

# Aula 6

## O USO DA BÚSSOLA E A DECLINAÇÃO MAGNÉTICA DA TERRA

### **META**

Explorar o uso da bússola no processo de localização, posicionamento e relação entre objetos que possam ser representados graficamente.

### **OBJETIVOS**

Ao final desta aula, o aluno deverá:

- localizar elementos na paisagem, determinando as relações angulares entre eles;
- identificar os avanços técnicos que auxiliaram na definição da localização, utilizando a bússola como instrumento de base;
- determinar a declinação magnética e a localização de elementos em carta topográfica, observando as descrições estabelecidas no momento da confecção do documento.

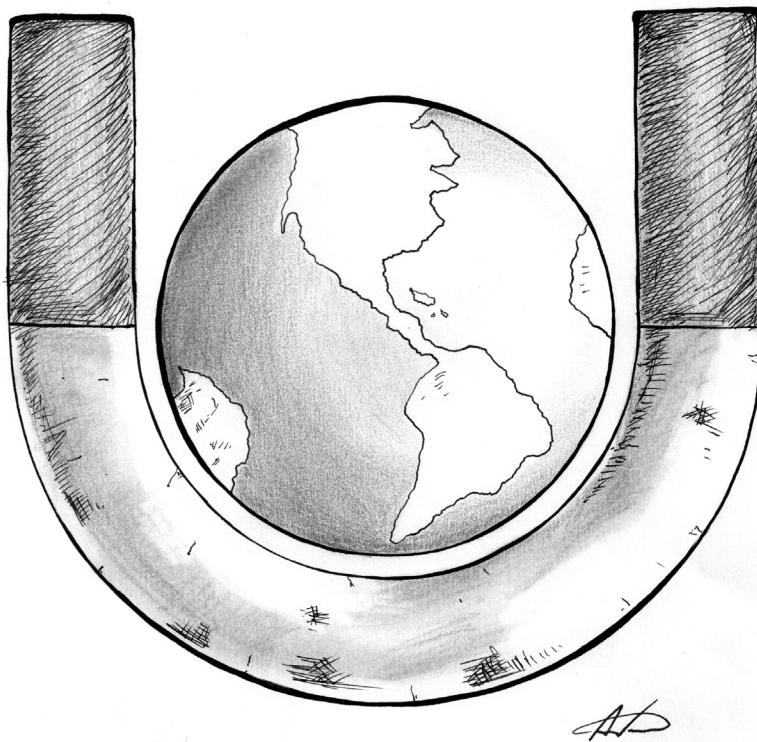
### **PRÉ-REQUISITOS**

Conhecimento das normas básicas de posicionamento e direção terrestre.

**Antônio Carlos Campos**

### INTRODUÇÃO

Caro aluno, vimos na aula anterior que a relação entre os elementos de uma representação é feita de acordo com o posicionamento em que eles se encontram. Portanto, por meio de diversas análises sobre o posicionamento dos elementos é que a Geografia chega a algumas conclusões. Nesta aula, você conhecerá a história da bússola, instrumento usado para determinar direções horizontais, além de diferenciar os pólos magnéticos dos pólos geográficos.



## BÚSSOLA

Não se sabe ao certo quem teve primeiro a idéia de deixar uma pedra de minério de ferro ionizado indicar o Norte. Estudiosos acreditam que os chineses foram os primeiros a explorar o fenômeno. “Si Nan” é considerada como a primeira bússola e significa “O Governador do Sul”. Ela é simbolizada por uma concha cuja pega aponta para o Sul.

Como a concha era bastante imprecisa, os chineses começaram a magnetizar agulhas de modo a ganhar mais precisão e estabilidade. De acordo com alguns escritos chineses, as primeiras bússolas foram utilizadas no mar por volta do ano 850. A invenção foi então espalhada pelo mundo por astrônomos e cartógrafos para o ocidente até aos indianos, muçulmanos e europeus.

A bússola foi desenvolvida através dos séculos, e um avanço considerável foi conseguido quando se descobriu que uma fina peça de metal podia ser magnetizada, esfregando-a com minério de ferro.

O passo seguinte foi conseguir envolver e encerrar a agulha num invólucro cheio de ar e transparente, o chamado invólucro da bússola. E desta forma a agulha estava protegida. Inicialmente, as agulhas das bússolas “dançavam” bastante e demoravam muito tempo a estabilizar. As bússolas modernas são instrumentos de precisão, e a sua agulha, geralmente encerrada num invólucro cheio de líquido, rapidamente se posiciona na direção norte-sul.

A bússola atual é uma caixinha circular (cápsula) de material transparente. A agulha encontra-se equilibrada sobre um pino e tem livre movimento horizontal, permitindo que dê voltas de 360 graus. Como a agulha é imantada, ela aponta para o norte e para o sul magnético. Ela possui uma das pontas diferenciada, pintada, por exemplo; esta ponta da agulha lhe indicará o norte. Nas boas bússolas, o interior da cápsula está cheio de um líquido viscoso, destinado a diminuir a “tremedeira” da agulha. As bússolas destinadas a serem sobrepostas aos mapas são feitas em acrílico transparente.

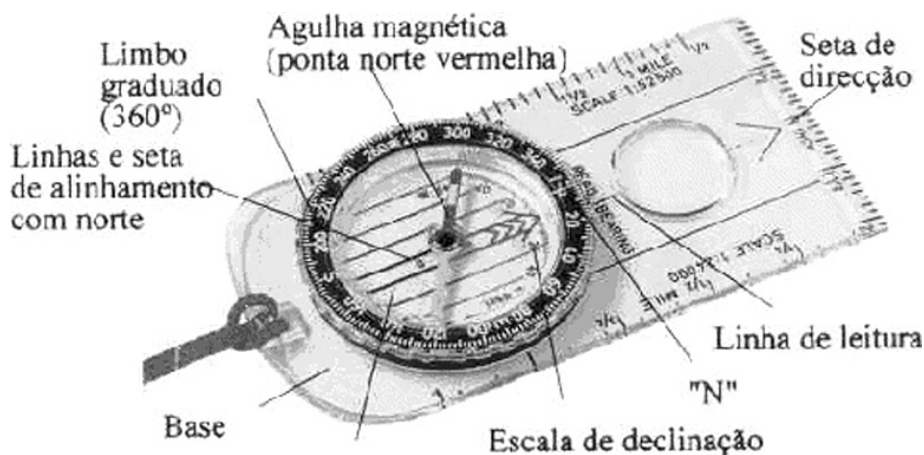
Porém, sabe-se que pólos opostos se atraem. Sabendo disso, não é muito difícil deduzirmos que o pólo sul magnético fique no norte, e o pólo norte magnético fique no sul. Isso explica uma bússola apontar para o norte. Na verdade, ela aponta para o sul magnético, que se encontra ao norte.

Em torno da cápsula, está um anel giratório graduado denominado limbo. No fundo da cápsula há uma série de linhas paralelas. As linhas mais finas servem para alinhar a bússola (ou a cápsula) às linhas norte-sul da grade de coordenadas do mapa. As duas linhas mais centrais são enfatizadas (mais grossas, cor diferente, ou um desenho especial). A faixa entre estas linhas internas chama-se “seta-guia”. A seta-guia normalmente está em perfeito alinhamento com o 0 (zero) ou “N” do limbo. Mas alguns modelos de búss-

sola permitem que a seta-guia seja ligeiramente desviada, para compensar a declinação magnética. Sobre a placa-base da bússola, partindo da cápsula há uma seta apontando para a extremidade mais distante: esta é a Linha-de-Fé.

O limbo, dependendo do tamanho da bússola, é graduado de grau em grau ou de 2 em 2 graus, ou mesmo mais. Quanto menor o diâmetro do limbo, mais graus haverá entre cada par de marcas. Assim, comprar uma bússola muito pequena é desnecessário. Também é preciso evitar comprar uma bússola que não tenha um limbo giratório.

Normalmente a escala do limbo é em graus. Esta escala vai de  $0^{\circ}$  a  $360^{\circ}$  (ou a marca N, no limbo), começando e terminando no mesmo ponto, denominado norte-do-limbo. Os valores lidos no limbo são chamados de “azimutes magnéticos”.



(Fonte: <http://saladeaula.terapad.com>).

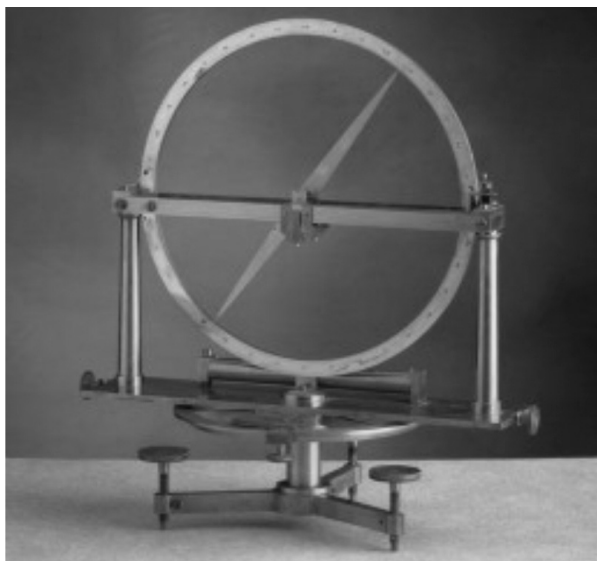
Ver glossário no final da Aula

**William Gilbert** foi quem propôs que a origem da orientação das bússolas com o norte tinha sua origem no fato de que a própria Terra se comporta como um ímã. Essa idéia é muito estimulante, mas para Gilbert isso não era suficiente: ele fez suas afirmações com base em fatos experimentais, que apresentaremos a seguir. É importante saber que embora se possa até questionar a validade dos argumentos de Gilbert, sua preocupação de embasar a teoria em fatos significa um grande passo na formação de uma verdadeira metodologia científica. A obra de Gilbert influenciou significativamente Galileu, que aproveitou a metodologia do trabalho e acrescentou, além da experimentação controlada, uma segunda ferramenta crucial para a física: as medidas matemáticas.

**Magnetização espontânea após aquecimento e resfriamento (Septentrio significa Norte e Auster significa Sul)**

As duas experiências serviram como base para a afirmação de que a Terra se comporta como um ímã. A primeira delas é a magnetização espontânea, já conhecida pelos chineses muitos séculos antes. Esse é um fenômeno que acontece, por exemplo, com estruturas metálicas de construções que estejam orientadas na direção norte-sul. Gilbert descreveu a magnetização provocada após o aquecimento e posterior resfriamento de uma barra de ferro orientada na direção norte-sul. Pancadas na barra de ferro também produzem o efeito. A gravura acima, de seu livro *De Magnete*, ilustra exatamente isso (Septentrio significa Norte e Auster significa Sul).

Para Gilbert, isso era um indício de que a Terra se comporta como um ímã. Por quê? Simplesmente porque um ímã comum provoca exatamente os mesmos efeitos em uma barra de ferro. O que poderia estar magnetizando esse ferro em resfriamento, sempre que orientado na direção norte-sul?



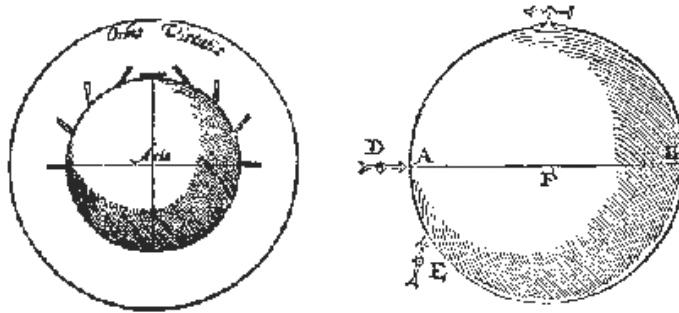
Antiga bússola francesa (Fonte: <http://www.scite.pro.br>).

Outro fato que Gilbert analisou foi a questão da inclinação da agulha da bússola em relação à horizontal. Esse ângulo é chamado de inclinação magnética. Para ver na prática o que isso significa, você precisa ter uma bússola em mãos. Observe qual extremidade da agulha aponta para o norte. Você deverá virar o estojo da bússola de 90 graus de forma que a agulha continue apontando para o norte e o mostrador fique na vertical. Você verá que a agulha não fica na horizontal. A foto da página anterior mostra uma antiga bússola francesa, datada de 1840, especialmente construída para determinar a inclinação magnética.

Fazendo essa experiência na região sudeste do Brasil, deve-se obter um valor em torno de 20 graus. A bússola da foto parece indicar algo próximo de 45 graus. Pois bem. Gilbert encontrou uma explicação genial para este fenômeno. Para isso, ele construiu um ímã em forma de esfera,

que denominou *terrella* (pequena Terra) e verificou em que direção uma agulha apontaria quando estivesse próxima à superfície.

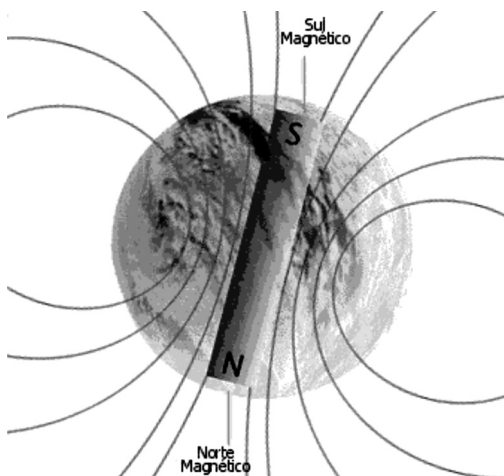
**Imagens da *terrella* de Gilbert, com as agulhas magnéticas. Note que o equador terrestre está posicionado na vertical.**



O comportamento da agulha magnética ao redor da *terrella* tem uma semelhança muito grande com o que ocorre com a inclinação magnética na Terra: no equador, a inclinação é zero, ou seja, a agulha fica paralela ao horizonte. Nos pólos a inclinação é 90 graus: a agulha aponta para o chão. No hemisfério norte, a extremidade da bússola que aponta para o norte aponta também para baixo. E quanto mais ao norte se estiver, mais próximo de 90 graus é esse ângulo de inclinação. O oposto ocorre no hemisfério sul. Tudo isso podia ser perfeitamente verificado na *terrella*.

Para Gilbert, esse fato, somado ao fenômeno da magnetização espontânea, constituía evidência muito forte de que a Terra em si era um grande ímã.

## PÓLOS MAGNÉTICOS VERSUS PÓLOS GEOGRÁFICOS



Talvez você já tenha ouvido falar que os pólos magnéticos da Terra são invertidos em relação aos geográficos, ou alguma frase estranha do tipo. Que confusão é essa? A história na verdade é simples e não passa de um pequeno problema na escolha de nomes. Veja bem: antes de Gilbert ninguém tinha idéia de que a orientação da bússola ocorria porque a Terra age como um ímã. Uma ponta indicava o norte e pronto.

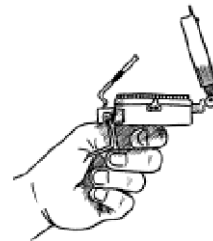
Alguém achou que seria uma boa idéia dar um nome para distinguir os dois pólos do ímã, um que apontava para o norte e outro que apontava para o sul. Se ele fosse um francês, como Peter Peregrinus

(que inventou essa história dos pólos), poderia ter chamado o primeiro de “dinamarquês” e o outro de “africano”, já que um apontava para a Dinamarca e o outro para a África, ou algo assim. Obviamente mais simples foi chamar de pólo norte a ponta que indica o norte e pólo sul aquela que aponta para o sul. Assim esses nomes ficaram.

Acontece que, se a Terra é um grande ímã, e pólos diferentes se atraem, tudo fica estranho: o pólo norte do ímã deve ser atraído pelo pólo sul do ímã-terra, mas alguém definiu que o pólo que aponta para o norte seria chamado de pólo norte. Alguma coisa tem que ser feita! Mudar o nome dos pólos do ímã seria uma alternativa óbvia, mas alguém propôs que mudássemos o nome dos pólos da Terra! O pólo magnético do ímã-terra que fica ao norte foi denominado “pólo sul magnético da Terra” e vice-versa. Assim, os pólos não estão “invertidos”: apenas alguém fez uma péssima escolha de nomes e assim ficou estabelecido.

## MODO DE SEGURAR UMA BÚSSOLA

Ao usar a bússola, deve sempre colocá-la o mais na horizontal possível. Se fizer leituras com a bússola inclinada estará cometendo erros. O polegar deve estar corretamente encaixado na respectiva argola, com o indicador dobrado debaixo da bússola, suportando-a numa posição nivelada.



## NOMENCLATURA DE UMA BÚSSOLA

Nunca se devem fazer leituras com a bússola perto de objetos metálicos ou de circuitos elétricos.

Abaixo você poderá alguns exemplos de objetos e respectivas distâncias que devemos respeitar quando quisermos fazer uma leitura com a bússola.



## DISTÂNCIAS MÍNIMAS DE UTILIZAÇÃO DA BÚSSOLA

Objetos	Distância
linhas de alta tensão	60 m
fios telefônicos	10 m
arame farpado	10 m
carro	10 m
machado	1,5 m

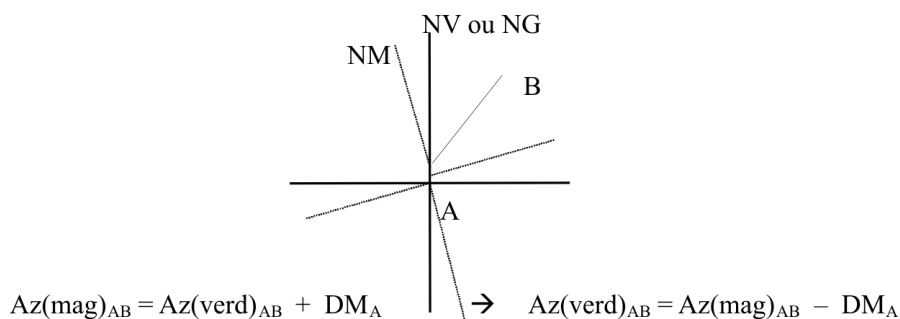


## DECLINAÇÃO MAGNÉTICA (DM)

A declinação magnética consiste no ângulo formado entre a direção do norte magnético e a do norte verdadeiro (geográfico). Podemos dizer que a declinação magnética é ocidental, ou positiva, quando a ponta norte da agulha imantada se volta para o oeste e oriental, ou negativa, quando para leste.

As primeiras observações foram feitas na França, em 1580. Em Paris, nessa época a declinação era de 9° E e foi diminuindo até chegar a um valor 0° em 1660. Daí por diante, passou a ser W (oeste) até 1814, tendo atingido o valor de 22°30', voltando novamente para E (leste). No Brasil, as observações mais antigas datam de 1770 em Cabo Frio; nessa época a declinação era de 13° E e foi diminuindo até chegar a 0° em 1850. A partir daí passou a ser W (oeste), atingindo 14° 20' em 1942 e atualmente continua para W (oeste).

A declinação não é igual para todos os pontos da Terra nem mesmo é constante em um mesmo lugar. As variações podem ser diárias, mensais, anuais e seculares. Existem pontos que possuem a mesma variação anual de declinação magnética. As linhas que ligam esses pontos são chamadas curvas isopóricas. As linhas que ligam pontos de mesma declinação são chamadas isogônicas. As cartas isogônicas fornecidas pelos anuários dos observatórios astronômicos nos permitem determinar a declinação magnética para uma determinada localidade, desde que se conheçam as coordenadas geográficas (latitude e longitude) do lugar desejado.



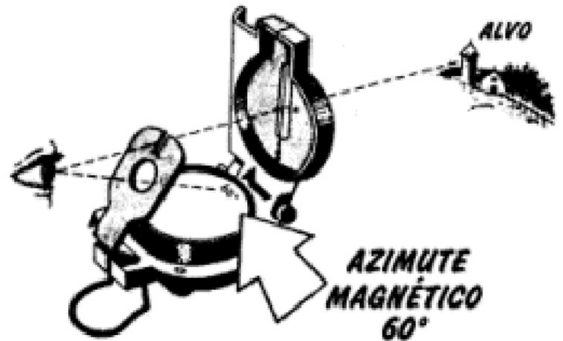
- 1) Azimute magnético: quando medido a partir do norte magnético (indicado pela bússola);
- 2) Azimute geográfico: quando medido a partir do g (direção do Pólo Norte)
- 3) Azimute cartográfico: quando medido a partir do norte cartográfico (direção das linhas verticais das quadrículas na carta).



## COMO DETERMINAR O AZIMUTE MAGNÉTICO DE UM ALVO

Querendo-se determinar o azimute magnético de um alvo usando uma bússola há que, primeiro, alinhar a fenda de pontaria com a linha de pontaria e com o alvo. Depois deste alinhamento, espreita-se pela ocular para o mostrador e lê-se a medida junto ao ponto de referência.

Todo este processo deve ser feito sem deslocar a bússola, porque assim alteraria a medida. O polegar deve estar corretamente encaixado na respectiva argola, com o indicador dobrado debaixo da bússola, suportando-a numa posição nivelada.



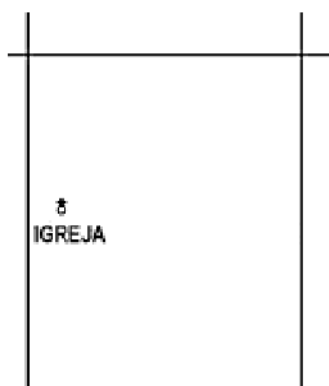
## COMO APONTAR UM AZIMUTE MAGNÉTICO

Querendo apontar um azimute magnético no terreno, para se seguir um percurso nessa direção, por exemplo, começa-se por rodar a bússola, constantemente nivelada, de modo a que o ponto de referência coincida com o azimute pretendido. Isto é feito mirando através da ocular para o mostrador. Uma vez que o ponto de referência esteja no azimute, espreita-se pela fenda de pontaria e pela linha de pontaria, fazendo coincidir as duas, e procura-se ao longe, um ponto do terreno que possa servir de referência. Caso não haja um bom ponto de referência no terreno, pode servir bastão da patrulha que, entretanto, se deslocou para a frente do azimute e se colocou na sua direção.

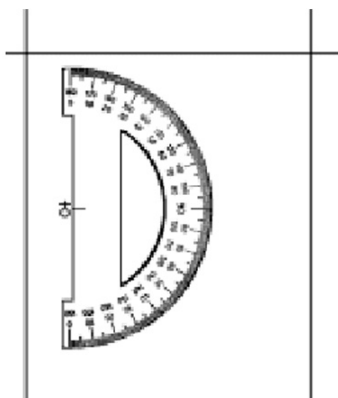
## COMO MARCAR UM AZIMUTE NUMA CARTA

Para marcar um azimute numa carta, basta usar um transferidor. Coloca-se a base do transferidor (linha 0° - 180°) paralela às linhas verticais das quadrículas da carta e o ponto de referência sobre o ponto a partir do qual pretendemos traçar o azimute. De seguida faz-se uma marca na carta mesmo junto ao ponto de graduação do transferidor correspondente ao ângulo do azimute que pretendemos traçar. Por fim, traçamos uma linha a unir o nosso ponto de partida e a marca do azimute.

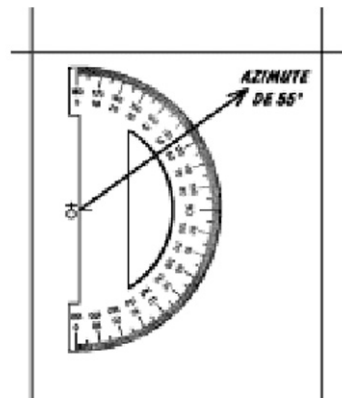
Exemplo para marcar um azimute de 55° a partir de uma igreja



A igreja, a partir da qual se pretende marcar um Azimute de 55°.



O transferidor alinhado com as linhas verticais das quadrículas, e com o ponto de referência sobre a igreja.

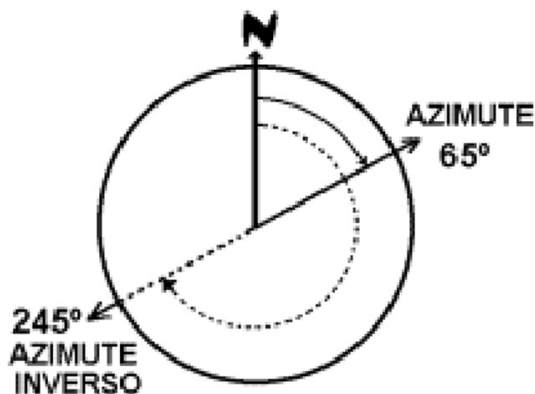


O azimute de 55° traçado a partir da igreja e passando pela marca correspondente aos 55° graus.

### AZIMUTE INVERSO

O azimute inverso é o azimute de direção oposta.

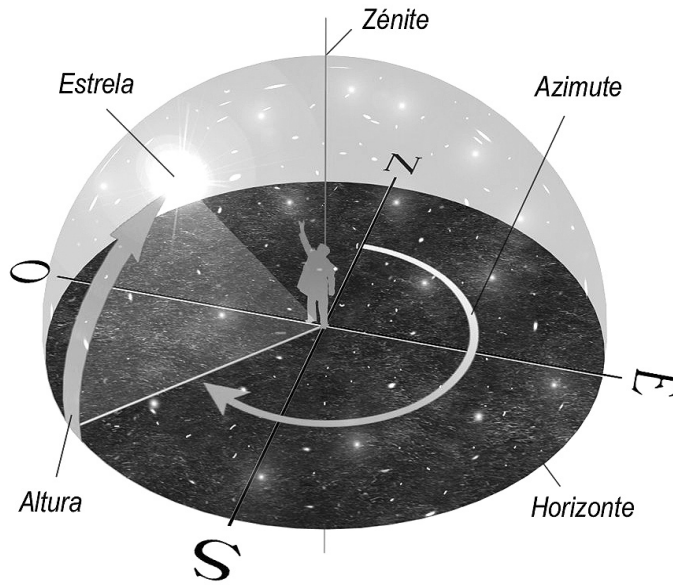
Por exemplo, o azimute inverso de 90° (Este) é o de 270° (Oeste).



Para calcular, basta somar ou subtrair 180° ao azimute em causa, consoante este é, respectivamente, menor ou maior do que 180°.

Exemplos: Como calcular o azimute inverso de 65° e de 310°

Azimute	Operação	Azimute inverso
65°	Como é inferior a 180°, deve-se somar 180°	65° + 180° = 245°
310°	Como é superior a 180°, deve-se subtrair 180°	310° - 180° = 130°



(Fonte: <http://nautilus.fis.uc.pt>).

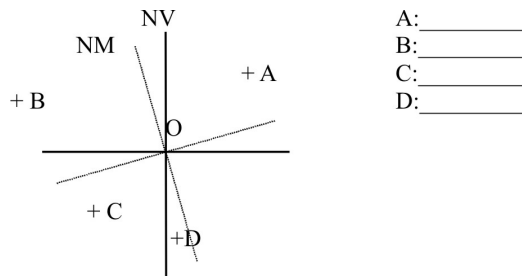


## ATIVIDADES

1. Sabendo-se que a declinação magnética da área onde foram tomadas as medidas abaixo é de  $6^\circ W$ , converter os rumos e azimutes magnéticos em azimutes verdadeiros.

- |                        |                      |
|------------------------|----------------------|
| a) $30^\circ NW$ _____ | b) $120^\circ$ _____ |
| c) $85^\circ$ _____    | d) $144^\circ$ _____ |
| e) $45^\circ NW$ _____ | f) $230^\circ$ _____ |

2. Determine o azimute verdadeiro a partir de O para os seguintes pontos:



- A: \_\_\_\_\_  
 B: \_\_\_\_\_  
 C: \_\_\_\_\_  
 D: \_\_\_\_\_

3. Quais os rumos magnéticos dos segmentos indicados no exercício anterior?

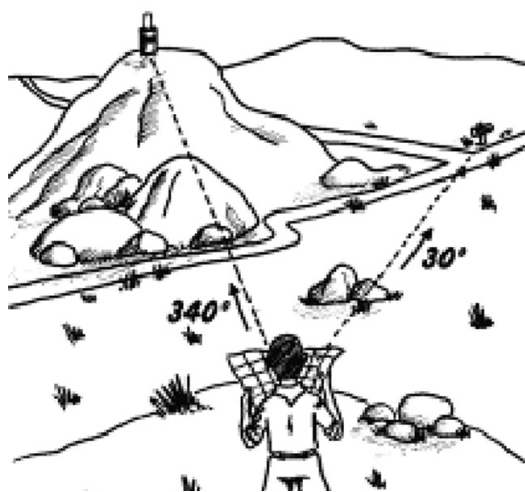
- |              |              |
|--------------|--------------|
| a) OA: _____ | b) OB: _____ |
| c) OC: _____ | d) OD: _____ |

4. Sabendo-se que o azimute verdadeiro para um determinado ponto é  $300^\circ$  e o rumo magnético é  $55^\circ$  NW, qual o valor da declinação magnética? Apresente o raciocínio espacial e os cálculos ordenados.

### COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

Aqui você pode usar seu transferidor de  $360^\circ$  mais uma vez. Veja que agora além do NV (norte verdadeiro), temos a indicação do NM (norte magnético) e o ângulo medido entre os dois se constitui no que chamamos de Declinação Magnética.

### MÉTODO DA TRIANGULAÇÃO PARA DETERMINAR A NOSSA POSIÇÃO NUMA CARTA



Este método nos permite localizar, com bastante precisão, a nossa posição numa carta.

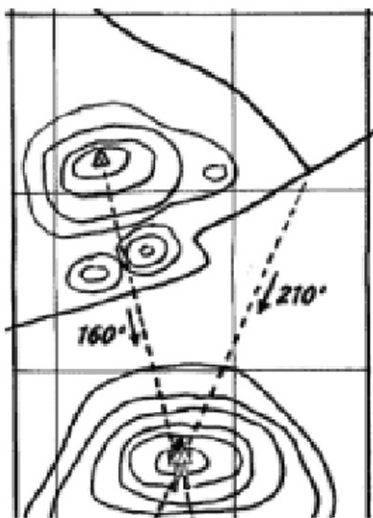
Segue-se um exemplo de como utilizar este método. Começa-se por identificar, no terreno e na carta, dois pontos à vista. Neste caso escolheu-se um marco geodésico e um cruzamento, pois ambos estão à vista do observador e são facilmente identificáveis na carta através dos seus símbolos.

De seguida, com a bússola determinam-se os azimutes dos dois pontos,  $340^\circ$  e  $30^\circ$ , respectivamente, para o marco geodésico e para o cruzamento.

Conhecidos os azimutes, passamos a calcular os azimutes inversos respectivos:  $160^\circ$  é o azimute inverso de  $340^\circ$  e  $210^\circ$  o de  $30^\circ$ .

Na carta, e com o auxílio de um transferidor, traçam-se os azimutes inversos a partir de cada um dos pontos ( $160^\circ$  para o marco geodésico e  $210^\circ$  para o cruzamento).

O ponto onde as linhas dos dois azimutes inversos se cruzam corresponde à nossa localização.

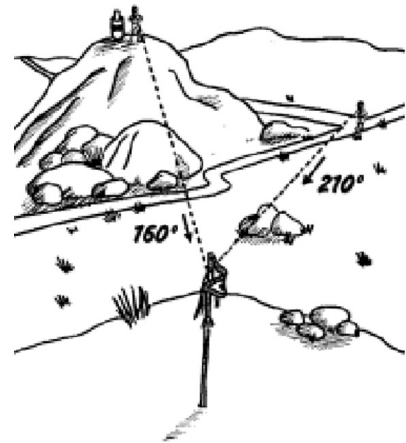


## MÉTODO DA TRIANGULAÇÃO PARA IDENTIFICAR UM PONTO DO TERRENO NA CARTA

Este método nos permite, com bastante precisão, identificar um determinado ponto do terreno à nossa frente na carta.

O seguinte exemplo usa a mesma localização que o anterior. Desta vez, pretende-se localizar na carta o ponto onde está o Totem de Patrulha.

É preciso que um escoteiro vá até aos dois pontos com uma bússola e meça os azimutes desses pontos para o totem. Depois disso, não é preciso calcular os azimutes inversos, porque basta usar os mesmos azimutes para traçar as linhas na carta e obter os pontos (tal como na figura do exemplo anterior).



### ATIVIDADES

Com o auxílio de uma bússola simples e sabendo-se que a representação do local (carta em anexo) deve corresponder a uma escala proporcional, cada passo medindo 0,4 m, determine:

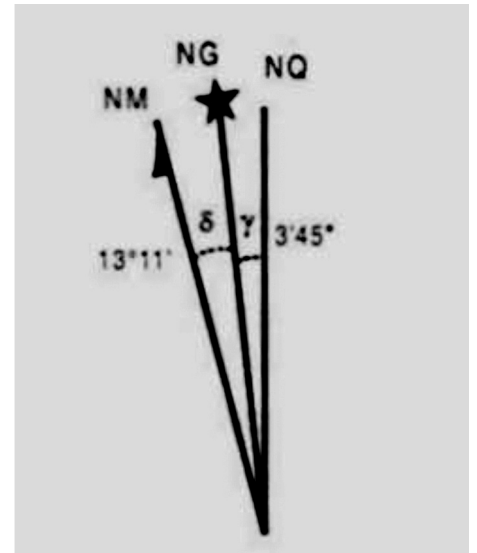
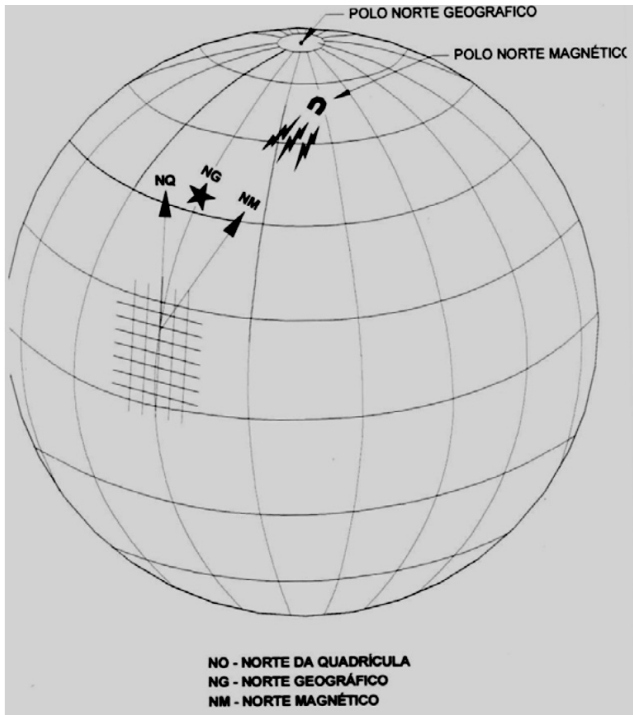
1. O norte verdadeiro e magnético da Carta;
2. A declinação magnética da Carta;
3. Escolha 5 (cinco) pontos de referência e construa um polígono dos pontos escolhidos, determinando:
  - a) Azimute verdadeiro e magnético;
  - b) As direções magnéticas efetuadas entre os pontos;
  - c) Os rumos magnéticos;
  - d) Ângulos dos pontos de referência em relação ao ponto seguinte;
4. Localização relativa do polígono na Carta.

### COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

Nos trabalhos com cartas topográficas se exige um senso de observação ampla no sentido de apreender os detalhes contidos na legenda da carta (elementos externos) e nos elementos localizados na área de cobertura da representação (elementos internos). Neste momento, o uso do transferidor e a determinação do norte geográfico correspondente com a posição que você se encontra sentado em frente a carta são decisivos, pois nem sempre nos posicionamos de forma correta para representar o norte geográfico (NG). Antes de começar a atividade, faça um exercício lógico para saber onde são os pontos cardeais de sua cidade. Lembre-se que o “sol não nasce” e “sim a terra gira de oeste para leste”. No nordeste do Brasil convencionamos dizer que o sol aparece ao amanhecer a leste, daí sempre nos posicionamos em direção a um ângulo de  $90^\circ$  entre o leste e o norte para determinamos o norte verdadeiro ou geográfico. Com o uso da bússola comum, o local onde ela aponta será o norte magnético e a diferença entre estes dois nortes se constitui na declinação magnética do lugar.

### CONCLUSÃO

As possibilidades de localização e determinação da declinação magnética a partir do uso da bússola subsidiaram a delimitação dos documentos cartográficos com correção e precisão das representações. As referências de norte verdadeiro (NV) ou norte geográfico (NG), norte da quadrícula (NQ) e o norte magnético (NM) nos documentos cartográficos sistemáticos são convenções que devem ser escolhidas para determinar o posicionamento de qualquer objeto na superfície terrestre. É certo que qualquer representação sistemática da Terra deve apresentar pelo menos algum sistema de referência, que seguido do valor de sua declinação magnética e sua respectiva variação anual possibilita a conversão e o ajustamento magnético utilizado pelos organismos internacionais de localização, ou seja, toda e qualquer representação sistemática segue um conjunto de normas técnicas para que os documentos cartográficos possam ser utilizados como base de estudos específicos.



## RESUMO

Perder-se, hoje, é mais difícil que encontrar o caminho, tal o grande número de mapas e guias que apresentam os mais diferentes roteiros a seguir para chegar a qualquer cidade da Terra, por menor ou mais distante que ela seja. Nos céus ou no mar, o radar, o rádio e outros instrumentos evitam que mesmo o piloto mais inábil se desvie da rota. Orientar-se pode vir a ser um problema só em algumas regiões desabitadas, como as florestas e desertos. Naqueles tempos, os meios para resolver esse importantíssimo problema eram certamente muito escassos: limitavam-se, na prática, a um bom senso de observação, que permitisse distinguir e reconhecer os principais pontos de referência em terra e no mar, como montanhas, rios, vales, enseadas, ilhas ou promontórios. Mas isso não bastava para uma orientação segura.

A bússola se tornou, sem dúvida, um dos instrumentos de navegação mais importantes a bordo das expedições e atualmente funciona como objeto de controle e posicionamento utilizado para os mais variados fins, que vão desde a triangulação para determinação de posições no terreno, até a função de guia para navegação marítima e terrestre.





### PRÓXIMA AULA

Na próxima aula nos aprofundaremos na localização de elementos contidos nas cartas.

### REFERÊNCIAS

Rover Net - Geografia. <<http://planetaterra.com.br/educacao/rover/geografia.htm>>, Brasil, 2001.

GILBERT, W. De Magnete. <<http://www.educeng.ufjf.br>>. IX Encontro Educação em Engenharia, UFF, Brasil, 2003.

### GLÓSSARIO

William Gilbert: William Gilbert (1540-1603). Médico inglês, natural de Colchester, no Essex. Revolucionou a ciência do magnetismo, com a publicação da obra De Magnete, Magneticisque Corporibus et de Magno Magnete Tellure - Physiologia Nova (1618), onde conclui que a Terra era magnética e por isso as bússolas apontam para o norte.