

Especialização Técnica Aplicada ao Georreferenciamento Cartografia Geral e Projeções Cartográficas



CARTOGRAFIA GE- RAL E PROJEÇÕES CARTOGRÁFICAS



Ficha Técnica

Elaboração - Brunna Francinete da Silva Cruz

Capa / Diagramação - Gabriel Araújo Galvão

Diretor Pedagógico - Edilvo de Sousa Santos



Índice

Introdução à Cartografia.....	05
Tipos de Representação por Traço	15
Escala	19
Projeções Cartográficas.....	21
Cartas e Mapas	29
Índice de Nomenclatura e Articulação de Folhas	33
Mapa índice	34
Transformações Entre Referenciais Geodésicos.....	34
Parâmetros de Transformação de Sistemas Adotados no Brasil.....	37
Referências Bibliográficas.....	38

Introdução à Cartografia

DEFINIÇÃO DE CARTOGRAFIA A definição elaborada pela ONU em 1949, estabelece que a “Cartografia é a ciência que trata da elaboração de todos os tipos de cartas, incluindo todas as fases do trabalho, dos primeiros levantamentos até a sua impressão”. A análise etimológica do vocábulo cartografia mostra que é uma derivação do grego “graphein”- escrita ou descrita e do latim “charta”- papel, mostrando uma estreita ligação com a apresentação gráfica da informação, através da sua descrição em papel.

A definição apresentada, atribui à cartografia um vasto domínio, que inclui a Geodésia, a Topografia e a Fotogrametria e ainda o estudo da exploração de fotografias aéreas e os métodos e técnicas utilizados na elaboração de todos os tipos de cartas, como também observações e levantamentos estatísticos.

Por outro lado, esta definição evita tratar o aspecto de produção, negligencia o estudo da representação cartográfica e se omite, igualmente, em relação ao problema da concepção e da sua utilização dos documentos cartográficos.

Em relação a esta definição, pode-se concluir que:

- Só trata do aspecto da elaboração da carta;
- Não caracteriza o aspecto científico da cartografia;
- Não leva em consideração o usuário e
- Não diferencia o aspecto não científico do científico, (aspectos de beleza, atratividade artística) que faz com que a leitura da carta possa ser realizada sem legendas.

A carta como uma imagem tem que ser traduzida, lida e entendida pelo seu aspecto visual, ou seja, tem que falar por si só.

Por outro lado deve-se evitar confundir a Cartografia com Topografia. A Topografia - Topos = lugar, do latim - incumbe-se de representar todos os detalhes da configuração de uma região, através de uma projeção ortogonal cotada, sobre um plano horizontal.

À esta projeção ou imagem figurada do terreno, dá-se o nome de plano topográfico. Existe no entanto um domínio sensivelmente semelhante no que se refere à representação do espaço geográfico, mas uma diferença bem característica em relação à área e os métodos utilizados para a representação do terreno.

Visando esclarecer as deficiências levantadas, em 1966 a Associação Cartográfica Internacional (ACI), endossada pela UNESCO, elaborou a seguinte definição: “Conjunto de estudos e operações científicas, estatísticas e técnicas, realizadas a partir dos estudos de observações diretas, ou de exploração de documentos, visando a elaboração de cartas, plantas e outros meios de expressão (cartogramas, gráficos e diagramas), bem como a sua utilização”.

Pode-se distinguir por esta definição 3 fases bastante distintas, que se sucedem cronologicamente:

- Concepção ou elaboração
- Produção
- Utilização

A concepção ou elaboração, em termos de Cartografia, compreende o estudo teórico das leis e princípios que regem a linguagem gráfica; estudo e análise dos dados componentes da informação (fotografias ou outros meios de veiculação da informação - imagens); pesquisa das formas eficazes para a percepção desses dados e a sua forma de representação.

A produção comporta uma fase de preparação, que compreende a coleta e seleção dos dados da base, escolha da escala e formato, divisão em folhas, adequação e adoção de um sistema de projeção e de referência.

Seguem-se as fases de redação, que definirá a legibilidade do documento cartográfico e a reprodução, que trata da impressão do documento, ou seja, da visualização do documento em forma gráfica.

A utilização de mapas e cartas é um aspecto praticamente desconsiderado pelos usuários da Cartografia. Geralmente é estabelecida através de manuais distintos, destinados a leitores que dispõem de uma formação cartográfica limitada.

Em 1973, a ACI, através da Comissão II, estabeleceu no Dicionário Multilíngue de Termos Técnicos em Cartografia a seguinte definição:

“A arte, ciência e tecnologia de construção de mapas, juntamente com seus estudos como documentação científica e trabalhos de arte. Neste contexto mapa deve ser considerado como incluindo todos os tipos de mapas, plantas, cartas, seções, modelos tridimensionais e globos, representando a Terra ou qualquer outro corpo celeste”.

Apesar desta definição ser menos abrangente que a definição anterior, ela estabelece muito bem e sem limitações, o objeto da Cartografia, inclusive estendendo-se à representação de outros corpos celestes.

COMUNICAÇÃO CARTOGRÁFICA

A Cartografia é, em princípio, um meio de comunicação gráfica, exigindo portanto, como qualquer outro meio de comunicação (escrita ou oral), um mínimo de conhecimentos por parte daqueles que a utilizam. A linguagem cartográfica é praticamente universal: um usuário com uma boa base de conhecimentos, será capaz de traduzir satisfatoriamente qualquer documento cartográfico, seja sob qual forma esteja se apresentando. Considerando-se a Cartografia como um sistema de comunicação, pode-se verificar que a fonte de informações é o mundo real, que é codificado através do simbolismo do mapa, sendo que o sinal ou o vetor entre a fonte e o mapa é caracterizado pelo padrão gráfico bidimensional definido pelos símbolos.

SISTEMA CARTOGRÁFICO



Figura 1.1 - Sistema de Comunicação Cartográfica

Na realidade, de uma forma simplificada, o sistema de informação está restrito ao mundo real, ao cartógrafo e ao usuário, gerando três realidades diferentes, como se fossem conjuntos separados. Quanto maior a interseção destas três realidades, mais se aproxima o mapa ideal para a representação de um espaço geográfico em qualquer dos seus aspectos.



Figura 1.2 - Mapa Ideal

HISTÓRICO DA CARTOGRAFIA

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

Na Antiguidade, um dos mapas mais antigos conhecidos, data de aproximadamente 5000 AC, mostrando montanhas, corpos d'água e outras feições geográficas da Mesopotâmia, gravadas em tábuas de argila.

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

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

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

Por volta de 200 AC, o sistema de latitude e longitude e a divisão do círculo em 360 já era bem conhecida. Estimativas do tamanho da Terra foram realizadas por Eratóstenes (276-195 AC) e repetido por Posidonius (130-50 AC), através da observação angular do Sol e estrelas. O processo de Eratóstenes consistia em medir a diferença da vertical do Sol ao longo do meridiano que unia Alexandria a Syene (atual Aswan) Sabendo-se que a distância entre as duas cidades - 5000 estádios (1st = 185m), verificou-se que a diferença entre a posição do Sol nas duas cidades - 7(12' equivalia a 1/50 do círculo completo, logo ter-se-ia como o valor da circunferência terrestre cerca de 46250 km, ou seja, valor apenas 15% maior do que o real, o que para os métodos da época são valores bastante razoáveis.

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

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

Na Idade Média, como praticamente ocorreu em toda a humanidade, há um retrocesso no desenvolvimento da Cartografia. Existem poucas referências, e as que

existem carecem de qualquer base científica. São apenas esboços e croquis desprovidos de beleza e funcionalidade. O de melhor representação são devido aos árabes. Os europeus são pobres, sem nenhuma base científica.

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

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

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

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

Cassini desenvolve o primeiro mapa da França, com auxílio da astronomia de posição (escala de 1/86400), em 1670. Os processos de cálculo, desenho e reprodução são aprimorados. Nomes como Clairout, Gauss, Halley, Euler desenvolvem base matemática e científica da representação terrestre. Utiliza-se correntemente a Topografia, Geodésia e Astronomia de precisão nos desenvolvimentos de mapas.

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

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

A invenção do avião foi significativa para a Cartografia. A junção da fotografia com o avião, tornou possível o desenvolvimento da fotogrametria, ciência e técnica que permite o rápido mapeamento de grandes áreas, através de fotografias aéreas, gerando mapas mais

precisos de grandes áreas, a custos menores que o mapeamento tradicional. Desenvolvem-se técnicas de apoio que incrementam a sua utilização.

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

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

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

PRINCIPAIS ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO DA CARTOGRAFIA BRASILEIRA NO ÂMBITO GOVERNAMENTAL E O MAPEAMENTO SISTEMÁTICO Por Rosely S. Archela e Edison Archela - Departamento de Geociências – CCE-UEL

A cartografia brasileira basicamente originou-se a partir da cartografia portuguesa do século XVI. Devido à necessidade de elaboração de mapas das rotas de navegação, de cuja precisão dependia o sucesso das expedições, e o domínio dos territórios descobertos, havia uma intensa produção de mapas. Nesta época, era fundamental para a navegação poder calcular suas rotas, dominar a orientação das correntes e dos ventos predominantes, como também possuir as informações sobre as terras recém descobertas. Muitos mapas deste período inicial da Cartografia foram elaborados por holandeses, franceses, ingleses e espanhóis, além dos portugueses.

Alguns destes mapas, tão importantes na História do Brasil, foram apresentados em coletâneas no início do século XX, retratando as primeiras fases da cartografia brasileira. Taunay (1922) apud Moraes Rego (1936) propôs a seguinte classificação para os mapas produzidos até o início do século XX. Ele apresentou uma classificação dividida em quatro fases: 1ª fase - mapas organizados com informações de pioneiros. 2ª fase – mapas resultantes comissões de limites. 3ª fase – cartografia documental - mapas em escalas pequenas - mapas de conjunto elaborados na fase anterior pelas comissões de limites. 4ª fase - cartas em escalas grandes.

No início do século XVII, grande parte da Amazônia foi mapeada pelos portugueses. Devido à necessidade

de de ocupação a fim de evitar a presença dos franceses, foram levantadas as primeiras informações sobre esta região. A maior parte dos mapas elaborados no período entre 1600-1700. Entre eles, podemos citar o Mapa das Minas, São Paulo e Costa do Mar que lhe pertence de 1612, e a Planta do Amazonas de 1637. Estes mapas são característicos da 1ª fase da cartografia brasileira, quando ainda não se faziam levantamentos em campo e os mapas eram organizados com informações dos desbravadores.

As preocupações políticas e a necessidade de conhecer para dominar, deram origem a uma cartografia regional, produzida pelo contato direto dos desbravadores com o ambiente geográfico, pois havia uma grande preocupação da Coroa Portuguesa com o controle do interior do país e a contribuição significativa das bandeiras paulistas.

Os trabalhos das Comissões de Limites deram um grande impulso a cartografia brasileira. Estes trabalhos eram realizados pelos militares, comissários gerais de limites e chefes de brigadas de campo, e tinham a colaboração de profissionais civis, que ao longo do tempo recebiam patentes de oficiais.

Com a descoberta de ouro em Minas Gerais no século XVIII, D. João V determinou que fosse realizado um levantamento da geografia de seus domínios e que fossem construídos mapas que representassem a realidade.

Para a construção desses mapas, foram retomados alguns estudos dispersos, contratados astrônomos-matemáticos e adquiridas obras cartográficas realizadas pela execução de levantamentos anteriores. O objetivo dessas providências era obter mapas precisos com informações verdadeiras, indispensáveis à defesa e administração do território, visando também definir melhor suas fronteiras. A elaboração destes mapas, concentrou-se na região centro-sul do país e marcam a segunda fase da cartografia brasileira, a chamada cartografia das comissões de limites, como o Mapa das sete divisões, de 1766.

A partir de 1808, com a chegada do rei de Portugal Dom João VI ao Brasil, foi dado um grande impulso aos empreendimentos artísticos e científicos, sobretudo as artes gráficas, com a criação da Imprensa Régia. A partir daí foram elaborados mapas com o objetivo de fixar fronteiras, com maior produção para as áreas costeiras. Os mapas da 3ª fase, eram elaborados em escalas pequenas com muita generalização, construídos a partir daqueles elaborados pelas comissões de limites. Podemos exemplificar esta fase, com o Mapa Müller, de 1837, que serviu de base para a elaboração de outros mapas que

proporcionaram um melhor conhecimento do território brasileiro.

Em 1857, Manoel Antônio Vital de Oliveira apud Bakker (1968) deu início às atividades das Companhias Hidrográficas da Marinha do Brasil, mapeando, até 1859, desde o Rio Grande do Norte até o limite sul de Alagoas. Segundo Bakker, alguns hidrógrafos franceses também contribuíram para a construção de cartas náuticas de todo o litoral brasileiro. A cartografia náutica teve grande participação, devido principalmente à extensão do litoral brasileiro.

Em 1874 foi criada a Imperial Comissão Geológica, organizada por Charles Frederic Hartt, um geólogo americano, que teve como auxiliares Yeaux Carpenter e Orville Derby, também geólogos. Carpenter apud Coelho (1969) escreveu sobre as explorações geográficas e seus mapas também serviram de base para o planejamento. No entanto, esta Comissão não chegou a concretizar muitos de seus projetos porque logo foi extinta. Depois disso, Orville Derby permaneceu no Brasil trabalhando em São Paulo, onde contribuiu para a criação da Comissão Geográfica e Geológica de São Paulo, em 1886.

O Estado de São Paulo teve um papel muito importante no desenvolvimento cartográfico do país, principalmente após a criação da Comissão Geográfica e Geológica, em 1886. Esta Comissão foi pioneira nos levantamentos oficiais regulares em grande escala e tinha por objetivos realizar os trabalhos de levantamento das cartas topográficas, geográficas, geológicas, agrícolas, meteorológicas e botânicas.

Os mapas característicos da 4ª fase da cartografia brasileira, restringiram-se a regiões limitadas, com levantamentos regulares, apoiados em triangulações e produção de cartas em escalas grandes. Com a criação da Comissão Geográfica e Geológica em São Paulo (1886), foi adotada uma escala 1:100.000 para todo o mapeamento. Também adotou-se critérios únicos para os levantamentos de campo, com base na metodologia utilizada pela United States Geological Survey, nos Estados Unidos.

Em âmbito mundial, havia uma preocupação visando a elaboração do mapa internacional na escala de 1: 1.000.000, estabelecida a partir da reunião realizada em Londres no ano de 1909, para a elaboração da Carta Internacional do Mundo - CIM com a participação de representantes de diversos países, inclusive do Brasil.

A necessidade deste mapeamento foi reforçada durante a Primeira Guerra Mundial. Alemães, austríacos, franceses e ingleses procuravam a melhor qualidade e eficácia para as representações gráficas. Durante a

Guerra, algumas tropas foram acompanhadas de vagões transformados em gabinetes de desenho e oficinas para a impressão de mapas, devido à urgência de sua aplicação no campo de batalha. A aerofotogrametria também avançou com a Guerra.

A primeira operação estereofotogramétrica no Brasil realizada no Rio de Janeiro em 1914, marca o início de uma nova fase do mapeamento brasileiro. As primeiras fotografias foram feitas a partir de um levantamento de 22 vôos realizados em 16 dias, num percurso aéreo de 748 km, a uma altura de 2.500 metros, cobrindo uma área de aproximadamente 1.345km². A partir deste levantamento, foi elaborada a primeira Carta do Distrito Federal, na escala 1:50.000.

Com o fim da Primeira Guerra, alguns técnicos austríacos foram convidados pelo governo brasileiro para trabalhar na reorganização do Serviço Geográfico do Exército – SGE, criado em 1890, como também para pesquisar sobre o sistema de projeção cartográfica mais indicado para o mapeamento de todo o país. Suas contribuições foram significativas para o desenvolvimento da cartografia brasileira.

Estes profissionais trouxeram técnicas desenvolvidas na Europa, principalmente durante a Primeira Guerra Mundial, como a introdução das técnicas de levantamento topográfico, de impressão de cartas em off-set e métodos fotogramétricos.

No entanto, enquanto eram realizados os mapeamentos no Rio de Janeiro, Minas Gerais e São Paulo, as outras regiões não apresentavam ainda nenhum mapeamento de base que tivesse alguma qualidade. Neste sentido, Moraes Rego (1936) relata que a área abrangida pelos levantamentos regulares - centro-sul - ainda era muito limitada, e que para as demais nem sempre se encontravam mapas aceitáveis, mesmo em pequena escala baseados em posições astronômicas e levantamentos expedidos.

O estado de São Paulo realizou o primeiro reconhecimento aerofotogramétrico, em 1929, quando a Sociedade Anônima de Rivelamenti Aerofotometrici – SARA, realizou vôos na cidade de São Paulo, produzindo fotografias nas escalas 1:5.000, 1:12.000 e 1:20.000, para o mapeamento cadastral.

No interior brasileiro - como por exemplo na região Amazônica - devido às dificuldades de penetração na floresta, a fase da cartografia documentária iniciou-se bem mais tarde. A primeira Comissão Brasileira Demarcadora de Limites foi criada em 1928, assinalando o surgimento de uma cartografia documentária que tinha por

objetivo a demarcação das áreas de fronteira. As dificuldades eram muito grandes.

Nesta região, os demarcadores subiam o Rio Amazonas e seus afluentes em barcos e depois em canoas. Finalmente penetravam na floresta a pé, carregando todo o equipamento, além dos alimentos necessários à sobrevivência do grupo.

Ficavam expostos a perigos e sujeitos às doenças. Estes grupos de trabalho envolviam até mil homens, entre chefe de expedição, topógrafos, radiotelegrafistas, mateiros e auxiliares, em expedições que duravam de sete a nove meses.

Diante de tantas dificuldades, o processo de levantamento topográfico era um processo muito lento e tecnicamente problemático. Nos anos trinta, o governo implementa algumas ações para o mapeamento sistemático.

Foram implementadas algumas instituições de pesquisa importantes para o desenvolvimento do país. Foi criado o Instituto Nacional de Estatística e, em 1937, o Conselho Brasileiro de Geografia – CNG, que a partir de 1967 foi transformado no atual Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, para coordenar as atividades estatísticas, censitárias e geográficas desenvolvidas no país, visando sobretudo neste momento, preparar-se para o recenseamento de 1940.

Por volta de 1938, quando o IBGE começou a atuar nesta direção, em decorrência desse acordo estabelecido entre o governo federal e os estaduais, seus técnicos se depararam com a seguinte situação, relatada por Zarur (1948):

1 - A maior parte do país era ainda desconhecida física e culturalmente, apesar do trabalho cartográfico empreendido pelos diversos órgãos federais e estaduais. A maioria das cidades e vilas não estavam localizadas com precisão. A área, a forma e a configuração dos municípios eram desconhecidas dos funcionários municipais.

2 - Não obstante os diversos censos realizados anteriormente e as diversas tentativas de realizarem uma divisão territorial sistemática do país, o quadro que se apresentava era de confusão e total desordem. Os municípios eram tidos como divisões dos estados, e os distritos como subdivisões dos municípios. Os municípios não estavam delimitados, e as divisas conhecidas não eram permanentes - dificilmente eram reconhecidos in loco. Muitas vezes, elas eram traçadas com base em velhas divisões eclesiásticas ou em limites de propriedades privadas que se alteravam, quando estas eram vendidas ou herdadas.

3 - A ausência de continuidade nas áreas incluídas no foro dos municípios resultava em extraterritorialidade municipal, pois muitos municípios estendiam a sua jurisdição a territórios de outros municípios. Não havia uniformidade no critério de classificação para cidade, vila e povoado. Era precária a coordenação entre as divisões judiciais e administrativas e não se dispunha de definições claras dos termos geográficos. Esse estado confuso e desordenado, não possibilitava o estabelecimento de um programa sistemático de delimitação das áreas urbanas e rurais.

O Conselho Nacional de Geografia (IBGE) propôs ao Governo Federal uma operação chamada de Campanha dos Mapas Municipais, através da qual fixava um prazo para a apresentação dos mapas das áreas pertencentes às prefeituras, visando resolver os problemas existentes.

Esta campanha foi proposta pelo Conselho Nacional de Geografia (IBGE) ao Governo Federal através de uma operação chamada de Campanha dos Mapas Municipais, na qual fixava um prazo para a apresentação dos mapas das áreas pertencentes às prefeituras, visando resolver os problemas existentes, que durou cerca de dois anos. O encerramento da campanha ocorreu em 24 de maio de 1940 com a inauguração simultânea da Exposição Nacional dos Mapas Municipais, na qual foram expostos os mapas dos 1.574 municípios brasileiros, em todas as capitais estaduais.

A mobilização possibilitou a identificação da linha de contorno de cada município e das sedes municipais, além das principais elevações do terreno, da rede hidrográfica, das rodovias e da localização das principais propriedades agrícolas, contribuindo sobretudo para uma melhor administração municipal, estadual e federal.

Outro empreendimento do IBGE, também da mesma época, foi a formação de uma comissão técnica, em 1939, para estudar as Bases da Uniformização Cartográfica Brasileira. Os estudos previam o estabelecimento de normas técnicas quanto ao sistema de projeção, escala, convenções e adequação das folhas entre outros, para a Carta do Brasil ao Milionésimo, que deveria obedecer às convenções internacionais da CIM.

Esta Comissão também deveria estabelecer normas técnicas para a carta corográfica na escala 1:250.000 e para as cartas topográficas, nas escalas de 1:100.000 e 1:50.000.

Sobre este assunto Castro (1940) escreve com muita expectativa: ... próximo está o dia, venturoso para nossa cultura, em que no Brasil teremos a conveniente

apresentação cartográfica dos trabalhos geográficos e topográficos realizados, de tal forma que contribuam efetiva e diretamente para o preparo das cartas brasileiras de conjunto, embora esses trabalhos abranjam parcelas do território nacional e sejam executados por instituições diferentes.

Estes empreendimentos tinham por objetivo a atualização da Carta Geográfica do Brasil ao Milionésimo, publicada pela primeira vez em 1922. A atualização foi determinada pelo Governo Federal em 1938, e deveria servir de base para o recenseamento que ocorreria em 1940.

A contribuição da Campanha dos Mapas Municipais também possibilitou o enriquecimento do material cartográfico necessário aos trabalhos preliminares da Carta Geográfica do Brasil como foi planejada. Assim, até 1940, o Conselho Nacional de Geografia coordenou quatro grandes empreendimentos: a Campanha dos Mapas Municipais, o estabelecimento da Uniformização Cartográfica, o levantamento das Coordenadas Geográficas e a Campanha Altimétrica, visando atualizar a Carta Geográfica do Brasil ao Milionésimo.

Este foi um período de grandes preocupações técnicas, relacionada à formação de profissionais bem preparados para o mapeamento. No entanto, a grande mudança na elaboração dos mapas só aconteceu de fato durante a Segunda Guerra Mundial, quando os mapas passaram a ser elaborados e impressos com maior rapidez.

Entre 1926 e 1942, os norte-americanos fotografaram cerca de 7,5 milhões de km² de sua área, visando a elaboração de mapas planimétricos e altimétricos para geologia, classificação e inventários florestais, classificação de terras, planejamentos de uso dos solos, levantamento de áreas de pastagens, mapas de solos, cálculos de áreas com diferentes produtos agrícolas, entre outros. Mas o recobrimento fotográfico não se restringiu apenas a aquele país.

Durante a Segunda Guerra Mundial, os Estados Unidos, através da Força Aérea Americana - USAF realizou uma extensa cobertura aerofotogramétrica, pelo Sistema Trimetrogon, em países não-desenvolvidos. Segundo Sissam (1947) apud Coelho (1972), após a Guerra, dois terços do espaço brasileiro estavam fotografados.

Esta documentação fotográfica foi colocada à disposição do Brasil. Em 1962, a Diretoria de Serviço Geográfico do Exército - DSG realizou em Curitiba - Paraná a exposição sobre Terras Meridionais do Brasil, onde foi assinado no Estado Maior das Forças Armadas - EMFA,

o acordo cartográfico Brasil - Estados Unidos, que disponibilizou as fotografias aéreas na escala de 1:50.000 executados pela USAF.

Essas fotos foram restituídas pelo Serviço Geográfico do Exército e pelo IBGE e deram origem as cartas do Mapeamento Sistemático Nacional.

Durante a Guerra, foi criado no Nordeste Brasileiro, um Destacamento Especial do Serviço Geográfico do Exército - SGE para mapeamento. Coelho (1946) comenta que: devido às necessidades militares do momento, julgou-se indispensável e urgente melhorar e completar a documentação cartográfica que existia sobre o satélite norte-oriental brasileiro, que compreende o litoral dos Estados de Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e parte do Ceará, porque nessa região necessariamente se verificariam acontecimentos de ordem militar, defensivos ou ofensivos. Djalma Poli Coelho, que foi chefe desse Destacamento Especial do Serviço Geográfico do Exército no Nordeste de 1941 a 1944, escreve que tratava-se de executar aerolevantamentos rápidos e progressivos de modo que a tropa, encarregada da defesa daquele trecho da costa brasileira, pudesse dispor de informações cartográficas atualizadas e mais detalhadas do que as que existiam e eram representadas por alguns mapas parciais que o SGE elaborou, a partir da compilação de mapas municipais, e cartas da Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas.

Neste período, para atender às necessidades de defesa nacional, a cartografia brasileira fez grandes progressos, principalmente com a utilização das técnicas da aerofotogrametria. Foi sobretudo nesta região estratégica do Nordeste brasileiro que se trabalhou mais. Impulsionado pelo desenvolvimento da aerofotogrametria, o Brasil elaborou uma série de mapas na escala de 1:50.000, abrangendo uma faixa litorânea de cerca de 50 quilômetros de largura. Porém, estes mapas não foram colocados à disposição da sociedade. Porém, segundo Monbeig (1946), a distribuição desses documentos cartográficos foi extremamente limitada.

Uma das primeiras medidas adotadas imediatamente após a Guerra, foi realizada em 1946, através do Decreto-lei n.º 9.210, que estabelecia Normas para a Uniformização da Cartografia Brasileira. Esta medida atingia diretamente todos os trabalhos de levantamento, operações geodésicas, topográficas e cartográficas, realizadas no Brasil.

A partir daí, as instituições envolvidas com a Cartografia deveriam estabelecer normas técnicas para se adequarem à lei em vigor, respeitando as convenções internacionais e os compromissos assumidos em relação à geografia e à cartografia americanas. Assim, coube ao CNG estabelecer as normas técnicas referentes às cartas gerais de escala inferior a 1:250.000. O SGE ficou incumbido de preparar as normas gerais para as operações de levantamentos e elaboração de cartas topográficas em escala 1:250.000, e maiores. As demais instituições - como a Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha, Diretoria de Rotas da Aeronáutica, Divisão de Geologia e Mineralogia e Serviço de Meteorologia do Ministério da Agricultura - deveriam estabelecer as normas técnicas referentes ao preparo das cartas hidrográficas e aeronáuticas e fixar normas técnicas para as cartas geológicas e climatológicas, respectivamente.

Também fica evidente uma preocupação com a linguagem técnica da cartografia. Aparece na bibliografia, trabalho técnicos traduzidos como o de Detz (1948), Cartografia - Um estudo e normas para a construção e emprego de mapas e cartas, publicado no Boletim Geográfico, cujo objetivo era apresentar bases da Cartografia visando uma melhor capacitação técnica dos cartógrafos, pois apresentava os princípios fundamentais para a construção de mapas, mostrando ao mesmo tempo um perfil das instituições produtoras de mapas nos Estados Unidos.

Neste mesmo ano, vários trabalhos técnicos foram divulgados no Boletim Geográfico. Também foram realizadas palestras que tratavam de questões relacionadas às experiências resultantes das pesquisas e práticas desenvolvidas em trabalhos de campo, por técnicos do Conselho Nacional de Geografia.

Embora em nível nacional não tenham sido criadas outras instituições cartográficas, os estados de São Paulo, Minas Gerais, Bahia, Santa Catarina e Paraná foram se modernizando através da introdução de técnicas atualizadas em suas instituições cartográficas. Em São Paulo, por exemplo, foi realizado, no período de 1953 a 1959, o segundo levantamento aerofotogramétrico da cidade de São Paulo.

Podemos verificar na bibliografia disponível uma grande preocupação com o ritmo do mapeamento no Brasil, principalmente com o desenvolvimento de técnicas que possibilitassem mapear todo o território brasileiro no menor tempo possível.

O relato de Barbosa (1961) caracteriza muito bem o quadro brasileiro: no momento, o Brasil tem cerca de 442.933 quilômetros quadrados do território mapeados sistematicamente nas escalas topográficas de 1:50.000, 1:100.000 e 1:250.000. O Brasil tem 8.513.844 quilômetros quadrados portanto, somente 5,2% do seu território estão mapeados nestas escalas. A média de produção anual, reunindo-se todas as folhas daquelas três escalas, em área equivalente a 1:100.000, executadas por todas as entidades, federais, estaduais e particulares, desde 1920 até 1960, é de 3,9 folhas. Ele ressalta que haveria necessidade de 769 anos para mapear todo o país em escala topográfica, se as técnicas de mapeamento não fossem atualizadas.

Os anos 60 marcam um período de transição do estágio de elaboração de mapas de compilação em pequenas escalas, para o do mapeamento topográfico em grandes e médias escalas. As atribuições do CNG passaram para a competência da Fundação do Instituto Brasileiro de Geografia, substituindo o Conselho em 1967 e visando criar uma estrutura que pudesse atender às exigências do desenvolvimento econômico-social e de segurança nacional.

Estabelecidas as normas da legislação cartográfica brasileira, através do decreto-lei n.º 243/67, regulamentando as Diretrizes e Bases da Cartografia e da Política Cartográfica Nacional - ainda em vigor.

A partir dos anos 70 inicia-se no Brasil uma nova etapa para a cartografia, auxiliada pelo sensoramento remoto.

Este período, para a cartografia brasileira, praticamente se confunde com o desenvolvimento do sensoramento remoto no Brasil, apoiado em novas tecnologias desenvolvidas nos EUA e na Europa, como o lançamento dos satélites do sistema ERTS-A, Landsat e Spot, desenvolvimento do sistema GPS e desenvolvimento industrial do SIG.

Também foram iniciados estudos para uso dos dados obtidos por sistemas sensores colocados em plataformas espaciais americanas. Para a obtenção de imagens Landsat no Brasil, foi instalada uma estação de recepção direta de dados em Cuiabá no estado de Mato Grosso, e uma estação de processamento eletrônico e fotográfico em Cachoeira Paulista, no estado de São Paulo. O INPE mantém todos os dados recebidos num banco de imagens. Com exceção dos dados do

sensor MSS do Landsat, recebidos entre 1973 e 1985, todos esses dados estão disponíveis para processamento e geração de produtos fotográficos e digitais.

A partir da criação do INPE, em substituição ao CNAE e da implantação do Projeto RADAM em 1970, o IBGE deixou de ser o único órgão responsável por grande parte de suas atividades de mapeamento.

Como consequência das mudanças tecnológicas promovidas pela criação do INPE e implantação do projeto RADAM, a produção cartográfica e as preocupações com o mapeamento brasileiro, evidenciadas nas publicações do IBGE, deixam de aparecer. O Boletim Geográfico encerra suas publicações em 1978, mas já vinha diminuindo as publicações de assuntos relacionados ao mapeamento brasileiro desde 1969. A Revista Brasileira de Geografia também do IBGE, a partir deste momento diminuiu o número de publicações relacionadas ao mapeamento, passando a dedicar-se mais à geografia quantitativa, em evidência até o final dos anos setenta.

A partir deste período, passam a ser realizados eventos específicos em sensoramento remoto, mapeamento sistemático, geodésia, agrimensura, planejamento, computação gráfica, além dos tradicionais eventos de Cartografia e Geografia, contribuindo para imprimir novos rumos à cartografia brasileira.

Historicamente, verificamos que a preocupação com o mapeamento sistemático brasileiro por parte do governo federal foi maior em momentos como o do Estado Novo, sob o governo de Vargas, com o mapeamento na escala 1:1.000.000; e no Período Desenvolvimentista, com Kubitschek, em que os mapeamentos foram executados para atender aos interesses econômicos e políticos. Posteriormente, eles foram realizados esporadicamente e em locais estratégicos, visando a segurança nacional.

O último grande investimento no mapeamento nacional foi viabilizado através do Plano de Dinamização da Cartografia, efetivado no período de 1975 a 1981. A partir daí, o governo não estimulou novas políticas para o setor e o resultado tem sido a falta de informações nas escalas 1:50.000 e maiores e a total desatualização do mapeamento existente.

Mendes (1988) apresentou um quadro sobre a situação do mapeamento brasileiro naquele momento (quadro 1). Dez anos após, pudemos verificar que a situação deficitária do mapeamento brasileiro continuava em pauta nas discussões.

Área Mapeada				Área não mapeada			Totais	
Escala	Nº de Folhas	Área em km ²	%	Nº de Folhas	Área em km ²	%	Nº de Folhas	Área em km ²
1:500.000	91	5.274.000	57,6	71	3.876.000	42,4	162	9.150.000
1:250.000	370	6.300.000	68,9	187	2.850.000	31,1	557	9.150.000
1:100.000	1.992	5.976.000	65,3	1.058	3.174.000	34,7	3.050	9.150.000
1:50.000	1.540	1.155.000	13,1	10.222	7.665.500	86,9	11.762	8.821.500
1:25.000	2.000	375.000	4,3	44.250	8.296.875	95,7	46.250	8.671.875

Quadro 1 - Situação do mapeamento brasileiro - 1998
Tania Mendes.1988

Em 1998 foi organizado um debate para discutir a situação do mapeamento brasileiro, reunindo autoridades da comunidade cartográfica.

Foi apontado naquele debate, realizado em 1998 – Fórum Brasil de Mapeamento, que uma das causas do quadro atual, seria a defasagem da legislação em vigor, que se pauta no Decreto-lei n.243 de 1967. De acordo com a legislação, o Serviço Geográfico do Exército e o IBGE continuam responsáveis pelo mapeamento sistemático do país. As cartas oficiais nas escalas 1:25.000 até 1:1.000.000 são autorizados por uma destas duas instituições.

Entre as sugestões discutidas visando a solução dos problemas relacionados ao mapeamento, foi proposta uma descentralização do trabalho, que seria dividido com os estados e municípios. Foram apresentadas algumas alternativas para a realização do mapeamento brasileiro.

Embora ainda existam problemas, atualmente, com auxílio tecnológico disponível – imagens e instrumentos de alta precisão, podemos dizer que o mapeamento brasileiro pode ser atualizado com maior rapidez. Estas são as principais etapas do desenvolvimento histórico da cartografia brasileira no âmbito governamental voltado para a cartografia de base que influencia diretamente toda a produção cartográfica brasileira como um todo.

CAMPO DE ATUAÇÃO DA CARTOGRAFIA

Pelo histórico apresentado, é fácil ver que a Cartografia é uma atividade bastante antiga, porém pode-se

perfeitamente delimitar aplicações específicas ao longo da sua história. Inicialmente como apoio às explorações, especialmente os mapas de navegação e aplicação comercial. Poucas eram as aplicações que fugiam a esses objetivos. Por outro lado eram poucos os que se dedicavam à elaboração e construção de mapas, isto no decorrer de séculos, praticamente até o século XIX.

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

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

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

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

- Tabela oferece uma visão quantitativa do fenômeno.

- O mapa oferece tanto esta visão, como a distribuição espacial, permitindo cruzamento de outros tipos de informações e a consequente análise deste cruzamento.

Por Ex:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Este grupo inclui as organizações governamentais de levantamento.

No Brasil são as seguintes:

- Fundação IBGE
- Diretoria de Serviço Geográfico
- Diretoria de Hidrografia e Navegação
- Instituto de Cartografia Aeronáutica

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

conceitos geográficos.

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

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

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

DIVISÃO DA CARTOGRAFIA

A Cartografia pode ser dividida quanto à natureza em:

- Topográfica
- Temática
- Especial

A Topográfica se propõe a representar os aspectos físicos da superfície terrestre. Enquadram-se todas as cartas topográficas. Normalmente serve de base à múltiplos usuários. É incluído aqui todo o mapeamento sistemático.

A Cartografia Temática propõe-se a visualizar um tema, expressando conhecimentos para determinados especialistas. É dividida em:

Inventário - mostra o potencial qualitativo de fenômenos a representar. Apenas qualifica o fenômeno pela representação da sua ocorrência geográfica.

- Cartas geológicas, vegetação, minerais, uso de solo.

- Estatísticas ou Analíticas - indicam os dados e informações que caracterizam uma evolução ou movimento, bem como a quantificação do fenômeno a representar.

- Carta de produção agrícola
- Carta de migração de povos
- Síntese
- Ilustração de relacionamentos ou inter-relacionamentos de atos ou fenômenos.

São cartas de relações, bastante complexas.

- A Cartografia Especial: destina-se a objetivos específicos, servindo praticamente a um único tipo de usuário.

- Cartografia náutica, Aeronáutica, cartas sinóticas do tempo etc.

CAPÍTULO I

REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA

1. Tipos de Representação por Traço

GLOBO - representação cartográfica sobre uma superfície esférica, em escala pequena, dos aspectos naturais e artificiais de uma figura planetária, com finalidade cultural e ilustrativa.



Figura 1 – imagem ilustrativa da representação cartográfica GLOBO.

MAPA (Características):

- Representação plana;
- Geralmente em escala pequena;
- Área delimitada por acidentes naturais (baías, planaltos, chapadas, etc.), político-administrativos;
- Destinação a fins temáticos, culturais ou ilustrativos.

A partir dessas características pode-se generalizar o conceito:

“ Mapa é a representação no plano, 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.”



Figura 2 – imagem ilustrativa da representação cartográfica MAPA. Mapa mundial histórico do ano de 1689 criado por G. van Schagen em Amsterdã.

CARTA (Características):

- 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.

Da mesma forma que da conceituação de mapa, pode-se generalizar:

“ Carta é a representação no plano, em escala média ou grande, dos aspectos artificiais e naturais de uma área tomada de uma superfície planetária, subdi-

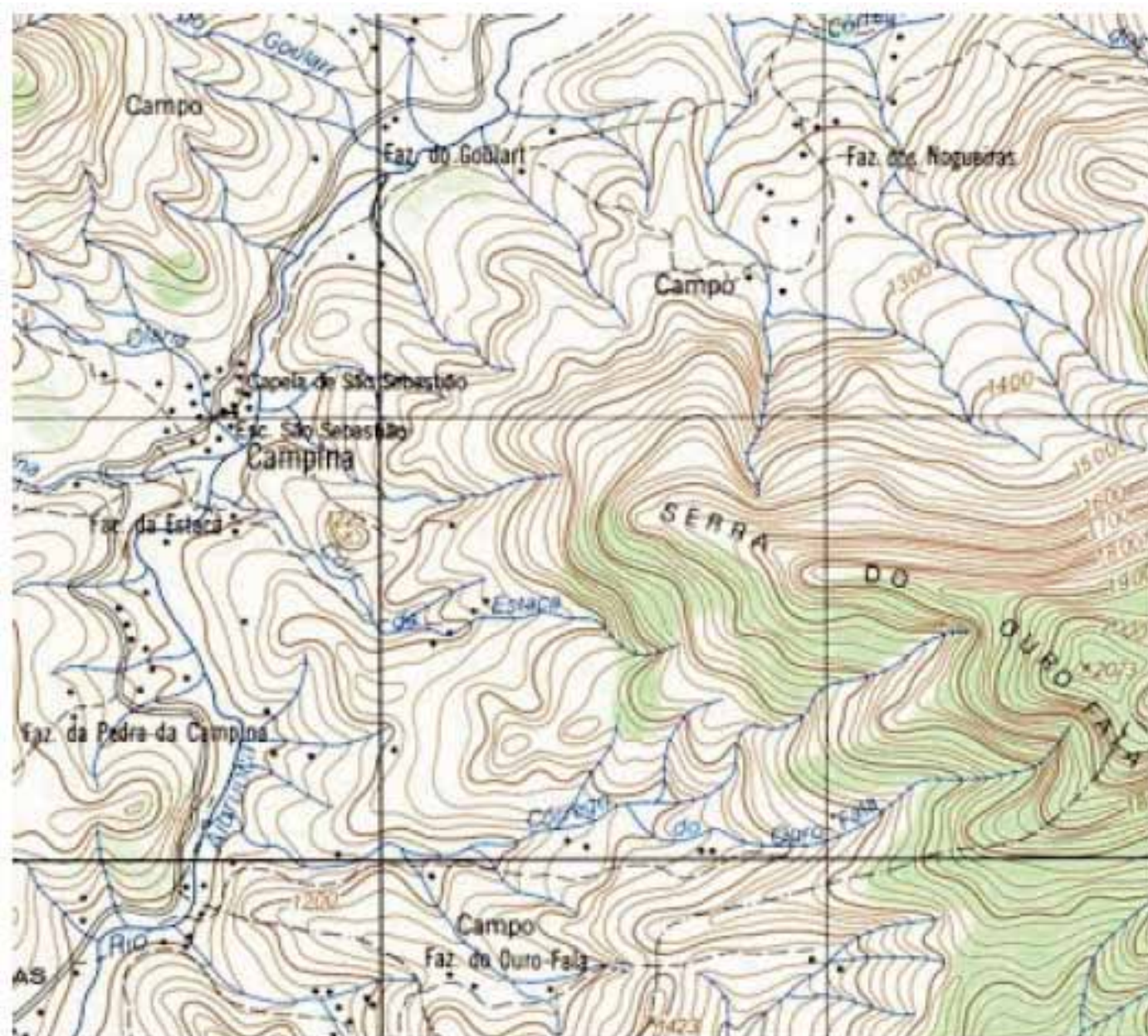


Figura 3 – imagem ilustrativa da representação cartográfica CARTA. Parte da Carta Topográfica de Alagoa, Minas Gerais IBGE, 1974

vidida 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.”

PLANTA - a planta é um caso particular de carta. A representação se restringe a uma área muito limitada e a escala é grande, consequentemente o nº de detalhes é bem maior.

“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.”



Figura 4 – imagem ilustrativa da representação cartográfica PLANTA. Planta da área estruturada pelo Viaduto Santa Tereza - Belo Horizonte/MG

1. 2 POR IMAGEM

MOSAICO- É o conjunto de fotos de uma determinada área, recortadas e montadas técnica e artisticamente, de forma a dar a impressão de que todo o conjunto é uma única fotografia. Classifica-se em:

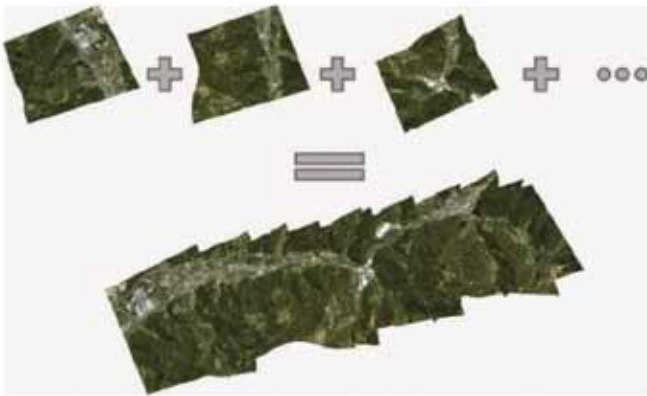


Figura 5 – imagem ilustrativa da representação de mosaico por imagem.

- **Controlado** - é obtido a partir de fotografias aéreas submetidas a processos específicos de correção de tal forma que a imagem resultante corresponda exatamente a imagem no instante da tomada da foto. Essas fotos são então montadas sobre uma prancha, onde se encontram plotados um conjunto de pontos que servirão de controle à precisão do mosaico. Os pontos lançados na prancha tem que ter o correspondente na imagem. Esse mosaico é de alta precisão.

- **Não-controlado** - é preparado simplesmente através do ajuste de detalhes de fotografias adjacentes. Não existe controle de terreno e as fotografias não são corrigidas. Esse tipo de mosaico é de montagem rápida, mas não possui nenhuma precisão. Para alguns tipos de trabalho ele satisfaz plenamente.

- **Semicontrolado** - são montados combinando-se características do mosaico controlado e do não controlado. Por exemplo, usando-se controle do terreno com fotos não corrigidas; ou fotos corrigidas, mas sem pontos de controle.

FOTOCARTA - é um mosaico controlado, sobre o qual é realizado um tratamento cartográfico (planimétrico).



Figura 6 – imagem ilustrativa. Fotocarta do Mapa Topográfico do município de São Paulo – SP 1930

Escala 1:5.000 – Prancha 39: detalhe do estádio do S.C Corinthians Paulista.

ORTOFOTOCARTA - é uma ortofotografia - fotografia resultante da transformação de uma foto original, que é uma perspectiva central do terreno, em uma projeção ortogonal sobre um plano - complementada por símbolos, linhas e georreferenciada, com ou sem legenda, podendo conter informações planimétricas.



Figura 7 – imagem ilustrativa. Ortofotocarta da cidade de Londrina - PR

ORTOFOTOMAPA - é o conjunto de várias ortofotocartas adjacentes de uma determinada região.

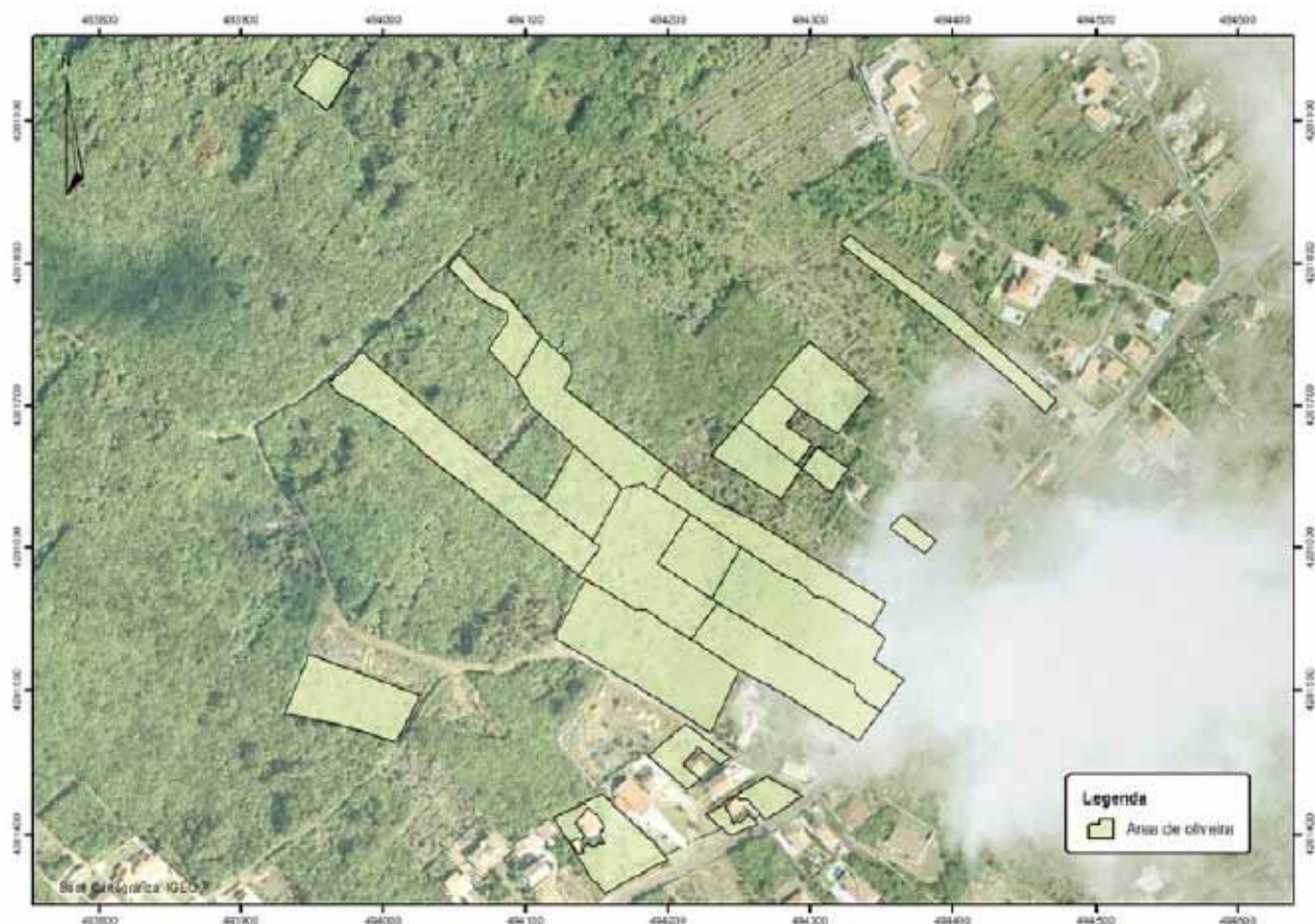


Figura 8 – imagem ilustrativa. Ortofotomapa com a delimitação das parcelas de produção da zona olivícola do Porto Martins, Ilha Terceira.

FOTOÍNDICE - montagem por superposição das fotografias, geralmente em escala reduzida. É a primeira imagem cartográfica da região. O fotoíndice é insumo necessário para controle de qualidade de aerolevantamentos utilizados na produção de cartas através do método fotogramétrico. Normalmente a escala do fotoíndice é reduzida de 3 a 4 vezes em relação a escala de vôo.



Figura 9 – imagem ilustrativa. Bacia do Rio Una – Pernambuco

CARTA IMAGEM - Imagem referenciada a partir de pontos identificáveis e com coordenadas conhecidas, superposta por reticulado da projeção, podendo conter simbologia e toponímia.

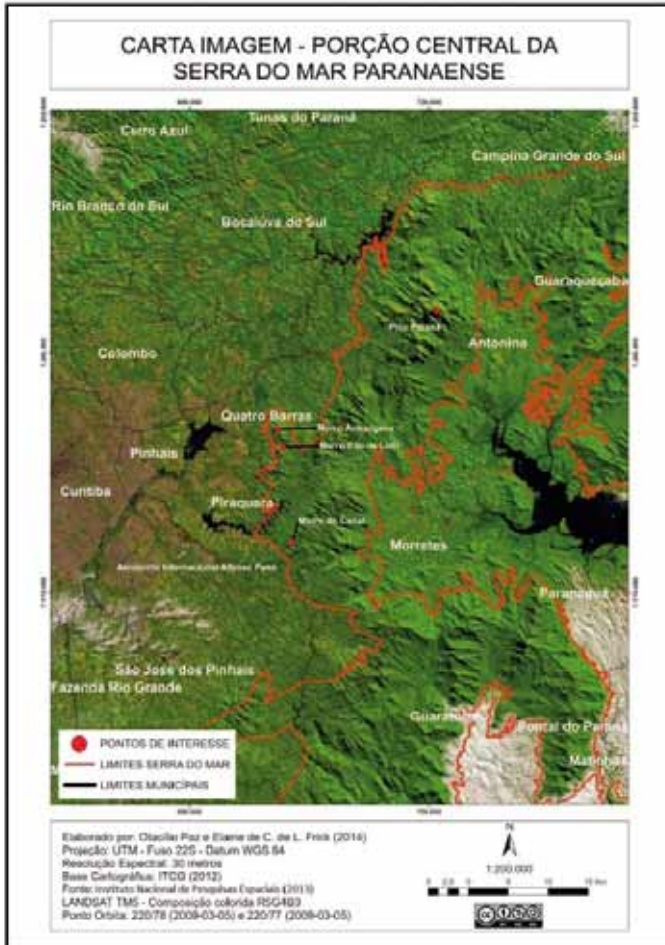


Figura 10 – imagem ilustrativa. Carta Imagem. Porção central da serra do mar Paranaense

2. Escala

2.1 INTRODUÇÃO

Uma carta ou mapa é a representação convencional ou digital da configuração da superfície topográfica.

Esta representação consiste em projetarmos esta superfície, com os detalhes nela existentes, sobre um plano horizontal ou em arquivos digitais.

Os detalhes representados podem ser:

Naturais: São os elementos existentes na natureza como os rios, mares, lagos, montanhas, serras, etc.

Artificiais: São os elementos criados pelo homem como: represas, estradas, pontes, edificações, etc.

Uma carta ou mapa, dependendo dos seus obje-

tivos, só estará completa se trouxer esses elementos devidamente representados.

Esta representação gera dois problemas:

1º) A necessidade de reduzir as proporções dos acidentes à representar, a fim de tornar possível a representação dos mesmos em um espaço limitado.

Essa proporção é chamada de ESCALA

2º) Determinados acidentes, dependendo da escala, não permitem uma redução acentuada, pois tornar-se-iam imperceptíveis, no entanto são acidentes que por sua importância devem ser representados nos documentos cartográficos

A solução é a utilização de símbolos cartográficos.

2.2 - DEFINIÇÃO

Escala é a relação entre a medida de um objeto ou lugar representado no papel e sua medida real.

Duas figuras semelhantes têm ângulos iguais dois a dois e lados homólogos proporcionais.

Verifica-se portanto, que será sempre possível, através do desenho geométrico obter-se figuras semelhantes às do terreno.

Sejam:

D = um comprimento tomado no terreno, que denominar-se-á distância real natural.

d = um comprimento homólogo no desenho, denominado distância prática.

Como as linhas do terreno e as do desenho são homólogas, o desenho que representa o terreno é uma Figura semelhante a dele, logo, a razão ou relação de semelhança é a seguinte:

$$\frac{d}{D}$$

A esta relação denomina-se ESCALA.

Assim:

Escala é definida como a relação existente entre as dimensões das linhas de um desenho e as suas homólogas.

A relação d/D pode ser maior, igual ou menor que a unidade, dando lugar à classificação das escalas quanto a sua natureza, em três categorias:

- Na 1ª, ter-se-á $d > D$
- Na 2ª, ter-se-á $d = D$
- Na 3ª categoria, que é a usada em Cartografia,

a distância gráfica é menor que a real, ou seja, $d < D$.

É a escala de projeção menor, empregada para

reduções, em que as dimensões no desenho são menores que as naturais ou do modelo.

2.3 - ESCALA NUMÉRICA

Indica a relação entre os comprimentos de uma linha na carta e o correspondente comprimento no terreno, em forma de fração com a unidade para numerador.

$$E = \frac{1}{N} \quad \text{onde} \quad N = \frac{d}{D}$$

$$\text{Logo, } E = \frac{1}{\frac{d}{D}} \Rightarrow \boxed{E = \frac{D}{d}}$$

Sendo:

E = escala

N = denominador da escala

d = distância medida na carta

D = distância real (no terreno)

As escalas mais comuns têm para numerador a unidade e para denominador, um múltiplo de 10.

$$E = \frac{1}{10x}$$

$$\text{Ex: } E = \frac{1}{25.000} \quad \text{ou} \quad E = 1:25:0000$$

Isto significa que 1 cm na carta corresponde a 25.000 cm ou 250 m, no terreno.

OBS: Uma escala é tanto maior quanto menor for o denominador.

Ex: 1:50.000 é maior que 1:100.000

2.3.1 - PRECISÃO GRÁFICA

É a menor grandeza medida no terreno, capaz de ser representada em desenho na mencionada Escala.

A experiência demonstrou que o menor comprimento gráfico que se pode representar em um desenho é de 1/5 de milímetro ou 0,2 mm, sendo este o erro admissível.

Fixado esse limite prático, pode-se determinar o erro tolerável nas medições cujo desenho deve ser feito em determinada escala. O erro de medição permitido será calculado da seguinte forma:

$$\text{Seja: } E = \frac{1}{M} \quad \boxed{e_m = 0,0002 \text{ metro} \times M}$$

sendo e_m = erro tolerável em metros

O erro tolerável, portanto, varia na razão direta do denominador da escala e inversa da escala, ou seja, quanto menor for a escala, maior será o erro admissível. Os acidentes cujas dimensões forem menores que os valores dos erros de tolerância, não serão representados graficamente. Em muitos casos é necessário utilizar-se convenções cartográficas, cujos símbolos irão ocupar no desenho, dimensões independentes da escala.

2.3.2 - ESCOLHA DE ESCALAS

$$\text{Da fórmula: } \boxed{e_m = 0,0002 \text{ m} \times M} \text{ tira-se } \boxed{M = \frac{e_m}{0,0002}}$$

Considerando uma região da superfície da Terra que se queira mapear e que possua muitos acidentes de 10m de extensão, a menor escala que se deve adotar para que esses acidentes tenham representação será:

$$M = \frac{10 \text{ m}}{0,0002 \text{ m}} = \frac{100.000}{2} = 50.000$$

A escala adotada deverá ser igual ou maior que 1:50.000

Na escala 1:50.000, o erro prático (0,2 mm ou 1/5 mm) corresponde a 10 m no terreno. Verifica-se então que multiplicando 10 x 5.000 encontrar-se-á 50.000, ou seja, o denominador da escala mínima para que os acidentes com 10m de extensão possam ser representadas.

2.4 - ESCALA GRÁFICA

É a representação gráfica de várias distâncias do terreno sobre uma linha reta graduada.

É constituída de um segmento à direita da referência zero, conhecida como escala primária.

Consiste também de um segmento à esquerda da origem denominada de Talão ou escala de fracionamento, que é dividido em submúltiplos da unidade escolhida graduadas da direita para a esquerda.

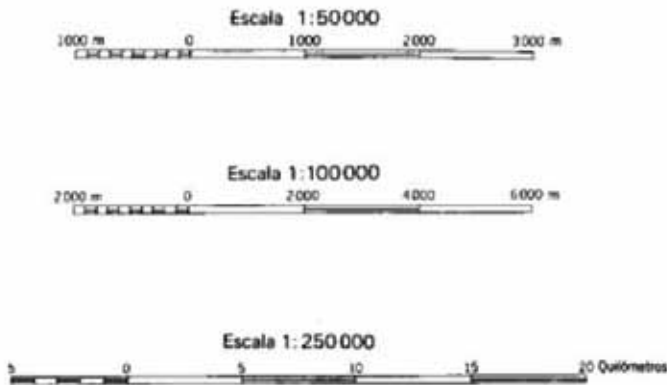
A Escala Gráfica nos permite realizar as transformações de dimensões gráficas em dimensões reais sem efetuarmos cálculos. Para sua construção, entretanto, torna-se necessário o emprego da escala numérica.

O seu emprego consiste nas seguintes operações:

1ª) Tomamos na carta a distância que pretendemos medir (pode-se usar um compasso).

2ª) Transportamos essa distância para a Escala Gráfica.

3ª) Lemos o resultado obtido.



2.5 - MUDANÇAS DE ESCALA

Muitas vezes, durante o transcorrer de alguns trabalhos cartográficos, faz-se necessário unir cartas ou mapas em escalas diferentes a fim de compatibilizá-los em um único produto. Para isso é necessário reduzir alguns e ampliar outros.

Para transformação de escala existem alguns métodos:

- Quadriculado;
- Triângulos semelhantes;
- Pantógrafo: Paralelograma articulado tendo em um dos polos uma ponta seca e no outro um lápis, o qual vai traçar a redução ou ampliação do detalhe que percorremos com a ponta seca;
- Fotocartográfico: Através de uma câmara fotogramétrica de precisão, na qual podemos efetuar regulagens que permitem uma redução ou ampliação em proporções rigorosas. Tem como vantagem a precisão e rapidez;
- Digital: por ampliação ou redução em meio digital diretamente.

Como em cartografia trabalha-se com a maior precisão possível, só os métodos fotocartográfico e digital devem ser utilizados, ressaltando que a ampliação é muito mais susceptível de erro do que a redução, no entanto reduções grandes poderão gerar a fusão de linhas

e demais componentes de uma carta (coalescência) que deverão ser retiradas.

2.6 - ESCALA DE ÁREA

A escala numérica refere-se a medidas lineares. Ela indica quantas vezes foi ampliada ou reduzida uma distância.

Quando nos referimos à superfície usamos a escala de área, podendo indicar quantas vezes foi ampliada ou reduzida uma área. Enquanto a distância em uma redução linear é indicada pelo denominador da fração, a área ficará reduzida por um número de vezes igual ao quadrado do denominador dessa fração.

3. 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”.

A teoria das projeções compreende o estudo dos diferentes sistemas em uso, incluindo a exposição das leis segundo as quais se obtêm as interligações dos pontos de uma superfície (Terra) com os da outra (carta).

São estudados também os processos de construção de cada tipo de projeção e sua seleção, de acordo com a finalidade em vista.

O problema básico das projeções cartográficas é a representação de uma superfície curva em um plano. Em termos práticos, o problema consiste em se representar a Terra em um plano. Como vimos, a forma de nosso planeta é representada, para fins de mapeamento, por um elipsóide (ou por uma esfera, conforme seja a aplicação desejada) que é considerada a superfície de referência a qual estão relacionados todos os elementos que desejamos representar (elementos obtidos através de determinadas tipos de levantamentos).

Podemos ainda dizer que não existe nenhuma solução perfeita para o problema, e isto pode ser rapidamente compreendido se tentarmos fazer coincidir a casca de uma laranja com a superfície plana de uma mesa. Para alcançar um contato total entre as duas superfícies, a casca de laranja teria que ser distorcida.

Embora esta seja uma simplificação grosseira do problema das projeções cartográficas, ela expressa claramente a impossibilidade de uma solução perfeita (projeção livre de deformações). Poderíamos então, questionar a validade deste modelo de representação já que seria possível construir representações tridimensionais do elipsóide ou da esfera, como é o caso do globo escolar, ou ainda expressá-lo matematicamente, como fazem os geodestas. Em termos teóricos esta argumentação é perfeitamente válida e o desejo de se obter uma representação sobre uma superfície plana é de mera conveniência. Existem algumas razões que justificam esta postura, e as mais diretas são: o mapa plano é mais fácil de ser produzido e manuseado.

Podemos dizer que todas as representações de superfícies curvas em um plano envolvem: “extensões” ou “contrações” que resultam em distorções ou “rasgos”. Diferentes técnicas de representação são aplicadas no sentido de se alcançar resultados que possuam certas propriedades favoráveis para um propósito específico.

A construção de um sistema de projeção será escolhido de maneira que a carta venha a possuir propriedades que satisfaçam as finalidades impostas pela sua utilização.

O ideal seria construir uma carta que reunisse todas as propriedades, representando uma superfície rigorosamente semelhante à superfície da Terra. Esta 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).

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

A solução será, portanto, construir uma carta que, sem possuir todas as condições ideais, posua aquelas que satisfaçam a determinado objetivo. Assim, é necessário ao se fixar o sistema de projeção escolhido considerar a finalidade da carta que se quer construir.

Em Resumo:

As representações cartográficas são efetuadas, na sua maioria, sobre uma superfície plana (Plano de Representação onde se desenha o mapa). O problema básico consiste em relacionar pontos da superfície terrestres ao plano de representação. Isto compreende as seguintes etapas:

1º) Adoção de um modelo matemático da terra (Geóide) simplificado. Em geral, esfera ou elipsóide de revolução;

2º) Projetar todos os elementos da superfície terrestre sobre o modelo escolhido. (Atenção: tudo o que se vê num mapa corresponde à superfície terrestre projetada sobre o nível do mar aproximadamente);

3º) Relacionar por processo projetivo ou analítico pontos do modelo matemático com o plano de representação escolhendo-se uma escala e sistema de coordenadas.

Antes de entrarmos nas técnicas de representação propriamente ditas, introduziremos alguns Sistemas de Coordenadas utilizados na representação cartográfica.

3.1 - SISTEMAS DE COORDENADAS

3.1.1 - CONSTRUÇÃO DO SISTEMA DE COORDENADAS

Os sistemas de coordenadas são necessários para expressar a posição de pontos sobre uma superfície, seja ela um elipsóide, esfera ou um plano. É com base em determinados sistemas de coordenadas que descrevemos geometricamente a superfície terrestre nos levantamentos referidos no capítulo I.

Para o elipsóide, ou esfera, usualmente empregamos um sistema de coordenadas cartesiano e curvilíneo (PARALELOS e MERIDIANOS). Para o plano, um sistema de coordenadas cartesianas X e Y é usualmente aplicável. Para amarrar a posição de um ponto no espaço necessitamos ainda complementar as coordenadas bidimensionais que apresentamos no parágrafo anterior, com uma terceira coordenada que é denominada ALTITUDE. A altitude de um ponto qualquer está ilustrada na fig. 11, onde o primeiro tipo (**h**) é a distância contada a partir do geóide (que é a superfície de referência para contagem das altitudes) e o segundo tipo (**H**), denominado ALTITUDE GEOMÉTRICA é contada a partir da superfície do elipsóide.

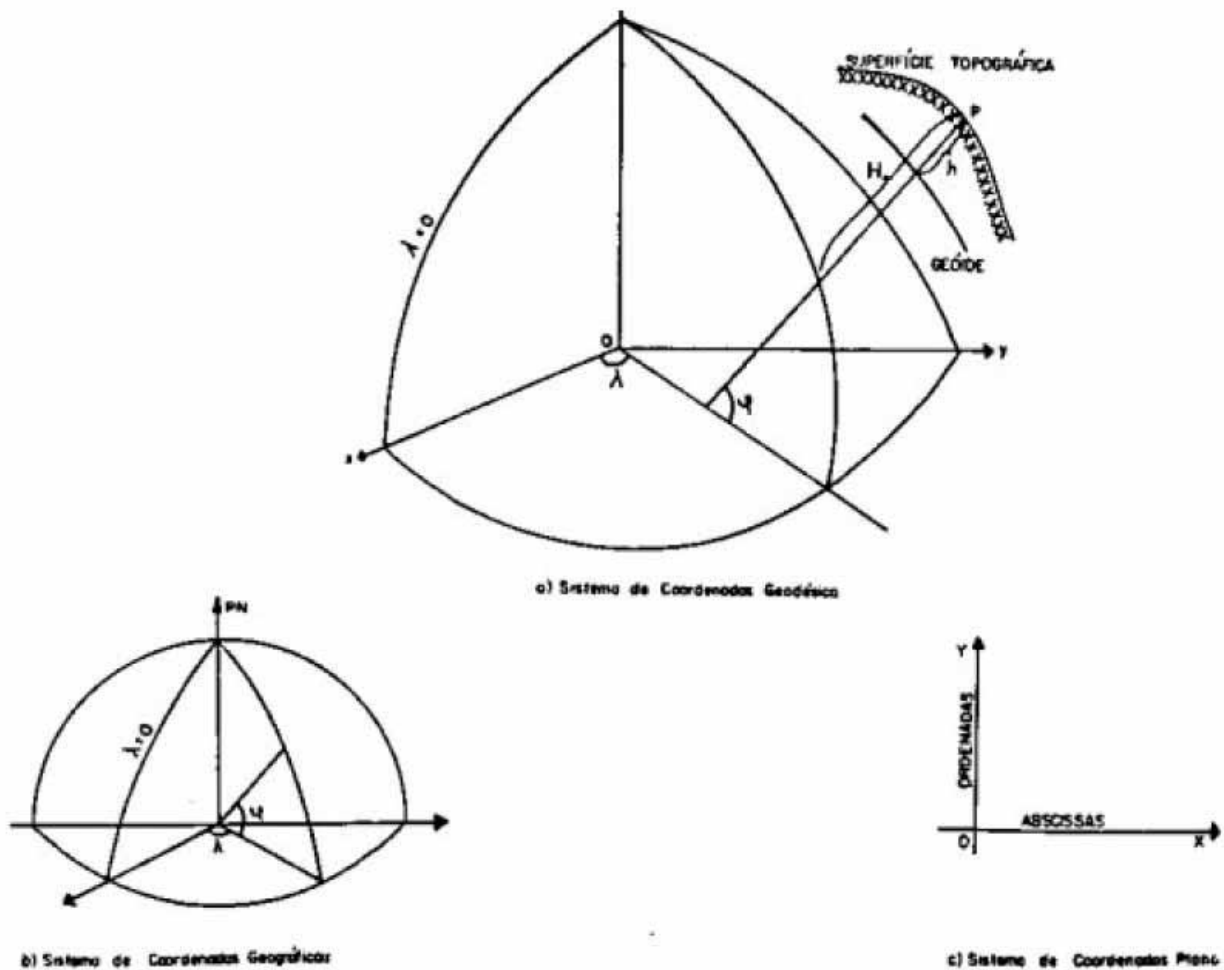


Figura 11 - Sistemas de coordenadas

3.1.2 - MERIDIANOS E PARALELOS

MERIDIANOS - São círculos máximos que, em consequência, cortam a TERRA em duas partes iguais de polo a polo. Sendo assim, todos os meridianos se cruzam entre si, em ambos os polos. O meridiano de origem é o de GREENWICH (0°). (2)

PARALELOS - São círculos que cruzam os meridianos perpendicularmente, isto é, em ângulos retos. Apenas um é um círculo máximo, o Equador (0°). Os outros, tanto no hemisfério Norte quanto no hemisfério Sul, vão diminuindo de tamanho à proporção que se afastam do Equador, até se transformarem em cada pólo, num ponto (90°). (Figura 2.2)

a) no elipsóide de revolução

PN - Polo Norte

PS - Polo Sul

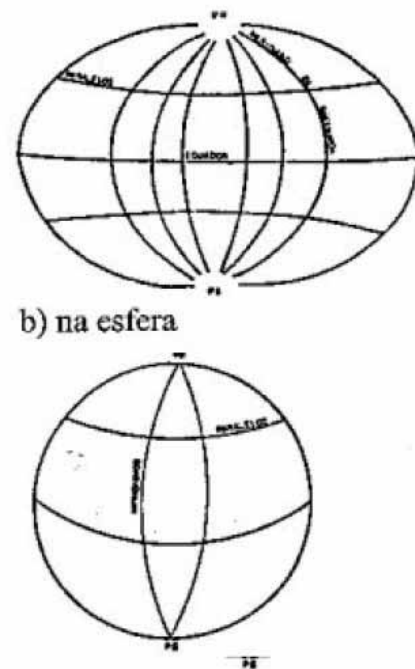


Figura 12 - Paralelos e Meridianos

(2) Meridiano Internacional de Referência, escolhido em Bonn, Alemanha, durante a Conferência Técnica das Nações Unidas para a Carta Internacional do Mundo ao milionésimo, como origem da contagem do meridiano.

3.1.3 - LATITUDE E LONGITUDE

3.1.3.1. - A Terra Como Referência (Esfera)

Latitude Geográfica (ϕ)

É o arco contado sobre o meridiano do lugar e que vai do Equador até o lugar considerado.

A latitude quando medida no sentido do pólo Norte é chamada Latitude Norte ou Positiva. Quando medida no sentido Sul é chamada Latitude Sul ou Negativa.

Sua variação é de: 0° a 90° N ou 0° a $+90^\circ$;
 0° a 90° S ou 0° a -90°

Longitude Geográfica (λ)

É o arco contado sobre o Equador e que vai de GREENWICH até o Meridiano do referido lugar.

A Longitude pode ser contada no sentido Oeste, quando é chamada LONGITUDE OESTE DE GREENWICH (W Gr.) ou NEGATIVA. Se contada no sentido Este, é chamada LONGITUDE ESTE DE GREENWICH (E Gr.) ou POSITIVA.

A Longitude varia de: 0° a 180° W Gr. ou 0° a -180° ;
 0° a 180° E Gr. ou 0° a $+180^\circ$.

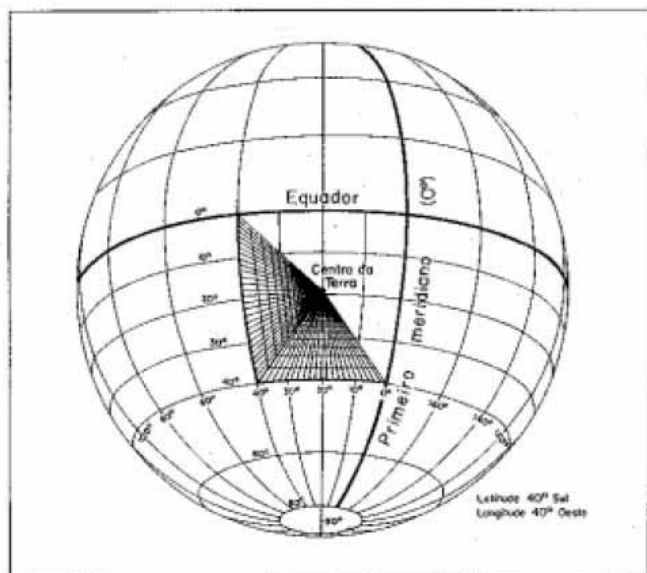


Figura 13 - Latitude e Longitude

3.1.3.2. - O Elipsóide Como Referência

Latitude Geodésica (ϕ)

É o ângulo formado pela normal ao elipsóide de um determinado ponto e o plano do Equador.

Longitude Geodésica (λ)

É o ângulo formado pelo plano meridiano do lugar e o plano meridiano tomado como origem (GREENWICH). (Figura 2.1.a)

3.2 - CLASSIFICAÇÃO DAS PROJEÇÕES CARTOGRÁFICAS

Quanto ao método	Geométricas
	Analíticas
Quanto à superfície de projeção	Planas (AZIMUTAIS)
	Cônicas
	Cilíndricas
	Poli-superficiais
Quanto às propriedades	Equidistantes
	Conformes
	Equivalentes
	Afiláticas
Quanto ao tipo de contato entre as superfícies de projeção e referências	Tangentes
	Secantes

3.2.1 - QUANTO AO 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).

3.2.2 - QUANTO À SUPERFÍCIE DE PROJEÇÃO

a) **Planas** - este tipo de superfície pode assumir três posições básicas em relação a superfície de referência: polar, equatorial e oblíqua (ou horizontal) (Figura 14).

b) Cônicas - embora esta não seja uma superfície plana, já que a superfície de projeção é o cone, ela pode ser desenvolvida em um plano sem que haja distorções (Figura 15), e funciona como superfície auxiliar na obtenção de uma representação.

A sua posição em relação à superfície de referência pode ser: normal, transversal e oblíqua (ou horizontal) (Figura 14).

c) Cilíndricas - tal qual a superfície cônica, a superfície de projeção que utiliza o cilindro pode ser desenvolvida em um plano (Figura 15) e suas possíveis posições

em relação a superfície de referência podem ser: equatorial, transversal e oblíqua (ou horizontal) (Figura 14).

d) Polissuperficiais - se caracterizam pelo emprego de mais do que uma superfície de projeção (do mesmo tipo) para aumentar o contato com a superfície de referência e, portanto, diminuir as deformações (plano-poliédrica ; cone-policônica ; cilindropolicilíndrica).

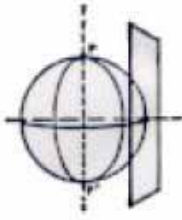
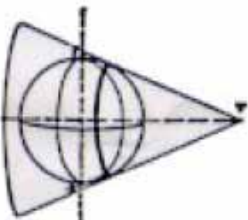
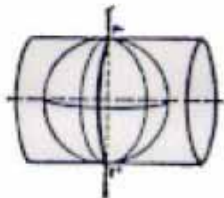
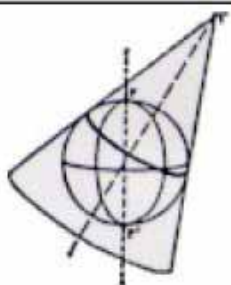
PLANAS	CÔNICAS	CILINDRICAS
 POLAR – plano tangente no pólo	 NORMAL – eixo do cone paralelo ao eixo da Terra	 EQUATORIAL – eixo do cilindro paralelo ao eixo da Terra
 EQUATORIAL – plano tangente no equador	 TRANSVERSA – eixo do cone perpendicular ao eixo da Terra	 TRANSVERSA – eixo do cilindro perpendicular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

Figura . 14 - Superfícies de Projeção desenvolvidas em um plano.

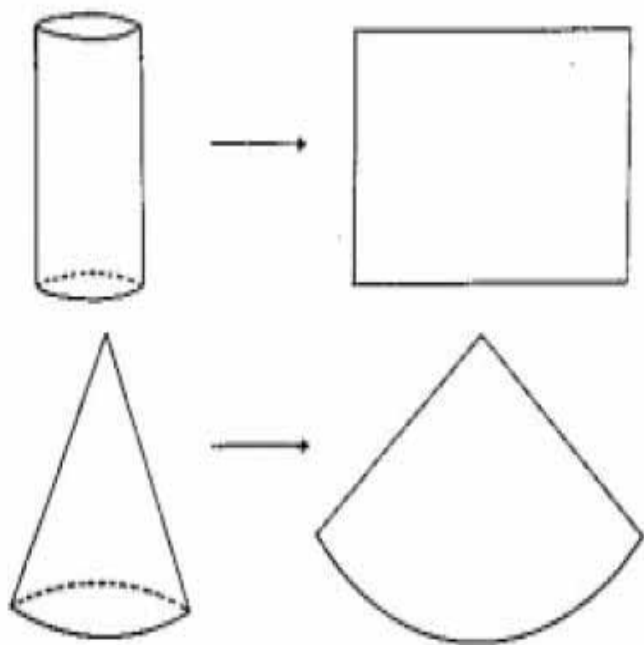


Figura 15 - Superfícies de Projeção desenvolvidas em um plano.

3.2.3 - QUANTO ÀS PROPRIEDADES

Na impossibilidade de se desenvolver uma superfície esférica ou elipsóidica sobre um plano sem deformações, na prática, buscam-se projeções tais que permitam diminuir ou eliminar parte das deformações conforme a aplicação desejada. Assim, destacam-se:

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 equidistância, ou seja, as projeções em que as áreas, os ângulos e os comprimentos não são conservados.

As propriedades acima descritas são básicas e mutuamente exclusivas. Elas ressaltam mais uma vez que não existe uma representação ideal, mas apenas a melhor representação para um determinado propósito.

3.2.4 - QUANTO AO TIPO DE CONTATO ENTRE AS SUPERFÍCIES DE PROJEÇÃO E REFERÊNCIA

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) (Figura 16). 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.

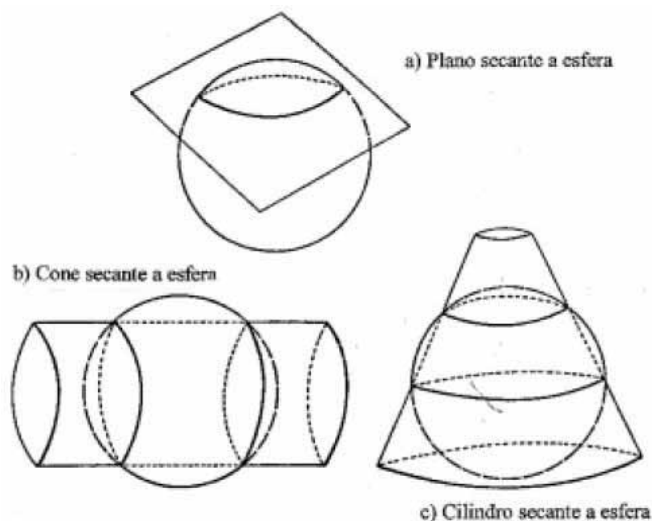


Figura 16 - Superfícies de projeção secantes

3.3 - PROJEÇÕES MAIS USUAIS E SUAS CARACTERÍSTICAS

3.3.1 - PROJEÇÃO POLICÔNICA

- Superfície de representação: diversos cones.
- Não é conforme nem equivalente (só tem essas características próxima ao Meridiano Central).
- O Meridiano Central e o Equador são as únicas retas da projeção. O MC 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.
- Pequena deformação próxima ao centro do sistema, mas aumenta rapidamente para a periferia.

Aplicações: 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 EUA.

No BRASIL é utilizada em mapas da série Brasil, regionais, estaduais e temáticos.

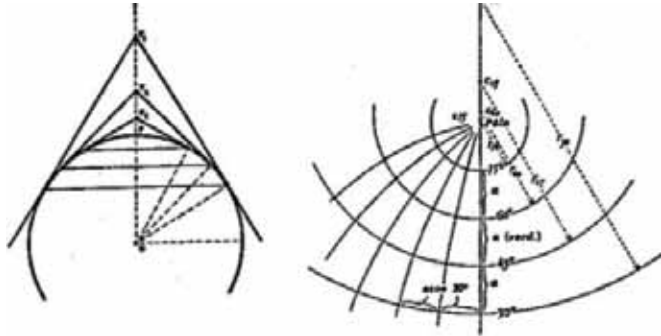


Figura 17 - Projeção Policônica

3.3.2 - PROJEÇÃO CÔNICA NORMAL DE LAMBERT (COM DOIS PARALELOS PADRÃO)

- Cônica.
- Conforme.
- Analítica.
- Secante.
- Os meridianos são linhas retas convergentes.
- Os paralelos são círculos concêntricos com centro no ponto de interseção dos meridianos.

Aplicações: A existência de duas linhas de contato com a superfície (dois x 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.

A partir de 1962, foi adotada para a Carta Internacional do Mundo, ao Milionésimo.

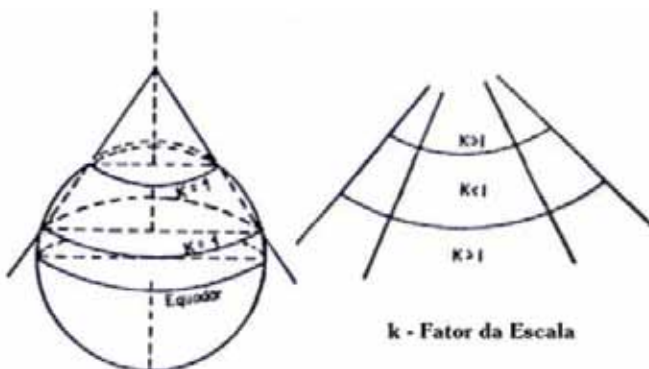


Figura 18 - Projeção Cônica Normal de Lambert (com dois paralelos-padrão)

3.3.3 - PROJEÇÃO CILÍNDRICA TRANSVERSA DE MERCATOR (TANGENTE)

- Cilíndrica.
- Conforme.
- Analítica.
- Tangente (a um meridiano).
- Os meridianos e paralelos não são linhas retas, com exceção do meridiano de tangência e do Equador.

Aplicações: Indicada para regiões onde há predominância na extensão Norte-Sul. É muito utilizada em cartas destinadas à navegação.

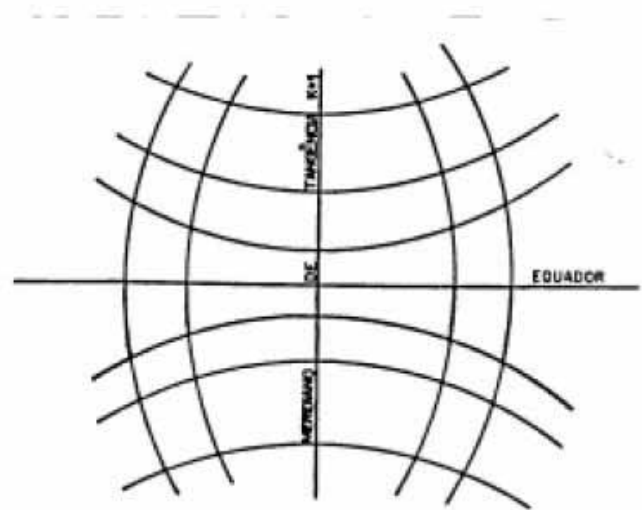
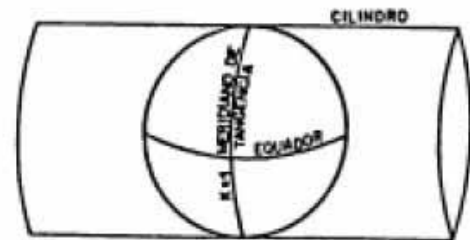


Figura 19 - Projeção Cilíndrica Transversa de Mercator

3.3.4 - PROJEÇÃO CILÍNDRICA TRANSVERSA DE MERCATOR (SECANTE)

- Cilíndrica.
- Conforme.
- Secante.
- Só o Meridiano Central e o Equador são linhas retas.
- Projeção utilizada no SISTEMA UTM - Universal Transversa de Mercator desenvolvido durante a 2ª Guerra Mundial.

ra Mundial. Este sistema é, em essência, uma modificação da Projeção Cilíndrica Transversa de Mercator.

Aplicações: Utilizado na produção das cartas topográficas do Sistema Cartográfico Nacional produzidas pelo IBGE e DSG.



Figura 20 - Cilindro secante

3.3.5 - CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DO SISTEMA UTM:

1. O mundo é dividido em 60 fusos, onde cada um se estende por 6° de longitude. Os fusos são numerados de um a sessenta começando no fuso 180° a 174° W Gr. e continuando para este. Cada um destes fusos é gerado a partir de uma rotação do cilindro de forma que o meridiano de tangência divide o fuso em duas partes iguais de 3° de amplitude (Figura 21).

2. O quadriculado UTM está associado ao sistema de coordenadas planoretangulares, tal que um eixo coincide com a projeção do Meridiano Central do fuso (eixo N apontando para Norte) e o outro eixo, com o do Equador.

Assim cada ponto do elipsóide de referência (descrito por latitude, longitude) estará biunivocamente associado ao terno de valores Meridiano Central, coordenada E e coordenada N.

3. Avaliando-se a deformação de escala em um fuso UTM (tangente), pode-se verificar que o fator de escala é igual a 1(um) no meridiano central e aproximadamente igual a 1.0015 (1/666) nos extremos do fuso. Desta forma, atribuindo-se a um fator de escala $k = 0,9996$ ao meridiano central do sistema UTM (o que faz com que o cilindro tangente se torne secante), torna-se possível assegurar um padrão mais favorável de deformação em escala ao longo do fuso. O erro de escala fica limitado a 1/2.500 no meridiano central, e a 1/1030 nos extremos do fuso (Figura 22).

4. A cada fuso associamos um sistema cartesiano métrico de referência, atribuindo à origem do sistema (interseção da linha do Equador com o meridiano central) as coordenadas 500.000 m, para contagem de coordenadas ao longo do Equador, e 10.000.000 m ou 0 (zero) m, para contagem de coordenadas ao longo do meridiano central, para os hemisfério sul e norte respectivamente. Isto elimina a possibilidade de ocorrência de valores negativos de coordenadas.

5. Cada fuso deve ser prolongado até $30'$ sobre os fusos adjacentes criando-se assim uma área de superposição de 1° de largura. Esta área de superposição serve para facilitar o trabalho de campo em certas atividades.

6. O sistema UTM é usado entre as latitudes 84° N e 80° S.

7. Além desses paralelos a projeção adotada mundialmente é a Estereográfica Polar Universal.

Aplicações: Indicada para regiões de predominância na extensão Norte-Sul entretanto mesmo na representação de áreas de grande longitude poderá ser utilizada.

É a mais indicada para o mapeamento topográfico a grande escala, e é o Sistema de Projeção adotado para o Mapeamento Sistemático Brasileiro.

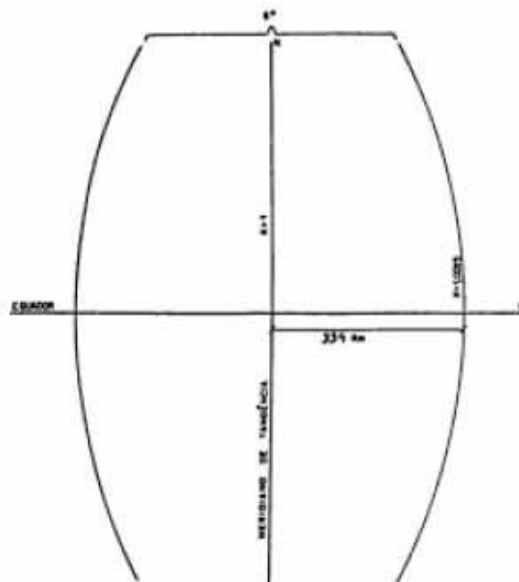


Figura 21- Fuso UTM com Cilindro tangente

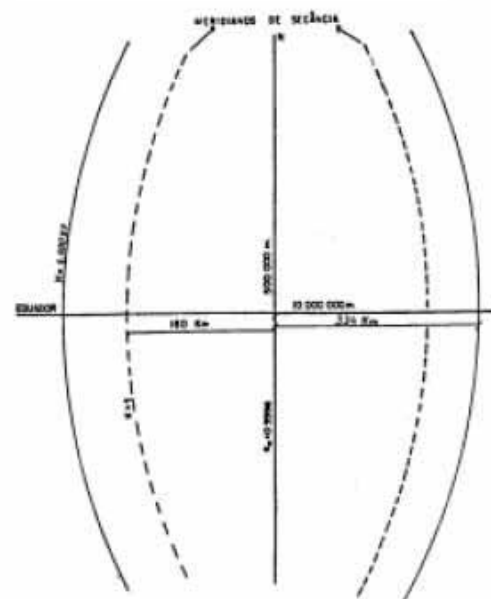


Figura 22 - Fuso UTM com Cilindro secante

3.4 - CONCEITOS IMPORTANTES

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

Norte Verdadeiro ou de Gauss - Com direção tangente ao meridiano (geodésico) passante pelo ponto e apontado para o Polo Norte.

Norte Magnético - Com direção tangente à linha de força do campo magnético passante pelo ponto e apontado para o Polo Norte Magnético.

OBS.: Devido à significativa variação da ordem de minutos de arco anualmente deste polo ao longo dos anos, torna-se necessária a correção do valor constantes da carta/mapa para a data do posicionamento desejado.

Norte da Quadrícula - Com direção paralela ao eixo N (que coincide com o Meridiano Central do fuso) do Sistema de Projeção UTM no ponto considerado e apontado para o Norte (sentido positivo de N)

Azimute: É o ângulo formado entre a direção Norte-Sul e a direção considerada, contado a partir do Polo Norte, no sentido horário. O Azimute varia de 0° a 360° e dependendo do Norte ao qual esteja a referência podemos ter:

- Azimute Verdadeiro ou de Gauss (Az GAB)
- Azimute da Quadrícula (Az QAB)
- Azimute Magnético (Az MAB)

OBS.: O azimute Geodésico corresponde ao Azimute Verdadeiro contado a partir do Polo Sul.

Contra-azimute: Contra-Azimute de uma direção é o Azimute da direção inversa.

Declinação Magnética (d): É o ângulo formado entre os vetores Norte Verdadeiro e o Norte Magnético associado a um ponto.

Convergência Meridiana Plana (g): É o ângulo formado entre os vetores Norte Verdadeiro e o Norte da Quadrícula associado a um ponto.

No sistema UTM, a Convergência Meridiana Plana cresce com a latitude e com o afastamento do Meridiano Central (MC).

No hemisfério Norte ela é positiva a Este do MC e negativa a Oeste do MC.

No hemisfério Sul ela é negativa a Este do MC e positiva a Oeste do MC.

Rumo: É o menor ângulo que uma direção faz

com a Direção Norte- Sul.

Após o valor do rumo deve ser indicado o quadrante geográfico a que o mesmo pertence, ou seja: NO, NE, SO ou SE.

OBS: Como os azimutes, os rumos, dependendo do norte ao qual são referenciados podem ser: Rumo verdadeiro, da quadrícula ou magnético.

Contra-rumo: É o rumo da direção inversa.

4. Cartas e Mapas

4.1 - CLASSIFICAÇÃO DE CARTAS E MAPAS

Quanto à natureza da representação:

a) GERAL

CADASTRAL - Até 1:25.000

TOPOGRÁFICA - De 1:25.000 até 1:250.000

GEOGRÁFICA - 1:1.000.000 e menores (1:2.500.000, 1:5.000.000 até 1:30.000.000)

b) TEMÁTICA

c) ESPECIAL

4.1.1 - GERAL

São documentos cartográficos elaborados sem um fim específico. A finalidade é fornecer ao usuário uma base cartográfica com possibilidades de aplicações generalizadas, de acordo com a precisão geométrica e tolerâncias permitidas pela escala.

Apresentam os acidentes naturais e artificiais e servem, também, de base para os demais tipos de cartas.

4.1.1.1 – Cadastral

Representação em escala grande, geralmente planimétrica e com maior nível de detalhamento, apresentando grande precisão geométrica. Normalmente é utilizada para representar cidades e regiões metropolitanas, nas quais a densidade de edificações e arruamento é grande.

As escalas mais usuais na representação cadastral, são: 1:1.000, 1:2.000, 1:5.000, 1:10.000 e 1:15.000.

Mapa de Localidade - Denominação utilizada na Base Territorial dos Censos para identificar o conjunto de plantas em escala cadastral, que compõe o mapeamento de uma localidade (região metropolitana, cidade ou vila).

4.1.1.2 - Topográfica

Carta elaborada a partir de levantamentos aerofotogramétrico e geodésico original ou compilada de outras cartas topográficas em escalas maiores. Inclui os acidentes naturais e artificiais, em que os elementos planimétricos (sistema viário, obras, etc.) e altimétricos (relevo através de curvas de nível, pontos colados, etc.) são geometricamente bem representados.

As aplicações das cartas topográficas variam de acordo com sua escala:

1:25.000 - Representa cartograficamente áreas específicas, com forte densidade demográfica, fornecendo elementos para o planejamento socioeconômico e bases para anteprojetos de engenharia. Esse mapeamento, pelas características da escala, está dirigido para as áreas das regiões metropolitanas e outras que se definem pelo atendimento a projetos específicos. Cobertura Nacional: 1,01%.

1:50.000 - Retrata cartograficamente zonas densamente povoadas, sendo adequada ao planejamento socioeconômico e à formulação de anteprojetos de engenharia.

A sua abrangência é nacional, tendo sido cobertos até agora 13,9% do Território Nacional, concentrando-se principalmente nas regiões Sudeste e Sul do país.

1:100.000 - Objetiva representar as áreas com notável ocupação, priorizadas para os investimentos governamentais, em todos os níveis de governo- Federal, Estadual e Municipal.

A sua abrangência é nacional, tendo sido coberto até agora 75,39% do Território Nacional.

1:250.000 - Subsidiaria o planejamento regional, além da elaboração de estudos e projetos que envolvam ou modifiquem o meio ambiente.

A sua abrangência é nacional, tendo sido coberto até o momento 80,72% do Território Nacional.

Mapa Municipal : Entre os principais produtos cartográficos produzidos pelo IBGE encontra-se o mapa municipal, que é a representação cartográfica da área de um município, contendo os limites estabelecidos pela Divisão Políticoadministrativa, acidentes naturais e artificiais, toponímia, rede de coordenadas geográficas e UTM, etc.

Esta representação é elaborada a partir de bases cartográficas mais recentes e de documentos cartográficos auxiliares, na escala das referidas bases.

O mapeamento dos municípios brasileiros é para fins de planejamento e gestão territorial e em especial para dar suporte as atividades de coleta e disseminação de pesquisas do IBGE.

4.1.1.3 – Geográfica

Carta em que os detalhes planimétricos e altimétricos são generalizados, os quais oferecem uma precisão de acordo com a escala de publicação. A representação planimétrica é feita através de símbolos que ampliam muito os objetos correspondentes, alguns dos quais muitas vezes têm que ser bastante deslocados.

A representação altimétrica é feita através de curvas de nível, cuja equidistância apenas dá uma ideia geral do relevo e, em geral, são empregadas cores hipsométricas. São elaboradas na escala. 1:500.000 e menores, como por exemplo a Carta Internacional do Mundo ao Milionésimo (CIM).

Mapeamento das Unidades Territoriais: Representa, a partir do mapeamento topográfico, o espaço territorial brasileiro através de mapas elaborados especificamente para cada unidade territorial do país.

Produtos gerados:-Mapas do Brasil (escalas 1: 2.500.000, 1:5.000.000, 1:10.000.000, etc.).

- **Mapas Regionais** (escalas geográficas diversas).

- **Mapas Estaduais** (escalas geográficas e topográficas diversas).

4.1.2 – TEMÁTICA

São as cartas, mapas ou plantas em qualquer escala, destinadas a um tema específico, necessária às pesquisas socioeconômicas, de recursos naturais e estudos ambientais. A representação temática, distintamente da geral, exprime conhecimentos particulares para uso geral.

Com base no mapeamento topográfico ou de unidades territoriais, o mapa temático é elaborado em especial pelos Departamentos da Diretoria de Ge-

ociências do IBGE, associando elementos relacionados às estruturas territoriais, à geografia, à estatística, aos recursos naturais e estudos ambientais.

Principais produtos: -Cartogramas temáticos das áreas social, econômica territorial, etc.

- Cartas do levantamento de recursos naturais (volumes RADAM).
- Mapas da série Brasil 1:5.000.000 (Escolar, Geomorfológico, Vegetação, Unidades de Relevo, Unidades de Conservação Federais).
- Atlas nacional, regional e estadual.

4.1.3 – ESPECIAL

São as cartas, mapas ou plantas para grandes grupos de usuários muito distintos entre si, e cada um deles, concebido para atender a uma determinada faixa técnica ou científica. São documentos muito específicos e sumamente técnicos que se destinam à representação de fatos, dados ou fenômenos típicos, tendo assim, que se cingir rigidamente aos métodos e objetivos do assunto ou atividade a que está ligado. Por exemplo: Cartas náuticas, aeronáuticas, para fins militares, mapa magnético, astronômico, meteorológico e outros.

Náuticas: Representa as profundidades, a natureza do fundo do mar, as curvas batimétricas, bancos de areia, recifes, faróis, boias, as marés e as correntes de um determinado mar ou áreas terrestres e marítimas.

Elaboradas de forma sistemática pela Diretoria de Hidrografia e Navegação - DHN, do Ministério da Marinha. O Sistema Internacional exige para a navegação marítima, seja de carga ou de passageiros, que se mantenha atualizado o mapeamento do litoral e hidrovias.

Aeronáuticas: Representação particularizada dos aspectos cartográficos do terreno, ou parte dele, destinada a apresentar além de aspectos culturais e hidrográficos, informações suplementares necessárias à navegação aérea, pilotagem ou ao planejamento de operações aéreas.

Para fins militares: Em geral, são elaboradas na escala 1:25.000, representando os acidentes naturais do terreno, indispensáveis ao uso das forças armadas. Pode representar uma área litorânea características topográficas e náuticas, a fim de que ofereça a

máxima utilidade em operações militares, sobretudo no que se refere a operações anfíbias.

4.2 - CARTA INTERNACIONAL DO MUNDO AO MILIONÉSIMO – CIM

Fornece subsídios para a execução de estudos e análises de aspectos gerais e estratégicos, no nível continental. Sua abrangência é nacional, contemplando um conjunto de 46 cartas.

É uma representação de toda a superfície terrestre, na projeção cônica conforme de LAMBERT (com 2 paralelos padrão) na escala de 1:1.000.000.

A distribuição geográfica das folhas ao Milionésimo foi obtida com a divisão do planeta (representado aqui por um modelo esférico) em 60 fusos de amplitude 6° , numerados a partir do fuso 180° W - 174° W no sentido Oeste-Leste (Figura 23). Cada um destes fusos por sua vez estão divididos a partir da linha do Equador em 21 zonas de 4° de amplitude para o Norte e com o mesmo número para o Sul.

Como o leitor já deve ter observado, a divisão em fusos aqui apresentada é a mesma adotada nas especificações do sistema UTM. Na verdade, o estabelecimento daquelas especificações é pautado nas características da CIM.

Cada uma das folhas ao Milionésimo pode ser acessada por um conjunto de três caracteres:

1º) letra **N** ou **S** - indica se a folha está localizada ao Norte ou a Sul do Equador.

2º) letras **A** até **U** - cada uma destas letras se associa a um intervalo de 4° de latitude se desenvolvendo a Norte e a Sul do Equador e se prestam a indicação da latitude limite da folha (3).

3º) números de **1** a **6** - indicam o número de cada fuso que contém a folha.

OBS: O Território Brasileiro é coberto por 08 (oito) fusos. (Figura 2.14)

(3) Além das zonas de A a U, temos mais duas que abrangem os paralelos de 84° a 90° . A saber: a zona V que é limitada pelos paralelos 84° e 88° e a zona Z, ou polar, que vai deste último até 90° . Neste intervalo, que corresponde as regiões Polares, a Projeção de Lambert não atende convenientemente a sua representação. Utiliza-se então a Projeção Estereográfica Polar.

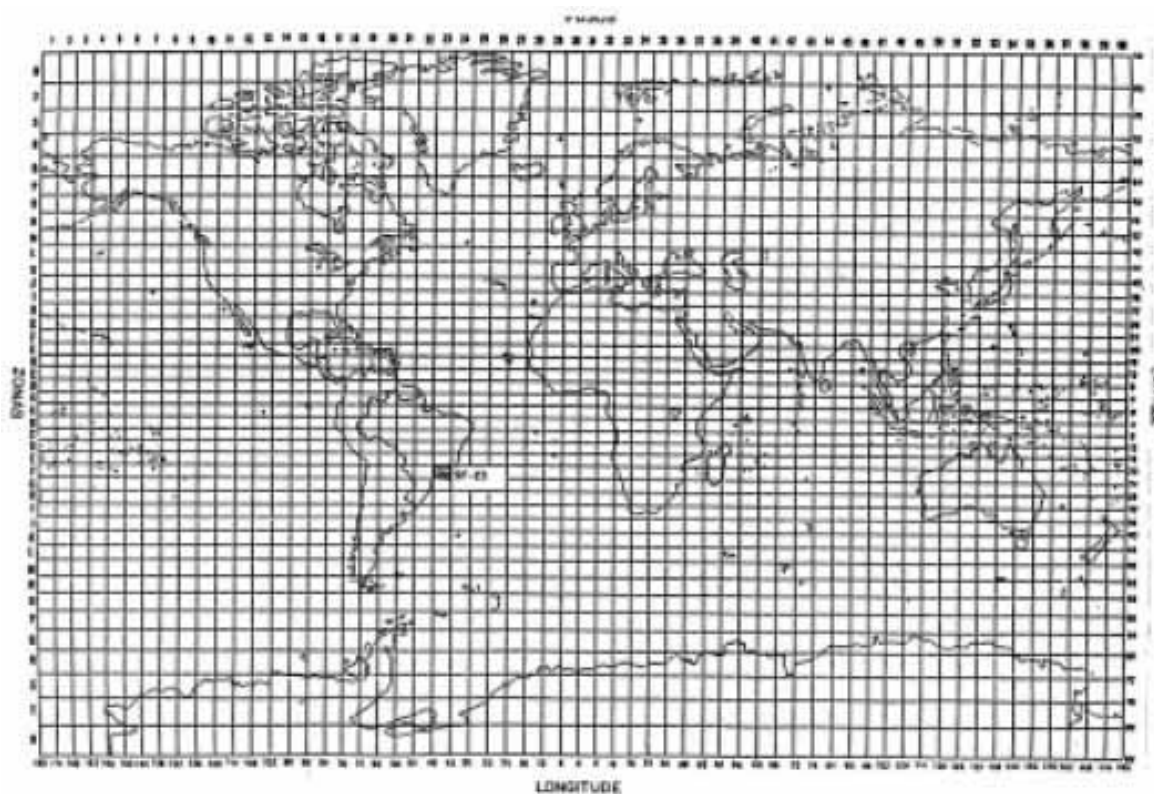


Figura 23- Carta Internacional do Mundo ao Milionésimo



Figura 24 - O Brasil dividido em fusos de 6°

5. Índice de Nomenclatura e Articulação de Folhas

Este índice tem origem nas folhas ao Milionésimo, e se aplica a denominação de todas as folhas de cartas do mapeamento sistemático (escalas de 1:1.000.000 a 1:25.000).

A Figura 25 apresenta a referida nomenclatura.

Para escalas maiores que 1:25.000 ainda não existem normas que regulamentem o código de nomenclatura. O que ocorre na maioria das vezes é que os órgãos produtores de cartas ou plantas nessas escalas adotam seu próprio sistema de articulação de folhas, o que dificulta a interligação de documentos produzidos por fontes diferentes.

Existem dois sistemas de articulação de folhas que foram propostos por órgãos envolvidos com a produção de documentos cartográficos em escalas grandes:

O primeiro, proposto e adotado pela Diretoria de Eletrônica e Proteção ao vôo (e também adotado pela COCAR), se desenvolve a partir de uma folha na escala 1:100.000 até uma folha na escala 1:500.

O segundo, elaborado pela Comissão Nacional de Região Metropolitana e Política Urbana, tem sido adotado por vários órgãos responsáveis pela Cartografia Regional e Urbana de seus estados. Seu desenvolvimento se dá a partir de uma folha na escala 1:25.000 até uma folha na escala 1:1.000.

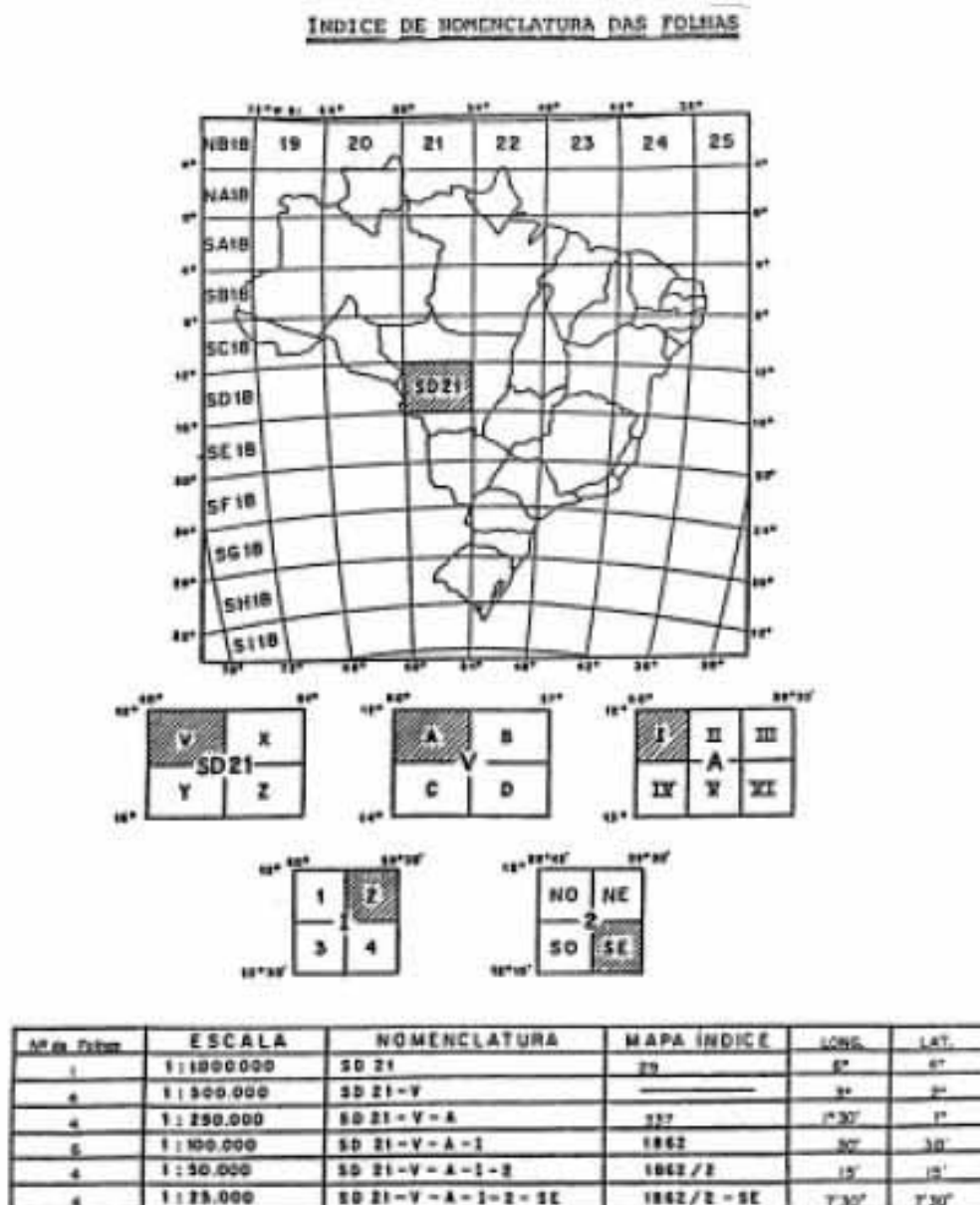


Figura 25 - Nomenclatura das cartas do mapeamento sistemático

6. Mapa Índice

Além do índice de nomenclatura, dispomos também de um outro sistema de localização de folhas. Neste sistema numeramos as folhas de modo a referenciá-las através de um simples número, de acordo com as escalas. Assim:

- Para as folhas de 1:1.000.000 usamos uma numeração de 1 a 46;
- Para as folhas de 1:250.000 usamos uma numeração de 1 a 550;

- Para as folhas de 1:100.000, temos 1 a 3036;

Estes números são conhecidos como “MI” que quer dizer número correspondente no MAPA-ÍNDICE.

O número MI substitui a configuração do índice de nomenclatura para escalas de 1:100.000, por exemplo, à folha SD-23-Y-C-IV corresponderá o número MI 2215.

Para as folhas na escala 1:50.000, o número MI vem acompanhado do número (1,2,3 ou 4) conforme a situação da folha em relação a folha 1:100.000 que a contém. Por exemplo, à folha SD-23-Y-C-IV-3 corresponderá o número MI 2215-3.

Para as folhas de 1:25.000 acrescenta-se o indicador (NO,NE,SO e SE) conforme a situação da folha em relação a folha 1:50.000 que a contém, por exemplo, à folha SD-23-Y-C-IV-3-NO corresponderá o número MI 2215-3-NO.

A aparição do número MI no canto superior direito das folhas topográficas sistemáticas nas escalas 1:100.000, 1:50.000 e 1:25.000 é norma cartográfica hoje em vigor, conforme recomendam as folhas modelo publicadas pela Diretoria de Serviço Geográfico do Exército, órgão responsável pelo estabelecimento de Normas Técnicas para as séries de cartas gerais, das escalas 1:250.000 e maiores.

7. Transformação entre Referenciais Geodésicos

Um Sistema Geodésico de Referência (SGR) é um sistema de coordenadas associado a algumas características terrestres. Conforme (Oliveira,1998), a implantação de um SGR pode ser dividida em quatro etapas: conceito, definição, materialização e densificação.

Do ponto de vista conceitual do SGR é visualizada a origem do sistema e fixação dos eixos. Com a origem no centro de massa da Terra ou trasladado para o centro de outro sistema. Quanto à fixação dos eixos de co-

ordenadas, estes devem ser fixos no espaço com relação à origem. A definição estabelece princípios que fixam a origem, a orientação e eventual escala de sistemas de coordenadas (representado por exemplo por um elipsóide de revolução). A materialização é o conjunto de pontos definidos (materializados) no terreno, aos quais é estabelecido um conjunto de coordenadas de referência para os mesmos. Finalmente a densificação implica na materialização de pontos auxiliares na superfície terrestre, com um espaçamento menor entre os pontos do que os pontos principais da rede. Os SGR são classificados, quanto ao método de determinação e orientação, em Clássicos e Modernos.

7.1 SISTEMAS DE REFERÊNCIA CLÁSSICOS E MODERNOS

Clássicos

A determinação de posições precisas sobre a superfície terrestre através dos métodos clássicos em Geodésia tradicionalmente implicou na necessidade de adoção de dois SGRs um horizontal e outro vertical. O SGR vertical fornece a referência para a determinação precisa da componente altimétrica do SGB (Sistema Geodésico Brasileiro), enquanto o SGR horizontal fornece a referência para a determinação precisa das componentes planimétricas (latitude e longitude).

Um SGR horizontal é tradicionalmente definido por um elipsóide e seu posicionamento no espaço. Este elipsóide é escolhido de forma a garantir uma boa adaptação ao geóide na região. Os parâmetros definidores do sistema normalmente estão vinculados a um ponto na superfície terrestre, denominado de ponto origem. O centro deste elipsóide não coincide com o centro de massa da Terra – o geocentro, devido ao requisito de boa adaptação na região de interesse.

As metodologias de levantamentos utilizadas na materialização de um SGR clássico horizontal, foram a triangulação e a poligonação. Os sistemas Córrego Alegre, Chuá Astro-Datum e o SAD69, são exemplos de SGR de concepção clássica.

Modernos

Um referencial (ou sistema) geodésico moderno apresenta as seguintes características: sua definição 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 da Terra. A

sua materialização se dá mediante o estabelecimento de uma rede de estações geodésicas com coordenadas tridimensionais. Estas coordenadas são estabelecidas através de técnicas de posicionamento espacial de alta precisão. Sendo assim, as medidas estão relacionadas a um sistema cartesiano tridimensional (3D) com origem no geocentro (IBGE, 2000).

7.2 ORIENTAÇÃO

Geocêntrica

Eixo de rotação paralelo ao eixo de rotação da Terra, onde a origem está localizada no centro de massa da Terra.

Topocêntrica

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

7.3 SISTEMAS DE REFERÊNCIAS: EVOLUÇÃO NO BRASIL

Historicamente, no Brasil já foram oficialmente adotados quatro referenciais geodésicos:

Córrego Alegre

Na década de 50 foi adotado o Sistema Geodésico Córrego Alegre, o qual tinha como vértice o ponto Córrego Alegre e o elipsóide Internacional de Hayford de 1924 como superfície de referência, sendo seu posicionamento e orientação determinados astronômicamente.

Coordenadas:

- latitude = $19^{\circ} 50' 14.91''$ S
- longitude = $48^{\circ} 57' 41.98''$ W
- h = 683.81 metros

Orientação elipsóide-geóide no ponto datum:

- $f\lambda = 0$ (componentes do desvio da vertical)
- N = 0 metros (ondulação geoidal)

Astro Datum Chuá

A partir de estudos gravimétricos na região do ponto Córrego Alegre, foi escolhido um novo ponto, no vértice de Chuá. Este sistema foi estabelecido pelo IBGE em caráter provisório, como um ensaio para a implantação do Datum SAD69.

Foram ignoradas as componentes do desvio da vertical no processo de ajustamento das coordenadas do Datum.

SAD69

O sistema geodésico SAD69 foi oficialmente adotado no Brasil em 1979. A imagem geométrica da Terra é definida pelo Elipsóide de Referência Internacional de 1967, aceito pela Assembléia Geral da Associação Geodésica Internacional que teve lugar em Lucerne, no ano de 1967.

O referencial altimétrico coincide com a superfície equipotencial que contém o nível médio do mar, definido pelas observações maregráficas tomadas na baía de Imbituba, no litoral do Estado de Santa Catarina.

Foram determinados os parâmetros topocêntricos das componentes do desvio da vertical e ondulação geoidal no vértice Chuá.

Coordenadas

- latitude : $19^{\circ} 45' 41.6527''$ S
- longitude: $48^{\circ} 06' 04.0639''$ W
- Altitude ortométrica: 763.28 m
- Azimute (Chuá - Uberaba): $271^{\circ} 30' 04.05''$

Orientação elipsóide-geóide no ponto datum

- $f\lambda = 0.31$
- $f\lambda = -3.52$
- N = 0 m

SAD69 - Realização 1996

Em 1996 foi concluído pelo IBGE o reajustamento da rede geodésica brasileira, utilizando-se das novas técnicas de posicionamento por satélites GPS.

Juntamente com as observações GPS também participaram do reajustamento os pontos da rede clássica. A ligação entre as duas redes foi feita através de 49 estações da rede clássica, as quais foram observadas por GPS. Esse ajustamento forneceu também o desvio padrão das coordenadas das estações.

WGS84

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

No Brasil, os parâmetros de conversão entre SAD69 e WGS84 foram apresentados oficialmente pelo IBGE em 1989. Uma das principais características do WGS84 diante do SAD69 é este ser um sistema geocêntrico, ao contrário do sistema topocêntrico do SAD69.

SIRGAS

O SIRGAS (Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul) foi criado em outubro de 1993, contando com a participação dos países da América do Sul, representados por suas agências nacionais, tendo como principal objetivo estabelecer um sistema de referência geocêntrico para a América do Sul. A adoção do SIRGAS segue uma tendência atual, tendo em vista as potencialidades do GPS e as facilidades para os usuários, pois, com esse sistema geocêntrico, as coordenadas obtidas com GPS, relativamente a esta rede, podem ser aplicadas diretamente aos levantamentos cartográficos, evitando a necessidade de transformações e integração entre os dois referenciais (Dalazoana; Freitas. 2000).

Utilizando a concepção de um Sistema de Referência Moderno, onde a componente “tempo” é a acrescentada, as coordenadas e vetor velocidades dos vértices são referidos a uma determinada época. O elipsóide utilizado é o GRS-80 (Geodetic Reference System 1980), sendo considerado idêntico ao WGS84 em questões de ordem prática, como é o caso do mapeamento. As constantes dos dois elipsóides são idênticas, com exceção de uma pequena variação no achatamento terrestre (f WGS84= 1/298.257223563, f GRS80= 1/298.257222101).

O pós-processamento de um rastreo GPS realizado com efemérides precisas, proporcionam coordenadas em ITRFyy e ou SIRGAS, dependendo da estação de referência (ou junção) no posicionamento relativo for ITRF e ou SIRGAS, respectivamente. Nos demais casos, como por exemplo, no posicionamento diferencial pós-processado com efemérides operacionais e o posicionamento em tempo real, as coordenadas resultantes estarão referidas ao WGS84.

No Brasil, fazem parte das estações SIRGAS, 9 estações da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo). Foi oficialmente adotado como Referencial Geodésico Brasileiro em 2005, através da Resolução do Presidente do IBGE N°1/2005, onde é alterada a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro, estando atualmente em um período de transição de 10 anos, onde o SAD69 ainda poderá ser utilizado pela comunidade, com a recomendação de que novos trabalhos sejam feitos já no novo sistema (Resolução do RJ, IBGE).

7.4 MÉTODOS DE TRANSFORMAÇÃO ENTRE SISTEMAS

A Resolução do IBGE N°22, de 21/07/83, estabeleceu para o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), as fórmulas oficiais de transformação entre os Sistemas Geodésicos usados no Brasil e os respectivos parâmetros de transformação entre alguns dos Sistemas de Referência.

A partir dos parâmetros fornecidos vale ressaltar que o elipsóide adotado para o SAD 69 difere do Elipsóide de Referência 1967, pois este tem o achatamento igual a 1/298,247 167 427.

FÓRMULAS SIMPLIFICADAS DE MOLODENSKY

Como modelo matemático são apresentadas as equações diferenciais simplificadas de Molodensky, Este método utiliza 5 parâmetros (3 parâmetros de translação e as diferenças entre os semi-eixos maior e achatamento dos dois sistemas), aplicando a transformação diretamente nas coordenadas curvilíneas do sistema de origem.

$$\Delta\varphi^{\circ} = \frac{1}{M_1} \{ (a_1 \Delta f + f_1 \Delta a) \sin 2\varphi_1 - \Delta x \sin \varphi_1 \cos \lambda_1 - \Delta y \sin \varphi_1 \sin \lambda_1 + \Delta z \cos \varphi_1 \} \frac{180}{\pi}$$

$$\Delta\lambda^{\circ} = \frac{1}{N_1 \cos \varphi_1} \{ -\Delta x \sin \lambda_1 + \Delta y \cos \lambda_1 \} \frac{180}{\pi}$$

$$\varphi_2^{\circ} = \varphi_1^{\circ} + \Delta\varphi^{\circ}$$

$$\lambda_2^{\circ} = \lambda_1^{\circ} + \Delta\lambda^{\circ}$$

Fórmulas simplificadas de Molodensky

FÓRMULA DOS TRÊS PARÂMETROS

Com a publicação da Resolução do IBGE N°23, de 21/02/89, entre outras alterações, são apresentados os parâmetros de transformação oficiais entre SAD69 e o WGS84 e introduzida a fórmula dos Três Parâmetros como método de transformação oficial. O modelo matemático consiste da aplicação dos 3 parâmetros de translação nos eixos cartesianos geocêntricos do sistema de referência de origem. As coordenadas são inicialmente convertidas para cartesianas, onde são aplicados os parâmetros e após são convertidas novamente em coordenadas geodésicas.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_D = \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_0$$

Fórmula dos 3 Parâmetros

FÓRMULAS COMPLETAS DE MOLODENSKY

Apesar de não oficiais no Brasil, as fórmulas completas de Molodensky fornecem uma maior precisão ao processo de transformação de coordenadas. Nos dias de hoje, com a facilidade de implementação destas fórmulas, vale a pena sua utilização frente, por exemplo, às fórmulas apresentadas na resolução do IBGE N°22, de 21/07/83.

$$\Delta\varphi = \frac{\sin\varphi_1 \cos\lambda_1}{M+H} \Delta x + \frac{\sin\varphi_1 \cos\lambda_1}{M+H} \Delta y - \frac{\cos\varphi_1}{M+H} \Delta z + \frac{a^2 N+H}{M+H} \sin\lambda_1 dE_x - \frac{a^2 N+H}{M+H} \cos\lambda_1 dE_y +$$

$$+ \frac{[1-(1-f)^2]N}{M+H} \cos\varphi_1 \sin\varphi_1 (dk + \frac{da}{a}) + \frac{M+(1-f)^2 N}{M+H} \cos\varphi_1 \sin\varphi_1 \frac{df}{1-f}$$

$$\Delta\lambda = \frac{\sin\lambda_1}{(N+H)\cos\varphi_1} \Delta x - \frac{\cos\lambda_1}{(N+H)\cos\varphi_1} \Delta y - \frac{(1-f)^2 N+H}{N+H} \operatorname{tg}\varphi_1 \cos\lambda_1 dE_x -$$

$$- \frac{(1-f)^2 N+H}{N+H} \operatorname{tg}\varphi_1 \sin\lambda_1 dE_y + dE_z$$

$$dH = -\Delta x \cos\varphi_1 \cos\lambda_1 - \Delta x \cos\varphi_1 \sin\lambda_1 \Delta z \sin\varphi_1 + [1-(1-f)^2 N \sin\varphi_1 \cos\varphi_1 \sin\lambda_1 dE_x -$$

$$- [1-(1-f)^2 N \sin\varphi_1 \cos\varphi_1 \cos\lambda_1 dE_y - (a^2/N+H)dk - \frac{a}{N} da + (1-f)^2 N \sin^2\varphi_1 \frac{df}{1-f}]$$

Fórmulas Completas de Molodensky (Pierozzi, 1989)

8. Parâmetros de Transformação entre Sistemas Adotados no Brasil

SAD69	WGS84	CÓRREGO	SIRGAS
Translação X	-66,87m	+138,70m	-67,348m
Translação Y	+4,37m	-164,40m	+3,879m
Translação Z	-38,52m	-34,40m	-38,223m

SIRGAS	WGS84	CÓRREGO	SAD 69
Translação X	+ 0,478m	+206,048m	-67,348m
Translação Y	+0,491m	-168,279m	+3,879m
Translação Z	-0,297m	-3,823m	+38,223m

CÓRREGO	WGS84	SIRGAS	SAD 69
Translação X	-205,57m	-206,048m	-138,70m
Translação Y	+168,77m	-168,279m	+164,40m
Translação Z	-4,12m	-3,823m	+34,40m

WGS84	SIRGAS	CÓRRGO	SAD 69
Translação X	-0,478m	-205,57m	+ 66,87m
Translação Y	-0,491m	+168,77m	-4,37m
Translação Z	+0,297m	-72,623m	+38,52m

Referências Bibliográficas

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual_nocoas/representacao.html>.

TRANSFORMAÇÃO ENTRE REFERENCIAIS GEODÉSICOS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em <http://www.ufrgs.br/engcart/Teste/refer_exp.html>.

MEC - MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. SECRETARIA DE EDUCAÇÃO MÉDIA E TECNOLÓGICA. CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DO ESPÍRITO SANTO. Geodésia & Cartografia. Adelson de Azevedo Moreira Engº Agrimensor, professor do CEFETES João Henrique Fardin Engº Civil / Mecânico, professor do CEFETES - ABRIL – 2005.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default.shtm>>