

Aula 7

REDES GEOGRÁFICAS E COORDENADAS GEOGRÁFICAS

META

Apresentar a rede geográfica, discutir os referenciais de localização utilizados no ensino de Geografia e mostrar elementos em cartas topográficas utilizando a rede de coordenadas geográficas.

OBJETIVOS

Ao final desta aula, o aluno deverá:

- estabelecer a importância da rede geográfica e dos referenciais de localização no ensino de geografia;
- distinguir o funcionamento do sistema de coordenadas geográficas no processo de localização absoluta de fenômenos; e
- determinar a localização de fenômenos através da rede de coordenadas presentes nos mapas.

PRÉ-REQUISITOS

A aula 6, que contém a explicação sobre o uso da bússola como instrumento base na localização de um elemento no espaço.

Antônio Carlos Campos

INTRODUÇÃO

Prezado aluno, na aula anterior você viu a importância da bússola para definir a localização de objetos na Terra e de elementos em carta topográfica. Agora chegou o momento de avançar neste assunto, porque o conhecimento destes elementos será obtido a partir da utilização da rede de coordenadas geográficas. No incessante processo de tentar localizar de forma absoluta um determinado elemento na superfície terrestre, a instituição de um sistema de coordenadas se tornou um método bastante conveniente de registro. Portanto, qualquer posição, seja em qual dimensão for, terá apenas uma única representação no espaço, vez que, dois pontos não podem ocupar o mesmo lugar no espaço

LEVANTANDO ALGUMAS QUESTÕES

Em um espaço unidimensional, onde só se percebe uma dimensão, por exemplo, um comprimento ou uma distância entre dois pontos, necessita-se apenas de um ponto origem, e uma escala de unidade que permita, através dessa origem e a quantidade de unidades medida na escala, estabelecer o posicionamento de um ponto a outro. Neste caso, a coordenada é definida pela distância da origem até o ponto, em unidades especificadas.

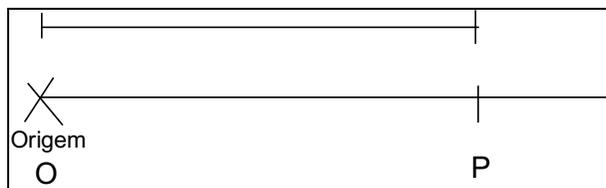
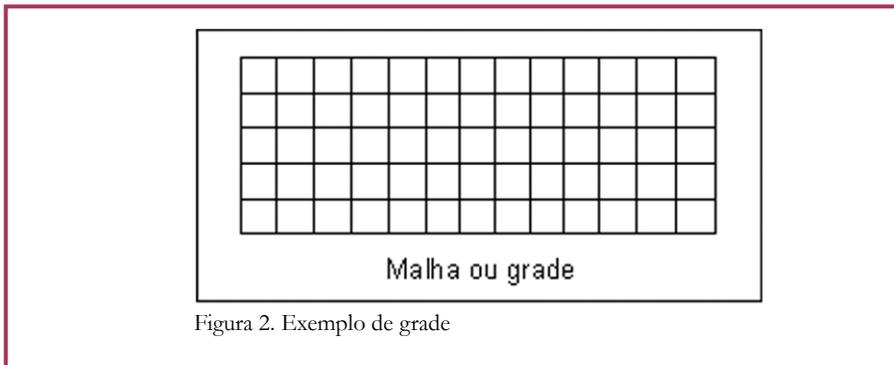


Figura 1 - Coordenada unidimensional

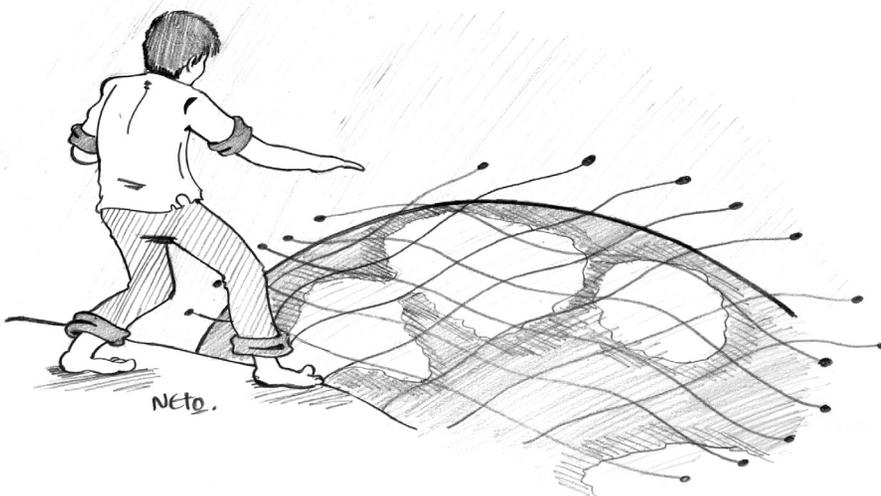
Existindo um plano, define-se um sistema bidimensional, onde a sua definição é dada por duas dimensões, estabelecendo uma origem única para cada dimensão. Utiliza-se um sistema de coordenadas, que permita, portanto, a locação conjunta dessas duas dimensões. Em termos de um mapa, isto será possível pela definição de uma grade de referência. Um sistema de coordenadas genérico compreende conjuntos ou famílias de linhas que se interceptam umas às outras, formando uma rede ou malha quando desenhada.



REDES

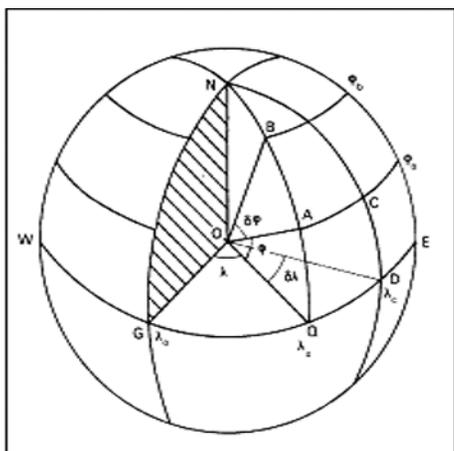
A posição de um ponto no espaço é definida apenas por duas coordenadas. Duas retas que se interceptam definem um plano, que também é definido por uma reta e um ponto, dois ou três pontos. Portanto, por coordenada entende-se qualquer conjunto que determina unicamente a posição de um ponto no espaço. A coordenada pode ser uma distância, um ângulo, uma velocidade, um momento etc, baseada numa rede geográfica ou grade de referência.

Entende-se por rede geográfica o conjunto formado por paralelos e meridianos, ou seja, pelas linhas de referência que cobrem o globo terrestre com a finalidade de permitir a localização absoluta de qualquer ponto sobre sua superfície, bem como orientar a confecção de mapas. Existe uma infinidade de maneiras de se referenciar pontos sobre um plano, entre si. Algumas são mais apropriadas ou mais simples, adaptando-se melhor aos propósitos de localização a que se prestam. Dentre eles, o mais usual é o das coordenadas geográficas (latitude e longitude).



SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS

Esse sistema de coordenadas é artificial; e foi organizado para atender às necessidades do homem. As suas bases utilizadas são a geometria esférica e o eixo de rotação da Terra. Os pólos são definidos como pontos de interseção entre o eixo de rotação da Terra e a superfície da esfera. Portanto, as medidas básicas das coordenadas são feitas através de observações astronômicas que estabelecem a latitude e a longitude. Sem dúvida, o sistema de coordenadas não é plotado nem visível no terreno.



Na esfera o raio vetor é constante, logo, qualquer ponto na superfície poderá ser então localizado pela definição apenas dos dois ângulos vetoriais. São escolhidos para isto dois planos ortogonais que se interceptam no centro da esfera, considerados então como origem.

Um plano já foi definido e é o plano do Equador. O Equador é utilizado como origem para as medições do ângulo vetorial conhecido como latitude. O outro plano é um plano arbitrário, definido pelo meridiano que passa pelo centro ótico da luneta do Observatório de Greenwich, utilizado para as medições do ângulo vetorial denominado de longitude.

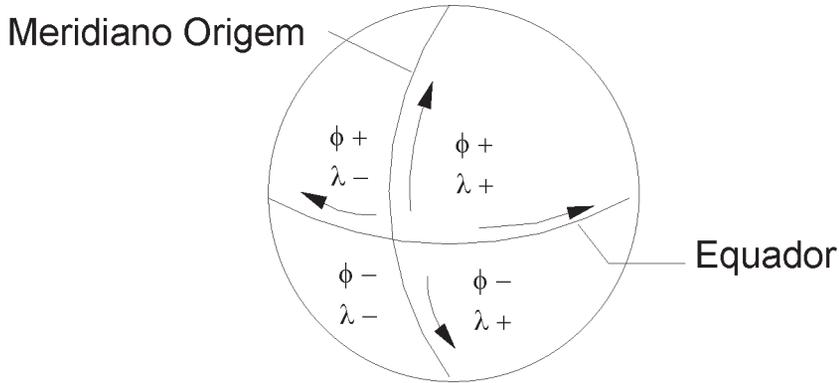
Formalmente define-se a latitude de um lugar como o ângulo vetorial entre o Equador e o lugar, medido sobre o meridiano que o contém, ângulo $A\hat{O}Q$. É positiva se for medida do Equador para o norte e negativa se medida em direção ao pólo Sul. A latitude é expressa em unidades sexagesimais, ou seja, graus, minutos e segundos. É notada pela letra grega j (ϕ).

Para qualquer valor de latitude j , existirá uma infinidade de pontos na superfície terrestre, que fazem este mesmo ângulo com o Equador. O lugar geométrico desses pontos é a circunferência de círculo, cujo plano é paralelo ao Equador. Assim, essa circunferência é chamada de paralelo de latitude ou simplesmente paralelo.

Assim, os planos de todos os paralelos são paralelos ao Equador e compartilham o mesmo eixo. Segue-se que qualquer paralelo será um pequeno círculo, porque o Equador é um círculo máximo.

A longitude é o ângulo vetorial definido pelo plano do meridiano origem e o plano do meridiano passante pelo lugar, medido sobre qualquer paralelo ao Equador, uma vez que este ângulo é esférico. A escolha de um meridiano origem é arbitrária. Porém, é mundialmente aceita a definição do meridiano que passa pelo eixo da luneta do Observatório de Greenwich, na Inglaterra, como meridiano origem para as medições de longitude. Existem, no entanto, países que ainda adotam outros meridianos como origem de suas coordenadas, exceto para navegação, devido a ser padronizado internacionalmente.

Será positiva se estiver a este de Greenwich e negativa se estiver a oeste. É notada pela letra grega λ (lâmbda), sendo também medida em unidades sexagesimais.

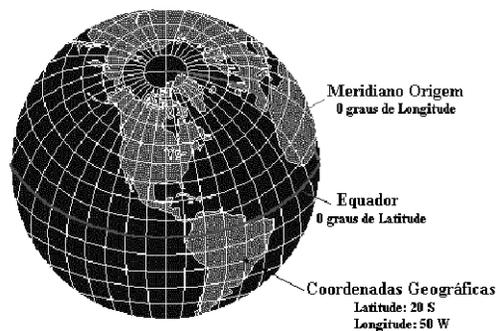


A definição de coordenadas de um ponto sobre a superfície terrestre será dada então pela dupla (φ, λ) .

A malha resultante de paralelos e meridianos define o sistema de coordenadas geográficas conhecidas como graticula, seja com referência à superfície terrestre, seja em relação à sua representação em um plano através de uma projeção cartográfica. Uma interseção de graticula define um ponto na superfície de coordenadas geográficas (φ, λ) . Esta convenção é internacionalmente aceita.

As coordenadas geográficas constituem a forma mais eficiente de prover uma referência de posicionamento unívoco em Geografia, navegação e outras ciências afins.

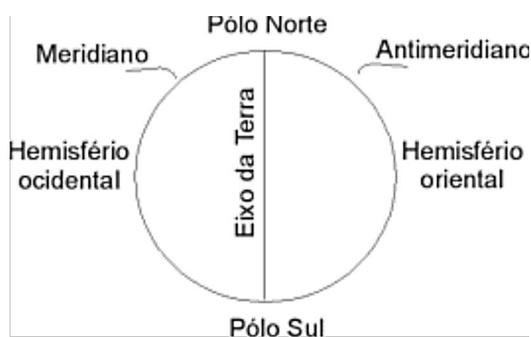
A rede de paralelos e meridianos (graticula) efetua o controle geométrico para o uso de um mapa, reconhecida universalmente a diferentes níveis de utilização.



ALGUNS TERMOS TÉCNICOS NECESSÁRIOS NO ESTUDO DAS LONGITUDES E DAS LATITUDES

Meridiano superior refere-se à linha norte-sul da rede geográfica que passa pelo local ao qual estivermos fazendo qualquer referência; é aquele que contém o zênite de um lugar. É, na realidade, a linha que chamamos de meridiano.

Pontos da Vertical do Lugar: o ponto ($Z = \text{ZÊNITE}$) se encontra no infinito superior, e o ponto ($Z' = \text{NADIR}$) no infinito inferior da vertical do lugar. Estes pontos são importantes na definição de alguns equipamentos topográficos, como os teodolitos, que têm a medida dos ângulos verticais com origem em Z ou em Z' .



Meridiano inferior é o meridiano que se encontra diametralmente oposto ao meridiano superior; é aquele que contém o Nadir. Hoje em dia, prefere-se chamá-lo anti-meridiano. Fica sempre no hemisfério contrário ao do meridiano superior.

Meridiano origem é aquele tomado como base para determinação dos hemisférios oriental e ocidental da Terra. A partir dele temos 180 graus tanto para leste como para oeste. O seu anti-meridiano (180 graus) serve como base para o traçado da Linha Internacional da Mudança de Data.

Também com relação às latitudes existem alguns paralelos que recebem nomes especiais, sendo definidos a partir de situações estratégicas como o movimento de rotação da Terra (define a posição do eixo) e o movimento de translação (que demarca o plano da eclíptica).

Equador é o paralelo cujo plano é perpendicular ao eixo da Terra e está equidistante dos pólos geográficos, dividindo o globo terrestre em dois hemisférios: norte e sul. Além do Equador, existem outros paralelos que



ocupam posições geograficamente estratégicas, recebendo também nomes especiais. São eles: Trópico de Câncer, Trópico de Capricórnio, Círculo Polar Ártico e Círculo Polar Antártico.

O critério para determinação da posição desses paralelos está relacionado com o movimento de rotação da Terra, com a inclinação do eixo do planeta e ainda com o movimento de translação, o qual determina o plano de eclíptica. O movimento de rotação determina o surgimento do eixo, cujas

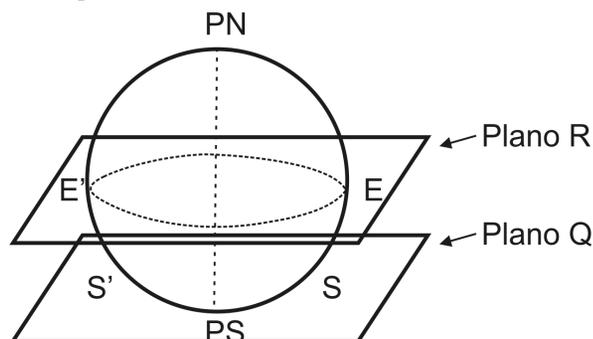
extremidades são os pólos geográficos. Por sua vez, a inclinação do eixo em relação ao plano da eclíptica tem relação com um dos movimentos da Terra que faz variar esta inclinação em 40 mil anos, determinando a posição dos paralelos especiais.

Pela figura ao lado podemos observar que o eixo da Terra (diâmetro em torno do qual nosso planeta gira, cujas extremidades são os pólos norte e sul) é perpendicular ao plano do Equador e que o eixo da eclíptica é igualmente perpendicular ao plano da eclíptica. Os dois eixos formam um ângulo de 23 graus e 27 minutos entre si, o mesmo ocorrendo com os planos do Equador e da eclíptica. O plano da eclíptica é aquele que contém o círculo da esfera celeste delimitado pela eclíptica (círculo máximo da esfera celeste que corresponde à órbita da Terra em volta do Sol), sendo que o ponto em que ele toca a superfície terrestre determina a posição dos trópicos de Câncer e de Capricórnio. O ponto em que o eixo da eclíptica toca a superfície terrestre determina a posição dos círculos polares: Ártico e Antártico.

DETERMINAÇÃO DA LATITUDE

O Equador é um círculo imaginário (EE') determinado, na superfície terrestre, por um plano (R) perpendicular ao eixo de rotação (a linha PNPS entre os pólos) e que passa pelo centro da Terra (ponto "C") (ver a figura ao lado). Um outro plano qualquer paralelo ao do Equador determinará uma outra linha (S-S') circular que será chamada de paralelo de latitude. Os paralelos de latitude, ou simplesmente paralelos, são todos os círculos determinados por planos paralelos ao plano do Equador.

Entre o Equador e cada pólo temos 90 graus de latitude e podemos constatar isso através da medição do ângulo E-C-P (Equador - Centro - Pólo) que está na figura 3. A linha curva entre E e PN, seguindo a superfície da Terra, é um arco de um meridiano. A latitude é contada de 0° a 90° a partir do Equador em direção aos pólos, sendo positiva para o norte e negativa para o sul. Normalmente, se indica a letra N (norte) ou S (sul) em vez de dizer "positiva" ou "negativa", respectivamente. Cada grau é subdividido em 60 minutos, e cada minuto em 60 segundos. Portanto, no exemplo da figura acima, o ponto "P" tem as seguintes coordenadas: 50 graus de latitude norte e 110 graus de longitude leste.



CÁLCULO DA LATITUDE

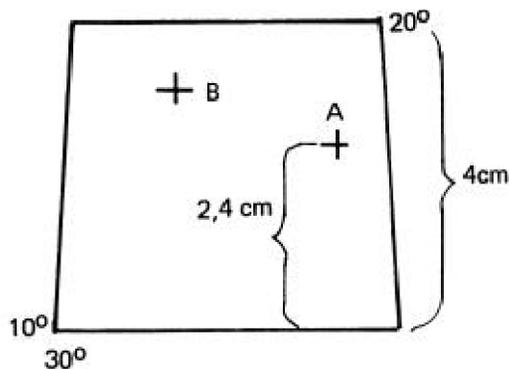
Para calcular a latitude de um ponto compreendido entre duas latitudes conhecidas, é evidente seguir as seguintes instruções, tomando muito cuidado com as frações de graus, as quais devem ser expressas em minutos.

- 1- Observar qual dos paralelos possui o menor valor e qual é a direção de aumento (para baixo no hemisfério sul, ou para cima no hemisfério norte); A direção do aumento é para cima, portanto, a zona está no hemisfério norte;
- 2- Subtrair o menor valor ou maior, obtendo a diferença total (DT) em graus (ou em minutos); $20^{\circ} - 10^{\circ} = 10^{\circ}$
- 3- Medir perpendicularmente a distância entre dois paralelos para obter a medida total (MT); 4 cm
- 4- Medir perpendicularmente a distância entre o paralelo menor e o ponto do qual se deseja calcular a latitude, isto dá a medida parcial (MP); Do paralelo menor para o ponto A, a distância é de 2,4 cm;
- 5- Armar uma regra de três para calcular a diferença parcial (MP);
- 6- Somar o resultado obtido (DT) com o valor do menor paralelo. $10^{\circ} + 6^{\circ} = 16^{\circ}$ N (porque a latitude cresce para o norte).

$$\frac{\text{---}}{\text{MP}} = \frac{\text{---}}{\text{DP}} \quad \text{ou} \quad \frac{\text{---}}{\text{---}} = \frac{\text{---}}{\text{MT}}$$

Ou seja, $10^{\circ} - 4$ $X = \frac{2,4 \times 10}{4} = 6^{\circ}$

$X - 2,4$ 4



DETERMINAÇÃO DA LONGITUDE

Ver glossário no final da Aula

Perpendiculares ao plano do Equador existem os planos **longitudinais**, os quais também passam pelos pólos e centro da Terra (veja a Figura 4). O primeiro plano, por convenção, é aquele que também passa pelo telescópio astronômico da cidade de Greenwich na Inglaterra. Todos os outros planos formam um ângulo com o plano de Greenwich, ao longo do eixo polar.

A linha curva onde um plano longitudinal toca a superfície da Terra forma um círculo composto de dois semicírculos denominados “linhas de longitude” ou “meridianos”. Portanto, cada meridiano tem um “anti-

meridiano”, que está composto na esfera, e com o qual completa o chamado “círculo máximo” (a linha do Equador também é um círculo máximo, porém as outras paralelas não são). O meridiano de Greenwich recebe, por convenção, o valor de zero grau (0°), portanto, seu anti-meridiano é a longitude de 180° (sendo que 360° completa um círculo).

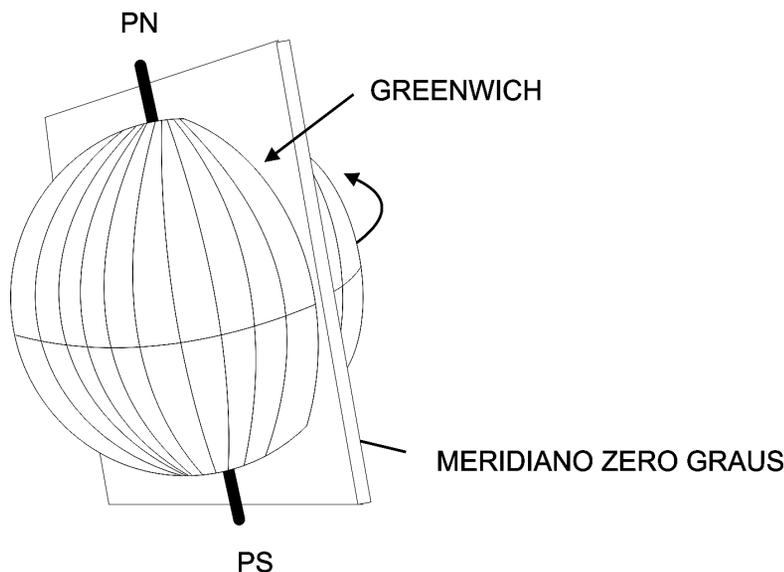


Figura 10 – Meridianos de longitude.

A longitude é contada de 0° a 180° a partir do meridiano de origem, positivamente para o leste e negativamente para o oeste. A longitude pode ser expressa em tempo, pois é determinada, em Astronomia, pelo intervalo de tempo que medeia entre a passagem de um astro qualquer pelo meridiano de origem e pelo meridiano considerado, em consequência do movimento da Terra em torno do seu eixo.

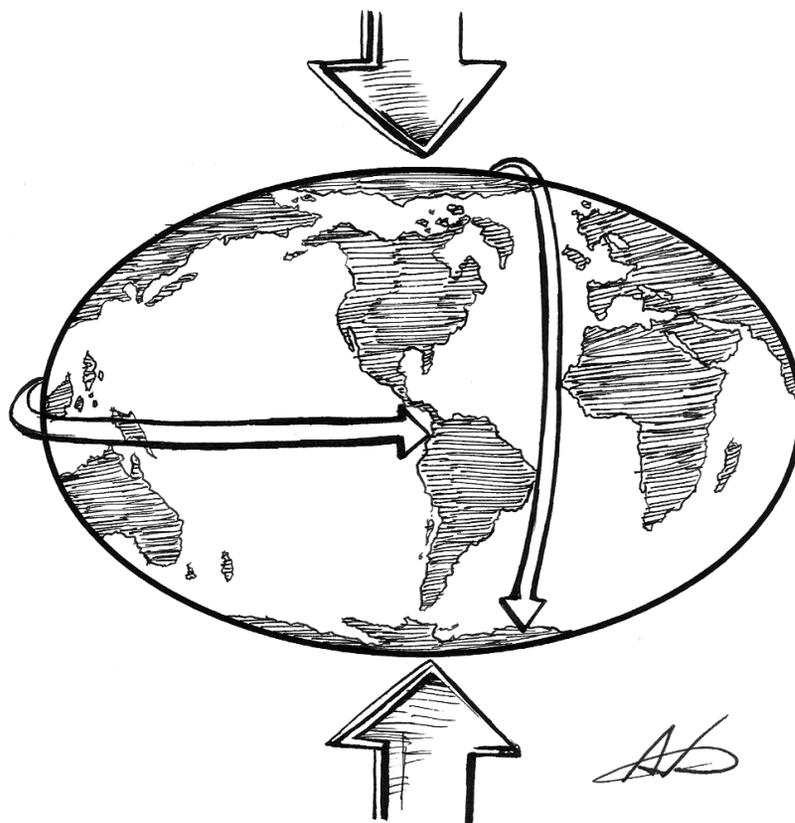
A partir dessas explicações, torna-se mais fácil o entendimento da definição da longitude: o arco do Equador compreendido entre o meridiano de um lugar e o primeiro meridiano (Greenwich). Como exemplo, ver a figura 4 e figura 2 e observar o ângulo formado por P.

Na realidade, a Terra não é uma esfera, e sim uma superfície de revolução, chamada **geóide**, achatada nos pólos e um pouco mais dilatada no Equador. Para a cartografia de precisão são necessários os trabalhos de geodésia, os quais desenvolvem cálculos de compensação para estas deformações. Algumas medidas importantes estão na tabela 1.

O comprimento de grau de latitude (medida norte-sul ou sul-norte) é de 110.573 km no Equador; nos pólos esta medida aumenta para 111.697 km. A diferença de 1.124 km em uma distância de 10.000 km (Equador-Pólo) é importante para a geodésia, porém pouco relevante para a grande

Ver glossário no final da Aula

maioria dos usuários de cartas. Para estes, o maior cuidado deverá ser nas medições realizadas com réguas comuns, as quais apresentam maior probabilidade de erro.



Portanto, nesta publicação a superfície da Terra será considerada esférica, sobre a qual um grau de latitude equivalerá 111 km em qualquer parte do globo, indistintamente. No Equador um grau de longitude também equivale a 111 km. Porém, devido à convergência nos pólos, o comprimento de um grau de longitude fora da linha do Equador será proporcional ao cosseno da latitude do lugar (tabela 2).

Observa-se que um grau de longitude não é constante e que a variação é maior quanto mais próximo dos pólos. Este fato dificulta em muito o uso das coordenadas geográficas para medidas comuns.

Os próximos parágrafos e a figura 8 mostram, de forma simplificada, como calcular as coordenadas geográficas de qualquer ponto de uma carta topográfica.

ASPECTOS	DIMENSÕES	APROXIMADAS
- Raio da Terra no Equador:	6.378.38 km	} 6.370 km (Diâmetro: 12.750 km)
- Raio da Terra nos Pólos:	6.359.90 km	
- Elipsidade (Achatamento)	1:297	} 1/300
- Circunferência Equatorial:	40.102.84 km	} 40.000 km
- Circunferência Mediana:	40.035.64 km	
- Comprimento de 1° (Longitude) no Equador:	}	} 111 km
- Comprimento de 1° (Latitude) no Equador:		
- Comprimento de 1° (Latitude) nos Pólos:		
- Superfície total da Terra (Aproximada):	510.100.000 km²	} 510 milhões de km

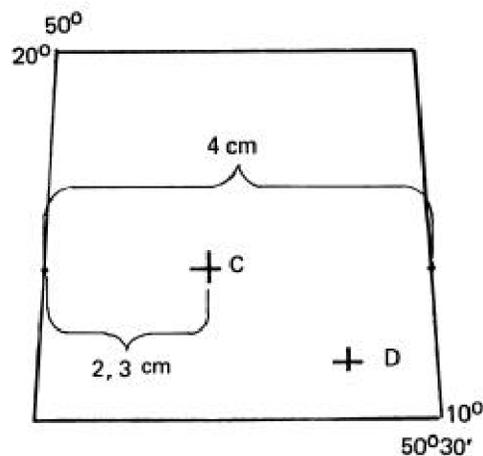
Tabela 1 - Dimensões básicas da Terra

CÁLCULO DA LONGITUDE

A longitude utiliza a mesma metodologia aplicada na latitude, só que agora na direção horizontal. A única diferença é que a medida total (MT) - entre os dois meridianos - deve ser calculada à altura do ponto do qual desejamos saber a longitude (C). Isto é porque a convergência dos meridianos resulta em medidas totais (MT) diferentes quando feitas na latitude superior, inferior ou na latitude do ponto (C). Ver a próxima figura.

$$\frac{30' - 4}{X - 2,3}$$

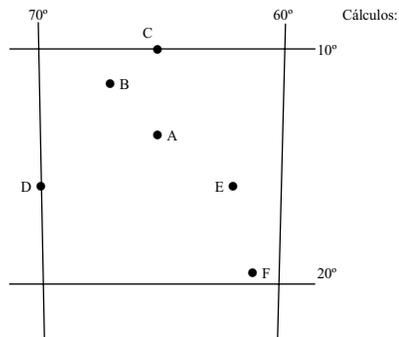
$$X = \frac{2,3 \times 30}{4} = 17'$$



A longitude do ponto C = 50°17' E (porque a longitude, neste caso, cresce para leste).



1. Determinação de coordenadas geográficas sobre cartas.



2. Lançamento (plotagem) de coordenadas geográficas sobre cartas:
Lançar o ponto G de latitude 12°30'S e longitude 62°30'W.

3. Sabendo que na carta abaixo as latitudes e longitudes da quadrícula do documento estão expressas na borda, calcule as coordenadas geográficas das três povoações representadas (Jatiuna, Itajuru e Aiquara).



COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

Observe que você pode traçar linhas de referência e medir distância em centímetros e depois fazer uma regra de três para comparar quantos centímetros equivalem a quantos graus, ou no caso, minutos de grau. A título de recordação das séries iniciais, lembre-se que 1° (um grau) equivale a $60'$ (sessenta minutos) e que $1'$ (um minuto) equivale a $60''$ (sessenta segundos de grau).

CONCLUSÃO

A localização através das coordenadas geográficas tem seu uso intensificado principalmente com objetivos estratégicos, de controle espacial e até mesmo nos momentos de guerra. Algumas mostras do conhecimento das coordenadas foram realizadas durante as últimas guerras ou ataque norte-americanos no Iraque e no Afeganistão.

Durante a Guerra do Golfo em 1991, o que chamou atenção foi a precisão com que os pilotos dos caças a jato destruíam pontes, pistas de pousos, centrais de energia elétrica, centros de telecomunicações, enfraquecendo o Iraque. Mais recentemente, na guerra contra o Afeganistão, os americanos atingiam os pontos estratégicos com precisão.

Agora imagine você e mais um grupo de pessoas, em um navio, navegando pelo Oceano Atlântico em direção a África. De repente ocorre um defeito nos motores do navio. O comandante tem que pedir socorro. Como ele fará para que o navio seja localizado na imensidão do Oceano Atlântico? O que estes fatos têm em comum, é que todos eles requerem conhecimentos sobre Coordenadas Geográficas (latitude e longitude).

Atualmente, um aparelho do tamanho de uma calculadora de bolso se transformou no grande recurso para se localizar um ponto na superfície da Terra. É o GPS, sigla em inglês para sistema de posicionamento global, que já está sendo utilizado em carros de passeio. No mostrador do aparelho aparecem as coordenadas e a altitude do local, obtidas através de sinais enviados por um conjunto de satélites (24 satélites). É esse sistema acoplado aos aviões de combate que permite atingir o alvo desejado com grande precisão, como por exemplo, na guerra dos EUA, contra o Afeganistão. No Brasil este sistema é utilizado pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), para orientação aérea e marítima.



(Fonte: <http://br.geocities.com>).



RESUMO

Nos mapas, paralelos e meridianos apresentam-se como linhas retas ou curvas, dependendo do sistema de projeção adotado (assunto que veremos mais tarde). De modo geral, os paralelos mantêm uma disposição horizontal, enquanto que os meridianos dispõem-se no sentido vertical. Dessa forma, eles formam a grade ou rede geográfica pela qual podemos obter a localização absoluta de um determinado objeto na superfície terrestre. As coordenadas geográficas ou planas, azimutais e cartesianas são os pontos de amarração de um documento cartográfico.



Fundação do Observatório Astronômico de Greenwich, meridiano padrão de longitude (1672-1678) (Fonte: <http://www.observatorio.ufmg.br>).



PRÓXIMA AULA

Mais adiante você verá as representações da realidade nos mapas e cartas.

REFERÊNCIA

ANDERSON, Paul S. et all. **Princípios de Cartografia Básica**. v. 1. Illinois State University.
ZIMBACK, Célia R.L. **Apostila de Cartografia**. Botucatu: FCA, Unesp, 2003.

GLÓSSARIO

Latitude geográfica: Consiste no 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: 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 (leste), 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 $+180^\circ$.

Geóide: Superfície equipotencial do campo gravimétrico da Terra que coincide com o nível médio do mar e que se estende por todos os continentes, sem interrupção.