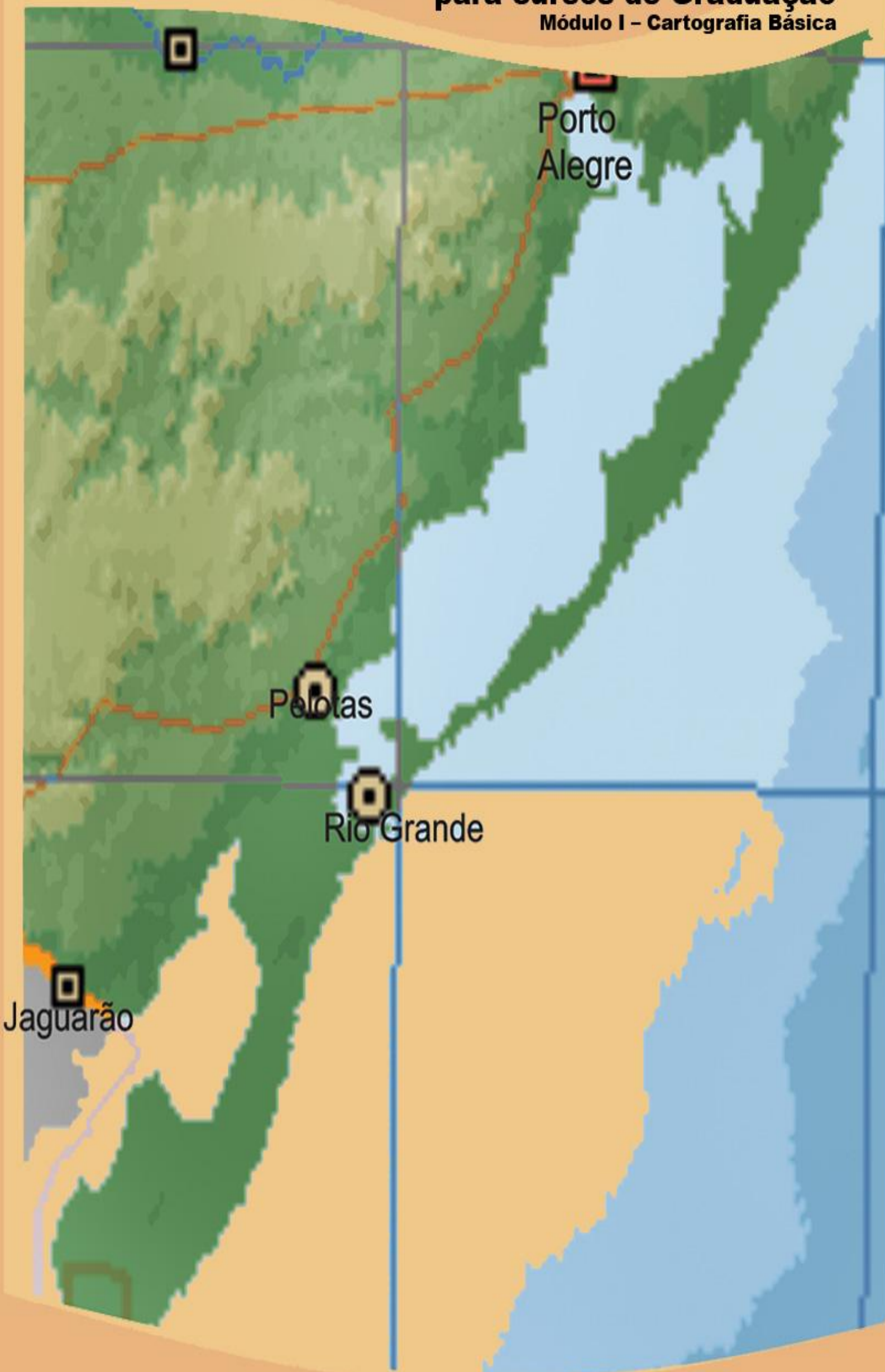


Ensino virtual de uso de geotecnologias para cursos de Graduação

Módulo I - Cartografia Básica



CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

1. Cartografia Básica

1.1. Introdução a Cartografia

- 1.1.1. Introdução
- 1.1.2. Forma e dimensão da Terra
- 1.1.3. Sistemas geodésicos de referência
- 1.1.4. Escalas

1.2. Sistemas de Coordenadas

- 1.2.1. Produtos cartográficos (mapas, cartas e plantas)
- 1.2.2. Elementos constituintes de um mapa
- 1.2.3. Sistemas de coordenadas
- 1.2.4. Coordenadas geográficas - Latitude e Longitude
- 1.2.5. Sistema Universal Transversal de Mercator (UTM)
- 1.2.6. Cálculo de coordenadas

1.3. Projeções Cartográficas

- 1.3.1. Projeções cartográficas
- 1.3.2. Carta internacional do Mundo ao milionésimo (CIM)
- 1.3.3. Fusos Horários
- 1.3.4. Orientação
- 1.3.5. Direção norte e ângulos importantes
- 1.3.6. Azimutes
- 1.3.7. Rumos

1. Introdução à cartografia

1.1. Introdução

Para saber mais, siga os links:

<http://www.geomundo.com.br/geografia-30174.htm>

<http://www.ibge.gov.br/ibgeteen/atlascolar/apresentacoes/historia.swf>

<http://www.ptr.poli.usp.br/ptr/site-ant/Cursos/SensoriamentoRemoto/cartografia/01/ctc07.htm>

Desde os tempos mais remotos, foi preciso que o homem desenvolvesse uma forma de registrar a sua passagem pelos lugares e de delimitar seus territórios. Antes mesmo da escrita, os mapas já eram representados pelo homem primitivo.

O mapa mais antigo que se tem conhecimento teria sido elaborado pelos babilônios por volta de 2.500 A.C. Confeccionado sobre uma placa de argila, o mapa Mesopotâmio de Ga-Sur representava o vale de um rio, provavelmente o Eufrates (Figura.1).

Outro exemplo são as pinturas rupestres descobertas em cavernas na cidade de Bedolina na Itália, esses registros apresentavam a organização agropastoril de uma aldeia, em meados de 2.400 a.C.

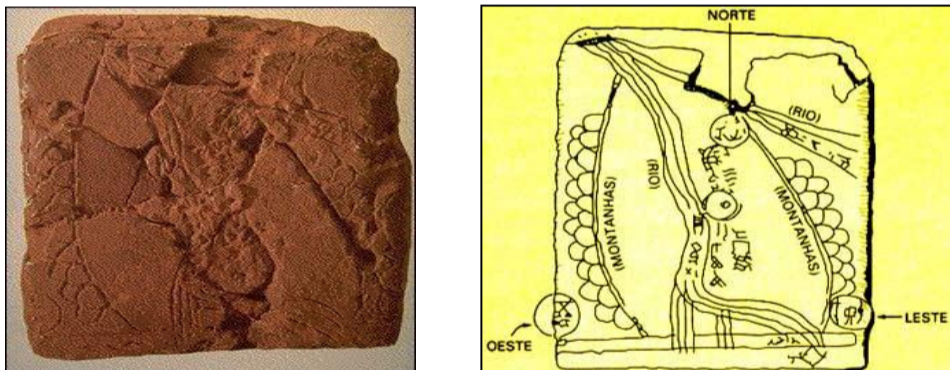


Figura 1. O mapa de Ga-Sur.

Fontes:

http://www.geomundo.com.br/images/images-geografia/mapa_ga-sur3.jpg

<http://www.henry-davis.com/MAPS/AncientWebPages/100D.html>.

O atual conceito da Cartografia foi estabelecido em 1966 pela Associação Cartográfica Internacional (ACI), e posteriormente, ratificado pela UNESCO, no mesmo ano:

"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 expressão ou representação de objetos, elementos, fenômenos

e ambientes físicos e socioeconômicos, bem como a sua utilização."

(http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual_nocoos/introducao.html)

Resumidamente, Cartografia é a ciência e a arte de expressar graficamente, por meio de mapas e cartas, o conhecimento humano da superfície da Terra (BAKKER, 1965).

O processo cartográfico envolve a coleta de dados, estudo, análise, composição e representação de observações, de fatos, fenômenos e dados pertinentes a diversos campos científicos associados à superfície terrestre.

Os mapas correspondem à representação, aproximada, em um plano dos aspectos geográficos, naturais, culturais e antrópicos em proporção reduzida de toda superfície terrestre ou de parte dela. Para confecção de um mapa é necessária a aplicação de um conjunto de procedimentos que visa relacionar os pontos da superfície terrestre a pontos correspondentes no plano de projeção.

Portanto, os mapas são representações da superfície terrestre e apresentam informações relacionadas as seguintes variáveis:

- Espaciais- Onde ocorre o fato - Qual a forma - Quais são as dimensões;
- Temporais- Quando ele ocorre;
- Temáticas- Qual o tipo de ocorrência.

Os mapas e suas classificações serão estudados mais adiante.

1.1.2. Forma e dimensão da Terra

Geodésia é a ciência que estuda a forma e tamanho da Terra no aspecto geométrico e fenômenos físicos tais como a gravidade e o campo gravitacional terrestre.

As primeiras considerações científicas sobre a representação da superfície da Terra surgiram na Grécia. No século VI a.C., quando expedições militares e de navegação realizaram experimentos afim de mensurar as dimensões e definir a forma do Planeta.

Erastótenes (274-194 a.C.), filósofo, astrônomo e matemático da Escola de Alexandria foi o primeiro a calcular a circunferência do Planeta com certa exatidão. Ele observou a incidência dos raios solares nas cidades de Alexandria e Siena durante o solstício de Verão para o hemisfério Norte; mensurando a diferença entre o ângulo de incidência dos raios solares nas duas cidades e estimando a distância entre elas, calculou o diametro da circunferência Terrestre (46.250km), chegando a valor muito próximo do aceito atualmente (41.761km) (Fitz, 2008).

Ptolomeu (90-168 a.C.), geógrafo, astrônomo e matemático, foi considerado o autor do primeiro Atlas Universal e o disseminador do uso das coordenadas (latitude e longitude) e das projeções cônicas que estudaremos mais adiante.

<http://www.ibge.gov.br/ibgeteen/atlasescolar/apresentacoes/historia.swf>

Segundo o conceito introduzido pelo matemático alemão Carl Friedrich Gauss (1777-1855), a forma do planeta é representada pelo **Geóide**, (Figura 2) que corresponde à superfície coincidente com o nível médio do mar homogêneo (ausência de correntezas, ventos, variação de densidade da água, etc.) e gerados por um conjunto infinito de pontos, cuja a medida do potencial gravitacional da Terra é constante. Essa superfície se deve, principalmente, às forças de atração (gravidade) e força centrífuga (rotação da Terra).

Os diferentes materiais que compõem a superfície terrestre possuem diferentes densidades, fazendo com que a força gravitacional atue com maior ou menor intensidade em locais diferentes. A superfície do geóide não tem definição matemática, é aproximadamente esférica com suaves ondulações e achatada nos pólos, sendo o diâmetro equatorial cerca de 43km maior que o diâmetros polar. É utilizado como referência padrão para as medidas de altitudes (Fitz, 2008).

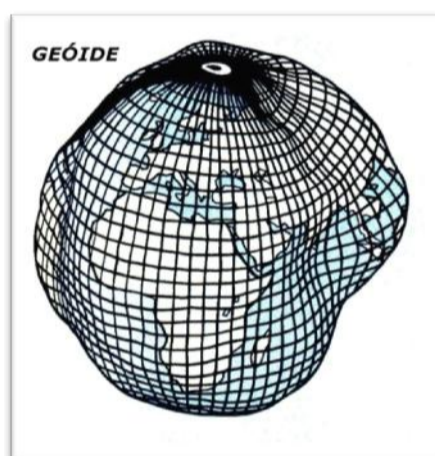


Figura 2. Geóide

Assista a animação do Geóide orbitado pela ESA (European Space Agency) no link:

<http://www.esa.int/SPECIALS/GOCE/index.html>

Na busca de um modelo mais simples para representar o Planeta os cientistas adotaram a forma do **Elipsóide de Revolução**, definido como o sólido geométrico gerado por uma elipse que gira em torno do seu eixo menor (eixo polar).

Matematicamente, o elipsóide tem a forma que mais se aproxima do geóide, sendo a representação mais utilizada pela ciência geodésica para a realização de levantamentos.

Os mapas e carta topográficas, o sistema GPS e a grande maioria dos

sistemas e processos envolvidos em cartografia e navegação, trabalham sobre o modelo do elipsóide.

A superfície física ou topográfica, representa relevo verdadeiro da Terra com suas montanhas, vales, oceanos e todo o tipo de acidente geográfico. É nessa superfície (de existência real) onde são executadas as medições e observações cartográficas.

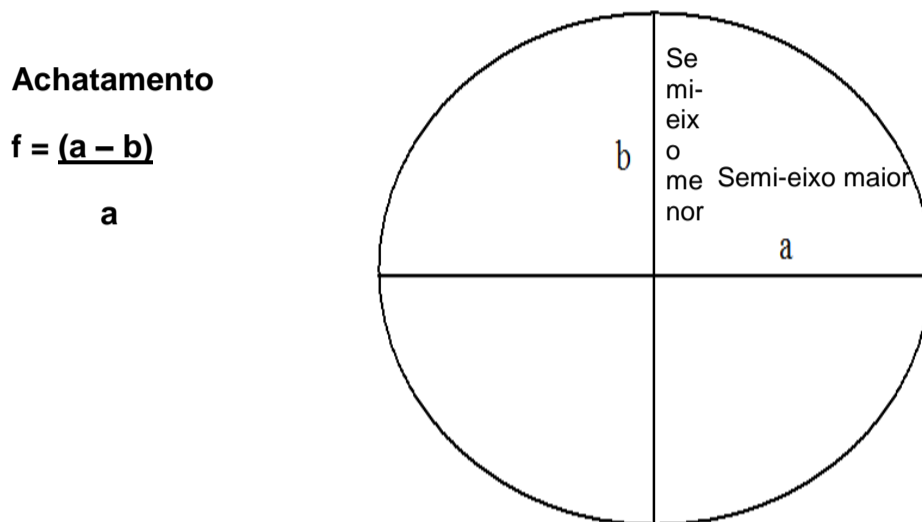
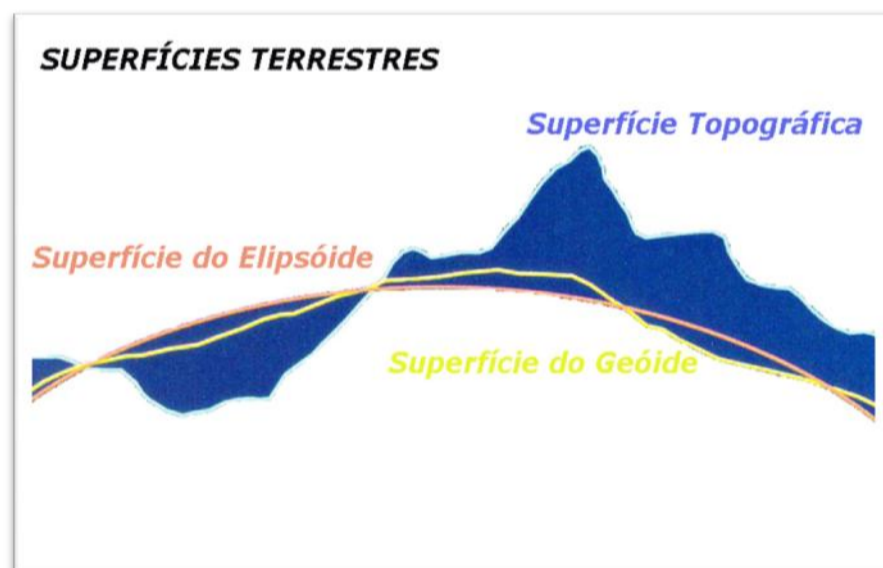


Figura 3. Elisóide de revolução.



1.1.3. Sistemas Geodésicos de Referência

A determinação de posições precisas sobre a superfície terrestre, tradicionalmente implicou na necessidade da adoção de Sistemas Geodésicos de Referência, um horizontal e outro vertical. O Sistema vertical fornece a referência para a determinação precisa da altimetria, enquanto o Sistema de Referência horizontal fornece a referência para a determinação precisa da planimetria (latitude e longitude), também conhecido como Datum planimétrico.

Um Sistema Geodésico de Referência pressupõe a adoção de um elipsóide de revolução cuja origem coincide com o centro de massa da Terra e com eixo de revolução coincidente com o eixo de rotação do Planeta. A sua materialização se dá mediante o estabelecimento de uma rede de estações geodésicas com coordenadas tridimensionais.

O Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) é constituído por cerca de 70.000 estações implantadas pelo IBGE em todo o Território Brasileiro, divididas em redes de planimetria (latitude e longitude de alta precisão), altimetria (altitudes de alta precisão) e gravimetria (valores precisos de aceleração da gravidade).

O referencial de altimetria vincula-se ao Geóide, de acordo com a estação maregráfica de Imbituba (SC), utilizada como origem para toda rede altimétrica nacional à exceção do estado Amapá. As Coordenadas Geográficas dependem de um Datum planimétrico, pois ele define a referência para os meridianos e paralelos.

Existem Datums locais e globais, atualmente os que são utilizados no Brasil são **SAD69** (South American Datum, 1969), o **WGS84** (World Geodetic System, 1984) **SIRGAS2000** (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas); Também é comum encontrar cartas topográficas que referem-se à **Córrego Alegre**, o antigo Datum brasileiro.

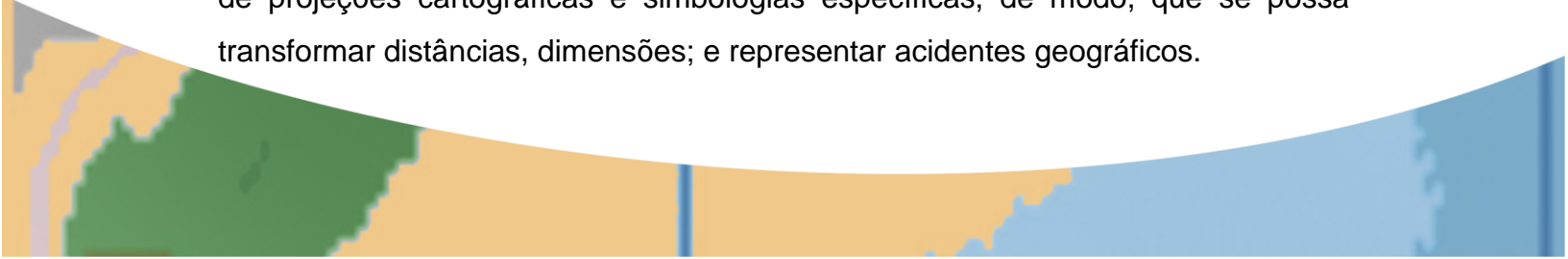
O WGS84 é a quarta versão do sistema de referência geodésico global estabelecido pelo Departamento de Defesa Americano desde 1960 com o objetivo de fornecer posicionamento e navegação em qualquer parte do mundo. Ele é o sistema de referência do sistema GPS. Daí a importância do WGS84 frente aos demais sistemas de referência.

Em 25 de fevereiro de 2005 o SIRGAS (Sistema de Referência Geocêntrico das Américas) foi oficialmente adotado como o novo sistema de referência para o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) e para o Sistema Cartográfico Nacional (SCN). Foi também definido um período de transição, não superior a 10 anos, onde o sistema novo (SIRGAS2000) e os antigos (SAD 69, Córrego Alegre) poderão ser utilizados concomitantemente.

1.1.4. Escalas

Por possuir uma forma específica (esférica e imperfeita) e como um mapa é uma representação plana, teoricamente, não haveriam condições físicas de se transformar as características superficiais do planeta em um plano, sem resultar em problemas de representação.

O que possibilita essa representação é a adoção de diferentes escalas, sistemas de projeções cartográficas e simbologias específicas, de modo, que se possa transformar distâncias, dimensões; e representar acidentes geográficos.



Uma carta ou mapa é a representação convencional ou digital da configuração da superfície topográfica. Esta representação consiste numa projeção da superfície terrestre, sobre um plano horizontal apresentando detalhes naturais (rios, mares, lagos, montanhas, serras) e artificiais (represas, estradas, pontes, edificações).

Nessas representações, os elementos analisados precisam ser apresentados de acordo com as suas proporções e de acordo com o espaço em questão. Esta relação entre o tamanho real dos elementos e sua representação gráfica é chamada de *escala*.

Portanto, **escala** é a relação ou proporção existente entre as distâncias lineares representadas em um mapa e aquelas existentes no terreno, ou seja, na superfície real (Fitz, 2008).

Relação entre distância na carta e sua distância correspondente no terreno:

$$E = d / D$$

E = Escala

d = distância na carta

D = distância no terreno

Em geral as escalas são apresentadas em mapas nas formas numérica, gráfica e nominal.

Escala numérica

É representada por uma fração em que o numerador é sempre 1, designando a distância medida no mapa (1m, 1km) e o denominador representa a distância correspondente no terreno. Essa é a forma de representação mais utilizada em mapas impressos.

Ex.: 1:50.000 ou 1/50.000

A escala do exemplo acima, por extenso é de **um para cinquenta mil**, ou seja, cada unidade medida no mapa corresponde a cinquenta mil unidades no terreno. Cada centímetro (metro ou quilometro) no mapa corresponde a cinquenta mil centímetros no terreno, ou quinhentos metros.

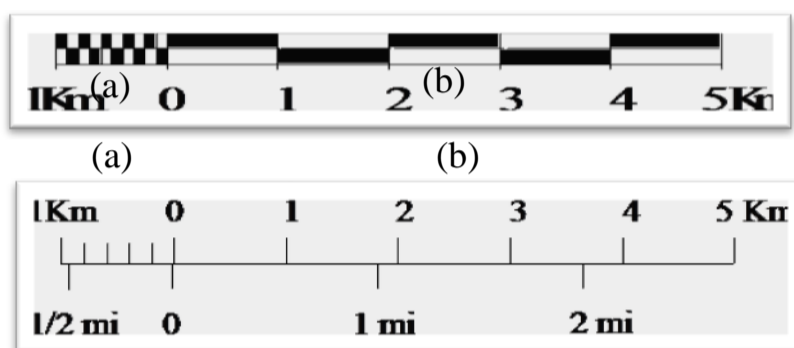
Uma escala é tanto maior quanto menor for o denominador. Por exemplo: 1:50.000 (um para cinquenta mil) é maior que 1:100.000 (um para cem mil).

Bases cartográficas com escalas pequenas, como: 1:250.000, 1:1.000.000, representam grandes extensões. Em escalas grandes (1:2.000 a 1:10.000),

pequenas áreas são representadas com bastante detalhamento, geralmente esses produtos são utilizados para fins cadastrais.

Escala gráfica

É a representação gráfica de várias distâncias do terreno sobre uma linha reta ou régua graduada. Constituída de um segmento à direita da referência zero, conhecida como **escala primária (a)** e de um segmento à esquerda da origem denominada de **talão** ou **escala de fracionamento (b)**, que é dividido em submúltiplos da unidade escolhida graduada da direita para a esquerda.



Escala nominal ou equivalente

É apresentada nominalmente por extenso, por uma igualdade entre o valor representado no mapa e o valor correspondente no terreno.

Ex.:

1cm = 10km (um centímetro corresponde a dez quilômetros)

1cm = 50m (um centímetro corresponde a cinquenta metros)

1.2. Sistemas de Coordenadas

1.2.1. Produtos cartográficos - Mapas, Cartas e Plantas

Mapas

De acordo com o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), os mapas correspondem à representação, aproximada, em um plano dos aspectos geográficos, naturais, culturais e antrópicos em proporção reduzida de toda superfície terrestre ou de parte dela. Para confecção de um mapa é necessária a aplicação de um conjunto de procedimentos que visa relacionar os pontos da superfície terrestre a pontos correspondentes no plano de projeção.

Principais características de um mapa são:

- representação plana;
- geralmente em escala pequena;
- área delimitada por acidentes naturais (bacias, planaltos, chapadas, etc.);
- destinação a fins temáticos, culturais ou ilustrativos.

Cartas

Segundo definição da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), cartas relacionam-se à representação dos aspectos naturais e artificiais da Terra, destinada a fins práticos da atividade humana, permitindo a avaliação precisa de distâncias, direções e a localização plana, geralmente em média e grande escala, de uma superfície do território, subdividida em folhas, de forma sistemática, obedecendo a um plano nacional ou internacional (OLIVEIRA, 1988).

Principais características de uma carta:

- representação plana;
- escala média ou grande;
- desdobramento em folhas articuladas de maneira sistemática;
- limites das folhas constituídos por linhas convencionais, destinada à avaliação precisa de direções, distâncias e localização de pontos, áreas e detalhes.

Plantas

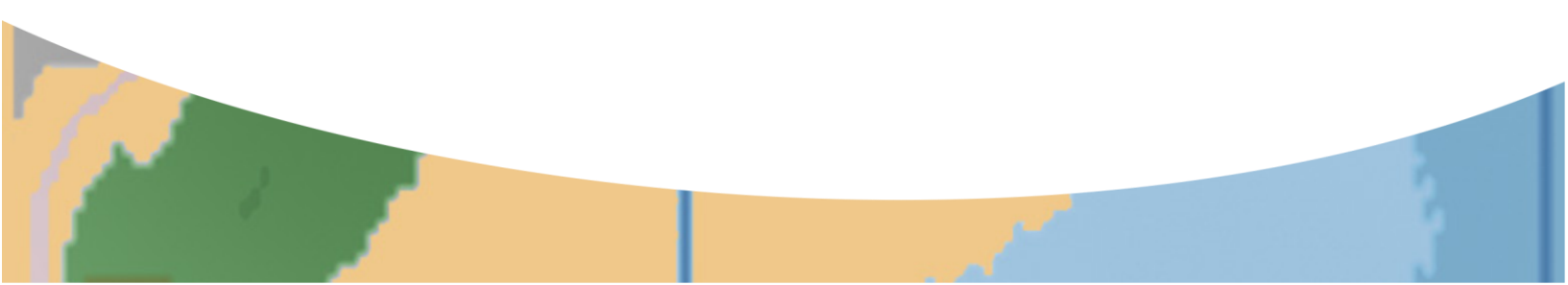
A planta é um caso particular de carta. A representação se restringe a uma área muito limitada e a escala é grande, consequentemente o detalhamento é bem maior.

Portanto, uma planta nada mais é que uma carta que representa 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.

Classificação de acordo com os objetivos:

Mapas genéricos ou gerais - Não possuem finalidade específica, servem basicamente para efeitos ilustrativos, em geral apresentam baixa precisão.

Ex.: Mapas de divisão política.

A decorative footer image showing a map of Rio Grande, Brazil. The map shows a city with a central square and surrounding areas in green and orange, with a blue body of water to the right.

Rio Grande

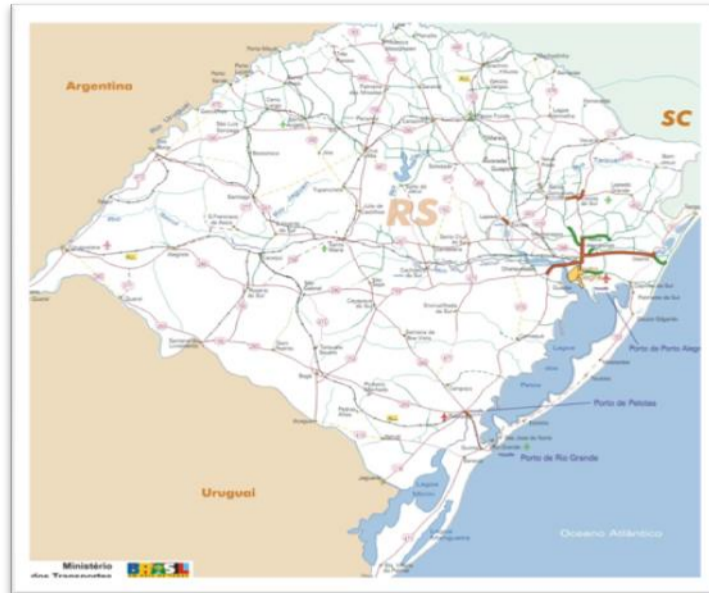


Figura 5. Mapa do Rio Grande do Sul

Mapas especiais ou técnicos - Elaborados para fins específicos, apresentam precisão bastante variável de acordo com o objetivo e aplicação.

Ex.: Mapas meteorológicos, turísticos, ambientais.

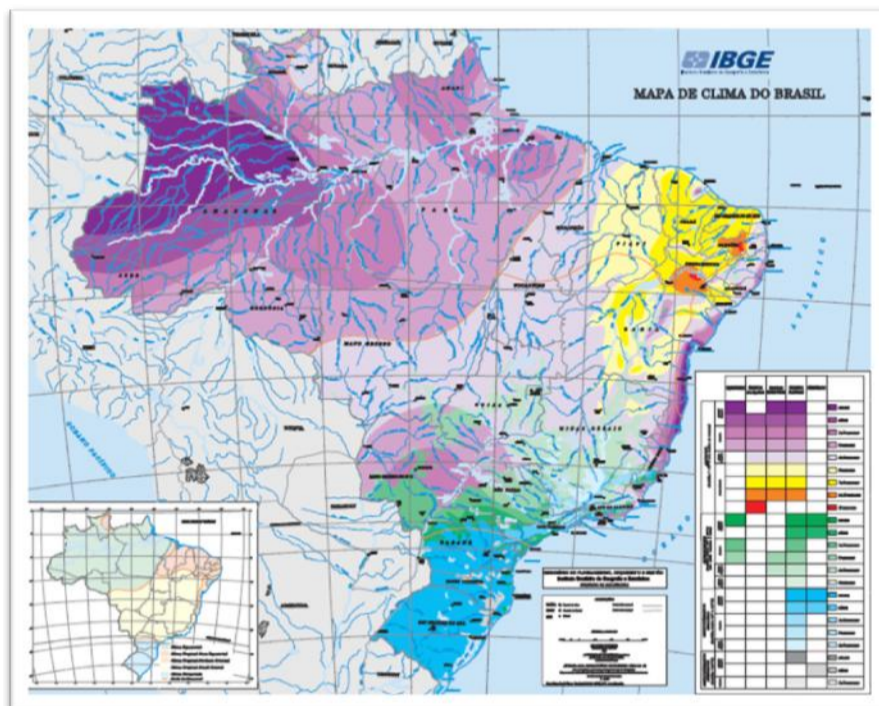


Figura 6. Mapa de clima do Brasil. Fonte: IBGE

Mapas temáticos - Representam determinados aspectos ou temas baseados em mapas já existentes. Todo mapa que apresente informações diferentes da representação geográfica do terreno, podem ser classificado como temático.

Ex.: Mapas geológicos, geomorfológicos, de solos.

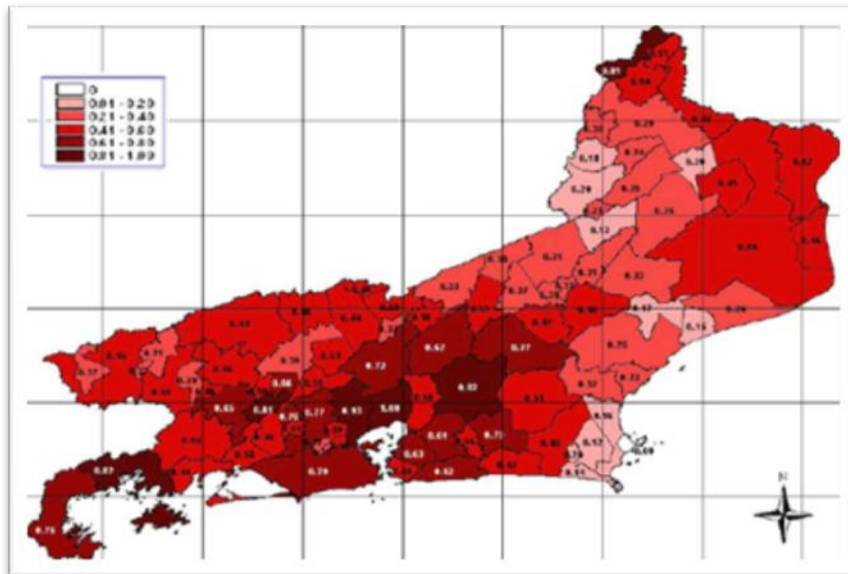


Figura 7. Mapa do índice de vulnerabilidade municipal no Estado do RJ.

Fonte: <http://www.fiocruz.br/omsambiental/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=53&sid=13>

Classificação de acordo com a escala

Plantas - São utilizadas quando há necessidade de um detalhamento bastante minucioso do terreno, utilizando escalas muito grandes, maiores que 1:1.000.

Ex.: Plantas de redes de esgoto e água, eletricidade.

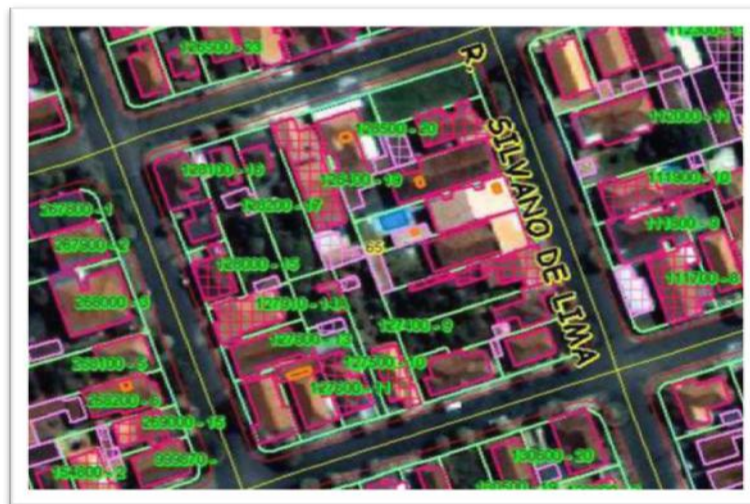


Figura 8. Planta urbana.

Carta cadastral - Bastante detalhadas e precisas, apresentadas em grandes escalas, maiores que 1:5.000. São elaboradas com base em levantamentos topográficos e/ou aerofotogramétricos.

Ex.: Cartas utilizadas em cadastramentos municipais.

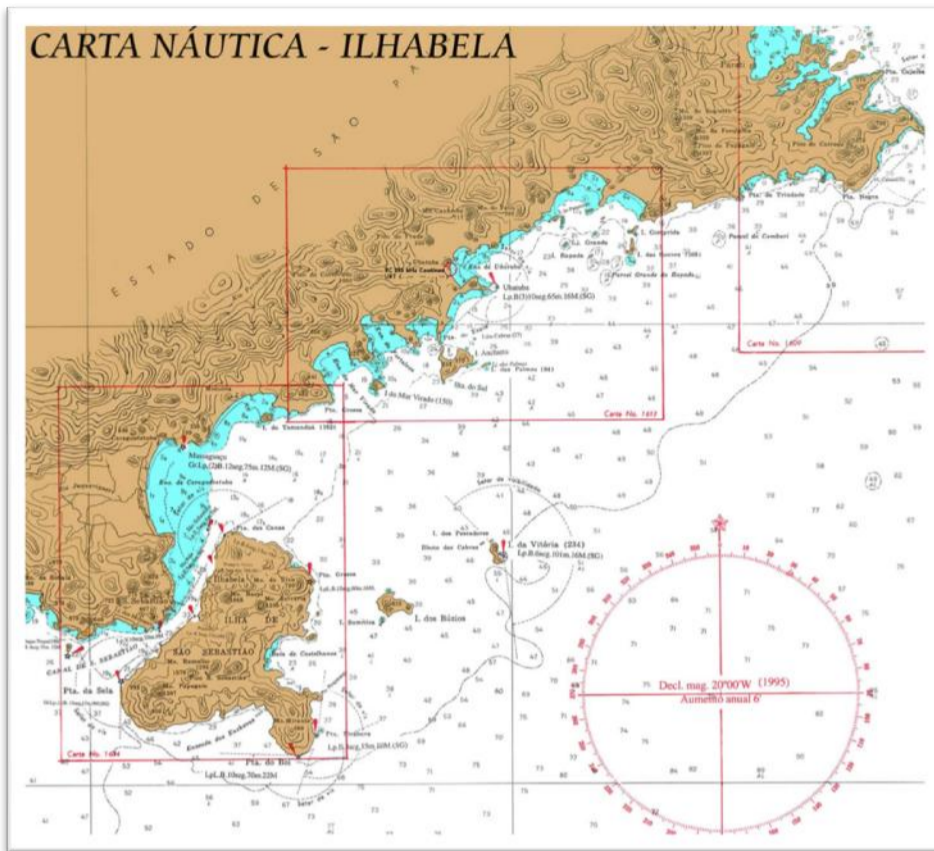


Figura 12. Carta Náutica.

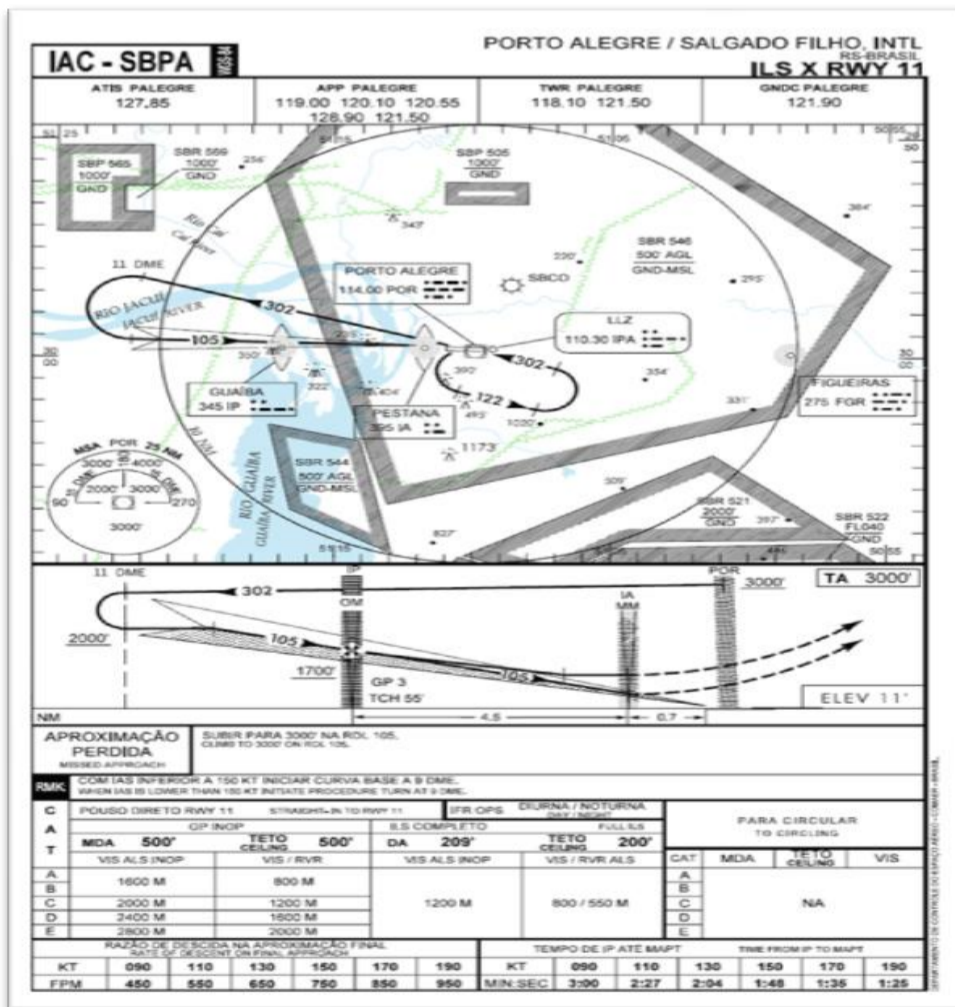


Figura 12. Carta Aeronáutica

1.2.2. Elementos constituintes de um Mapa

Todos os tipos de mapas devem apresentar alguns elementos de fundamental importância para o fácil entendimento e utilização pelo usuário. Os principais elementos de um mapa são: título, orientação, escala, legenda, fonte e simbologia.

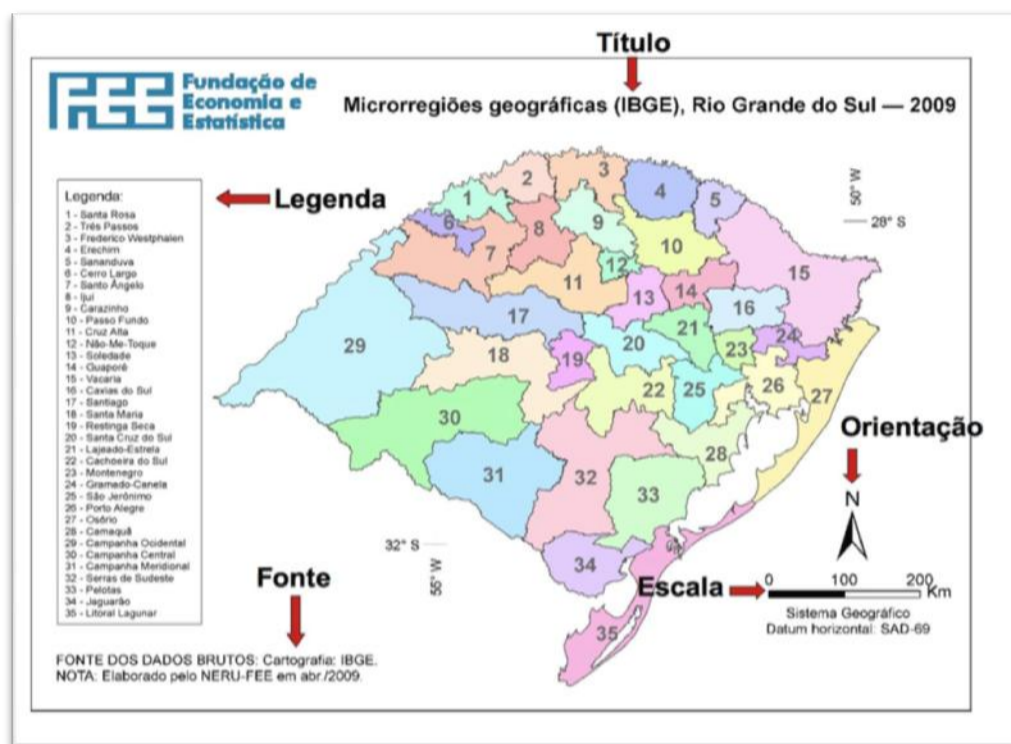


Figura 13. Elementos de um Mapa. Fonte: FEE (<http://www.fee.tche.br/>)

Título - Identifica o tema representado no mapa e área de análise. Podendo ainda mencionar a data da informação apresentada.

Orientação - Aponta no mapa a direção correspondente no terreno, mostrando o rumo Norte ou a rosa-dos-ventos.

Legenda - Torna possível a leitura do mapa com a utilização de cores ou símbolos. A escala pode ser explícita ou implícita (quando não necessita de explicação).

Fonte - Apresenta a procedência dos dados utilizados no mapa.

Simbologia - A utilização de símbolos é uma característica fundamental para uma boa compreensão dos mapas. A utilização de diferentes formas de representação para relacionar acidentes artificiais (sistema de transporte, infra-estrutura, edificações, limites, pontos de referência e localidades) e acidentes naturais (hidrografia, vegetação e altimetria), permitem o enriquecimento das informações apresentadas e a simplificação da interpretação pelo usuário.

A utilização de símbolos em mapas e/ou cartas é regulamentada por normas estabelecidas pela da Diretoria do Serviço Geográfico do Exército (DSG), publicadas no Manual Técnico T 34-700 que apresenta as Convenções Cartográficas ou normas para emprego dos símbolos no mapeamento sistemático brasileiro.

A simbologia básica é representada das seguintes formas:

Linear - são informações apresentadas nos mapas em forma de linhas, para facilitar a representação de diferentes elementos no mapa, as linhas podem descontínuas ou apresentar cores diversas. Ex.: estradas, rios etc.

Pontual - as informações são representadas por pontos ou figuras geométricas. Ex.: cidades, casas, indústrias etc.

Zonal ou poligonal- representam informações que ocupam uma determinada extensão sobre a área analisada através de polígonos. Ex.: vegetação, solos, clima, geologia etc.

DAER - RS		CONVENÇÕES RODOVIAS e FERROVIAS	
Duplicada		Em Duplicação	
Pavimentada		Em Pavimentação	
Implantada		Em Implantação	
Municipal		Estrada de Ferro	
Distância Parcial em km		Federal, Estadual e Vicinal	
Federal Coincidente		Estadual Transitória	
CIDADES e VILAS			
(De 200.001 a 500.000 hab)		(De 5.001 a 20.000 hab)	
(De 100.001 a 200.000 hab)		(Até 5.000 hab.)	
(De 20.001 a 100.000 hab)		Outras Localidades	
OUTROS			
Posto de Pedágio		Aeroporto Pavimentado	
Distrito Rodoviário Regional		Aeroporto não Pavimentado	
Aduana		Ponte de Fronteira	
Porto		Limite Municipal	

Base cartográfica extraída do Mapa do Estado do Rio Grande do Sul, 1:750.000 - IBGE-1969, atualizada. Planejamento Temático e Atualização: Departamento de Programação Rodoviária/ Equipe de Cadastro Colaboração: Departamento de Estudos e Projetos Informações e Sugestões: Telefone (0xx51) 3210 5128

Figura 14. Algumas convenções cartográficas.

Fonte: http://legendasdemapas.blogspot.com/2008_11_01_archive.html

Curvas de nível - As curvas de nível são linhas contínuas e fechadas que representam a sucessão dos pontos de mesma altitude de uma elevação ou depressão, referidos ao “datum” vertical estabelecido. Tendem a ser paralelas entre si de forma que, nunca se cruzam, podendo se tocar em saltos d’água ou despenhadeiros. Quanto maior a inclinação do terreno, mais próximas umas das outras estarão as curvas, e quanto menor a inclinação do terreno, mais afastadas serão as curvas.

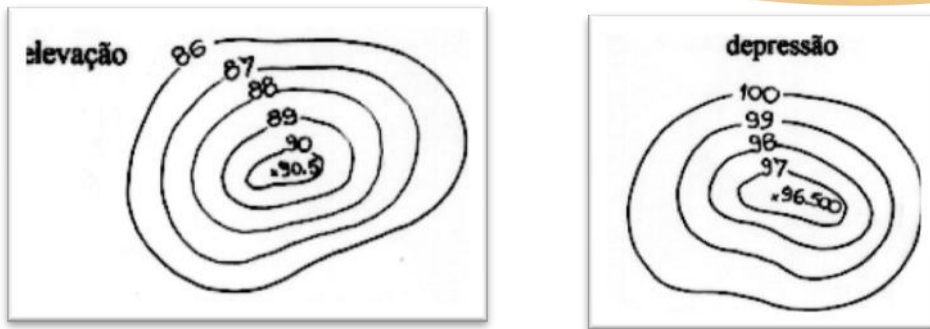


Figura 15. Curvas de nível.

A diferença constante de altitude, existente entre duas curvas de nível sucessivas, denomina-se equidistância. A equidistância é escolhida de modo a possibilitar uma fiel representação do terreno na escala da carta.

Em mapas com escalas pequenas, além das curvas de nível, adotam-se, para facilitar o conhecimento geral do relevo, faixas de determinadas altitudes em diferentes cores, como o verde, amarelo, laranja, sépia, rosa e branco. Para as cores batimétricas usa-se o azul, cujas tonalidades crescem no sentido da profundidade. Essas cores são chamadas de hipsométricas.

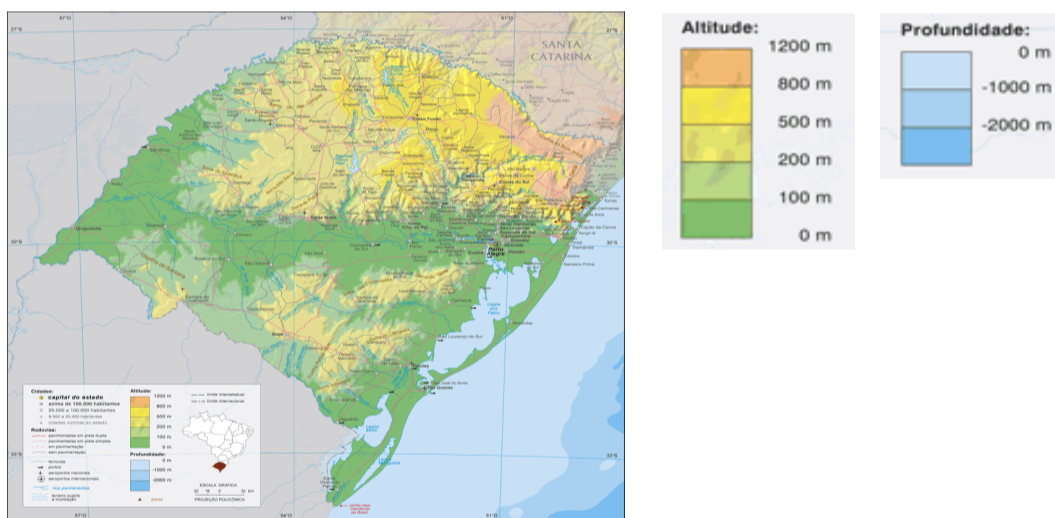


Figura 16. Exemplo de cores hipsométricas para altitude e profundidade.

1.2.3. Sistemas de coordenadas.

A superfície terrestre pode ser descrita geometricamente a partir de levantamentos geodésicos ou topográficos tendo como base sistemas de coordenadas distintos. Estes sistemas servem como referência para o posicionamento de pontos sobre uma superfície de referência.

Os sistemas de coordenadas mais utilizados são o de coordenadas geográficas, baseado em coordenadas geodésicas e o sistema UTM, baseado em coordenadas planas.

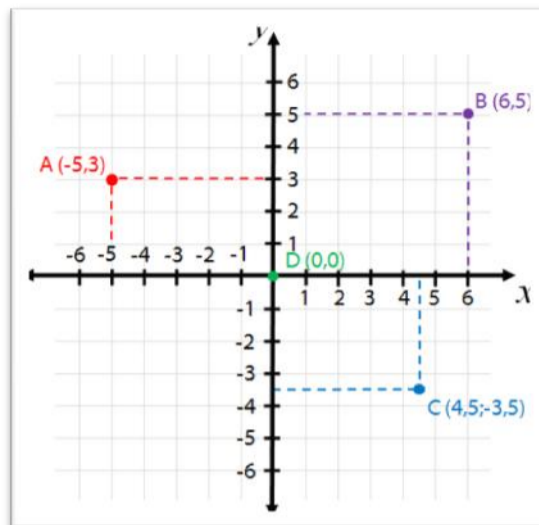


Figura 17. Sistema Cartesiano de coordenadas planas.

Para amarrar a posição de um ponto no espaço necessitamos ainda complementar as coordenadas bidimensionais x e y com uma terceira coordenada que é denominada altitude, que é a medida da distância a partir do geóide (que é a superfície de referência para contagem das altitudes) até um ponto na superfície terrestre. A altitude geométrica segue a mesma medida, entretanto a superfície de referência está relacionada ao elipsóide.

1.2.4. Coordenadas Geográficas – Latitude e Longitude

O sistema de coordenadas geográficas considera que qualquer ponto da superfície terrestre apresenta a mesma distância do centro do geóide. O par de coordenadas neste posicionamento é definido por uma rede geográfica formada por meridianos e paralelos (Figura 18). Um ponto na superfície terrestre pode ser localizado, assim, pela interseção de um meridiano e um paralelo.

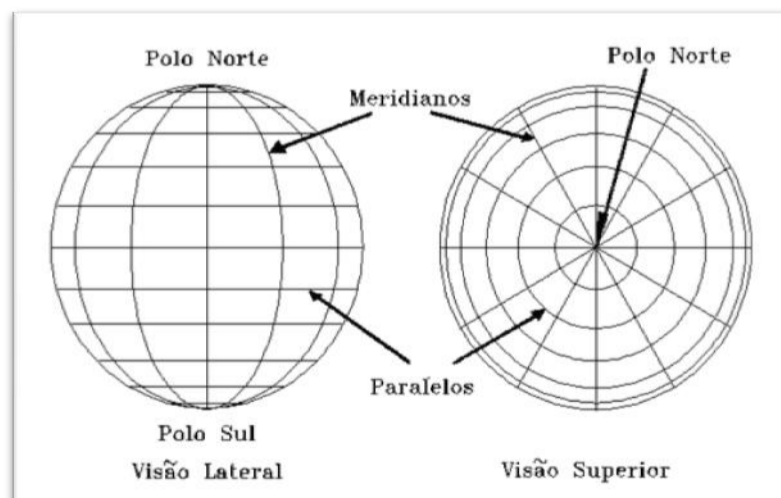


Figura 18. Meridianos e paralelos.

Meridianos e Longitude,

Os meridianos são semi-círculos gerados a partir da interseção de planos verticais que contém o eixo de rotação terrestre com a superfície da Terra. Um semi-círculo define um meridiano que com seu antimeridiano formam um círculo máximo (Figura 19). O meridiano de origem (0°), denominado como *Greenwich*, com o seu antimeridiano (180°), divide a Terra em dois hemisférios: leste ou oriental e oeste ou ocidental. A leste deste meridiano, os valores da coordenadas são crescentes, variando entre 0° e $+180^{\circ}$. A oeste, as medidas são decrescentes, variando entre 0° e -180° .

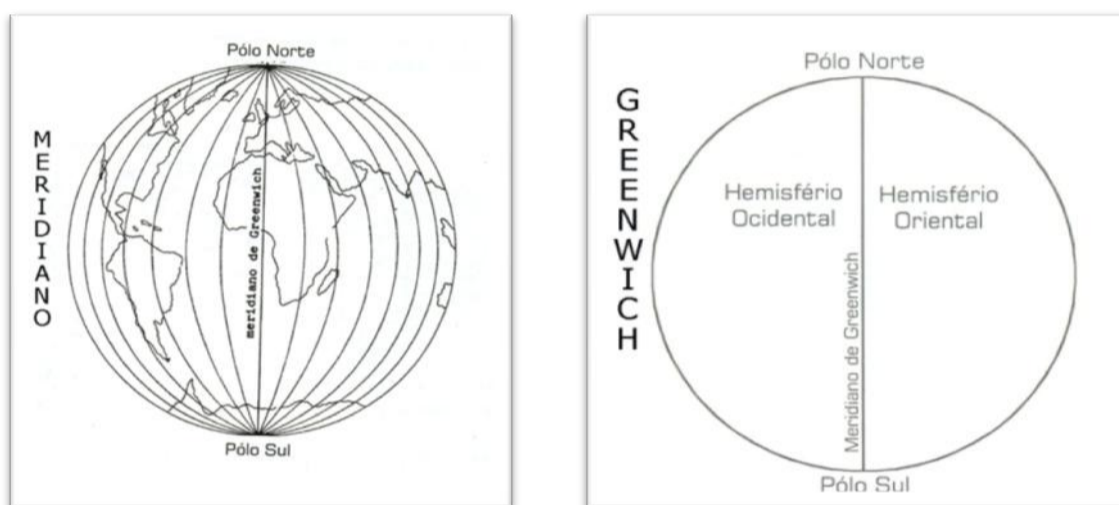


Figura 19. Meridiano de Greenwich e outros meridianos.

Fonte: <http://www.dpi.inpe.br/spring/usuario/cartogrf.htm#projecoes>

Os meridianos são referência para medição da distância angular entre um ponto qualquer e o meridiano de Greenwich. Este ângulo, denominado Longitude, corresponde ao arco da circunferência (em graus), medido do meridiano de origem ao meridiano onde se localiza um determinado ponto sobre o Equador ou outro paralelo.

Longitude (λ) "lambda" - é o ângulo formado entre o ponto considerado e meridiano de origem (normalmente, Greenwich = 0°). Tem variação entre 0° e 180° , nas direções leste ou oeste (Fitz, 2008).

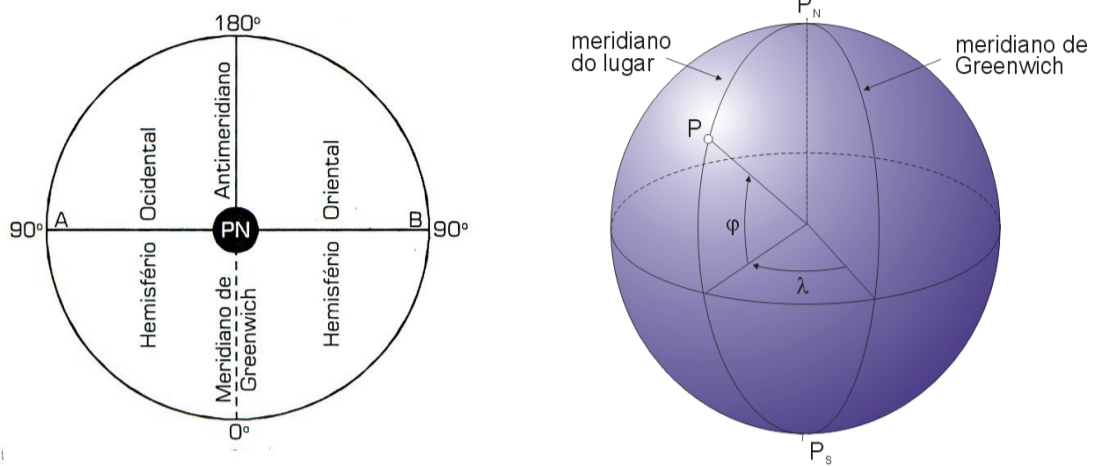


Figura 20. Longitude.

Oeste de Greenwich (negativa):	0° à 180° W ou 0° à -180°
Leste de Greenwich (positiva):	0° à 180° E ou 0° à + 180°

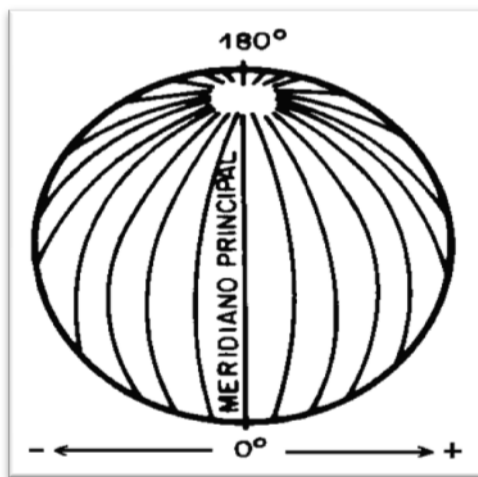


Figura 21. Variação da longitude.

Paralelos e Latitude

A linha do Equador é um círculo máximo gerado a partir da interseção de um plano perpendicular ao eixo de rotação terrestre com a superfície da Terra passando pelo centro da esfera (Figura 22). Equidistante aos pólos, divide a Terra em dois hemisférios, norte ou setentrional e sul ou meridional. Os paralelos são círculos menores, gerados a partir da interseção de planos paralelos ao plano do Equador terrestre com a superfície da Terra. Devido à curvatura da Terra, a

extensão dos paralelos diminui em direção pólos, até se tornarem um ponto neste local. Ao norte do Equador, os valores da coordenadas são crescentes, variando entre 0° e $+90^\circ$. Ao sul desta linha, as medidas são decrescentes, variando entre 0° e -90° .

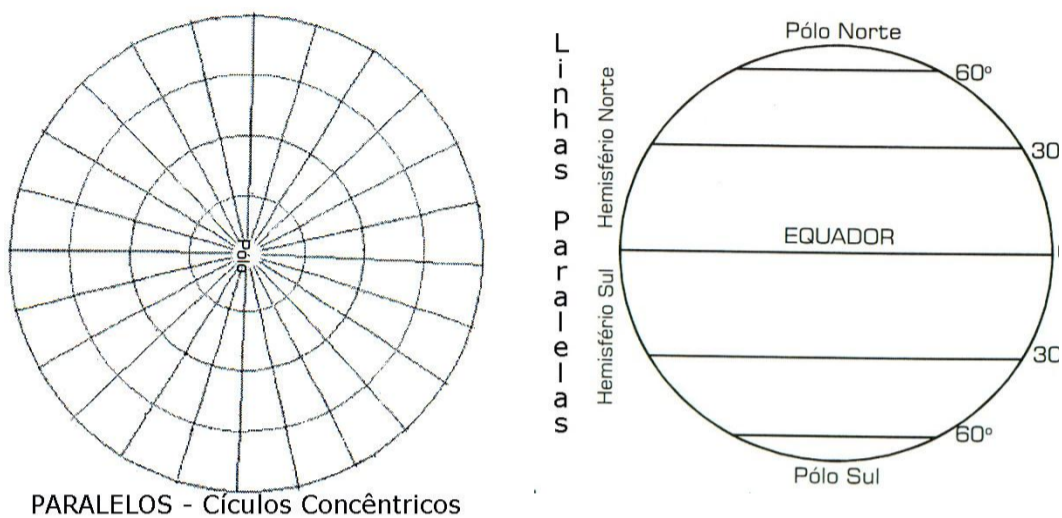


Figura 22. Linha do Equador e paralelos.

Fonte: <http://www.dpi.inpe.br/spring/usuario/cartogrf.htm#projecoes>

Os paralelos são referências para medição da distância angular entre um ponto, localizado sobre um paralelo, e a linha do Equador. Esta ângulo, denominado latitude, corresponde ao arco da circunferência, em graus, medido entre um ponto localizado em um paralelo qualquer e a linha do Equador o plano do meridiano ou anti-meridiano (Figura 23).

Latitude (ϕ) "fi" - é a distancia angular entre o plano do equador e um ponto na superfície da Terra, unido perpendicularmente ao centro do Planeta, tem variação entre 0 e 90 graus nas direções norte ou sul (Fitz, 2008).

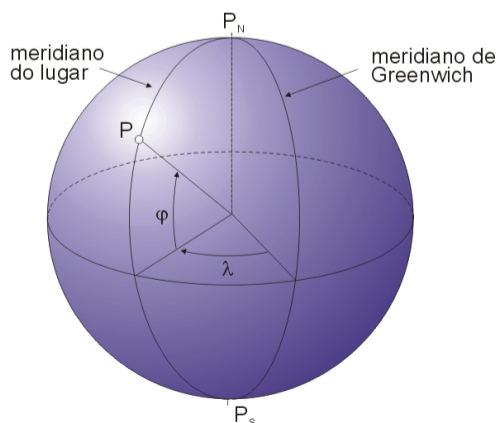


Figura 23. Latitude.

Fonte: <http://www.dpi.inpe.br/spring/usuario/cartogrf.htm#projecoes>

Varição da latitude (φ)

Latitude Norte (+) 0° à 90° N ou 0° à + 90°
Latitude Sul (-) 0° à 90° S ou 0° à - 90°.

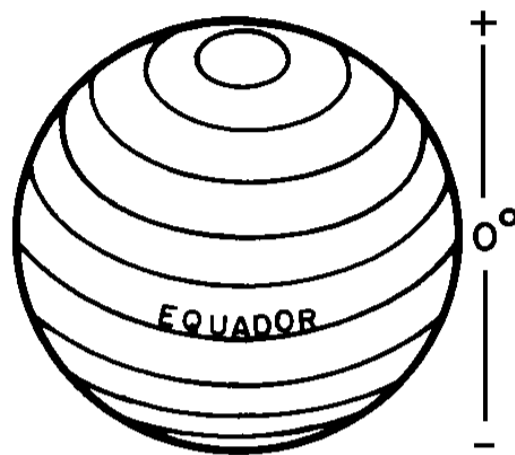


Figura 24. Variação de Latitude.

Com base no sistema de coordenadas geográficas é possível localizar qualquer ponto na superfície terrestre quando conhecidas as medidas de latitude e longitude, expressas em graus(°), minutos (') e segundos (").

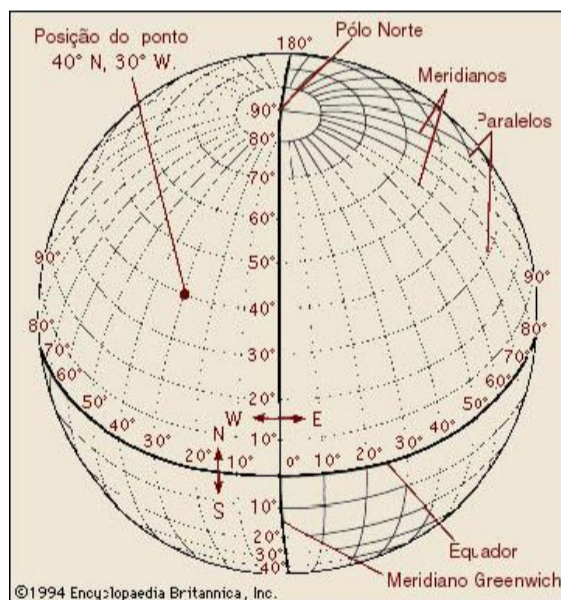


Figura 25.

Posicionamento de ponto com coordenadas geográficas - Latitude e Longitude.

Exemplo:

Rio Grande (Prédio da Prefeitura):

- Latitude- Sul $32^{\circ} 01' 50''$

(trinta e dois graus, um minuto e cinquenta segundos)

- Longitude- Oeste (West) $52^{\circ} 05' 52''$

(cinquenta e dois graus, cinco minutos e cinquenta e dois segundos)

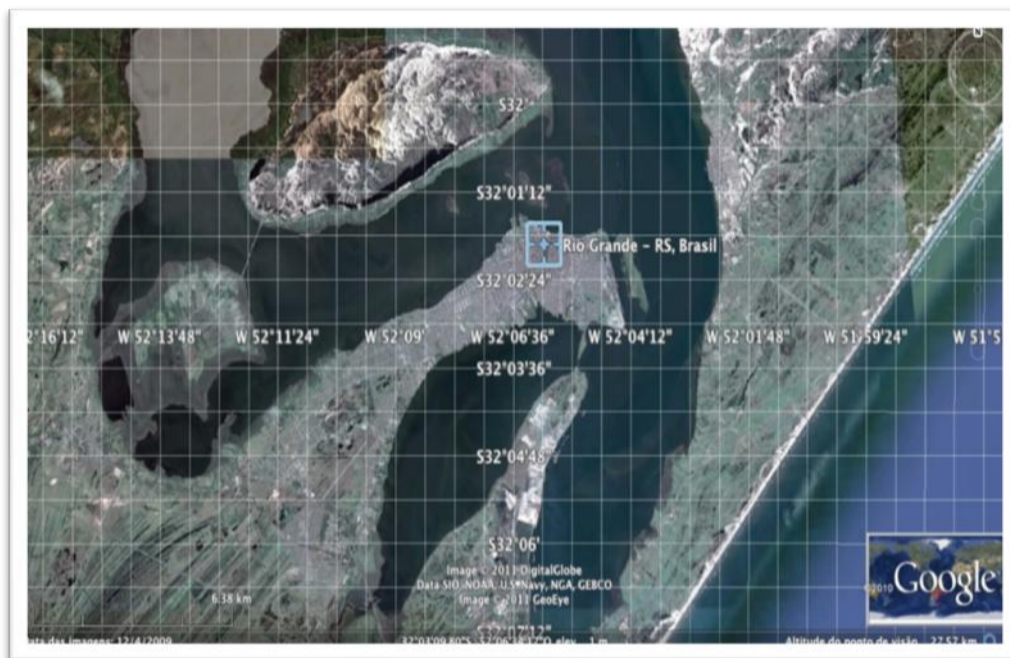


Figura 26. Localização da Prefeitura do Rio Grande em imagem Google Earth.

1.2.5. Coordenadas UTM (Sistema Universal Transversal de Mercator)

Segundo Fitz (2008), o belga Gerhard Kremer, conhecido como Mercator apresentou em 1569 um sistema de coordenadas que utilizava paralelos retos e meridianos retos e equidistantes, o que facilitou a realização de cálculos de posicionamento e serviu de base para vários sistemas de navegação, representando um importante avanço na ciência cartográfica.

O Sistema é dividido em 60 fusos com 6 graus de amplitude na posição longitudinal. Cada fuso também é chamado de Zona UTM que é numerada, iniciando em "1" da esquerda para a direita em relação à longitude 180 graus oeste. Pode-se identificar também o fuso a partir de seu Meridiano Central que fica exatamente no centro do fuso.

O Sistema UTM é baseado em um plano cartesiano (eixo x, y), o metro (m) é a unidade usada para medir distâncias e determinar a posição de um objeto. Diferencia-se das Coordenadas Geográficas (ou Geodésicas) por não acompanhar a curvatura da Terra e representar a localização de pontos na superfície por pares de **coordenadas planas**.

No sistema de Mercator **não há coordenadas negativas**, utiliza apenas dois eixos: E(x) e N(y), indicando, respectivamente, Longitude e Latitude. No hemisfério sul, as distâncias do eixo N(y) iniciam em 10.000.000 na linha do Equador e decrescem para o sul até 0; enquanto o eixo E(x) iniciam em 500.000 aumentando para o Leste e decrescendo para Oeste. No hemisfério Norte, as coordenadas de eixo E(x) se comportam da mesma maneira, enquanto que as do eixo N(y) tem sua origem no Equador e aumentam para o Norte.

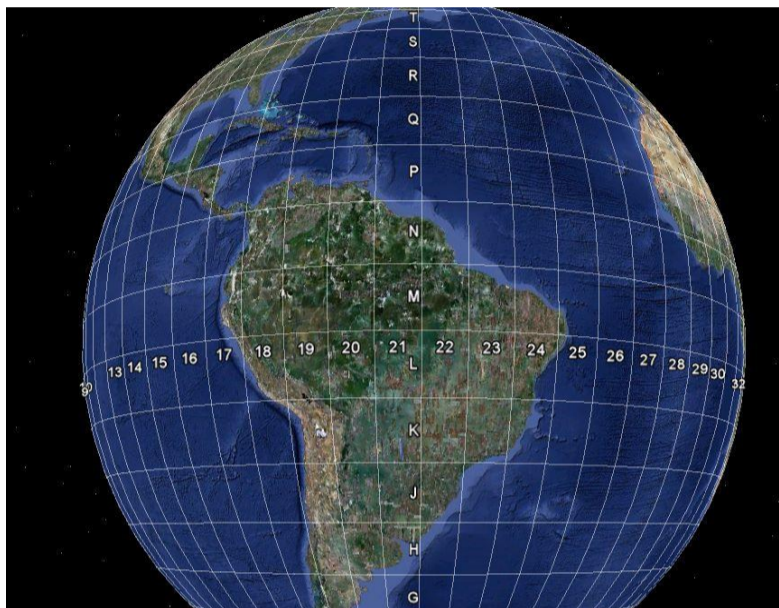


Figura 27. Grade UTM em imagem Google Earth.

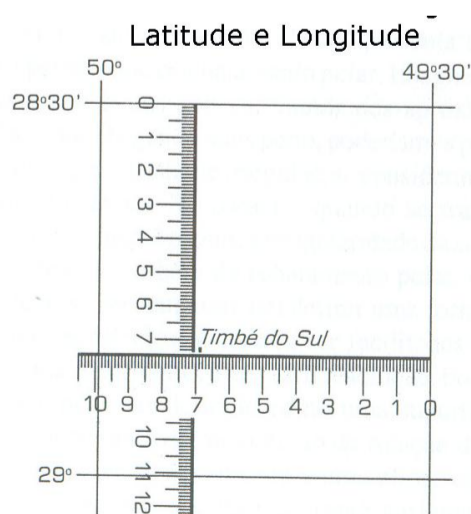
Para assistir ao Video sobre Coordenadas Geográficas siga o link:

<http://www.youtube.com/watch?v=RxLrXbGH82A>

1.2.6. Cálculo de coordenadas

A determinação das coordenadas de um ponto qualquer em um mapa pode ser realizada facilmente, a partir da realização de uma regra de três simples, com o uso de régua comum.

Ex.: Cálculo das coordenadas geográficas do ponto referente a Timbé do Sul.



Primeiro observa-se a distância angular entre as quadrículas – 30' (minutos) tanto no sentido leste-oeste, como norte-sul.

Mede-se a distância em centímetros (ou outra unidade conveniente) entre os meridianos de referência (50° e 49°30') – valor encontrado: 9,9cm.

Mede-se a distância do meridiano de referencia e o ponto em questão. Realizando uma regra de três teremos:

$$11,1 \text{ cm} - 30' \text{ (minutos)}$$

$$7,3 \text{ cm} - X$$

$$X = (7,3 \times 30) / 11,1$$

$$X = 219 / 11,1$$

$$X = 19,729729' - 19' = 0,729729 \times 60 = 43,78374''$$

$$X = 19' 43''$$

Latitude = 28° 49' 43" S

Para o cálculo da longitude os procedimentos são os mesmos:

$$9,9 \text{ cm} - 30'$$

$$6,9 \text{ cm} - X$$

$$X = (6,9 \times 30) / 9,9$$

$$X = 207 / 9,9$$

$$X = 20,90909 - 20 = 0,90909 \times 60 = 54,5454$$

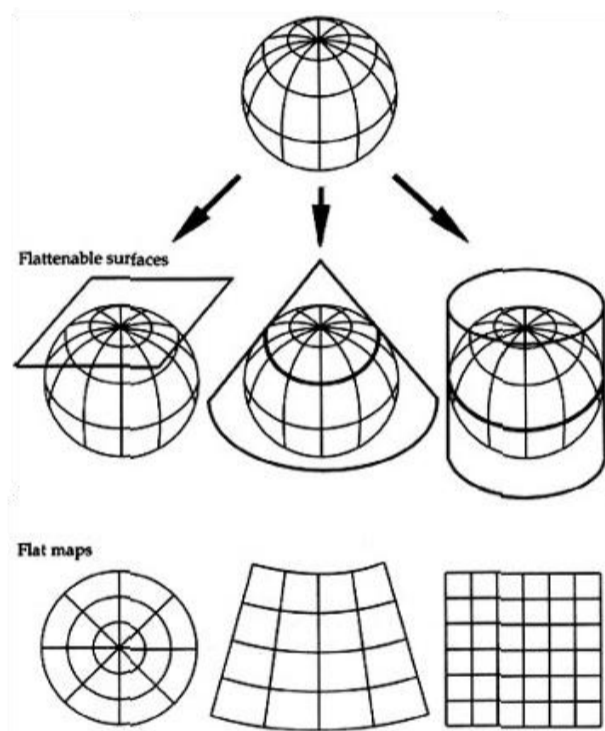
Longitude = 49° 20' 54" O

1.3. Projeções cartográficas

1.3.1 Projeções cartográficas

Buscando aproximar a real forma da superfície terrestre a uma representação geométrica em uma superfície plana, foi escolhida a figura do Elipsóide de revolução (Ver 1.2) como a mais semelhante e matematicamente utilizável.

Para que fosse possível o transporte de pontos na superfície terrestre (elipsóide) para um plano (mapa), foi desenvolvido um sistema de projeções cartográficas que apoiadas em funções matemáticas, realizam esse transporte de pontos utilizando diferentes figuras geométricas como superfície de projeção (Fig. 28).



<http://imasters.com.br/artigo/12308> (projeções)

Figura 28. Projeções de representação do globo terrestre.

Classificação das Projeções

As projeções cartográficas podem ser classificadas de acordo com diferentes metodologias que buscam sempre um melhor ajuste da superfície a ser representada (Fitz, 2008).

- De acordo com o método:

(a) Geométricas - baseiam-se em princípios geométricos projetivos. Podem ser obtidos pela interseção, sobre a superfície de projeção, do feixe de retas que

passa por pontos da superfície de referência partindo de um centro perspectivo (ponto de vista).

(b) Analíticas - baseiam-se em formulação matemática obtidas com o objetivo de se atender condições (características) previamente estabelecidas (é o caso da maior parte das projeções existentes).

- De acordo com a superfície de projeção:

(a) Planas ou Azimutais: quando a superfície de projeção for um plano;

(b) Cônicas: quando a superfície de projeção for um cone;

(c) Cilíndricas: quando a superfície de projeção for um cilindro;

(d) Poliédrica: quando se utilizam vários planos de projeção que reunidos formam um poliedro.

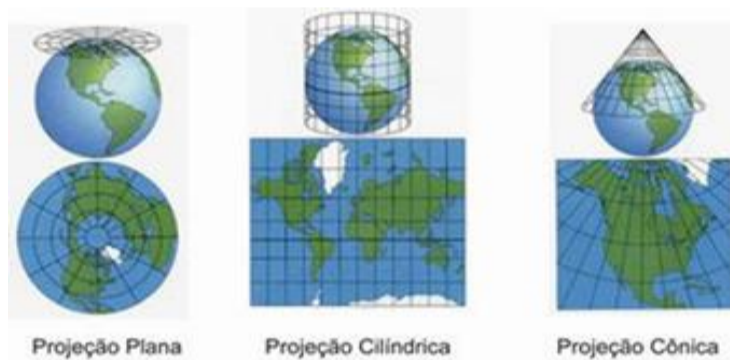


Figura 29. Projeções cartográficas de acordo com a superfície de projeção.
[_http://www.mundoeducacao.com.br/geografia/projecoes-cartograficas.htm](http://www.mundoeducacao.com.br/geografia/projecoes-cartograficas.htm)

- De acordo à posição da superfície:

(a) Equatorial- quando o centro da superfície de projeção situa-se no equador terrestre.

(b) Polar- quando o centro do plano de projeção é um dos pólos terrestres.

(c) Transversa- quando o eixo da superfície de projeção (um cilindro ou um cone) se encontra perpendicular ao eixo de rotação do Planeta.

(d) Oblíqua- quando está em qualquer outra posição.




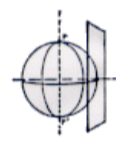
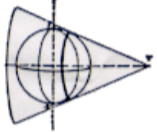
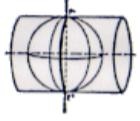

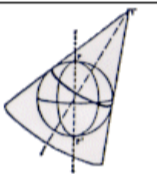
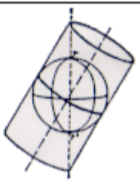
PLANAS	CÔNICAS	CILINDRICAS
 <p>POLAR – plano tangente no pólo</p>	 <p>NORMAL – eixo do cone paralelo ao eixo da Terra</p>	 <p>EQUATORIAL – eixo do cilindro paralelo ao eixo da Terra</p>
 <p>EQUATORIAL – plano tangente no equador</p>	 <p>TRANSVERSA – eixo do cone perpendicular ao eixo da Terra</p>	 <p>TRANSVERSA – eixo do cilindro perpendicular ao eixo da Terra</p>
 <p>HORIZONTAL – plano tangente em um ponto qualquer</p>	 <p>HORIZONTAL – eixo do cone inclinado em relação ao eixo da Terra</p>	 <p>HORIZONTAL – eixo do cilindro inclinado em relação ao eixo da Terra</p>

Figura 30. Projeções cartográficas de acordo com a posição da superfície.

<http://imasters.com.br/artigo/12308>

- De acordo com as deformações apresentadas:

(a) Equidistantes - As que não apresentam deformações lineares para algumas linhas em especial, isto é, os comprimentos são representados em escala uniforme.

(b) Conformes - Representam sem deformação, todos os ângulos em torno de quaisquer pontos, e decorrentes dessa propriedade, não deformam pequenas regiões.

(c) Equivalentes - Têm a propriedade de não alterarem as áreas, conservando assim, uma relação constante com as suas correspondentes na superfície da Terra. Seja qual for a porção representada num mapa, ela conserva a mesma relação com a área de todo o mapa.

(d) Afiláticas - Não possui nenhuma das propriedades dos outros tipos, isto é, equivalência, conformidade e eqüidistância, ou seja, as projeções em que as áreas, os ângulos e os comprimentos não são conservados.

- De acordo ao tipo de contato com a superfície

(a) Tangentes - a superfície de projeção é tangente à de referência (plano- um ponto; cone e cilindro- uma linha).

(b) Secantes - a superfície de projeção secciona a superfície de referência (plano- uma linha; cone- duas linhas desiguais; cilindro- duas linhas iguais).

Através da composição das diferentes características apresentadas nesta classificação das projeções cartográficas, podemos especificar representações cartográficas cujas propriedades atendam as nossas necessidades em cada caso específico.



Figura 31. Projeções de acordo com o tipo de contato com a superfície.

<http://ciencia.hsw.uol.com.br/mapa2.htm>

Principais projeções e suas características

Projeção policônica

Nessa projeção a superfície de representação é formada por diversos cones. O meridiano central e o equador são as únicas retas da projeção. O meridiano central é dividido em partes iguais pelos paralelos e não apresenta deformações.

Os paralelos são círculos não concêntricos (cada cone tem seu próprio ápice) e não apresentam deformações. Os meridianos são curvas que cortam os paralelos em partes iguais.

Apresenta pequena deformação próxima ao centro do sistema, mas aumenta rapidamente para a periferia.

Apropriada para uso em países ou regiões de extensão predominantemente Norte-Sul e reduzida extensão Este-Oeste. É muito popular devido à simplicidade de seu cálculo, pois existem tabelas completas para sua construção. É amplamente utilizada nos Estados Unidos, no Brasil é utilizada em mapas da série Brasil, regionais, estaduais e temáticos.

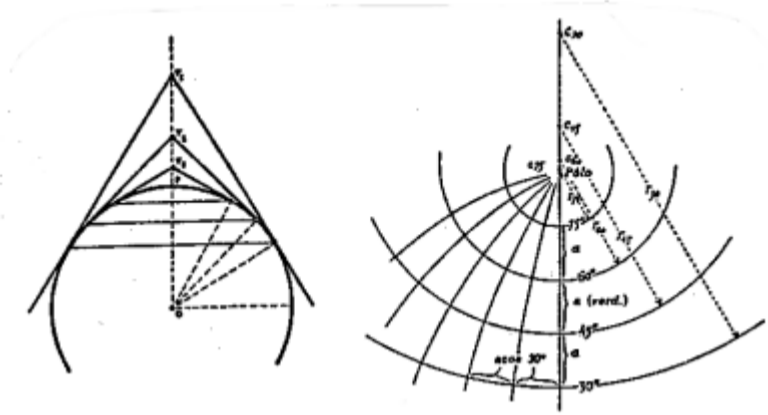


Figura 32. Projeção Policônica.

Projeção Cônica normal de Lambert

Projeção cônica, conforme, analítica e secante. Os meridianos são linhas retas convergentes. Os paralelos são círculos concêntricos com centro no ponto de interseção dos meridianos. A existência de duas linhas de contato com a superfície (dois paralelos padrão) nos fornece uma área maior com um baixo nível de deformação. Isto faz com que esta projeção seja bastante útil para regiões que se estendam na direção este-oeste, porém pode ser utilizada em quaisquer latitudes.

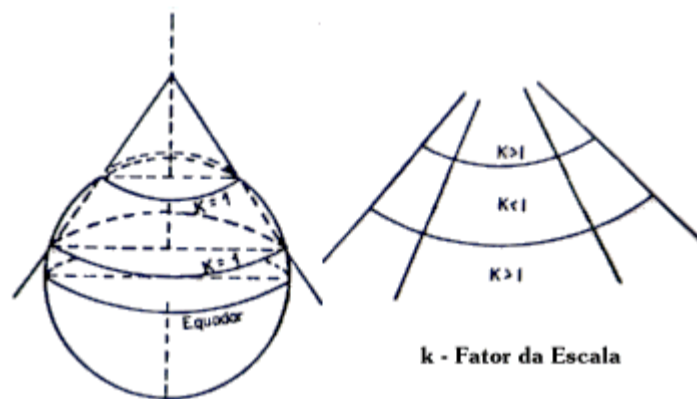


Figura 33. Projeção Cônica Normal de Lambert (com dois paralelos-padrão).

Projeção Cilíndrica transversa de Mercator (Tangente)

Projeção cilíndrica, conforme, analítica e tangente (a um meridiano). Os meridianos e paralelos não são linhas retas, com exceção do meridiano de tangência e do Equador. Indicada para regiões onde há predominância na extensão Norte-Sul. É muito utilizada em cartas destinadas à navegação.

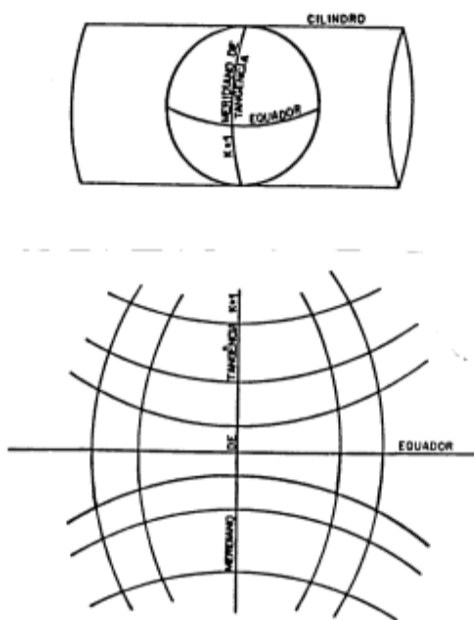


Figura 34. Projeção Cilíndrica Transversa de Mercator.

Projeção Cilíndrica transversa de Mercator (Secante)

Projeção cilíndrica, conforme, secante, o meridiano central e o equador são linhas retas. Essa é a projeção utilizada no Sistema UTM - Universal Transversa de Mercator. Utilizada na produção das cartas topográficas do Sistema Cartográfico Nacional produzidas pelo IBGE e DSG.

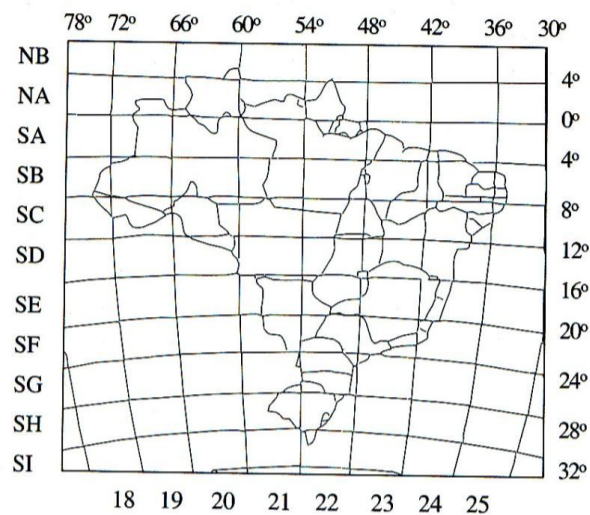


Figura 35. Cilindro secante

1.3.2. Carta internacional do Mundo ao milionésimo (CIM)

Da necessidade de uniformizar a cartografia internacional, geralmente para fins militares, foi elaborada a CIM. Essa carta apresentada na projeção cônica

conforme de Lambert, na escala de 1:1.000.000 origina-se da divisão do globo em sessenta partes longitudinais denominadas fusos, cada um com seis graus (6°) de amplitude no sentido oeste-leste, numerados de 1 a 60 a partir do antemeridiano de Greenwich; e do equador terrestre em direção aos pólos o globo foi dividido em zonas, cada uma com quatro graus de amplitude e perpendiculares aos fusos.



A CIM serve de base para outras cartas em escalas maiores utilizadas para a execução de estudos e análises de aspectos gerais e estratégicos.

A nomenclatura das folhas da CIM obedece uma codificação básica na qual a primeira letra representa o hemisfério (Norte ou sul), a segunda a zona e a terceira o fuso.

Ex.: SE.23 (hemisfério Sul, zona E e fuso 23°)

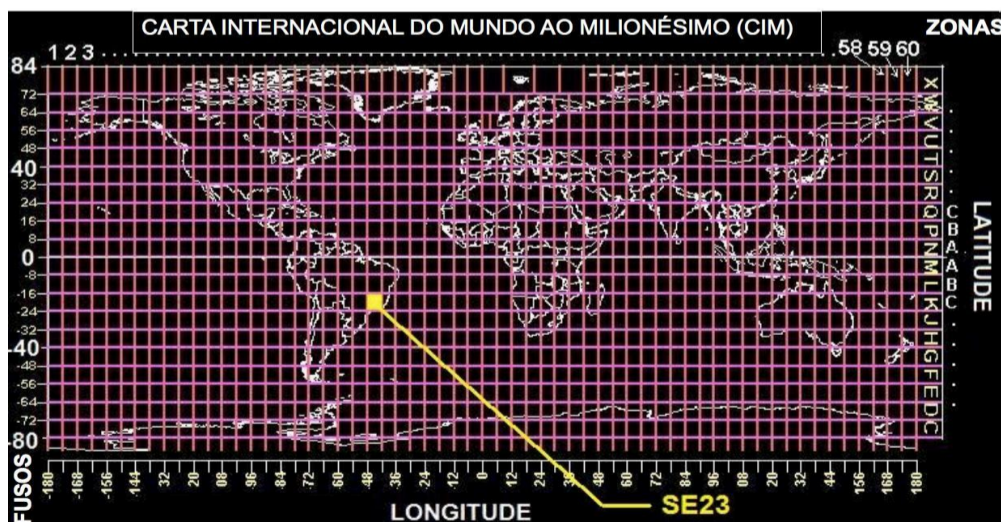


Figura 36. Carta Internacional do Mundo ao milionésimo.
 Figura 37. Os fusos UTM que compreendem o território brasileiro.

1.3.3. Fusos Horários

Enquanto os fusos do Sistema UTM estão relacionados às convenções da CIM, ou seja, sessenta fusos com seis graus de amplitude cada, os Fusos Horários vinculam-se ao período de rotação do Planeta (Fitz, 2008).

A Terra gira de oeste para leste, de modo que as localidades situadas a leste veem o sol nascer primeiro, ou seja, essas localidades possuem a hora adiantada.

A Hora Legal é considerada como o intervalo de tempo considerado por um país como igual para determinado fuso, refere-se a uma zona demarcada politicamente pelo país. Já a Hora Local refere-se a um meridiano local específico.

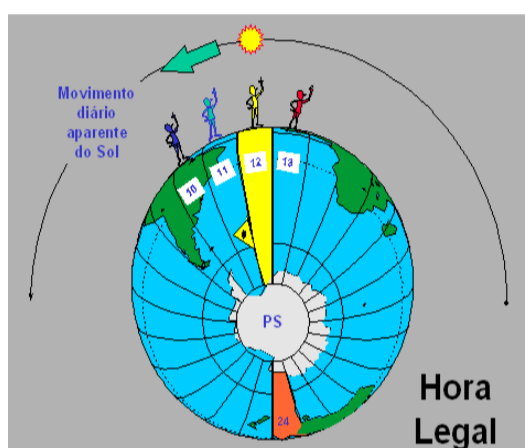


Figura 38. Movimento diário do Sol.

As zonas horárias ou fusos horários são cada uma das 24 áreas em que se divide a Terra e que seguem a mesma definição de tempo. Como o círculo terrestre tem 360° , e o movimento de rotação é executado em 24 horas, se dividirmos 360° por 24h ($360 / 24 = 15$).

O que significa que cada hora do globo está situada em uma faixa de 15° de longitude, representada por um Fuso Horário.

Portanto, os Fusos Horários podem ser definidos com zonas delimitadas por dois meridianos consecutivos da superfície terrestre, cuja hora legal, por convenção, é a mesma.

Os fusos são numerados à partir do meridiano de Greenwich (0°), positivamente à leste e negativamente à oeste.

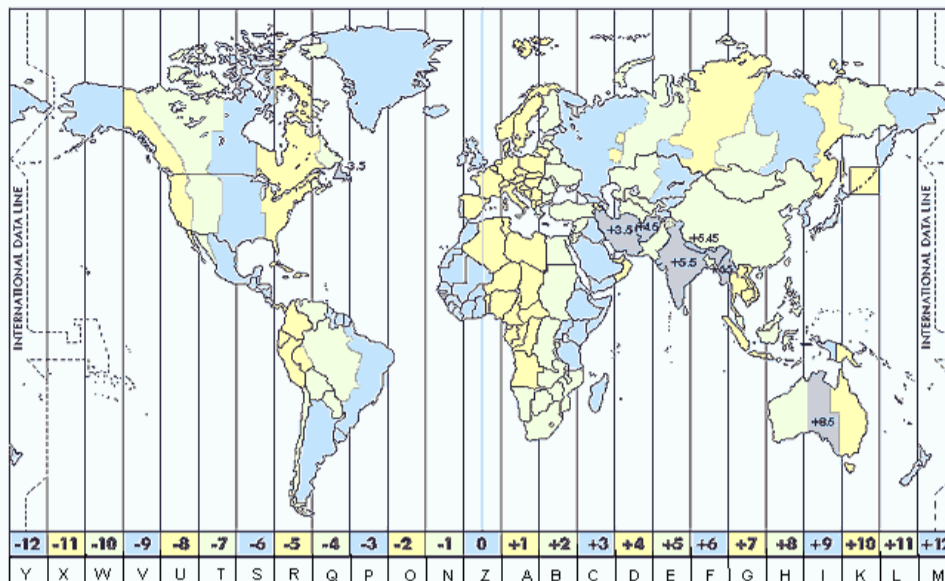


Figura 39. Fusos horários mundiais.

O território brasileiro está localizado a oeste do meridiano de Greenwich e atualmente utiliza os seguintes Fusos Horários (Lei 11.662 de 24/04/2008):

UTC-2: Arquipélago de Fernando de Noronha e a Ilha de Trindade;

UTC-3: Regiões Sul, Sudeste, Nordeste, os estados de Goiás, Tocantins, Pará e Amapá e o Distrito Federal;

UTC-4: Estados de Mato Grosso, de Mato Grosso do Sul, do Amazonas, de Rondônia, de Roraima e do Acre.

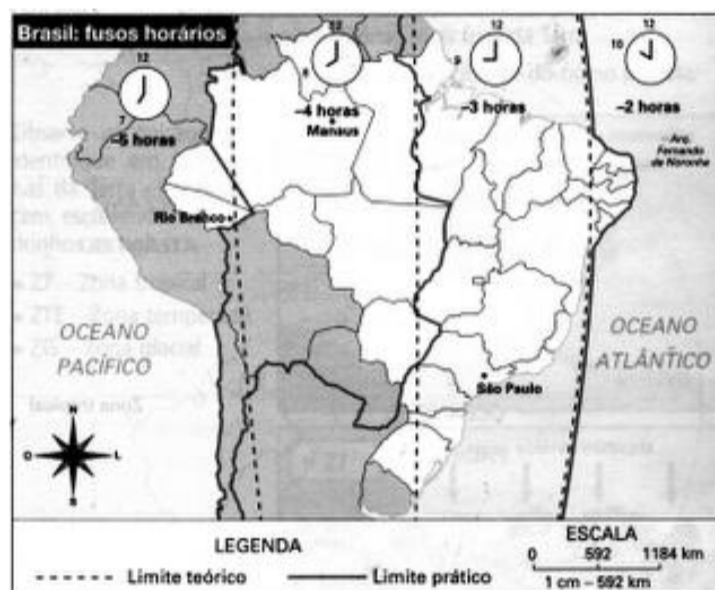


Figura 40. Fusos horários do Brasil.

<http://profgustavoborges.blogspot.com/2008/04/brasil-ter- apenas-trs-fusos-horrios.html>

1.3.4. Orientação

Um dos aspectos mais importantes para utilização eficaz e satisfatória de um mapa diz respeito ao sistema de orientação empregado. Um dos métodos mais antigos de orientação que se tem conhecimento é o posicionamento em relação à direção (ou sentido) em que o Sol nasce, ou seja, sentido leste.

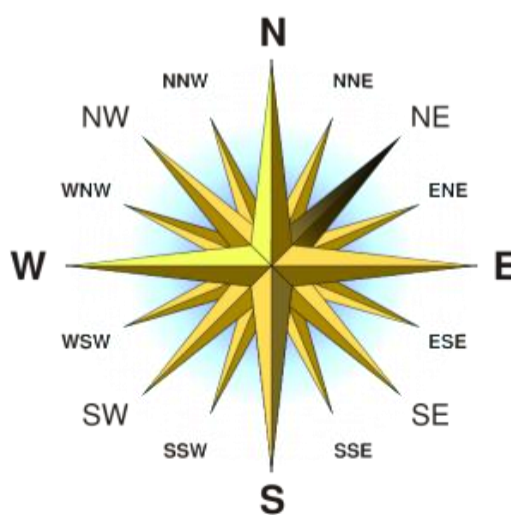
Identificando o sentido leste (onde o Sol nasce) esticando o braço direito nessa direção, teremos a noção que na posição oposta teremos o oeste (braço esquerdo), portanto, perpendicular ao eixo leste-oeste, teremos a nossa frente o norte e as costas o sul (Fig. 41).



Figura 41. Localização dos pontos cardeais de acordo com o Sol.

<http://geografalando.blogspot.com/2011/04/nocoos-de-orientacao.html>

Tomando como base as direções norte e sul como principais, podemos construir a Rosa dos Ventos, a qual apresenta as direções intermediárias estabelecidas com o objetivo de auxiliar na orientação sobre a superfície terrestre.



. Rosa dos Ventos.

<http://geografia789afgc.blogspot.com/2009/09/como-construies-uma-rosa-dos-ventos.html>

A Rosa dos Ventos é constituída por 4 pontos cardeais, 4 pontos colaterais e 8 pontos sub-colaterais.

Pontos cardeais:

NORTE	0°	Ponto fundamental a que se referem normalmente as direções
SUL	180°	S (South)
LESTE	90°	Direção de onde nasce o sol; também aparece como E (East)
OESTE	270°	Direção onde o sol se põe; também aparece como W (West)

Pontos colaterais:

NNE	Nor-Nordeste	22,5°
ENE	Lés-Nordeste	67,5°
ESE	Lés-Sudeste	112,5°
SSE	Su-Sudeste	157,5°
SSO	Su-Sudoeste	202,5°
OSO	Oés-Sudoeste	247,5°
ONO	Oés-Noroeste	292,5°
NNO	Nor-Noroeste	337,5°

Pontos sub-colaterais:

1.3.5. Direção Norte e ângulos importantes

NNE	Nor-Nordeste	22,5°
ENE	Lés-Nordeste	67,5°
ESE	Lés-Sudeste	112,5°
SSE	Su-Sudeste	157,5°
SSO	Su-Sudoeste	202,5°
OSO	Oés-Sudoeste	247,5°
ONO	Oés-Noroeste	292,5°
NNO	Nor-Noroeste	337,5°



O sistema de coordenadas geodésicas ou o UTM permite o posicionamento de qualquer ponto sobre a superfície da Terra, no entanto é comum o posicionamento relativo de direção nos casos de navegação. Assim, ficam definidos três vetores associados a cada ponto:

- Norte verdadeiro ou geográfico (NG): definido pela direção dos meridianos geográficos;
- Norte magnético (NM): definido pela direção do Pólo norte magnético, indicado pela agulha imantada de uma bússola.
- Norte da quadricula ou cartográfico (NQ): definido pela direção das linhas verticais dos quadriculados dos mapas.

O ângulo formado pela direção do norte geográfico (NG) com a do norte magnético (NM), denomina-se **declinação magnética**. A declinação magnética apresenta variações em varias partes do globo terrestre em função da posição relativa entre os pólos geográfico e magnético.

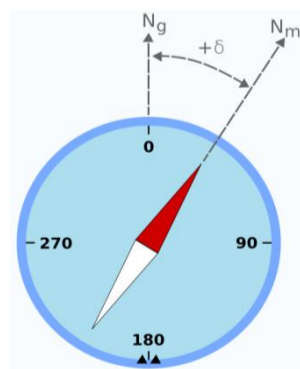
Uma declinação positiva ou leste significa que o norte magnético está desviado do norte verdadeiro no sentido horário.

Exemplos: 12°, e 11°E (east, leste).

Uma declinação negativa ou oeste significa que o norte magnético está desviado no sentido anti-horário.

Exemplos: -10°, 8°W (west, oeste).

Figura 43. Declinação magnética.



Outro elemento importante apresentado nas cartas topográficas é denominado **convergência meridiana**, que representa a diferença angular entre o norte geográfico e o norte da quadricula.

Tanto a declinação magnética como a convergência meridiana, variam de ponto a ponto sobre a superfície terrestre.

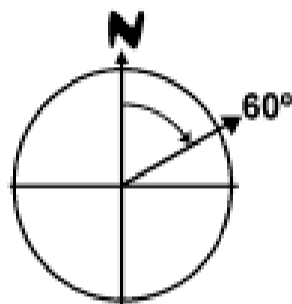
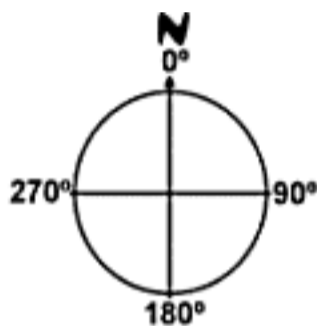
1.3.6. Azimutes

O ângulo formado entre a direção Norte-Sul e a direção considerada, contado a partir do Pólo Norte, no sentido horário é denominado Azimute. O azimute é sempre contado a partir do Norte, no sentido horário e varia de 0° até 360° . Dependendo do Norte ao qual esteja a referenciado podemos ter:

Azimute Verdadeiro ou Geográfico ($Az G_{AB}$)

Azimute Magnético ($Az M_{AB}$)

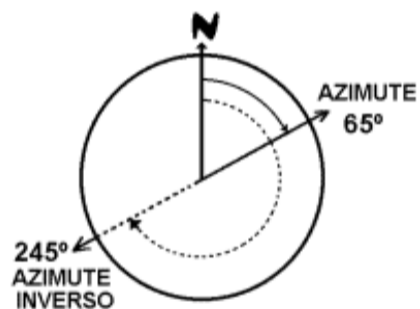
Azimute da Quadrícula ($Az Q_{AB}$)



Ex.: Azimute de 60° .

O azimute inverso é o azimute de direção oposta.

Ex.: Azimute inverso de 65° é o de 245° .



Para calcular o azimute inverso basta somar ou subtrair 180° ao azimute, quando este for respectivamente menor ou maior do que 180° .

Ex.: Como calcular os azimutes inversos de 65° e 310° :

AZIMUTE	OPERAÇÃO	AZIMUTE INVERSO
65°	Como é inferior a 180° deve-se somar 180°	$65^\circ + 180^\circ = 245^\circ$
310°	Como é superior a 180° deve-se subtrair 180°	$310^\circ - 180^\circ = 130^\circ$

1.3.7. Rumos

É o menor ângulo que uma direção terrestre faz com a linha Norte-Sul. O rumo pode ser contado do Norte ou do Sul (o que estiver mais próximo), por isso, nunca passa de 90°, vindo obrigatoriamente acompanhado da identificação do quadrante (NE- 1º; NW- 2º; SE- 3º; SW- 4º).

Ex.:

80° NE, 40° SE, 30° SW, 10° NW

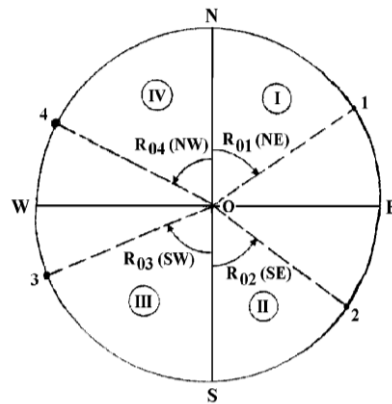
Conversão de azimutes em rumos:

Primeiro quadrante (NE): $R = Az$

Segundo quadrante (SE): $R = 180 - Az$

Terceiro quadrante (SO): $R = Az - 180$

Quarto quadrante (NO): $R = 360 - Az$



Referências Bibliográficas

BAKKER, M. P. R. (1965) *Introdução ao estudo da Cartografia: noções básicas*. Rio de Janeiro: D. H. N.

IBGE (2004). *Noções Básicas de Cartografia*. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia>.

FITZ, P. R. (2008). *Cartografia Básica*. Editora Oficina de Textos. São Paulo.

OLIVEIRA, C. (1988). *Curso de Cartografia Moderna*. IBGE, RJ.

OLIVEIRA, C. (1988). *Dicionário cartográfico*. Rio de Janeiro, IBGE, 1980.

4.1- Referências Digitais

<http://www.geomundo.com.br/geografia-30174.htm>

<http://www.ibge.gov.br/ibgeteen/atlasescolar/apresentacoes/historia.swf>

<http://www.ptr.poli.usp.br/ptr/site->

[ant/Cursos/SensoriamentoRemoto/cartografia/01/ctc07.htm](http://www.ptr.poli.usp.br/ptr/site-ant/Cursos/SensoriamentoRemoto/cartografia/01/ctc07.htm)

<http://www.fee.tche.br/>

Videos:

<http://www.youtube.com/watch?v=s4AFLZ5o7pM&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?v=SN4ljQBqG6I&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?v=eGZ0sXgtW4o&feature=related>

CRÉDITOS

Material produzido pelo Programa de ensino virtual de uso de geotecnologias para cursos de graduação, vinculado ao Edital 15 CAPES – Fomento ao uso das tecnologias de comunicação e informação nos cursos de graduação.

Prof. Dr. Carlos Roney Armani Tagliani (coordenador do projeto)

Profª Dra. Rosa Maria Picolli da Cunha (professora pesquisadora)

Organizadores:

Allan de Oliveira (colaborador)

Ana Paula Santos Pereira (tutora)

Jean Marcel de Almeida Espinoza (tutor)

Kahuam de Souza Gianuca (tutor)

Equipe de Design e Diagramação – Núcleo Comum/SEaD/FURG

Alexsander Lavoura de Mattos

Caroline Noble de Ávila

Cibele Hechel Colares da Costa

Cibele Dias Borges

Jair Conti Gomes Jr.

Jarbas Gama Macedo

Jeferson Feijó

Luciano da Silva Baldez

Marcelo da Silva Calheiros

Tôni Rabello dos Santos

Rodnei Gallo Flores