



Fundamentos de Cartografia e Projeções UTM



Coordenador:

Prof. Dr. Peterson Ricardo Fiorio

Dep. Eng. de Biosistemas – ESALQ/USP 

Colaboradores:

Isabella Andrade da Cunha Dias

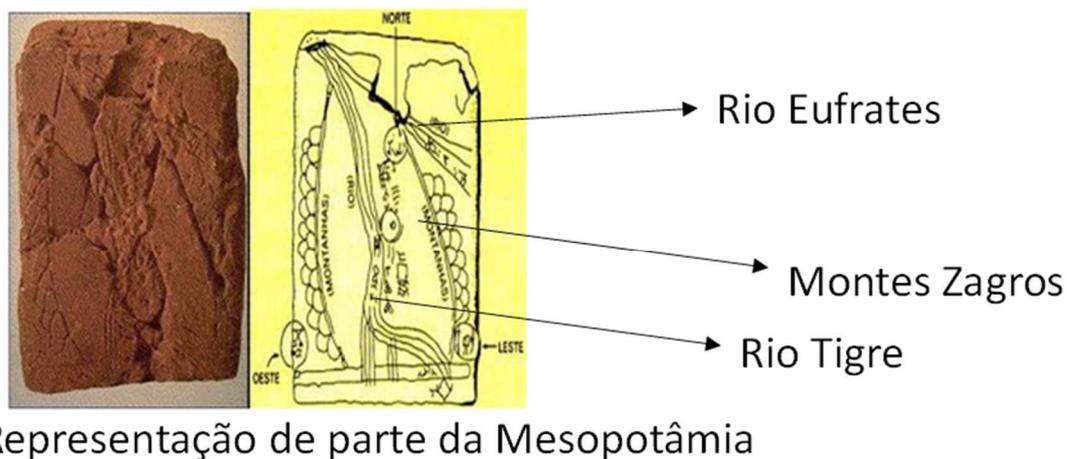
1. Histórico Cartografia.....	4
2. Definição de Cartografia.....	6
3. Forma da terra.....	6
3.1. Dimensões da terra.....	7
3.2. Forma da terra.....	7
a) Geóide.....	7
b) Elipsóide.....	8
4. Sistema de coordenadas.....	8
4.1. Sistema de Coordenadas Planas (topo)	8
4.2. Sistema de Coordenada Geográfica (esfera)	9
a) Meridionais.....	10
b) Paralelos.....	10
c) Latitudes.....	10
d) Longitudes.....	10
e) Altitude (Geóide, NMM) – marégrafo.....	12
4.3. Sistema de Coordenadas Geodésicas (elipsoide)	12
a) Meridianos e paralelos.....	12
4.3.a.1. Em relação à posição e a orientação do elipsoide adotado:	12
o A terra como um todo (geocêntrico – WGS84/SIRGAS).....	13
o A certa região da terra (país, continente).....	13
o Rede vertical – Nivelamento geométrico.....	13
o Rede horizontal e topografia/ triangulação/trilateração/poligonáceo.....	13
o Latitude e longitude – Automaticamente Córrego Alegre/SAD69.....	14
o Sistema de referências geométrico para América do Sul (SIRGAS – 2000)..	14
o Geocêntrica/Rede tridimensional/GPS.....	14
o Altitude.....	14
5. Projeções Cartográficas.....	14
5.1. Projeções cartográficas – classificação.....	15
a) Quanto ao método (geométricas, analíticas)	15
b) Quanto a superfície de projeção (plana, cilíndrica, cônica, poli superficiais).....	15

c)	Quanto as propriedades (Equidistantes, conformes, equivalente, afiláticas).....	16
d)	Quanto ao tipo de contato.....	17
6.	Sistema Universal Transversa de Mercator (UTM) – Definição.....	17
a)	Projeção (Conforme; cilíndrico, transversa, secante).....	18
b)	Fusos UTM.....	19
c)	Coordenadas UTM/Fator de escala.....	20
7.	Mapeamento Sistemático do Brasil (Piracicaba).....	23
7.1	Nomenclatura das cartas.....	24

Fundamentos de Cartografia e projeção UTM

1. Histórico da Cartografia

O conceito da cartografia tem sua origem intimamente ligada as inquietações dos seres humanos, perante a conhecer o mundo em que ele habita. Pode-se dizer que a cartografia surgiu por volta de 2.500 a.C., quando foi confeccionada pelos sumérios uma placa de barro cozido onde foi representado o lado setentrional da região mesopotâmica.



Representação de parte da Mesopotâmia

Figura 1 – Representação de parte da mesopotâmia, primeiro mapeamento

Muito tempo antes disso o homem se utilizava de pinturas (com intenção de representar o caminho dos locais de caça) e até mesmo de entalhes, verdadeiras maquetes de pedra, para representar pequenas localidades, por esquimós e astecas (“Pedra de Saihuite” – primeiros talhos de cartografia em relevo a qual representava um bairro asteca).



Figura 2 - Pedra de Saihuite, primeiro trabalho em relevo

Também relatos do uso de representações gráficas de regiões, pelos chineses desde o século IV a.C., para orientação, cobrança de impostos e fins bélicos. Os egípcios também usavam mapas para fins administrativos, cobrança de impostos e demarcação de terras. Também desenvolveram o “nível” e método da triangulação para calcular distância.

Porém, foram os gregos que mais se destacaram na cartografia:

- Eratóstenes (276 - 194 a.C.) mediu a circunferência da terra chegando próximo ao valor real (40.076 km).
- Pitágoras (570 - 495 a.C.) defendeu que a terra era esférica (528 a.C.)
- Hiparco (190 - 120 a.C.) astrônomo grego criou o sistema de coordenadas latitude e longitude.
- Ptolomeu (100 – 170 d.C.) criou uma obra com 8 volumes “Geographia” com coordenadas de 8.000 lugares.

No início da idade média, com forte influência da igreja, a cartografia teve poucos desenvolvimentos. Nessa época os árabes foram os maiores responsáveis por qualquer desenvolvimento nessa área. Também foram responsáveis por trazer a bússola para o ocidente. Tal fato proporcionou o desenvolvimento de um tipo de carta pelos Genoveses, as Cartas Portulanos, para navegação.

No final da idade média, todo conhecimento esquecido no ocidente, mas que vinha sendo preservado pelos árabes, voltou à tona com o início das grandes navegações (início da idade moderna).

Em 1500, com a descoberta do continente americano, Juan de La Costa faz o primeiro mapa mundi. Foi nessa época (séc. XVI), após a descoberta da América, que o holandês Gerard Mercator (1512 - 1594), utilizando de todo conhecimento produzido até a época, produz o mapa mundo que levaria o seu nome, o qual representava “Grandes rotas em linhas retas”.

No século XVIII, com o maior rigor científico dos mapas, foi produzido o primeiro levantamento oficial na França, em 1744 por César-François Cassini, o precursor dos mapas modernos.

Nos séculos seguintes temos um grande desenvolvimento da cartografia, com o aperfeiçoamento da fotografia, avião e informática.

2. Definição de cartografia

Em 1839 o vocábulo “Cartografia” etimologicamente (descrição de cartas) foi introduzido pelo segundo Visconde de Santarém (1791 – 1856). Inicialmente a ideia era “traçado de mapas”. Na evolução do vocábulo passou a significar “a ciência, a técnica e a arte de representar a superfície terrestre.

Assim, em 1966, foi estabelecido pela Associação Cartográfica Internacional (ACI) e posteriormente ratificada pela UNESCO como sendo: “a cartografia apresenta-se como o conjunto de estudos e operações científicas, técnicas e artísticas que, tendo por base os resultados de observações diretas ou da análise de documentação, se voltam para a elaboração de mapas, cartas e outras formas de expressões ou representações de objetos, elementos, fenômenos e ambientes físicos e socioeconômicos, bem como sua utilização”.

3. Forma da terra

A forma do nosso planeta é um tema que vem sendo pesquisado ao longo dos anos em várias partes do mundo. O primeiro conceito sobre a forma da terra foi introduzido por Pitágoras em 528 a.C., forma esférica. A partir das sucessivas teorias que foram desenvolvidas até alcançarem o conceito que é hoje aceito no meio científico.

Assim, a fim de simplificar os cálculos das coordenadas da superfície terrestre, foram adotadas superfícies matemáticas simples, sendo a primeira aproximação como “esfera achatada nos polos”.

GAUSS (1777 – 1855) introduziu o conceito do geoide como a forma da terra.

Geoide – Essa superfície considera o nível médio dos mares (sem influência de ventos, correntezas e das marés), onde supostamente se prolonga esse nível médio adentrando aos continentes. “Essa superfície deve-se principalmente as forças de atração (gravidade) e força centrífuga (rotação da terra).”

Mas para modelar matematicamente o achatamento dos polos, utiliza-se uma figura geométrica “elipse”. Assim, ao gerar essa figura em seu eixo menor, temos um volume, o elipsoide de revolução achatado nos polos. O elipsoide é o modelo matemático de referência utilizado nos cálculos a qual fornece subsídios para elaboração de uma representação cartográfica.

“Em geral, cada país ou continente de países, adota uma elipsoide como referência para os trabalhos geodésicos e topográficos que mais se aproxime do geoide na região considerada” (Córrego Alegre, SAD-69, SIRGAS).

3.1. Dimensões da terra

Podemos concluir que a superfície da terra é muito complexa para admitir um modelo geométrico ou físico perfeito. Utilizam-se aproximações mais ou menos adequadas e simplificadas em função da necessidade de precisão de deformações aceitáveis. O achatamento da terra é de apenas 43 km, dado pela diferença dos eixos N-S (12.713 km) e E-W (12.756 km)



Figura 3- Achatamento da terra,

3.2. Forma da terra

3.2.1. Geoide (esférica)

Como já comentado o Geoide é uma superfície considera o nível médio dos mares (sem influência de ventos, correntezas e das marés), onde supostamente se prolonga esse nível médio adentrando aos continentes. “Essa superfície deve-se principalmente as forças de atração (gravidade) e força centrífuga (rotação da terra).

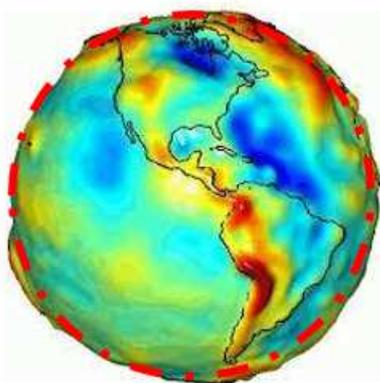
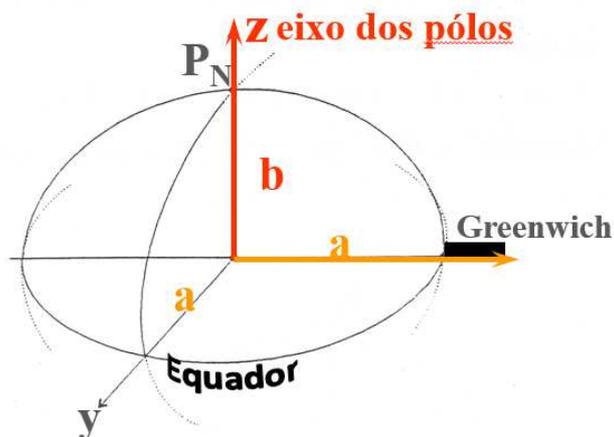


Figura 4- Representação do Geoide

Pode-se observar em ordem de grandeza a diferença entre o círculo máximo (Equador 40.075 km) e a máxima altitude (Everest: 8.848 m) e máxima depressão (Fossa Mariana: 11.037 m). Ou seja, para algumas aplicações pode-se considerar o Geoide como uma esfera.

3.2.2. Elipsoide (elipse)



a - semi-eixo maior
 b - semi-eixo menor
 α – achatamento

$$\alpha = \frac{a - b}{a}$$

Figura 5 - Representação da figura matemática Elipsoide

“O posicionamento e a cartografia se valem de coordenadas geodésicas projetadas na elipsoide de revolução. Os modelos de elipsoide são denominados de “datum”.

Os modelos mais utilizados no Brasil são:

- Datum – Córrego Alegre
- Datum – SAD 69
- Datum – SIRGAS

Para o sistema de posicionamento global, para imagens de satélite usa-se como referência o datum WGS 84. Os levantamentos são realizados no geóide e projetados para o “elipsoide” com um modelo pré-estabelecido (ex: SAD 69).”

4. Sistemas de coordenadas

Os sistemas de coordenadas são necessários para expressar as porções de pontos sobre uma superfície. A superfície, como já discutido, pode ser uma elipsoide, esfera ou plana. É com base no sistema de coordenadas que se descreve geometricamente o levantamento da superfície terrestre. Para a caracterização das porções X e Y é usual tanto para a elipsoide como para a esfera um sistema de coordenadas cartesiano e curvilíneo (latitude – y; longitude – x). Para o plano um sistema de coordenadas x e y também é aplicável.

4.1. Sistema de coordenada plana (topográficas)

Os levantamentos topográficos utilizam como superfície de referência o plano topográfico local. Assim, todos os pontos levantados no campo são rebatidos a esse plano ortogonalmente.

O sistema de coordenadas utilizado é o retangular (x; y), onde temos o plano horizontal (plano topográfico). Os valores de “Z” são obtidos no ponto de estação do aparelho pelo fio de plumo ou óptico, “centro da terra”.

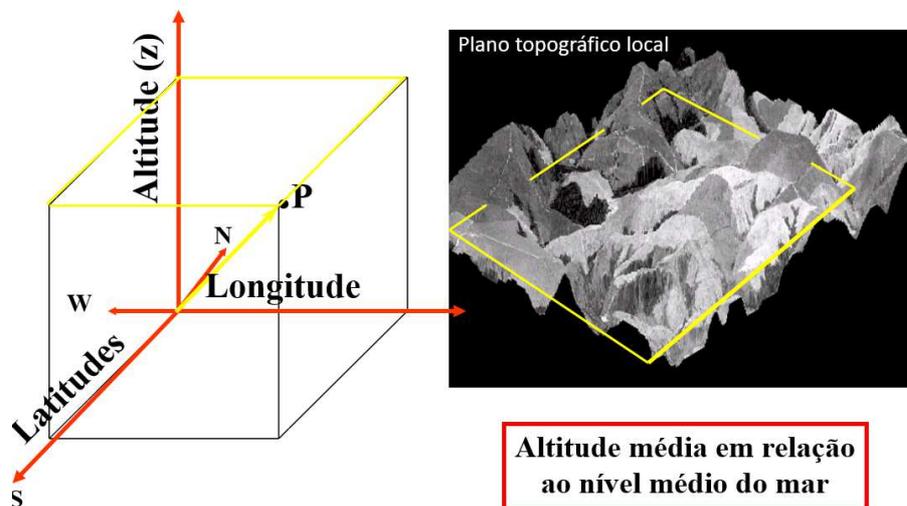


Figura 6 - Representação dos eixos X, Y e Z, em um sistema de coordenadas no plano

O sistema é referenciado pela direção (y) linha norte-sul. Quando a direção y (N-S) coincidir com o meridiano geográfico, dizemos que o sistema está referenciado ao Norte Verdadeiro. Se o sistema for referenciado por bússola, temos então o norte magnético, se não tem relação com uma dessas direções, assume-se um norte hipotético.

Para o eixo Z, pode-se assumir um valor arbitrário, no primeiro ponto de estação, a qual é denominada de “cota”, geralmente usam-se valores como 100 ou 500, os quais serão relacionados às diferenças de nível entre os pontos do levantamento.

Porém quando se parte de marcos homologados temos a altitude, a qual está referenciada pelo marégrafo de Imbituba, em Santa Catarina. Altitude 0 m, definida pelo nível médio das marés (NMM), Altitude ortométrica.

4.2. Sistema de Coordenadas Geográficas (terra como referência, esfera)

Nesse sistema de coordenadas temos:

Meridianos: são círculos imaginários que cortam a terra passando pelos polos (Norte e Sul), cruzando-se entre si. O meridiano de origem 0° é de Greenwich. Partindo desse os valores variam de 0° a $+180^\circ$ (E) e de 0° a -180° (W).

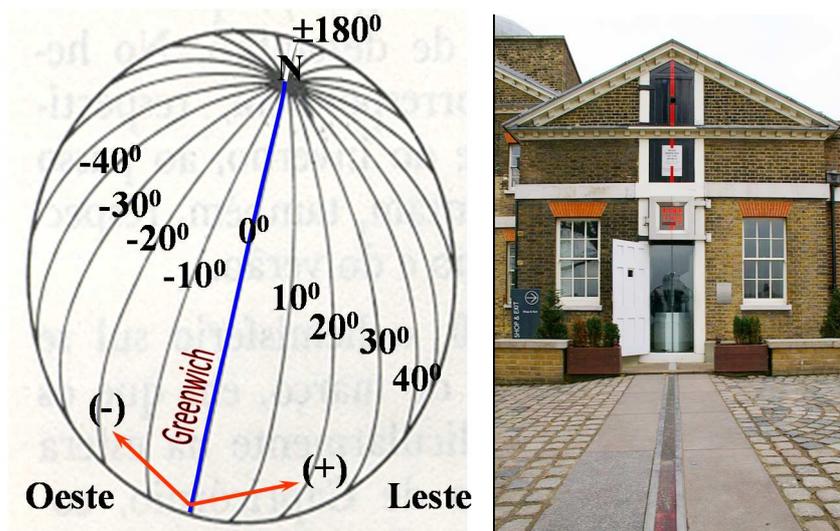


Figura 7 – Representação dos meridianos (Longitudes, X) e sua origem no observatório de Greenwich, a leste de Londres.

Paralelos: são círculos imaginários que cortam a terra no sentido leste e oeste, perpendiculares aos meridianos. O círculo máximo é o equador com a origem 0° . Partindo-se do equador, tanto ao norte como ao sul, os círculos vão diminuindo de tamanho até chegar aos polos (Norte, $+90^\circ$ e Sul, -90°). É interessante lembrar-se dos círculos importantes aos quais tem relação com a inclinação do eixo da terra de $23^\circ 27'$, o Trópico de Câncer ($+23^\circ 27'$ de latitude Norte) e o Trópico de Capricórnio ($-23^\circ 27'$ de latitude Sul). Nessas posições de latitude, tanto ao norte como ao sul, temos os solstícios (sol parado).

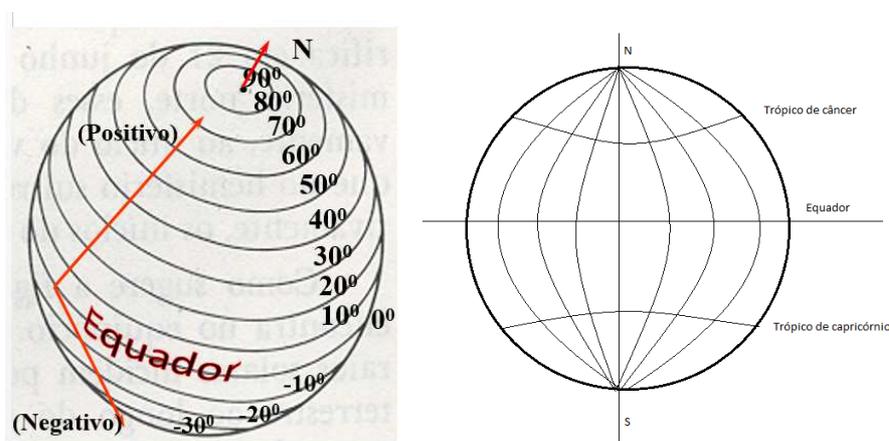


Figura 8 – Representação dos paralelos (latitudes, Y) e sua origem no observatório de Greenwich, a leste de Londres.

Nesse sistema então surgem as longitudes (meridianos) e as latitudes (paralelos). Assim os valores em Graus, minutos e segundo geralmente utilizados para representar as coordenadas, representam o ângulo formado em relação ao centro da terra (Geoide), como nesse exemplo.

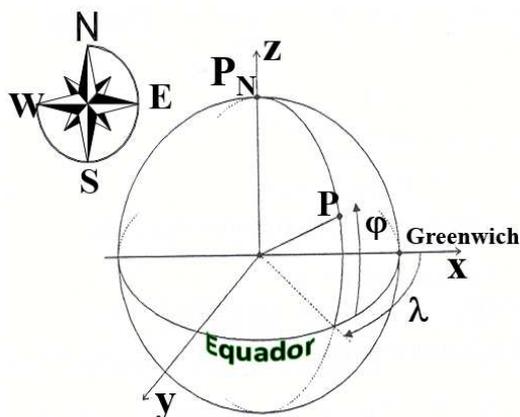


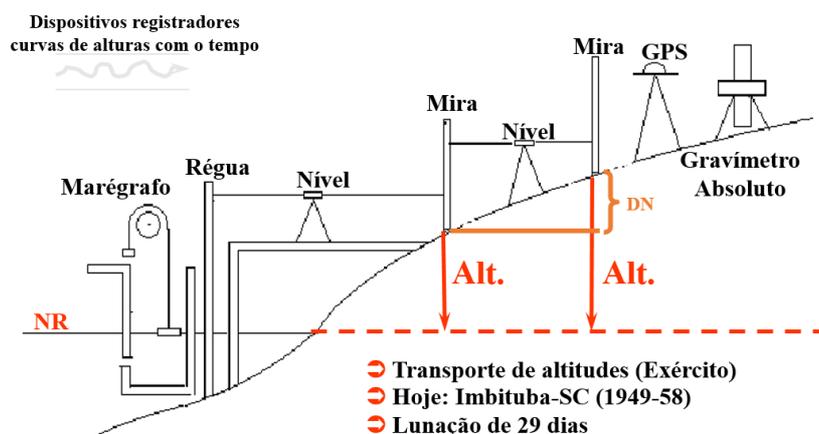
Figura 9 - Representação das coordenadas de Latitude e Longitude (Graus)

Latitude ϕ : é o arco do ângulo formado entre o círculo Máximo “Equador 0°” e o ponto “P” na superfície terrestre. A latitude varia de 0° a 90°, sendo positiva ao norte e negativa ao sul. É expressa em graus, minutos e segundos.

Longitude λ : é o arco do ângulo forma entre o meridiano de referência Greenwich 0° e o meridiano em que se encontra o ponto “P” sobre o equador. A longitude varia de 0° a 180° sendo positiva quando se caminha para o Leste (E) e negativa quando se caminha para o Oeste (W).

Altitude Ortométrica: para o Brasil, o valor de altitude ZERO, foi obtido pela oscilação das mares em Imbituba, SC. É importante relatar que cada País tem sua origem de altitude. Assim, além da posição do ponto bidimensional (longitude X; latitude Y) temos o valor de altitude “Z”. Nesse caso, como altitude está referenciada ao geóide, Nível Médio das Marés (NMM), ela é denominada de Altitude Ortométrica (H).

Origem das Altitudes



Nível Médio das Mares – Datum Vertical

Figura 10 – Esquema de um mareógrafo e do levantamento altimétrico da rede vertical, realizada pelo exército no Brasil (Nivelamento Geométrico Composto)

Marégrafo: instrumento que registra automaticamente o fluxo e o refluxo das marés em um determinado ponto da costa em um gráfico. O gráfico é denominado de maregrama e é usado para se calcular o nível médio das marés (NMM). O marégrafo de Imbituba - SC começou a obter dados em 1949. Em 1958 se tornou o datum vertical do Brasil. Cada país tem o seu marégrafo para referenciar as altitudes.

Com relação as altitudes temos duas formas de referenciá-las, em relação ao Geóide (Altitude Ortométrica, H) ou em relação a Elipsoide (Altitude Elipsoidal, GNSS).

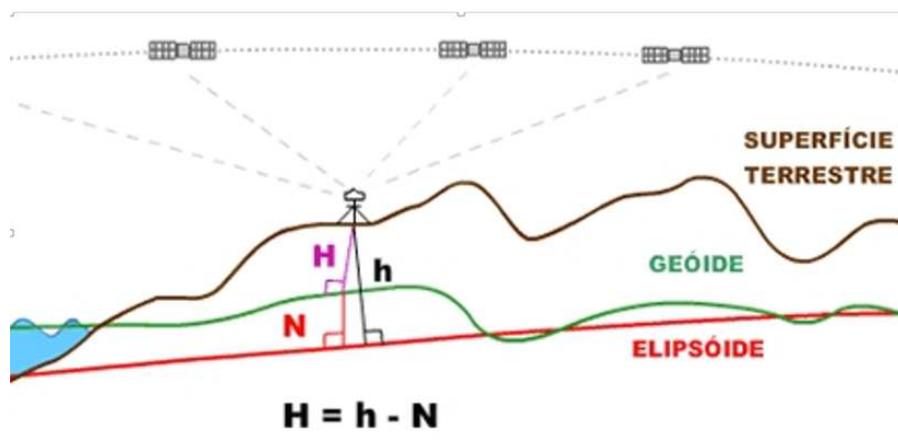


Figura 11- Representação das altitudes, Geoidal (H) e Elipsoidal (h)

H: é a distância vertical contando a partir do geóide (superfície de referência para contagem das altitudes, NMN), até a superfície física terrestre.

h: é a distância vertical contando a partir da elipsoide de referência (Córrego Alegre, SAD-69, SIRGAS, WGS84), até a superfície física terrestre, obtida por GNSS.

N: Ondulação Geoidal, é a diferença entre a superfície Geoidal e Elipsoidal, sendo positiva quando o Geóide está acima do Elipsoide e negativa na situação contrária. Seu cálculo foi objetivo tradicional da geodesia física e hoje pode ser obtido por satélites artificiais (GNSS).

4.3. Sistema de Coordenadas Geodésicas (a terra como um elipsoide de referência)

O sistema de coordenadas geodésico tem como superfície de referência a elipsoide. Assim, apresenta da mesma forma os meridianais (longitudes) e os paralelos (latitudes).

a) A posição e a orientação do elipsoide adotado podem ser:

- o Em relação à terra como um todo.

Geralmente essas elipsoides são geocêntrico centro geométrico é definido como coincidente com o centro de massa da terra. (Datum WGS84, SIRGAS)

- Para ajustar-se a certa região

Exemplo: um país, grupo de países ou continente. Essas elipsoides não são geocêntricas, sendo os pontos de apoio em campo determinados pela topografia convencional com redes:

Redes verticais: obtido com o método de nivelamento geométrico composto, onde se realiza a cada 20 km o nivelamento e contranivelamento, com as altitudes referenciadas ao marégrafo (geoide/ altitude ortométrica).

Redes horizontais: levantamentos topográficos por técnicas de triângulos, trilateração e poligonização, partindo-se de coordenadas de latitude e longitude de referência determinados astronômicamente, marcos do IBGE.

Como cada elipsoide foi calculada com um semieixo menor que melhor se ajuste a uma determinada região, além das diferenças geocêntricas ou topocêntricas, temos que tomar cuidado ao utilizar coordenadas obtidas por diferentes elipsoides.

Exemplo: datum Córrego Alegre (década de 50); datum SIRGAS 2000 (Sistema de referências geocêntricas para América do Sul)

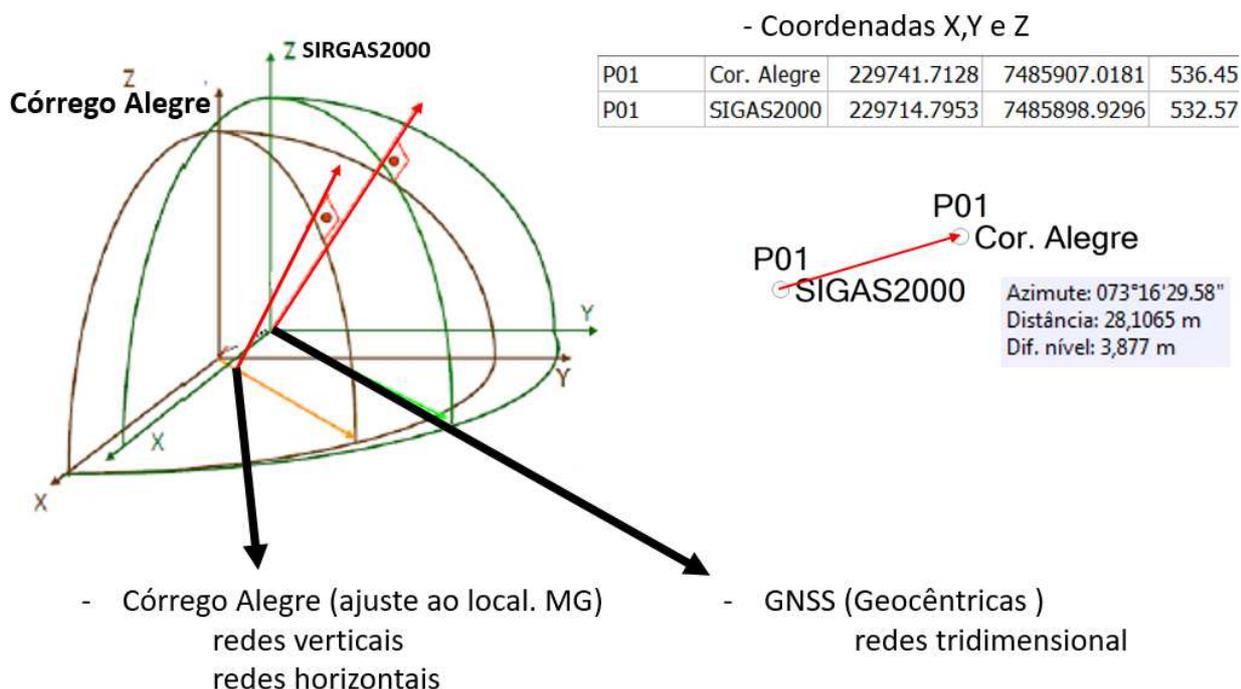
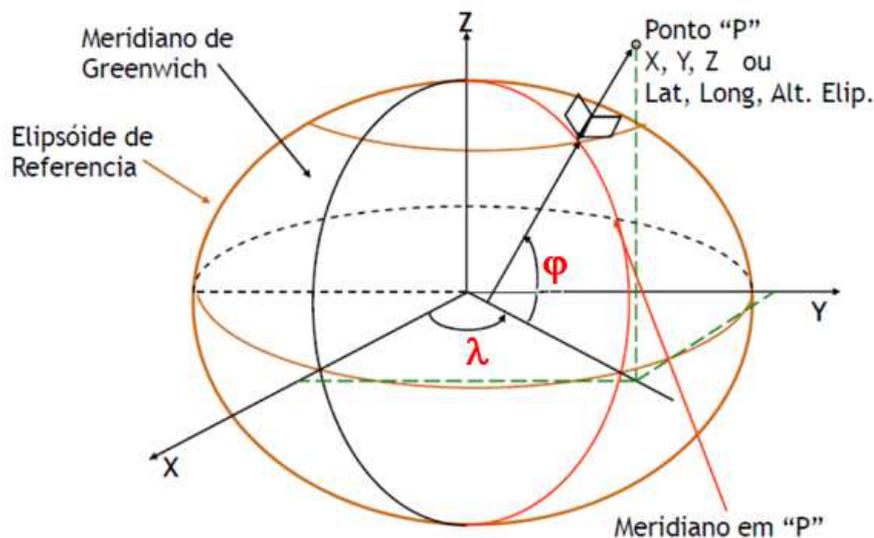


Figura 12- Diferença de uma mesma coordenada em elipsoides diferentes geocêntrica e topocêntrica.

O sistema passa a ser o novo “Sistema Geodésico de Referência (SGR), para tanto conta com uma rede de pontos implantados sobre a superfície física da terra, com coordenadas conhecidas por rastreamento contínuo de GNSS.

Rede tridimensional: obtenção direta, por GNSS com precisão de latitude, longitude e altitude referenciadas a elipsoide, pré-determinada.



ϕ : latitude geodésica: é o arco formado entre a normal ao elipsoide de um determinado ponto "P" e o plano do equador (0°) Vária de 0° a 90° , sendo (+) para Norte e (-) para o Sul

λ : longitude geodésica: é o arco formado pelo plano meridiano do local "P" e o plano meridiano tomado como referência (Greenwich 0°) Vária de 0° a 180° , sendo (+) para Leste e (-) para o Oeste

h : altitude elipsoidal como já comentado é a distância vertical entre a elipsoide e a superfície física

5. Projeções cartográficas

"A confecção de um mapa exige um método pelo qual cada ponto da superfície da terra corresponda de um ponto na carta e vice e versa." Os métodos empregados para gerar essa correspondência são chamados de "Sistema de projeção".

O problema básico das projeções cartográficas é como representar uma superfície curva em um plano teremos contrações e extensões as quais vão gerar as distorções.

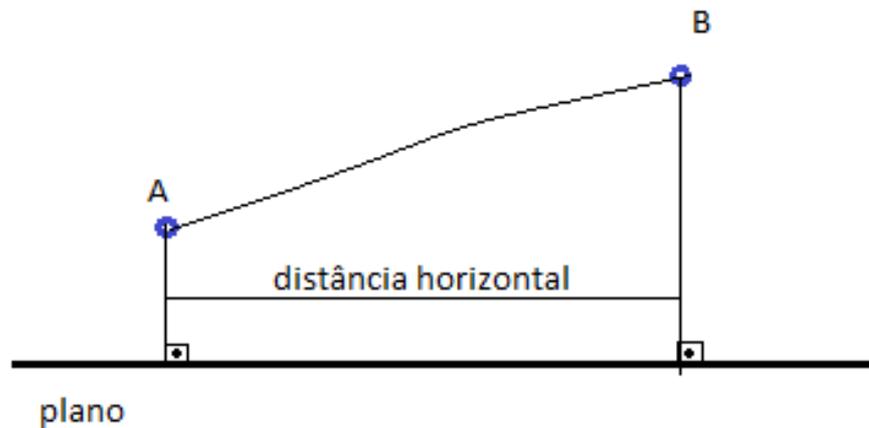
"Não existe uma representação ideal, mas apenas a melhor representação para um determinado propósito."

5.1. Classificação das projeções cartográficas

Podemos classificar as projeções cartográficas quanto:

a) Quanto ao método

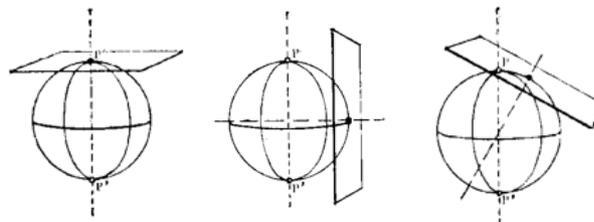
Geométricas: podem ser traçadas diretamente utilizando as propriedades geométricas da projeção. Exemplo: topografia – projeção ortogonal (levantamento de coordenadas x;y em um plano topográfico).



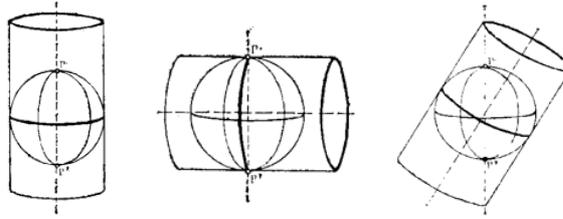
Análíticas: baseiam-se em formulações matemáticas para atender características previamente estabelecidas (maior parte das projeções).

b) Quanto à superfície de projeção

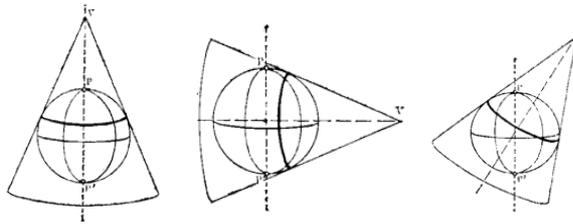
Planas ou Azimutais: a superfície é um plano. Pode assumir ter posições básicas em relação à superfície de referência.



Cilíndricas: superfície que se utiliza de um cilindro a qual pode ser desenvolvido em um plano.



Cônica: superfície de projeção é um cone, a qual pode ser desenvolvida em uma superfície plana.



Poli superficiais: caracteriza-se pelo emprego de mais de uma superfície de projeção (“do mesmo tipo”) para aumentar o contato da superfície de referência e diminuir as distorções.

Plano – poliédrica

Cilindro – poli cilíndrica

Cone – poli cônica

c) Quanto às propriedades

Na impossibilidade de desenvolver uma superfície esférica ou elipsóidica sobre um plano sem “deformações” na prática, buscam-se projeções que diminuam ou eliminem parte das distorções para a aplicação desejada.

Equidistantes: não apresenta deformações lineares em algumas linhas especiais. Comprimentos em escalas uniformes.

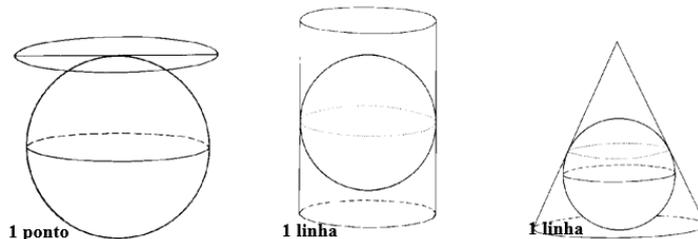
Conformes: não apresentam deformações em todos os ângulos em torno de quaisquer pontos. Um pequeno círculo na superfície terrestre se projetará como um círculo na carta.

Equivalentes: não alteram as áreas completando assim uma relação constante com sua correspondente superfície na terra.

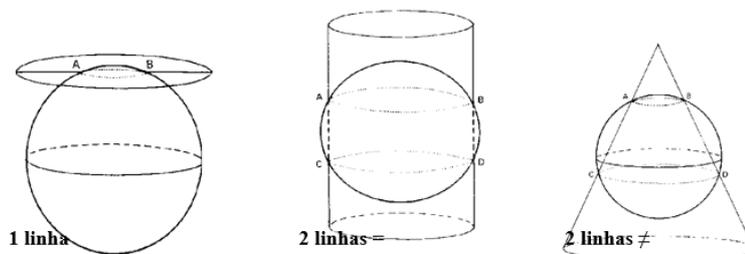
Afiláticas: não possui nenhuma das propriedades anteriores.

d) Quanto ao tipo de contato entre as superfícies de projeção e referencia

Tangentes: plano – 1 ponto; cônica – 1 linha; cilíndrica – 1 linha.



Secante: plano – 1 linha; cônica – 1 linha maior e 1 menor; cilíndrica – 2 linhas idênticas.



Com essa breve explicação vamos agora comentar sobre a projeção de Mercator.

- Analítica
- Cilíndrica, transversa, secante
- Equivalente

6. Sistema Universal Transversa de Mercator (UTM)

Foi desenvolvido durante a 2ª Guerra Mundial. É importante, pois o mapeamento sistemático do Brasil que compreende a elaboração de cartas topográficas é realizado nesse sistema (IBGE). A denominação UTM é devido:

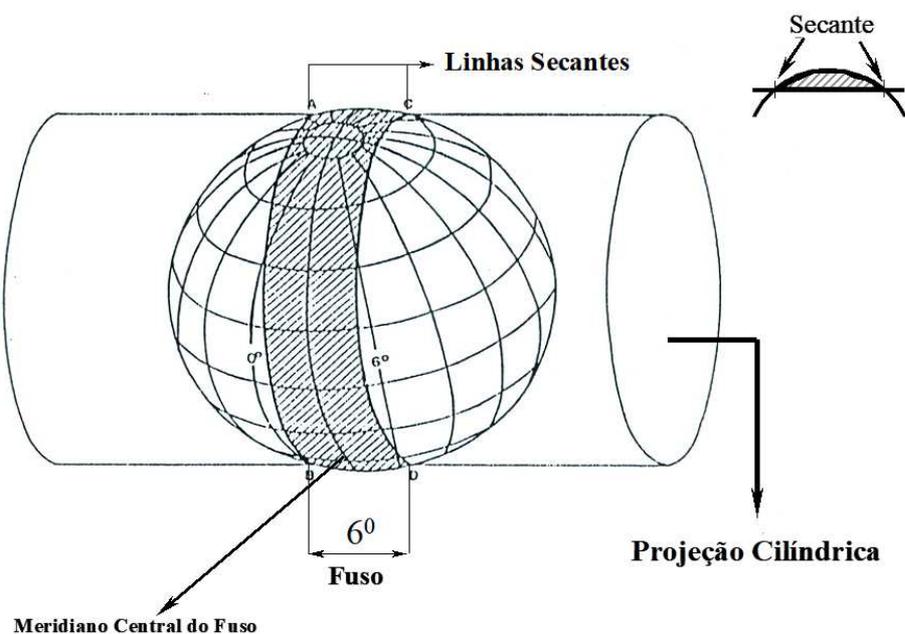
- **Universal**: utilização da elipsoide de Hayford (1924) “universal na época”
- **Transversa**: nome dada a posição ortogonal do eixo do cilindro “secante” em relação ao eixo menor da elipsoide.
- **Mercator**: Gerard Mercator (1512-1494), holandês que idealizou a projeção que apresenta os paralelos como linhas retas horizontais e os meridianos como linhas retas verticais, “pai da cartografia”.

a) **A projeção de mercator é cilíndrica, transversa, secante**

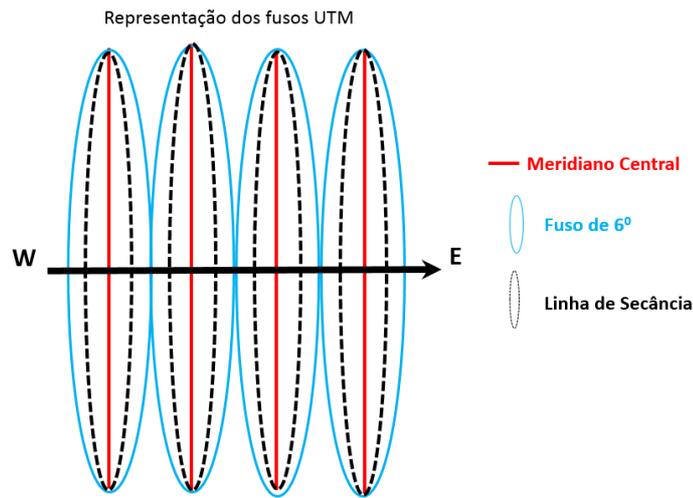
O Sistema de Projeção UTM é uma projeção cilíndrica que passa pelos pólos da Terra, seguindo secante a um meridiano central e o seu antimeridiano. O UTM está associado ao sistema de coordenadas plano-retangulares, tal que um eixo coincide com a projeção do Meridiano Central do fuso e outro eixo com o Equador.

No UTM, um mapa de toda a Terra (Geóide) sofre grandes distorções, nas partes mais externas do cilindro. Porém, na faixa chamada FUSO, mais próximo ao meridiano central as distorções são aceitáveis, vejamos a figura abaixo:

Sistema de Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)



O fuso UTM é gerado ao colocar o cilindro, transverso, secante, em uma faixa de 6° de longitude. Ao girar o cilindro de 6° em 6° criamos vários fusos (superfície poli cilíndrica). Considerando-se que uma volta completa temos 360°, a cada 6° geramos 60 fusos idênticos.



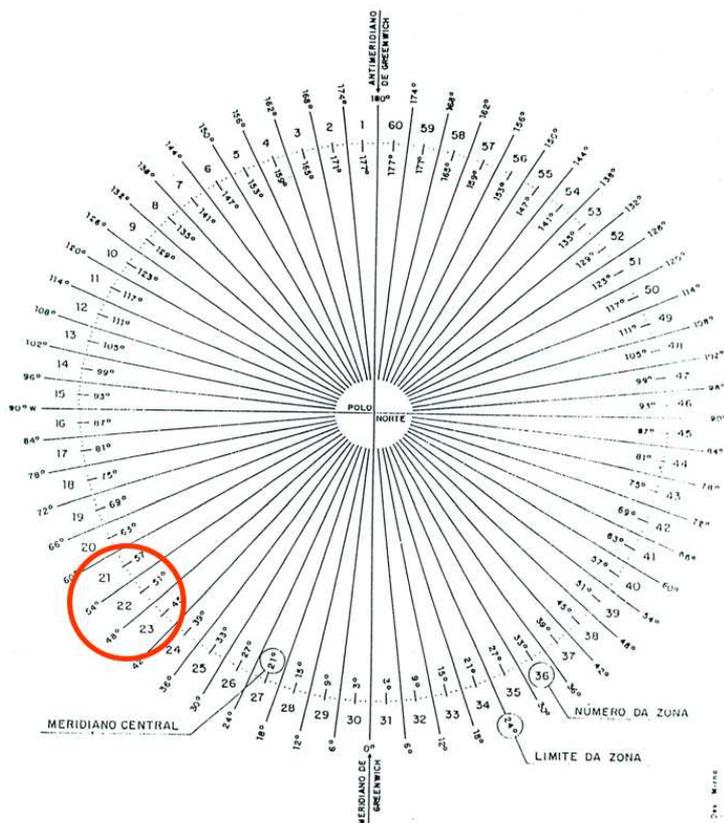
É claro que é possível girar um pouco o cilindro, de 6° em 6° , para se obter um outro meridiano central, um novo fuso, para todo o geóide. Sendo à base da projeção de Gauss, da qual a UTM é uma variação específica.

Sendo assim, por um acordo mundial os fusos UTM apresentam-se com 6° de largura, enumerados crescentemente (1 a 60) de Oeste (W) para leste (E) partindo-se do antemeridiano 180° no Oceano Pacífico.

Na figura abaixo é possível verificar todos os fusos UTM, bem como o meridiano central para cada fuso.

b) Fusos UTM

Os fusos apresentam-se com 6° de longitude de largura e foram numerados de uma forma crescente, partindo-se do antemeridiano de Greenwich no sentido W \rightarrow E, contados de no numeral 1 ao numeral 60.



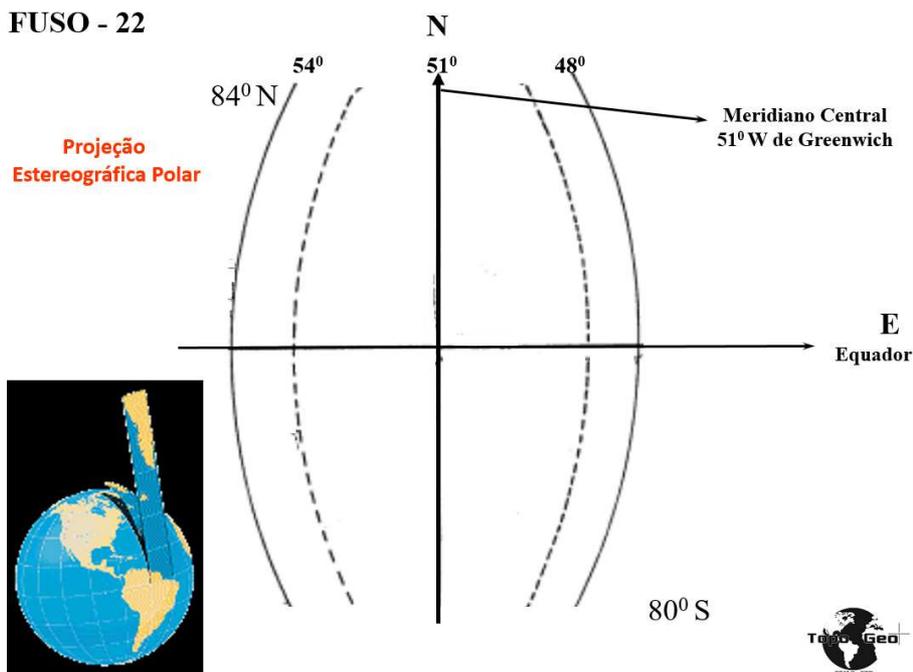
W ↓ Nº do fuso aumenta ↓ E	Fuso 1 (-180° e -174°, MC -177°)
	Fuso 2 (-174° e -168°, MC -171°)
	Fuso 22 (-54° e -48°, MC -51°)
	Fuso 23 (-48° e -42°, MC -45°)
	Fuso 30 (-6° e 0°, MC -3°)
	Fuso 31 (0° e 6°, MC 3°)
	Fuso 59 (168° e 174°, MC 171°)

“Todos os fusos são idênticos, mudando apenas o seu número e sua longitude na superfície da terra.”

c) Representação do fuso 22

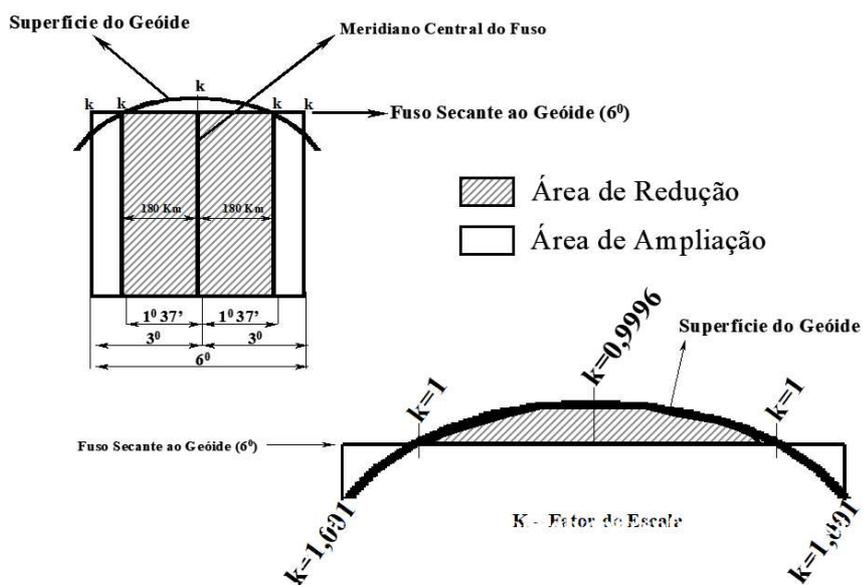
Para ilustrar um fuso UTM na figura abaixo vamos exemplificar o Fuso 22, o qual se encontra entre as longitudes 54° e 48° W de Greenwich, cujo o meridiano central é 51° W.

FUSO - 22



Como já comentado para diminuir as distorções, o cilindro envolvente sofre uma redução, tornando-se secante, de modo que o raio do cilindro fica menor que a esfera.

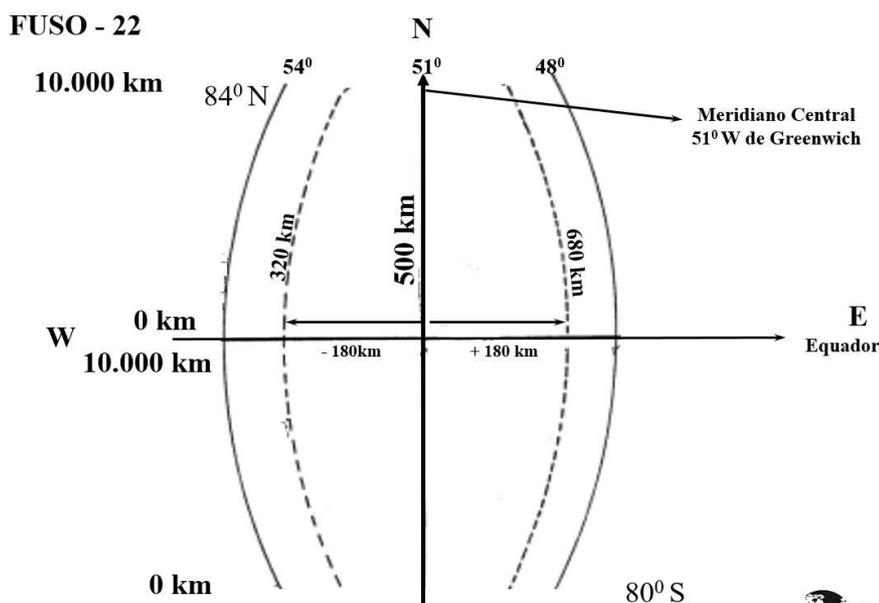
A secância traz mais vantagens que a tangencia porque há duas linhas paralelas ao meridiano central que fornecem distancia em sua verdadeira grandeza as quais estão situadas a 180 km a Oeste (W) e Leste (E) do meridiano central. Vamos observar as figuras abaixo:



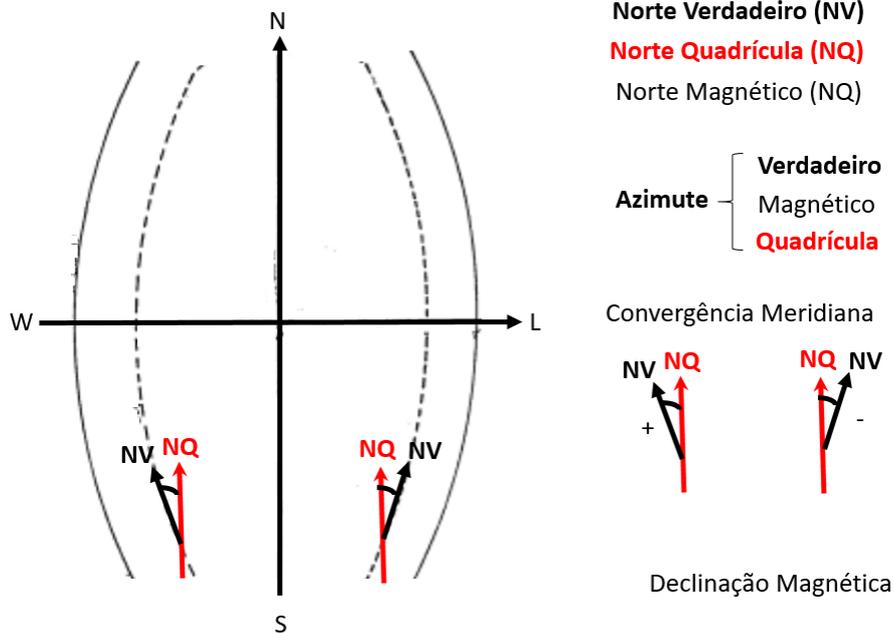
No meridiano central de qualquer fuso, o fator de escala (K) é 0,9996. A partir do meridiano central, o fator de escala cresce até atingir o valor $K=1$ tanto para Oeste (W) como para Leste (L) o que equivale a $1^{\circ}37'$ ou 180 km partindo-se do meridiano central do fuso. O fator de escala K é utilizado para planificar a curvatura da terra (superfície do Geóide). Dessa forma, teremos áreas de redução ($K<1$) e de ampliação ($K>1$).

Para as medidas de coordenadas Norte-Sul (latitudes), no sistema UTM, no Hemisfério Norte, a linha do equador assume-se o valor de 0 km e vai até 10.000 km para o Pólo Norte. Para o Hemisfério Sul, a linha do equador assume o valor de 10.000 km e vai até o 0 km no Pólo Sul. Os valores 10.000 km para Hemisférios Norte e 0 km para o Hemisfério Sul nunca aparecem em uma carta no sistema UTM, pois acima de 84° N e 80° S, utiliza-se um outro sistema de projeção para os pólos, a projeção **estereográfica polar**, onde os erros de distorção são bem menores.

Para as medidas de coordenadas Oeste-Leste (Longitudes), no sistema UTM, por convenção o meridiano central de cada fuso apresenta o valor de 500 km. No fuso partindo-se do meridiano central o valor diminui à medida que se caminha para Oeste (W) e aumenta quando se caminha para Leste (E). Como representa o esquema abaixo:



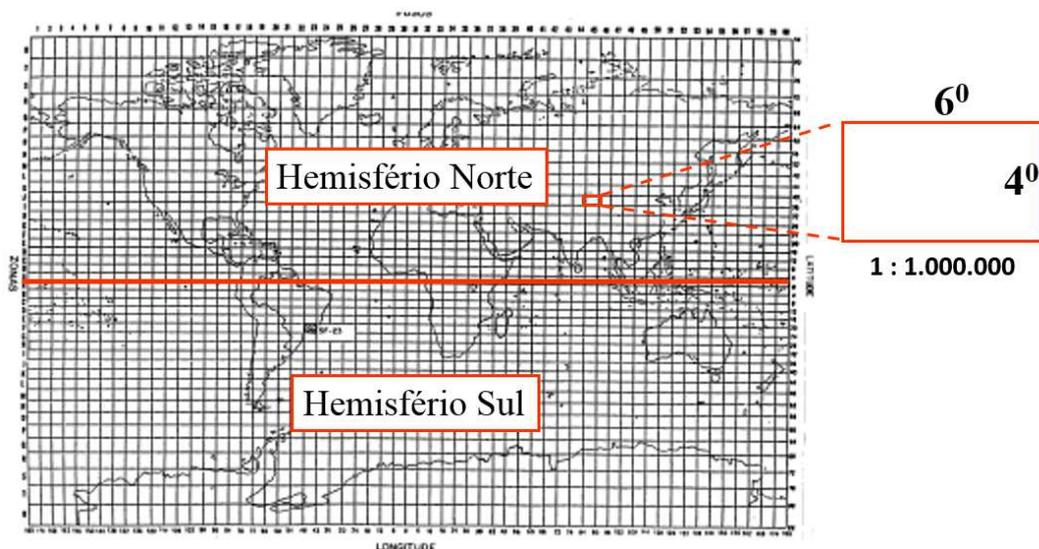
Conceitos Importantes:



7. Mapeamento Sistemático do Brasil

A Carta Internacional do Mundo do Milionésimo é um esquema de articulações em escala 1: 1.000.000 que forneceu informações sobre a posição da área mapeada, padronizando assim as referências cartográficas.

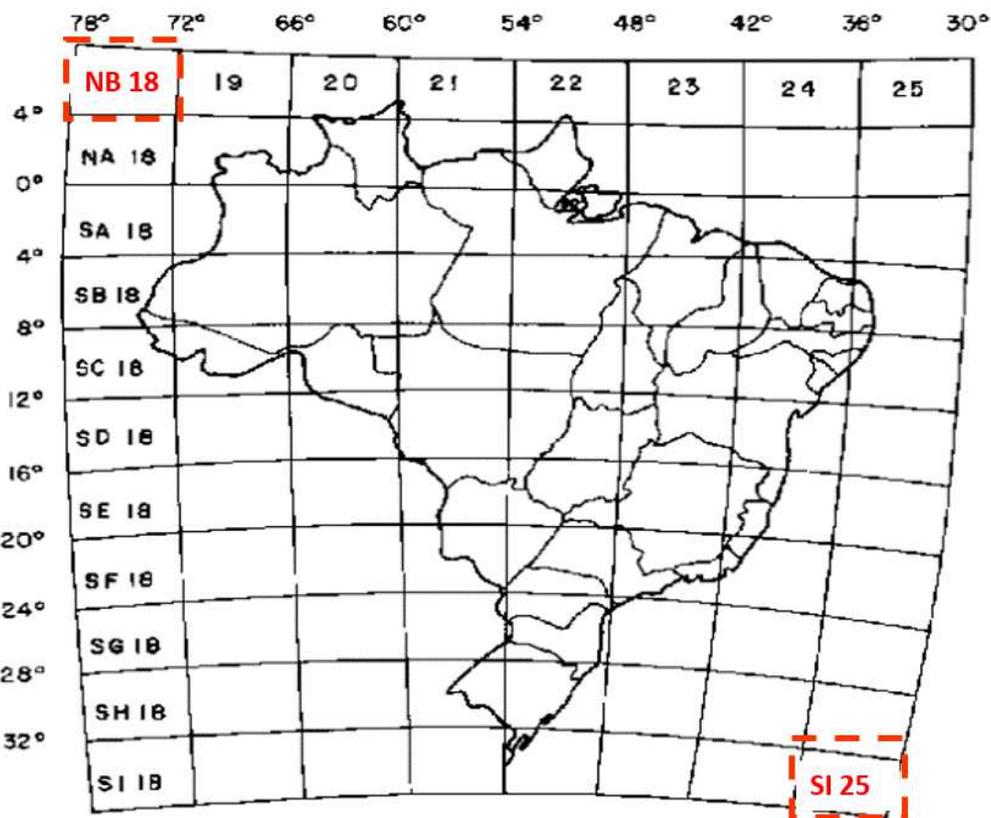
É composta por áreas de 6° de longitude por 4° de latitude, sendo que foi utilizada uma projeção cônica. A divisão em 6° de longitude é a mesma da UTM.



Projeção Cônica Conforme de Lambert

7.1 - Nomenclatura das cartas

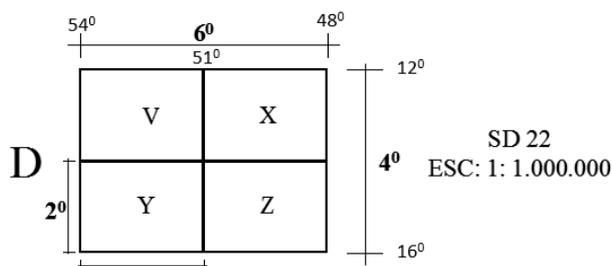
Para o mapeamento sistemático do Brasil temos várias cartas ao milionésimo, partindo de NB 18 (N: Hemisfério Norte; B: entre as Latitudes 4° e 8° N; 18: fuso 18, meridiano central 75° W de Greenwich) até SI 25 (S: Hemisfério Sul; I: entre as Latitudes 32° e 36° S; 25: fuso 25, meridiano central 33° W de Greenwich). Assim o território apresenta-se com 8 fusos (78° até 30° W) e com latitudes de 8° N até 36° S. Como podemos notar no índice de nomenclatura das folhas ao milionésimo.

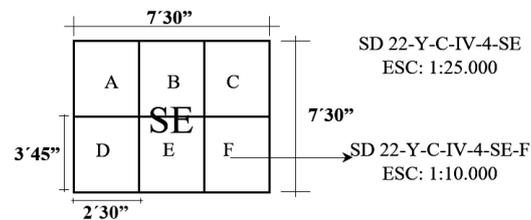
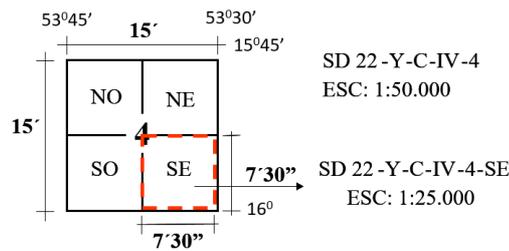
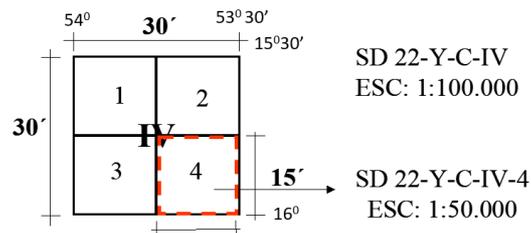
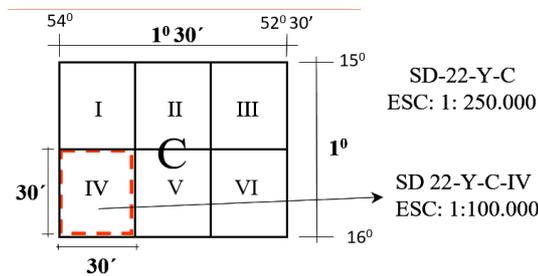
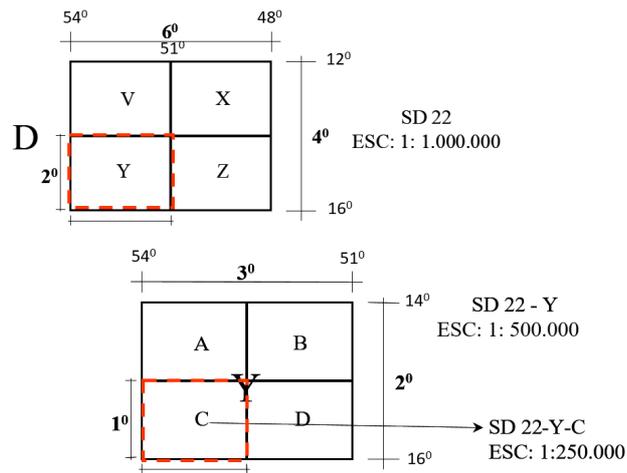


Para exemplificar a nomenclatura das cartas vamos utilizar a carta (SF 22-Y-C- IV - 4). Assim temos as seguintes divisões:

Ex: SD 22-Y-C-IV-4

- S - Hemisfério Sul,
- D - Paralelo D (12° e 16° S)
- 22 - Fuso 22 (Meridiano Central a 51° W de Greenwich).





Dessa forma, com esse sistema de articulação de folhas pode-se obter a localização de qualquer carta no mundo, podendo encaixar mapeamentos em escalas maiores como (1: 5.000; 1: 2.500, 1:1.000).

Folha 1:1.000.000 (4°/6°) / 4 folhas 1:500.000 (V, X, Y, Z)

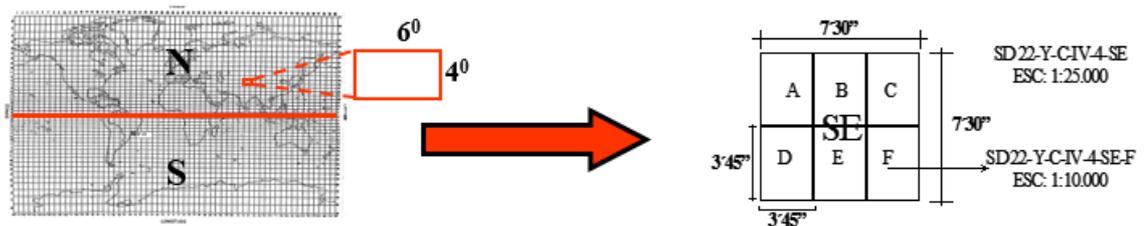
Folha 1:500.000 (2°/3°) / 4 folhas 1:250.000 (A, B, C, D)

Folha 1:250.000 (1°/1°30') / 6 folhas 1:100.000 (I, II, III, IV, V, VI)

Folha 1:100.000 (30'/30') / 4 folhas 1:50.000 (1, 2, 3, 4)

Folha 1:50.000 (15'/15') / 4 folhas 1:25.000 (NO, NE, SO, SE)

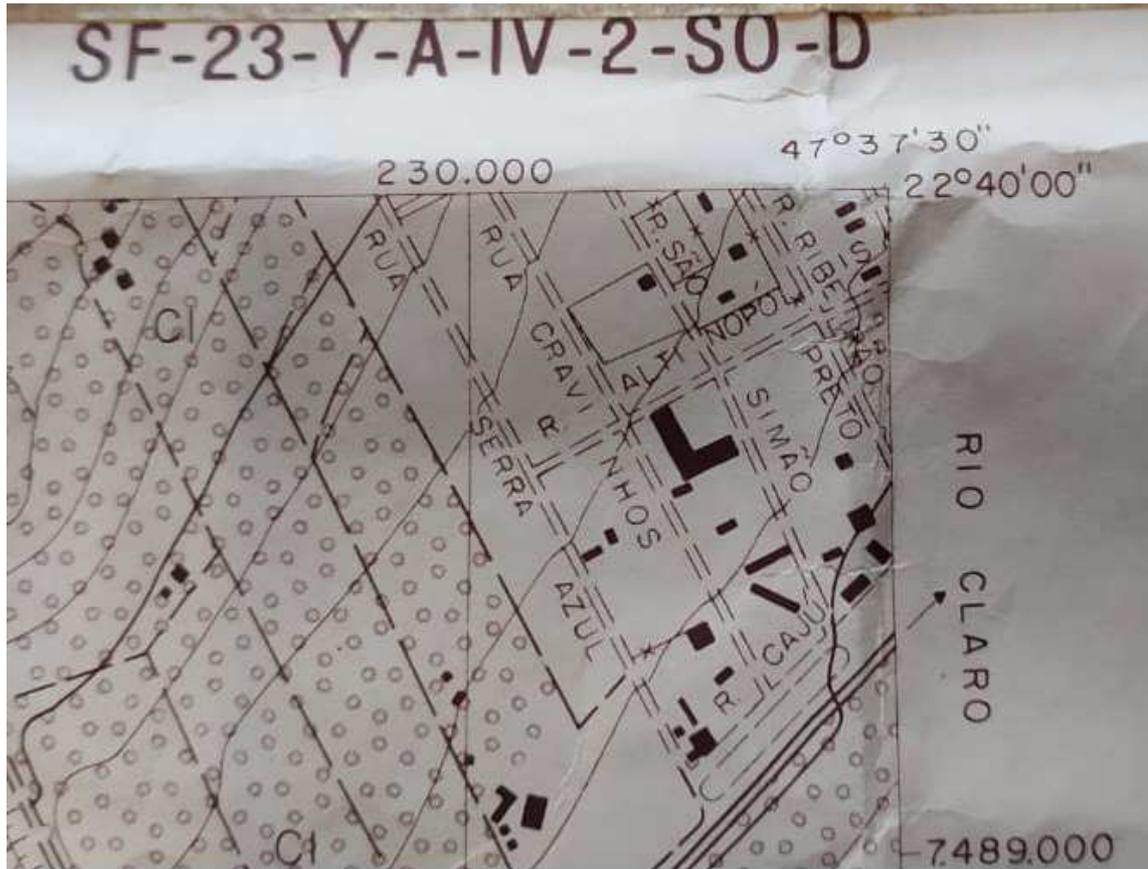
Folha 1:25.000 (7'30"/7'30'') / 6 folhas 1:10.000 (A, B, C, D, E, F)



Para ilustrar escalas maiores de levantamentos, temos a carta de Piracicaba V, na escala 1:10.000.



Podemos observar a nomenclatura da carta:



Parte da ESALQ:



E detalhes de como foi realizado o levantamento (Aerofotogramétrico) além da declinação magnética e convergência meridiana.

