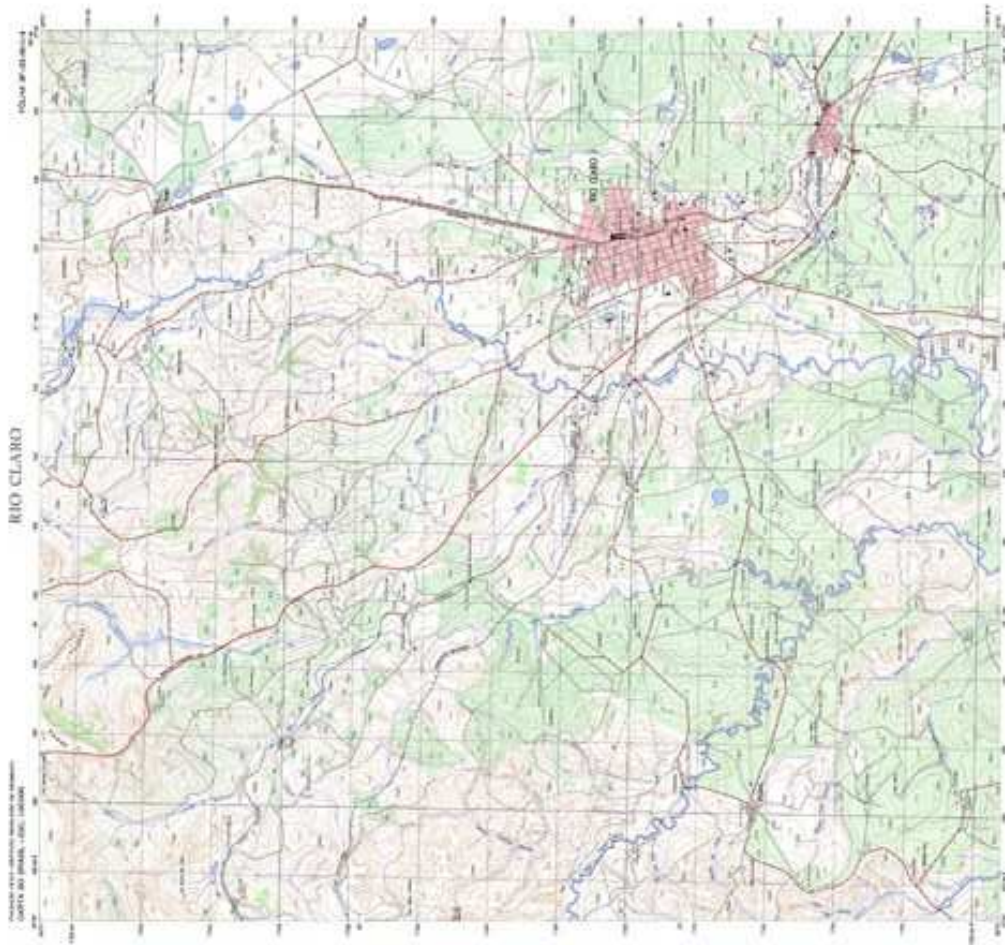
2. CONCEITOS FUNDAMENTAIS

" **Mapa** é a representação no plano horizontal, normalmente em escala pequena, dos aspectos geográficos, naturais, culturais e artificiais de uma área tomada na superfície de uma figura planetária, delimitada por elementos físicos, político-administrativos, destinada aos mais variados usos, temáticos, culturais e ilustrativos."

2. CONCEITOS FUNDAMENTAIS

" Carta é a representação, no plano horizontal, dos aspectos artificiais e naturais de uma área tomada de uma superfície planetária, subdividida em folhas delimitadas por linhas convencionais - paralelos e meridianos - com a finalidade de possibilitar a avaliação de pormenores, com grau de precisão compatível com a escala."





Carta Topográfica do Estado de São Paulo
 Escala 1:50.000
 Rio Claro, 1964

LEGENDA

ROTEIROS

1. Rodovias Federais

2. Rodovias Estaduais

3. Rodovias Municipais

4. Caminhos de Ferro

5. Estradas de Terra

ÁREAS

1. Área Urbana

2. Área Rural

3. Área de Proteção Ambiental

RELEVO

1. Contorno de 100 metros

2. Contorno de 200 metros

3. Contorno de 300 metros

4. Contorno de 400 metros

5. Contorno de 500 metros

6. Contorno de 600 metros

7. Contorno de 700 metros

8. Contorno de 800 metros

9. Contorno de 900 metros

10. Contorno de 1000 metros

ÁGUA

1. Rio

2. Lago

3. Lagoa

4. Alagado

5. Pântano

6. Estanque

7. Poço

8. Cisterna

9. Fonte

10. Nascente

VEGETAÇÃO

1. Mata Atlântica

2. Mata de Araucária

3. Mata de Tabuleiro

4. Mata de Cerrado

5. Mata de Pântano

6. Mata de Alagado

7. Mata de Estanque

8. Mata de Poço

9. Mata de Cisterna

10. Mata de Fonte

EDIFICAÇÕES

1. Edifício Público

2. Edifício Privado

3. Igreja

4. Capela

5. Cemitério

6. Estação de Trem

7. Estação de Ônibus

8. Estação de Metrô

9. Estação de Rodovias

10. Estação de Caminhos de Ferro

OUTROS

1. Monumento

2. Obelisco

3. Estatua

4. Fonte

5. Cisterna

6. Poço

7. Nascente

8. Alameda

9. Praça

10. Parque

PROJEÇÃO

1. UTM

2. Mercator

3. Lambert

4. Gauss

5. Albers

6. Robinson

7. Mollweide

8. Sinusoidal

9. Cônica

10. Cilíndrica

ESCALA

1:50.000

COORDENADAS

Latitude: 23° 15' S

Longitude: 47° 45' W

2. CONCEITOS FUNDAMENTAIS

“Planta topográfica é a representação gráfica de uma área de extensão suficientemente restrita para que a sua curvatura não precise ser levada em consideração e, que, em consequência, a escala possa ser considerada constante.”

3. MODELOS REPRESENTATIVOS DA FORMA E DIMENSÕES DA TERRA

- A superfície da Terra é visivelmente irregular.
- Porém, essa irregularidade é insignificante se comparada às dimensões do planeta: os aproximadamente 20km que separam o ponto mais alto (monte Everest) da profundidade máxima (fossa abissal das Marianas), correspondem a menos de 0,3% do raio considerado médio da “esfera” terrestre.

3. MODELOS REPRESENTATIVOS DA FORMA E DIMENSÕES DA TERRA

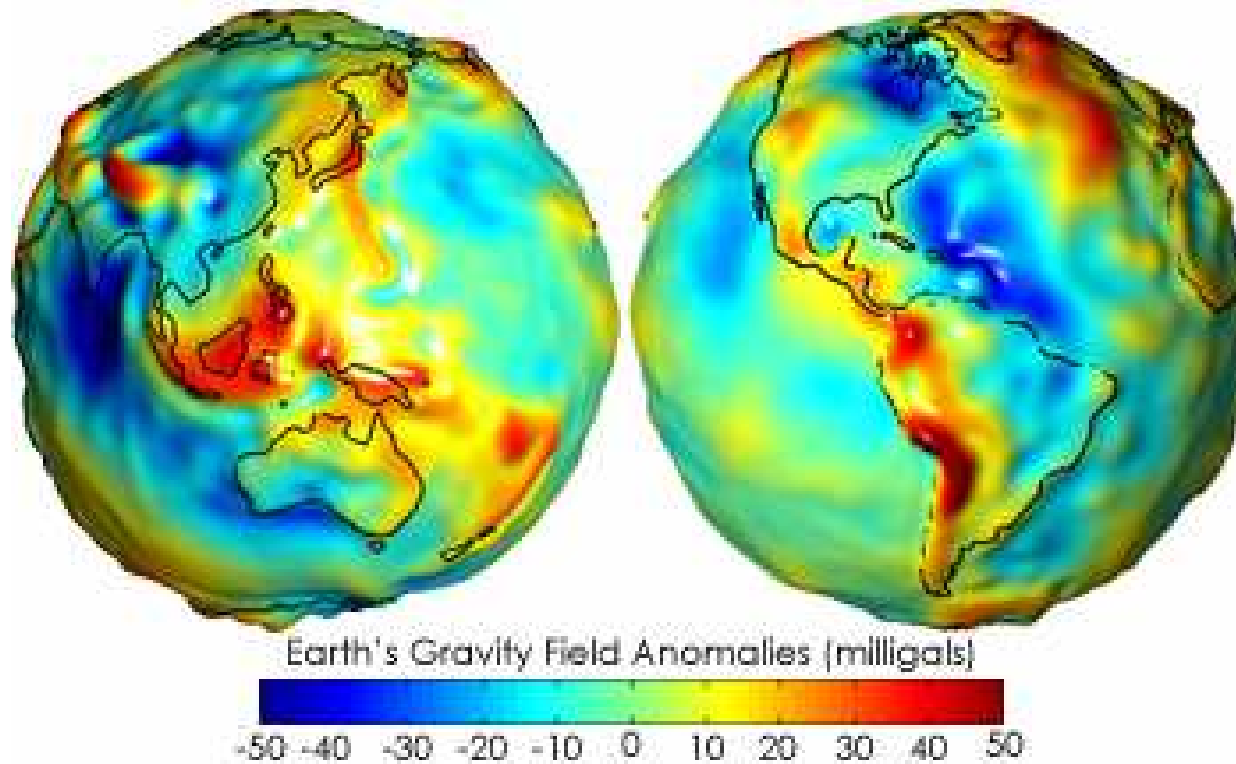
Para definir a forma do planeta, foi convencionalizado efetuar o prolongamento dos mares em repouso, sob os continentes.

A superfície resultante recebeu o nome de geoide.

3. MODELOS REPRESENTATIVOS DA FORMA E DIMENSÕES DA TERRA

Essa superfície não é regular. O geóide é gerado por um líquido em repouso e, portanto, perpendicular à direção da vertical de cada ponto topográfico, e as variações da intensidade e direção da gravidade (devido à distribuição de massa no planeta) implicam imperfeições dessa superfície.

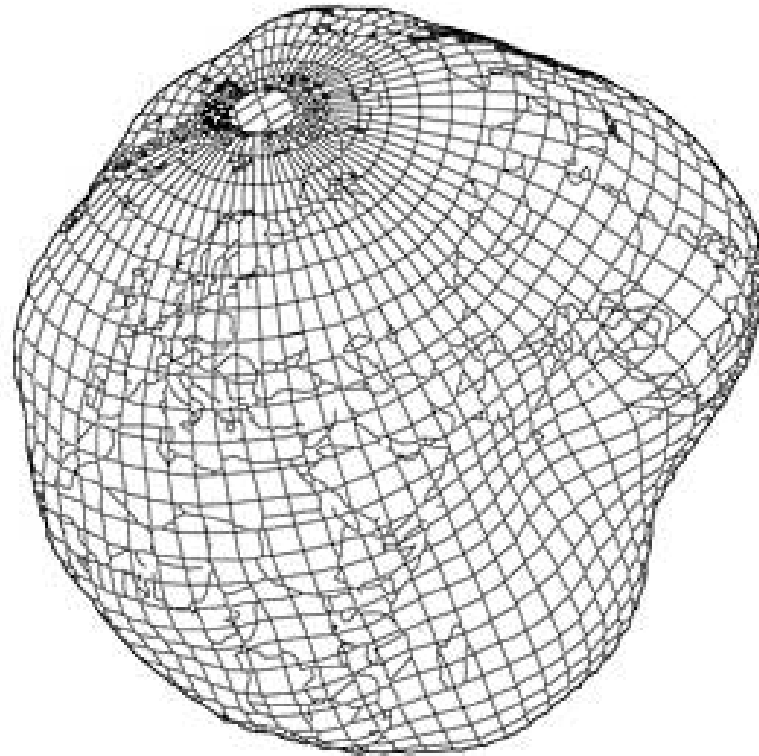
GEOIDE



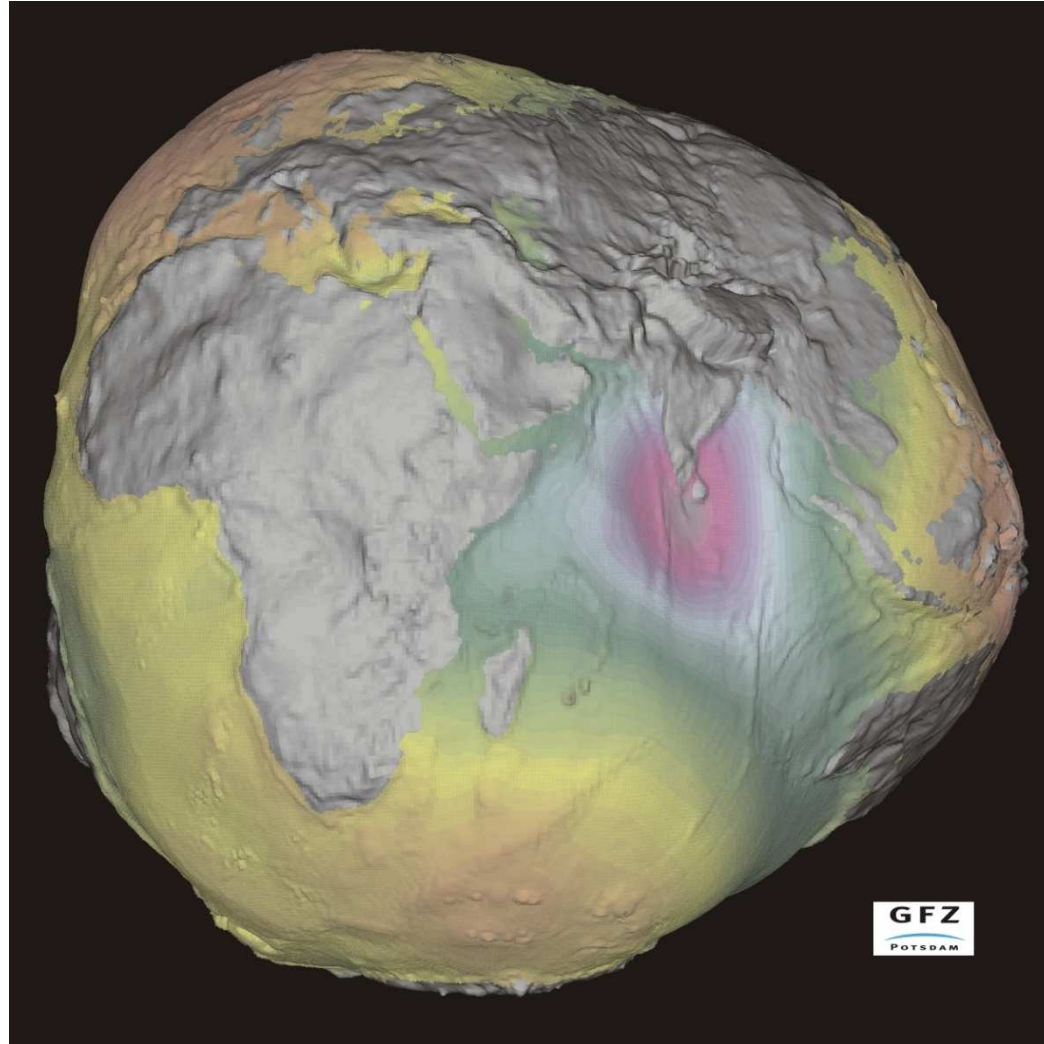
3. MODELOS REPRESENTATIVOS DA FORMA E DIMENSÕES DA TERRA

Assim, a Terra pode ser representada por um geoide, que é definido como a superfície equipotencial, que em qualquer lugar é perpendicular à vertical dada por um fio de prumo e que coincide com o nível médio não perturbado dos mares.

GEOIDE
(EXAGERADO 15.000 VEZES)



GEOIDE



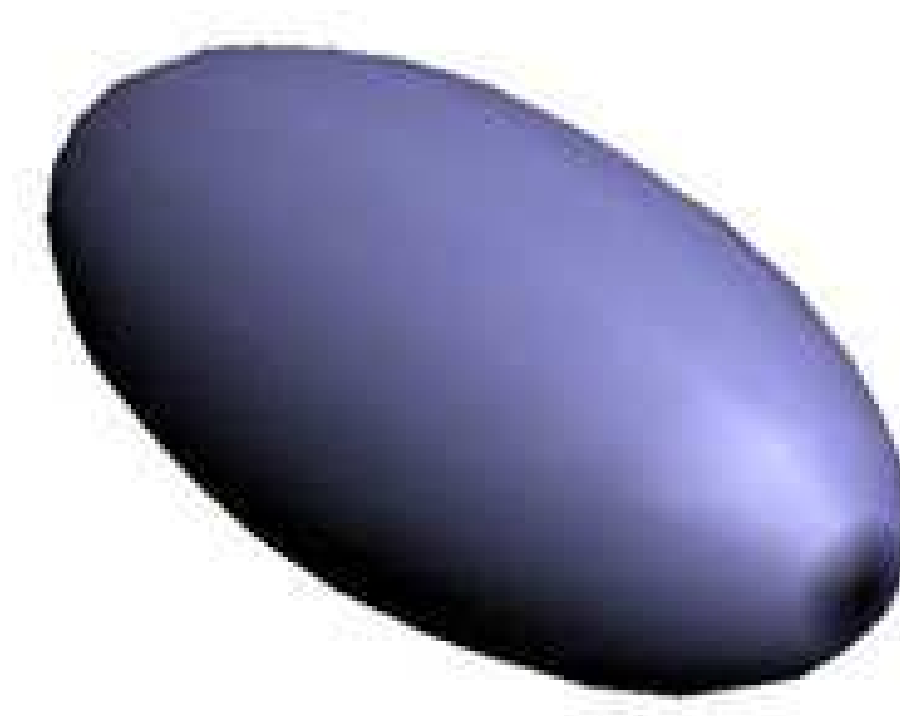
3. MODELOS REPRESENTATIVOS DA FORMA E DIMENSÕES DA TERRA

As irregularidades do geóide não seguem uma lei matemática, sendo, portanto, impossível determinar uma fórmula que o descreva com exatidão.

3. MODELOS REPRESENTATIVOS DA FORMA E DIMENSÕES DA TERRA

- Outra aproximação da forma da Terra: Elipsoide de Revolução.
- A superfície elipsoidal é matematicamente definida, daí o elipsoide ser utilizado em projeções cartográficas e no estabelecimento de coordenadas horizontais nas redes geodésicas.
- A superfície elipsoidal é menos usada como referência para as coordenadas verticais (altitudes), já que não reflete uma superfície física de nível, mas sim uma superfície geométrica.

ELIPSOIDE DE REVOLUÇÃO



3. MODELOS REPRESENTATIVOS DA FORMA E DIMENSÕES DA TERRA

O Elipsoide de Revolução é uma superfície gerada a partir da rotação de uma elipse em torno de um de seus dois semi-eixos (o maior ou o menor) e fica determinado quando seus parâmetros são conhecidos, isto é:

- **a = semi-eixo maior**
- **b = semi-eixo menor**
- **$\alpha = \text{achatamento} = (a - b) / a$**

3. MODELOS REPRESENTATIVOS DA FORMA E DIMENSÕES DA TERRA

O elipsoide terrestre definido como global, e que mais se aproxima do geóide, é geocêntrico e formado pela rotação da elipse em torno do eixo que passa pelos pólos Norte e Sul geográficos.

3. MODELOS REPRESENTATIVOS DA FORMA E DIMENSÕES DA TERRA

Elipsoides Locais: para atender as necessidades de cada região (Ex: SAD69). O centro geométrico do elipsoide (CGE) local não coincide com o centro de massa da Terra (CMT). Já o Elipsoide Global, utilizado no posicionamento por satélites, tem seu centro geométrico coincidente com o CMT.

3. MODELOS REPRESENTATIVOS DA FORMA E DIMENSÕES DA TERRA

Três superfícies de interesse à
Topografia:

- Superfície física (real)
- Geoide
- Elipsoide

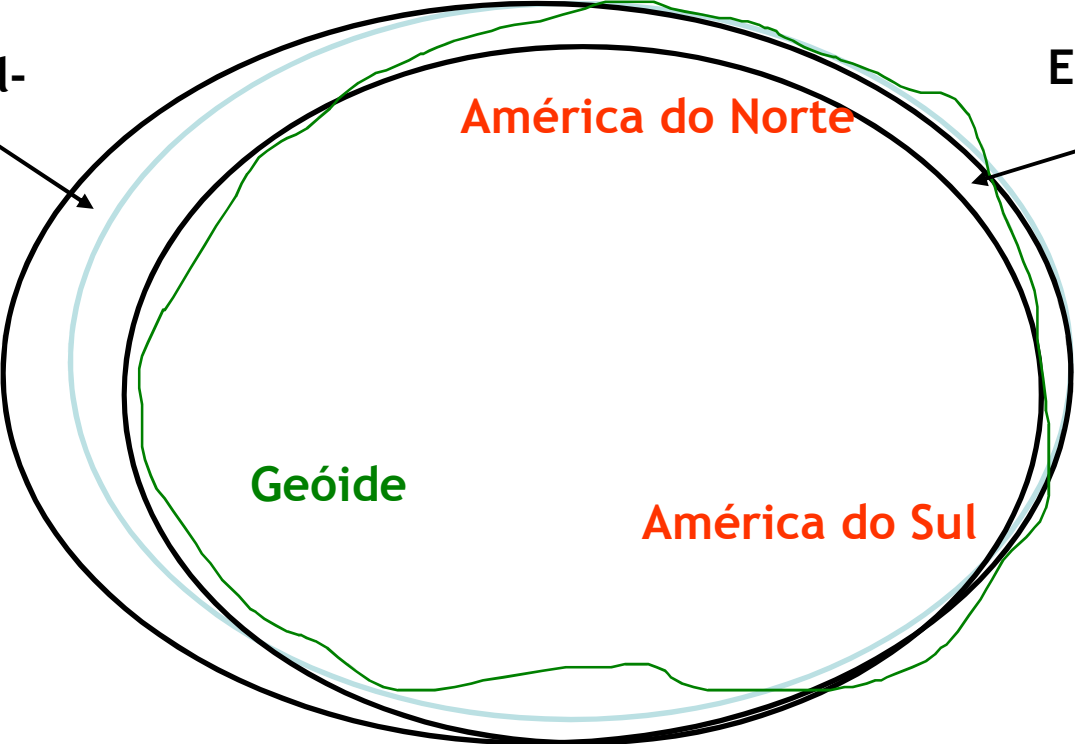
Elipsóide Sul-americano

Elipsóide Norte-americano

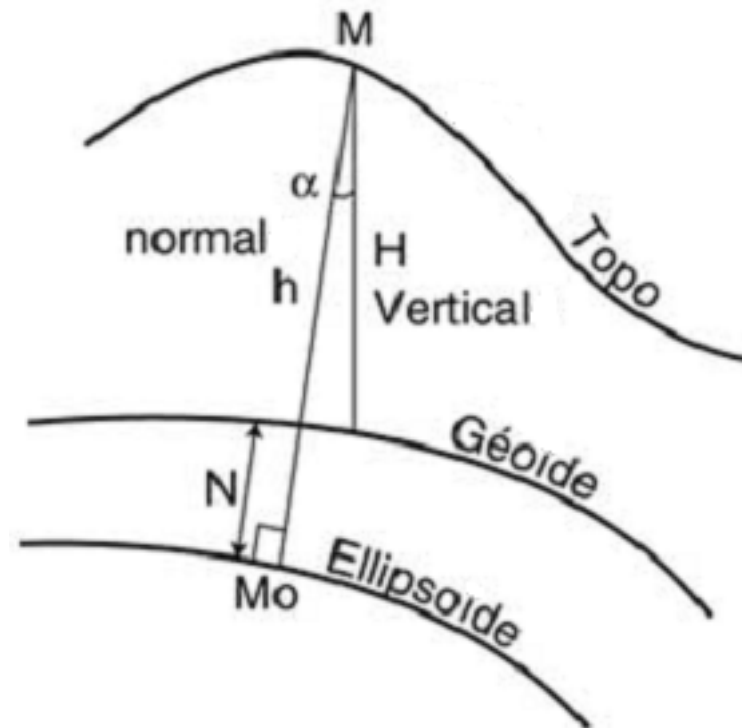
América do Norte

Geóide

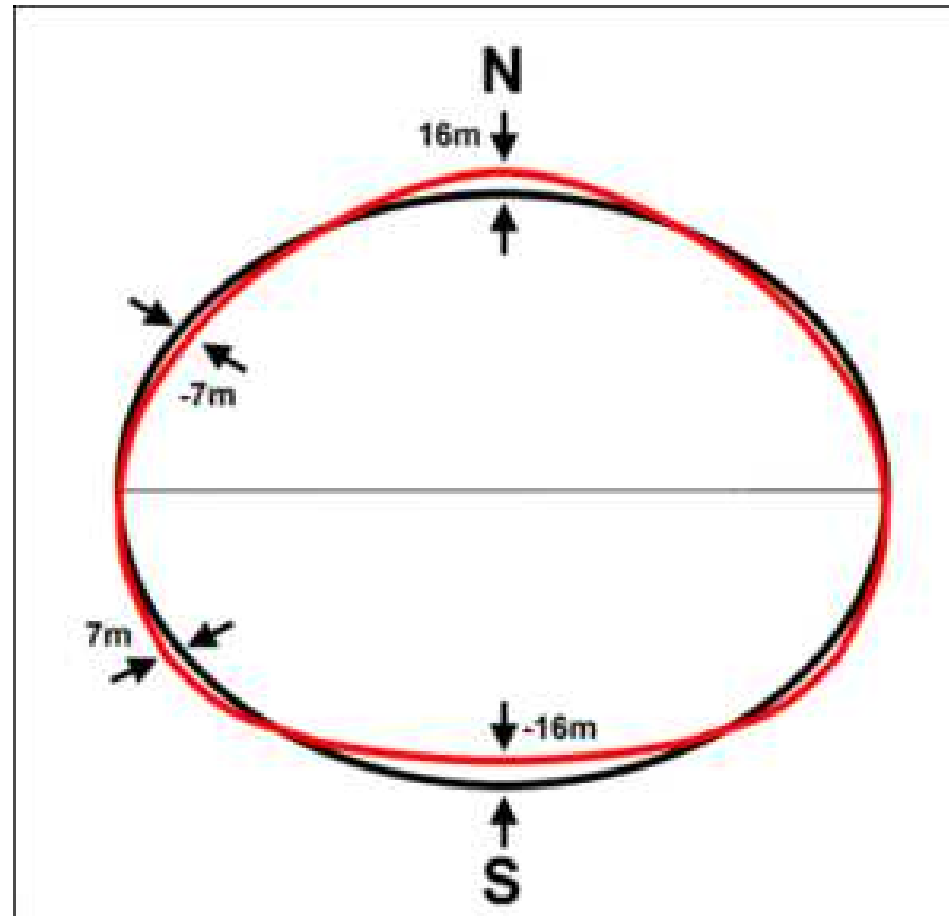
América do Sul



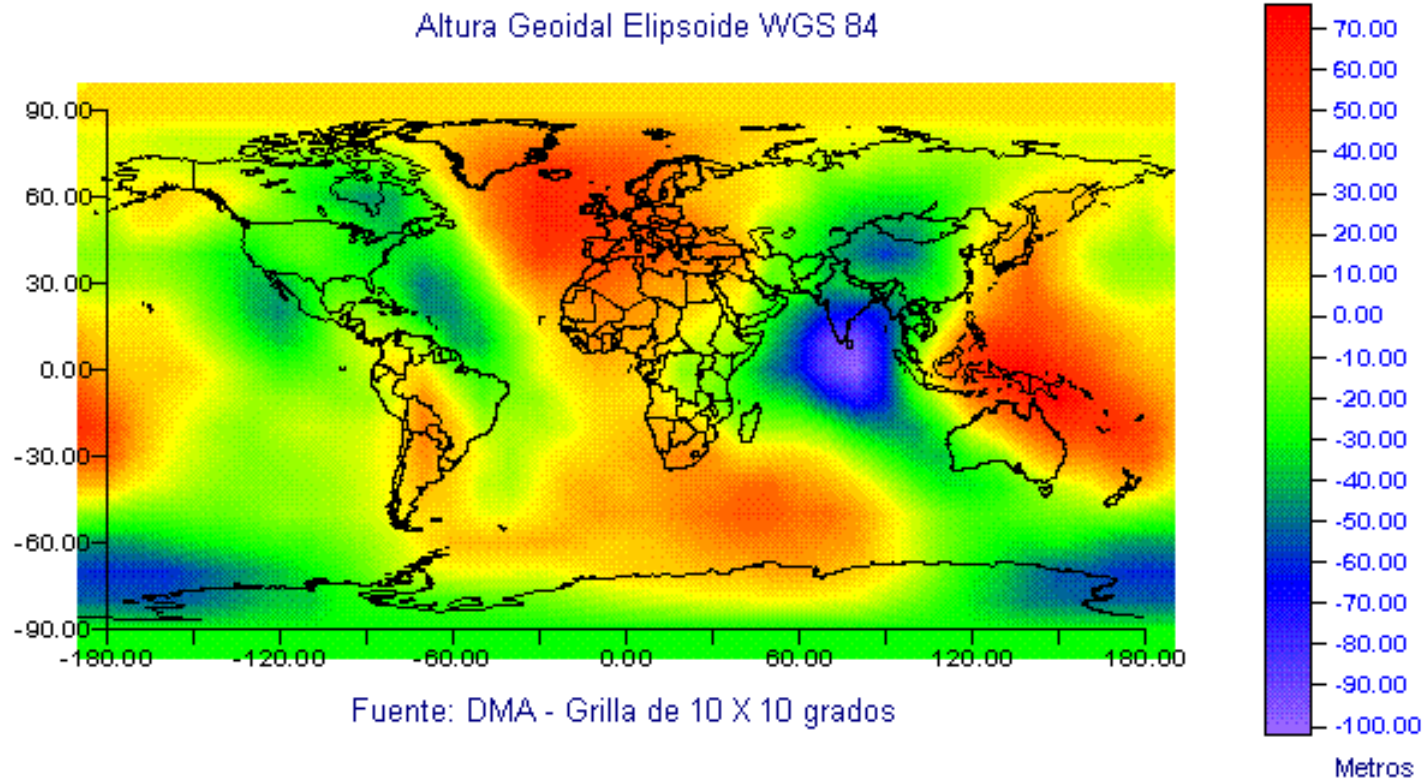
SUPERFÍCIES



SUPERFÍCIES



DIFERENÇAS ENTRE GEOIDE E ELIPSOIDE



MAPGEO

IBGE - MAPGEO2015 - Versão 1.0

Entradas Ilustrações Ajuda

SISTEMA DE INTERPOLAÇÃO DE ONDULAÇÃO GEOIDAL (SIRGAS2000)

ENTRADA VIA TECLADO

ID do Ponto

Latitude

Longitude -

Ondulação Geoidal

Graudecimal
 GMS

ENTRADA VIA ARQUIVO

Formato Arquivo Entrada

- ID do Ponto
- Lat Lon (Grau Decimal)
- Lon Lat (Grau Decimal)
- Lat Lon (GMS)
- Lon Lat (GMS)

Formato Arquivo Saída

- ID do Ponto
- Coordenadas de Entrada
- Ondulação Geoidal

Arquivo de entrada

Arquivo de saída

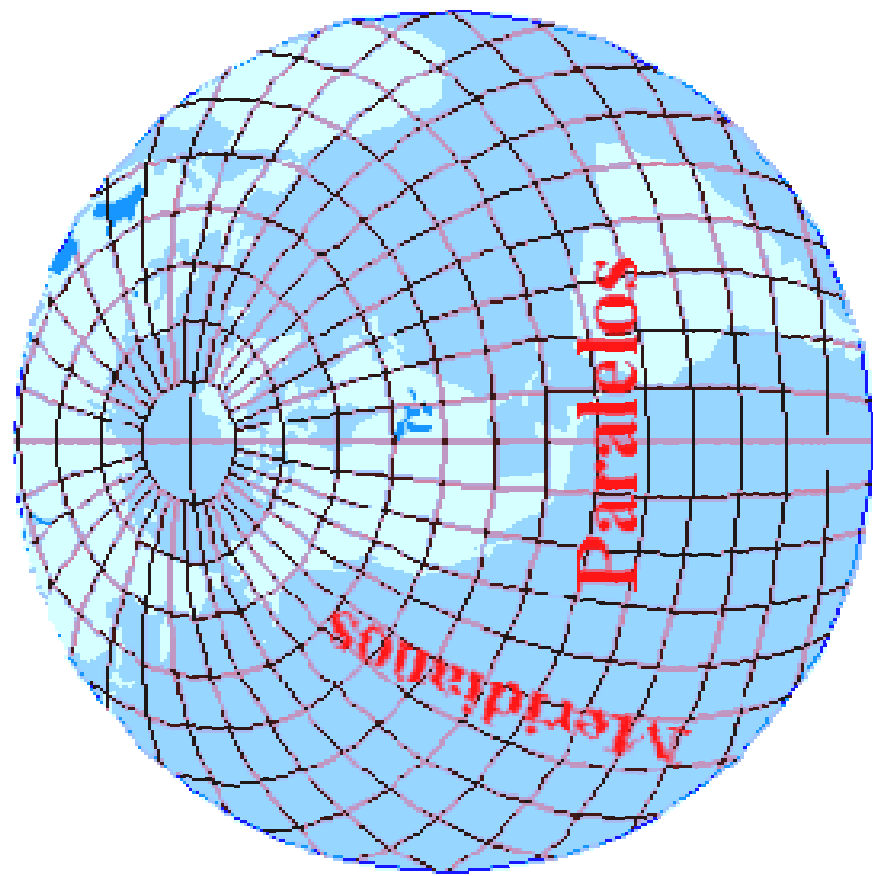
Processa

4. ELEMENTOS GEOGRÁFICOS BÁSICOS NO ESTUDO DA TERRA

A reta ao redor da qual a Terra faz seu movimento de rotação recebe o nome de eixo de rotação ou eixo dos pólos, interceptando a superfície terrestre nos pólos Norte (PN) e Sul (PS) geográficos ou verdadeiros.

4. ELEMENTOS GEOGRÁFICOS BÁSICOS NO ESTUDO DA TERRA

O posicionamento de pontos sobre o elipsoide se realiza mediante o Sistema de Coordenadas Geodésicas, as quais correspondem a ângulos que têm como referência meridianos e paralelos.



4. ELEMENTOS GEOGRÁFICOS BÁSICOS NO ESTUDO DA TERRA

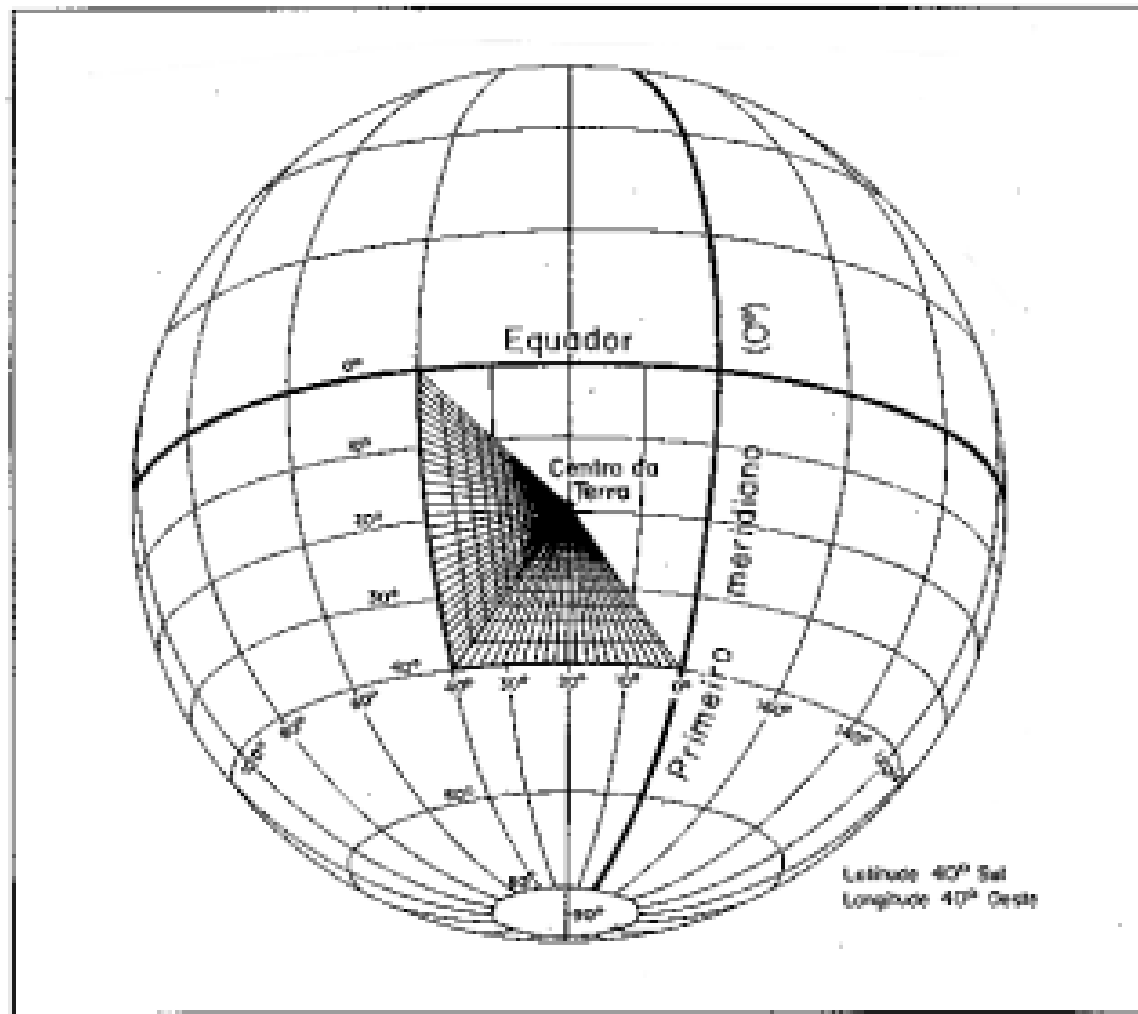
Latitude Geodésica (ϕ) corresponde ao ângulo formado entre a normal do observador e o plano do Equador. A sua variação é de 0° a 90° no Hemisfério Norte e de 0° a -90° no Hemisfério Sul, tendo como origem o círculo máximo (Equador).

4. ELEMENTOS GEOGRÁFICOS BÁSICOS NO ESTUDO DA TERRA

A Longitude Geodésica (λ)

corresponde ao ângulo diedro formado entre o meridiano de Greenwich e o meridiano do observador. A sua variação é de 0° a 180° a leste do citado meridiano e de 0° a -180° a oeste do mesmo.

Latitude e Longitude Geodésicas



4. ELEMENTOS GEOGRÁFICOS BÁSICOS NO ESTUDO DA TERRA

A terceira coordenada de P é dada pela distância vertical desde a superfície terrestre até a superfície de referência (elipsoide) e denomina-se **Altura Geométrica (h)**.

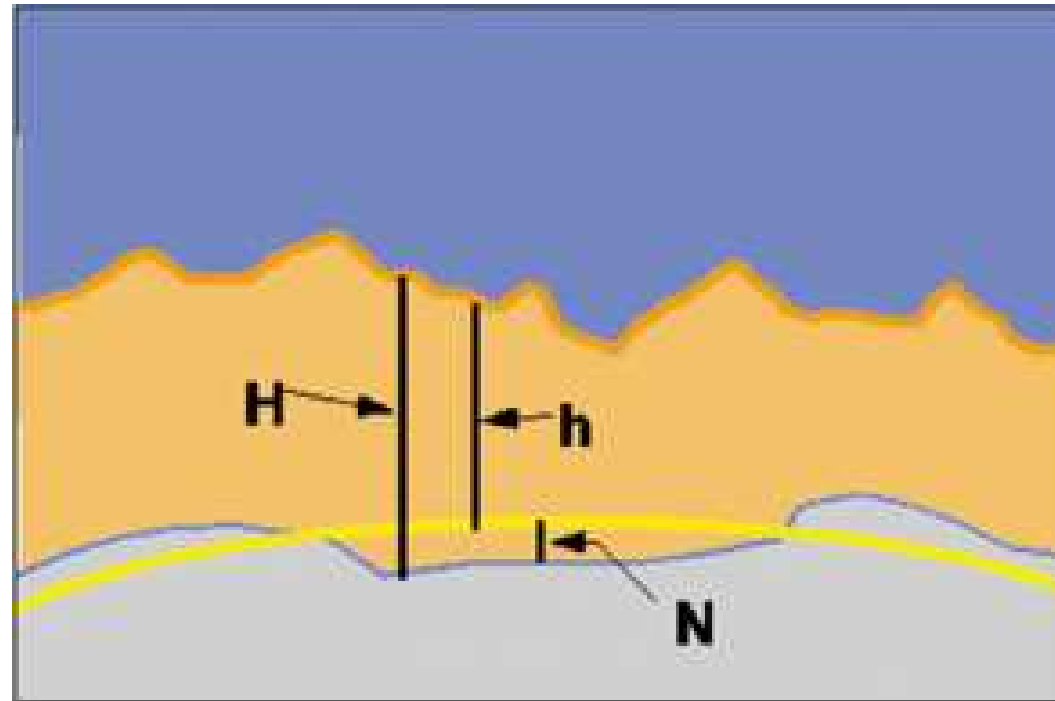
4. ELEMENTOS GEOGRÁFICOS BÁSICOS NO ESTUDO DA TERRA

A Altura Geométrica (h) não possui significado físico, apenas geométrico.

Assim, a chamada Altura Ortométrica (ou simplesmente Altitude - H) é a que fornece a DN entre o ponto em questão e o geoide (que corresponde ao nível médio dos mares). A relação entre essas alturas é dada por:

$$H = h \pm N$$

sendo N = ondulação geoidal (diferença entre geoide e elipsoide).



— Terreno — Elipsoide — Geoide

h = altura elipsoidal

N = altura (ou ondulação) geoidal

H = altura ortométrica (altitude)

5. SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA

Um Sistema Geodésico de Referência (SGR) é um sistema de coordenadas associado a algumas características terrestres. A **implantação** de um SGR pode ser dividida em quatro etapas: **conceito, definição, materialização e densificação.**

5. SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA

Os SGRs são classificados, quanto ao método de determinação e orientação, em **Clássicos** e **Modernos**.

5. SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA

Sistemas de Referência Clássicos

Nesse sistema há a necessidade de adoção de dois SGRs: um horizontal e outro vertical.

O SGR vertical fornece a referência para a determinação precisa da componente altimétrica, enquanto o SGR horizontal fornece a referência para a determinação precisa das componentes planimétricas (latitude e longitude).

5. SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA

Nos sistemas clássicos, o centro do elipsoide não coincide com o centro de massa da Terra – o geocentro, devido ao requisito de boa adaptação à região de interesse.

5. SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA

As metodologias de levantamento utilizadas na materialização de um SGR clássico horizontal foram a triangulação e a poligonação. Os sistemas Córrego Alegre e SAD69 são exemplos de SGR de concepção clássica.

5. SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA

Sistemas de Referência Modernos

Um sistema geodésico moderno apresenta as seguintes características:

- adoção de um elipsoide de revolução, cuja origem coincide com o centro de massa da Terra e com eixo de revolução coincidente com o eixo de rotação da Terra.

5. SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA

Sistemas de Referência Modernos

- a sua materialização se dá mediante uma rede de estações geodésicas com coordenadas tridimensionais, que são estabelecidas por meio de técnicas de posicionamento espacial de alta precisão.

5. SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA

Quanto à **orientação**, os SGRs podem ser classificados em Geocêntricos e Topocêntricos.

SGR DE ORIENTAÇÃO GEOCÊNTRICA

Origem no centro de massa da Terra.

SGR DE ORIENTAÇÃO TOPOCÊNTRICA

O centro do elipsoide (ou origem dos eixos) não está localizado no centro de massa da Terra, mas sim no ponto de origem (vértice) escolhido.

6. SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO

6.1. INTRODUÇÃO

- Sistema geodésico que serve de referência ao posicionamento no território nacional.**
- A materialização desse sistema se dá por meio de estações geodésicas distribuídas pelo país. É a infraestrutura de referência a partir da qual os novos posicionamentos são efetuados.**

6. SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO

6.1. INTRODUÇÃO

A definição, implantação e manutenção do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) é de responsabilidade do IBGE, assim como o estabelecimento das especificações e normas gerais para levantamentos geodésicos, segundo o disposto no Cap. VIII do Decreto-Lei n. 243, de 28 de fevereiro de 1967.

6. SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO

6.1. INTRODUÇÃO

A definição do SGB acompanha, em cada fase da História, o estado da arte dos métodos e técnicas disponíveis. Com o advento dos GNSS, tornou-se obrigatória a adoção de um novo sistema de referência, geocêntrico, compatível com a precisão dos métodos de posicionamento correspondentes e também com os sistemas adotados no restante do globo terrestre.

6. SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO

6.1. INTRODUÇÃO

Com esta finalidade, o IBGE estabeleceu, por meio de resolução de seu presidente, em 25 de fevereiro de 2005, como novo sistema de referência geodésico para o SGB e para o Sistema Cartográfico Nacional (SCN), o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS), em sua realização do ano de 2000 (SIRGAS2000).

6. SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO

6.1. INTRODUÇÃO

No período de transição, antes da adoção do SIRGAS2000 em caráter exclusivo (10 anos), os usuários tiveram que adequar e ajustar suas bases de dados, métodos e procedimentos ao novo sistema.

6. SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO

6.2. CARACTERIZAÇÃO DO SIRGAS 2000

A. Sistema Geodésico de Referência:
Sistema de Referência Terrestre
Internacional – ITRS (Internacional
Terrestrial Reference System).

6. SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO

6.2. CARACTERIZAÇÃO DO SIRGAS 2000

B. Figura geométrica para a Terra:

Elipsoide do Sistema Geodésico de Referência de 1980 (Geodetic Reference System 1980 – GRS80)

Semi-eixo maior: $a = 6.378.137 \text{ m}$

Achatamento: $f = 1/298,257222101$

6. SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO

6.2. CARACTERIZAÇÃO DO SIRGAS 2000

C. Origem: centro de massa da Terra

D. Orientação

Pólos e meridianos de referência consistentes em $\pm 0,005''$ com as direções definidas pelo BIH (Bureau International de l'Heure), em 1984,0.

6. SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO

6.2. CARACTERIZAÇÃO DO SIRGAS 2000

E. Estações de Referência

As estações da rede continental SIRGAS2000, estabelecidas no Brasil, constituem a estrutura de referência a partir da qual o sistema SIRGAS2000 é materializado em território nacional.

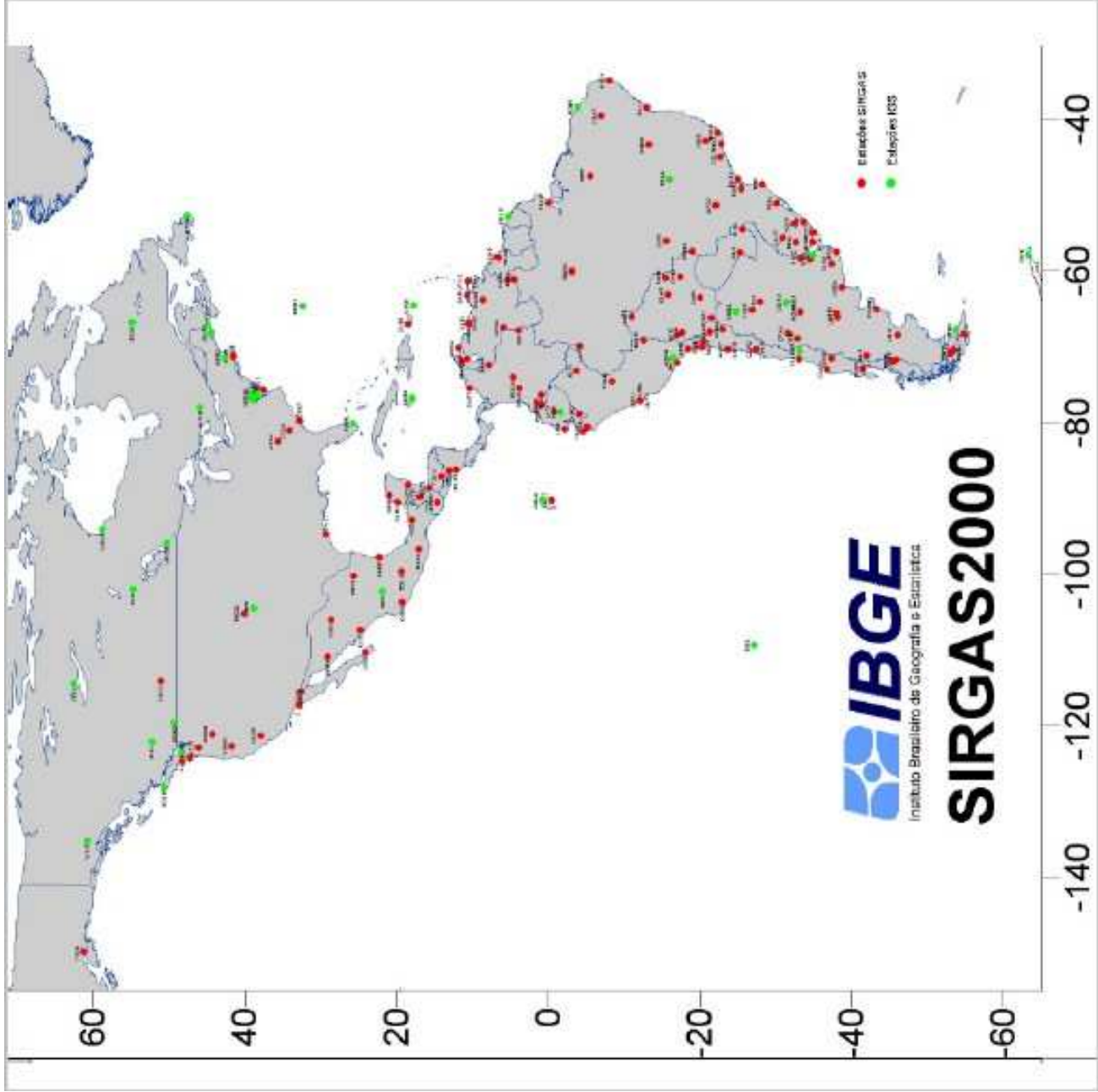
F. Época de referência das coordenadas:
2000,4

6. SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO

6.2. CARACTERIZAÇÃO DO SIRGAS 2000

G. Materialização

Estabelecida por intermédio de estações de referência.



6. SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO

6.2. CARACTERIZAÇÃO DO SIRGAS 2000

H. Velocidade das estações

Para aplicações científicas, onde altas precisões são requeridas, deve-se utilizar o campo de velocidades disponibilizado para a América do Sul no site <http://www.ibge.gov.br/sirgas>. Com estas velocidades é possível atualizar as coordenadas de uma estação de referência 2000,4 para qualquer outra, e vice-versa, por conta das variações provocadas pelos deslocamentos da placa tectônica da América do Sul.

6. SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO

6.2. CARACTERIZAÇÃO DO SIRGAS 2000

I. Referencial Altimétrico

Quando os sistemas Córrego Alegre, SAD69 e SIRGAS2000 forem empregados, o referencial altimétrico a ser utilizado coincide com a superfície equipotencial do campo de gravidade da Terra que contém o nível médio do mar, definido pelas observações maregráficas tomadas na baía de Imbituba, no litoral do Estado de Santa Catarina, de 1949 a 1957.

6. SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO

6.3. CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS CÓRREGO ALEGRE E SAD69

Parâmetros referentes ao
posicionamento espacial do elipsoide:

Orientação topocêntrica

Ponto Datum = Vértice de triangulação

Córrego Alegre

$$\phi_G = 19^\circ 50' 15,14'' \text{ S}$$

$$\lambda_G = 48^\circ 57' 42,75'' \text{ W}$$

$$N = 0,0 \text{ m}$$

6. SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO

6.3. CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS CÓRREGO ALEGRE E SAD69

Sendo:

ϕ_G = Latitude Geodésica

λ_G = Longitude Geodésica

N = Ondulação Geoidal

6. SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO

6.3. CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS CÓRREGO ALEGRE E SAD69

- Orientação topocêntrica:
Ponto Datum = Vértice de triangulação Chuá

$$\phi_G = 19^\circ 45' 41,6527'' \text{ S}$$

$$\lambda_G = 48^\circ 06' 04,0639'' \text{ W}$$

$$AG = 271^\circ 30' 04,05'' \text{ para VT-Uberaba}$$

$$N = 0,0 \text{ m}$$



EPUSP - ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PTB - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES
LTG - LABORATÓRIO DE TOPOGRAFIA E GEODÉSIA



VÉRTICE GEODÉSICO DA REDE GPS DO ESTADO DE SÃO PAULO

Código do Ponto: 91031	Nome do Ponto: VT-CHUÁ	Município/U.F.: UBERABA/MG
Coordenadas Geodésicas (φ)		
S.A.D. - 69	W.G.S. - 84	S.A.D. - 69
φ = -18° 45' 41,65270"	φ = -18° 45' 43,34586"	φ = -18° 45' 43,34586"
λ = -48° 06' 04,06330"	λ = -48° 06' 05,67317"	λ = -48° 06' 05,67317"
Alt. Geom. (ht) = 763,2819 m	Alt. Geométrica (ht) = 754,1502 m	Altura Ortométrica (ht) = 762,8219 m

Localização: Às margens da BR-262, entre as cidades de Uberaba e Campo Florido, nas terras da Fazenda Providência, antiga Fazenda 2M, a aproximadamente 170m do feito da estrada.



Descrição: A estação é materializada por uma chapa metálica do CNG, sobre uma base de concreto. É circundada por uma caixa de proteção, por uma base adicional, ambas de concreto. É encimada por uma plataforma de concreto armado, fundida em duas pilastras de apoio, essa plataforma possui dispositivo de centragem forçada, padrão USP, com φ = 13,5 mm, coincidente com a vertical do centro da estação e seu topo, dista 1,197m da chapa do CNG

φ - Coordenadas Oficiais, divulgadas pelo IBGE
h - diâmetro

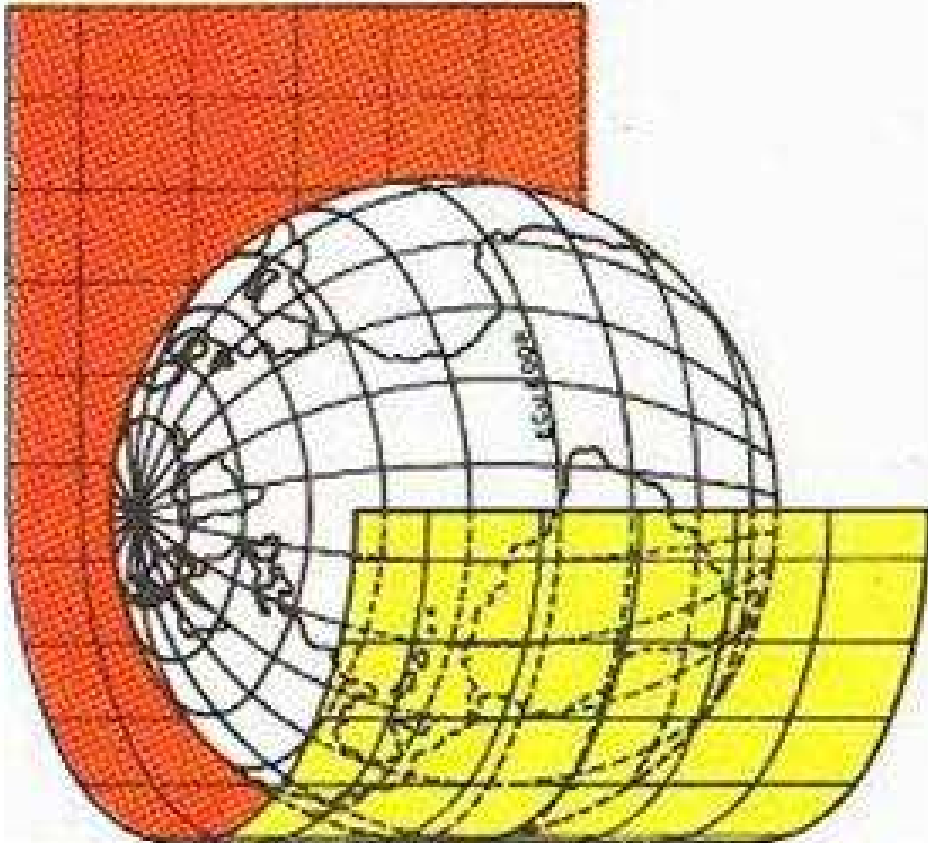
Elaborado por LTG-EPUSP em maio/1996
c:\set\ent\trf\form\la\verti_pubo



7. PROJEÇÕES CARTOGRÁFICAS

A confecção de uma carta exige, antes de tudo, o estabelecimento de um método, segundo o qual, a cada ponto da superfície da Terra corresponda um ponto da carta e vice-versa.

Diversos métodos podem ser empregados para se obter essa correspondência de pontos, constituindo os chamados "sistemas de projeções".



7. PROJEÇÕES CARTOGRÁFICAS

Problema básico das projeções cartográficas:
representação de uma superfície curva em um plano.

Em termos práticos, o problema consiste em se representar a Terra em um plano.

7. PROJEÇÕES CARTOGRÁFICAS

CARTA IDEAL: DEVERIA REUNIR AS
PROPRIEDADES QUE PERMITISSEM A
REPRESENTAÇÃO DE UMA SUPERFÍCIE
RIGOROSAMENTE SEMELHANTE À
SUPERFÍCIE DA TERRA.

7. PROJEÇÕES CARTOGRÁFICAS

Essa carta deveria possuir as seguintes propriedades:

1- Manutenção da verdadeira forma das áreas a serem representadas (**conformidade**).




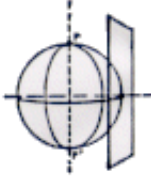
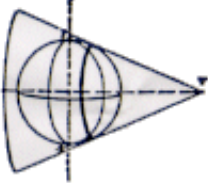
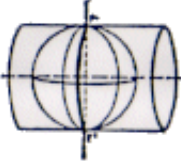

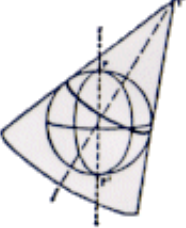

2- Inalterabilidade das áreas (**equivalência**).

3- Constância das relações entre as distâncias dos pontos representados e as distâncias dos seus correspondentes (**equidistância**).

7. PROJEÇÕES CARTOGRÁFICAS

Essas propriedades seriam facilmente conseguidas se a superfície da Terra fosse plana ou uma superfície desenvolvível. Como tal não ocorre, torna-se impossível a construção da carta ideal, isto é, da carta que reunisse todas as condições desejadas.

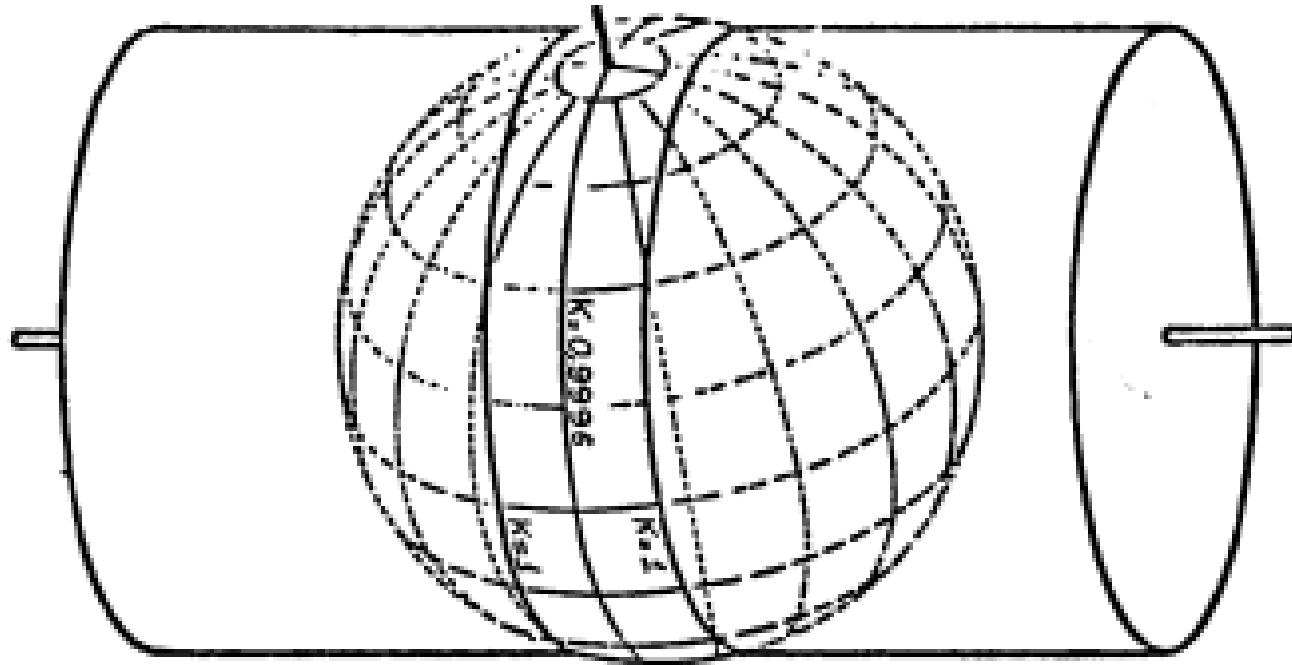
PROJEÇÕES CARTOGRÁFICAS

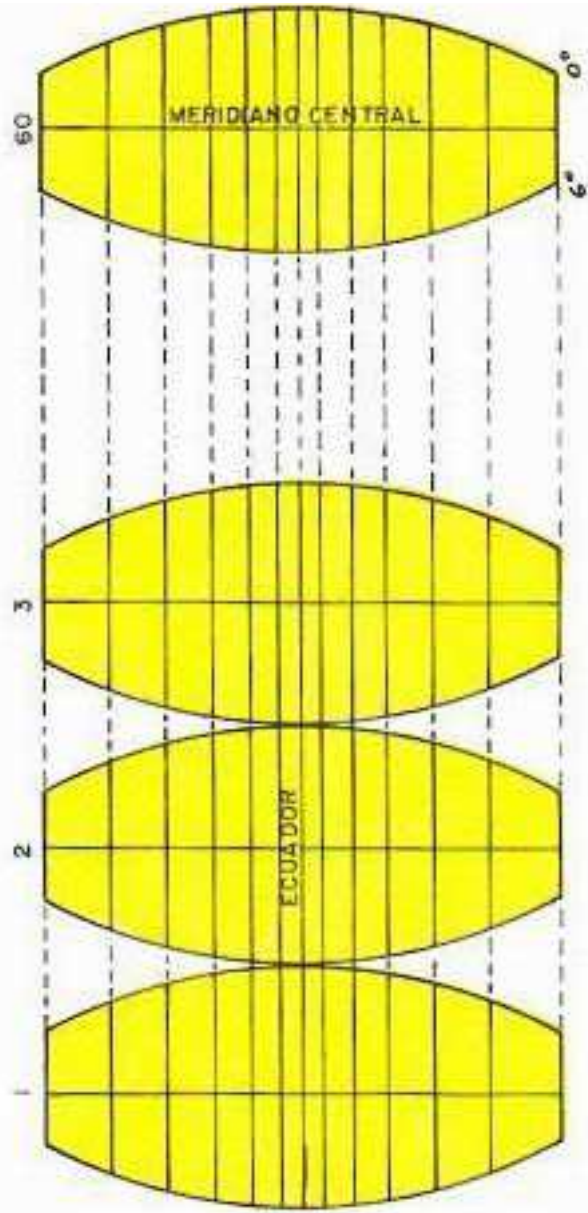
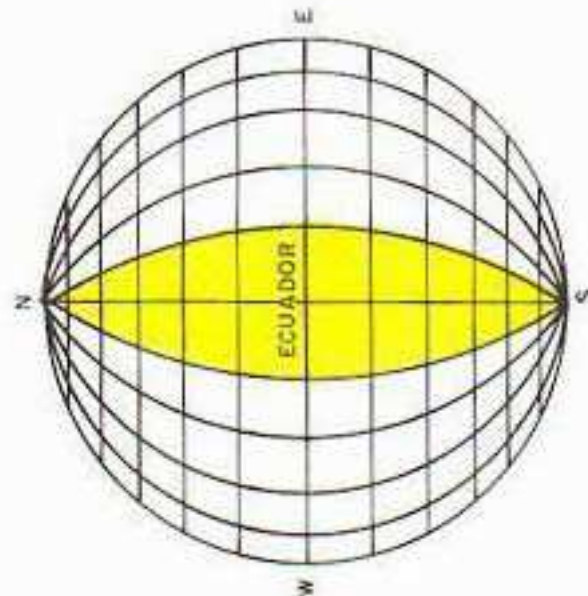
PLANAS	CÔNICAS	CILINDRICAS
 <p data-bbox="757 655 1003 703">POLAR – plano tangente no pólo</p>	 <p data-bbox="1016 655 1263 703">NORMAL – eixo do cone paralelo ao eixo da Terra</p>	 <p data-bbox="1279 655 1525 703">EQUATORIAL – eixo do cilindro paralelo ao eixo da Terra</p>
 <p data-bbox="757 991 1003 1038">EQUATORIAL – plano tangente no equador</p>	 <p data-bbox="1016 991 1263 1038">TRANSVERSA – eixo do cone perpendicular ao eixo da Terra</p>	 <p data-bbox="1279 991 1525 1038">TRANSVERSA – eixo do cilindro perpendicular ao eixo da Terra</p>
 <p data-bbox="757 1326 1003 1374">HORIZONTAL – plano tangente em um ponto qualquer</p>	 <p data-bbox="1016 1326 1263 1390">HORIZONTAL – eixo do cone inclinado em relação ao eixo da Terra</p>	 <p data-bbox="1279 1326 1525 1390">HORIZONTAL – eixo do cilindro inclinado em relação ao eixo da Terra</p>

8. SISTEMA UTM

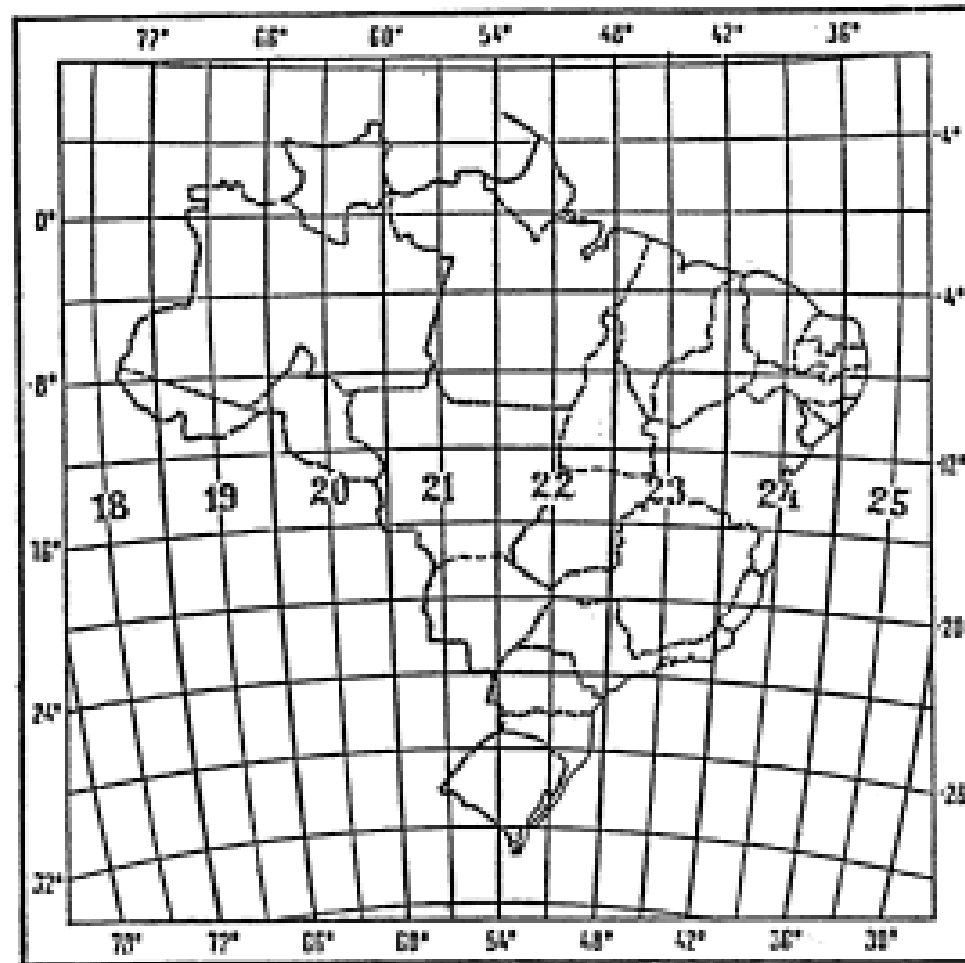
O sistema UTM (Universal Transverso de Mercator) utiliza como superfície de projeção 60 cilindros transversos e secantes à superfície de referência. Cada cilindro é responsável pela representação de 6° de amplitude em longitude, contada a partir do anti-meridiano de Greenwich.

CILINDRO SECANTE





FUSOS UTM



8. SISTEMA UTM

Observa-se que os meridianos centrais (MC) estão localizados nas longitudes múltiplas de 6° , acrescidas de 3° . Sobre este meridiano, as distâncias apresentam-se deformadas segundo o coeficiente de deformação $K_0 = 0,9996$. Portanto, as distâncias no terreno serão reduzidas nessa região, à medida que se afasta do MC, para a direita ou para a esquerda.

8. SISTEMA UTM

Esse coeficiente aumenta até atingir o valor $K_0 = 1$, sobre as linhas de secância do cilindro com o elipsoide, onde não ocorrem deformações lineares. Afastando-se dos meridianos de secância, o coeficiente aumenta até atingir o valor máximo próximo a $K_0 = 1,001$ nos meridianos limites do fuso, onde as distâncias no terreno serão ampliadas. Esse valor de $K_0 = 1,001$ é calculado para as imediações da linha do Equador, sendo que em quaisquer outras latitudes ele tende a diminuir.

8. SISTEMA UTM

Cada um dos 60 cilindros possui seu próprio sistema de referência, tendo como origem a interseção das linhas do Equador com o MC de cada fuso. As abscissas no sistema UTM denominam-se coordenadas E (leste) e assumem valor 500.000 m no MC (convencionalmente atribuído à direita do MC as coordenadas são crescentes (> 500.000 m) e à esquerda decrescentes (< 500.000 m)).

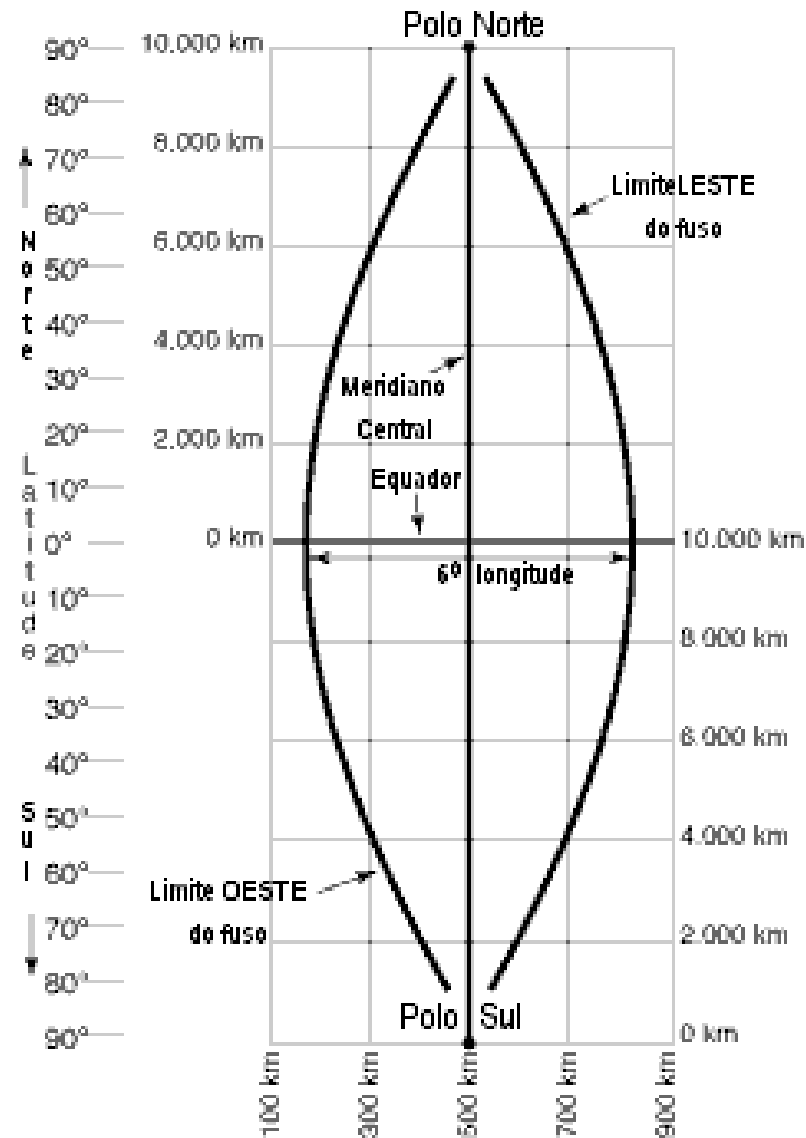
8. SISTEMA UTM

Quanto às ordenadas, atribui-se a denominação N (norte). Partem do Equador para o Norte com valores crescentes a partir de 0 m e para o Sul com valores decrescentes a partir de 10.000.000 m. Observa-se que um ponto P de coordenadas $E=E_p$ e $N=N_p$ pode ser representado em qualquer um dos 60 fusos (cilindros), de tal forma que, além da informação de suas coordenadas (E, N), é necessário também informar o número do fuso ou o valor do MC.

8. SISTEMA UTM

Um fuso UTM representa os paralelos como linhas retas horizontais e os meridianos como arcos com concavidade voltada para o MC. Este último é o único meridiano representado como uma linha reta. A malha (grade) de coordenadas UTM é definida por linhas verticais e horizontais que se interceptam segundo ângulos retos. Então, na superposição dos reticulados, apenas o MC coincide com um dos eixos ordenados UTM.

FUSO UTM



8. SISTEMA UTM

O ângulo formado entre uma linha paralela ao MC e uma linha N-S (transformada de meridiano) recebe o nome de Convergência Meridiana, representada pela letra grega gama (γ).

Devido à convergência dos meridianos perto dos pólos, o sistema UTM limita-se a representar regiões compreendidas entre 84° N e 80° S.

REFERÊNCIAS

CINTRA, J.P. Sistema UTM. EPUSP, Apostila, 1993.

ERBA, D.A. (Organiz.) Topografia para estudantes de arquitetura, engenharia e geologia. Editora Unisinos, São Leopoldo, 2003.

IBGE. Resolução do Presidente – 1/2005. Altera a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro. 7p., 25/02/2005.

IBGE. Noções básicas de Cartografia OLIVEIRA, C. Curso de Cartografia Moderna. IBGE, Rio de Janeiro, 1988, 152p.

SEGANTINE, P.C.L. GPS: Sistema de Posicionamento Global. EESC/USP, São Carlos, 2005, 364p.