

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

TOPOGRAFIA I

Professor Ricardo Baitelli

I

inverno 2021

TOPOGRAFIA I

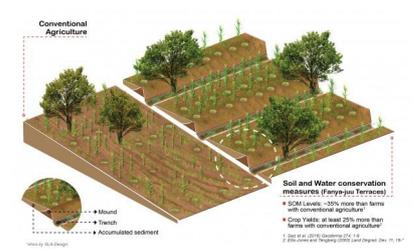
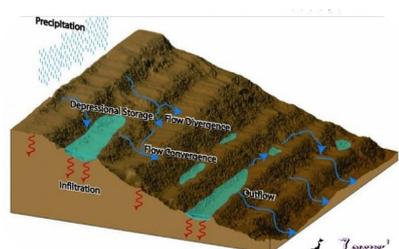
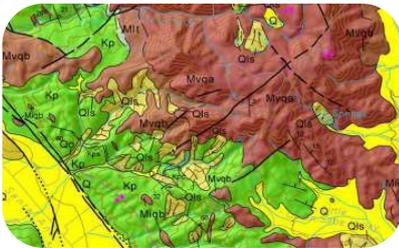
introdução	1
generalidades	2
histórico	2
definição	4
geodésia vs topografia	4
fotogrametria	4
topometria	5
representação do terreno no plano topográfico	5
influência da forma e dimensões da terra nos levantamentos topográficos	7
planimetria	7
altimetria	8
forma da terra	9
geoide	9
elipsóide	10
coordenadas geográficas	13
latitude	13
longitude	14
normas técnicas na topografia	15
simulador referencial de preços de serviços de agrimensura	17
base matemática	18
unidades de medida	18
lineares	18
angulares	18
uso da calculadora científica em topografia	19
escala	21
escala vs área	22
escala gráfica	22
precisão da escala	23
sistema de coordenadas cartesianas	24
projeções cartográficas	24
planimetria	25
alinhamento topográfico	26
azimute e rumo	26
azimute	27
sentido do caminhamento	28
fórmula para o cálculo do azimute	29
rumo	33
quadrantes topográficos	34
transformação de rumo em azimute e vice-versa	35
avivenciação de rumos e azimutes	36
meridiano geográfico	37
meridiano magnético	37
declinação magnética	37
variação do polo norte magnético	38
origem do magnetismo terrestre	38
mapa magnético do brasil	41
curvas isopóricas	41
linhas isogônicas	41
cálculo da correção da declinação	42
mapa da variação secular de intensidade	43
calculadora do campo magnético terrestre	44
aplicação: exercício sobre avivenciação	45

TOPOGRAFIA I

Prof. Ricardo Baitelli
baitelli@ufrgs.br

Introdução

O Departamento de Geodésia, do Instituto de Geociências da UFRGS, atende na área de topografia aos cursos de Agronomia, Arquitetura, Engenharia Ambiental, Engenharia Cartográfica, Engenharia Civil, Engenharia de Minas, Geografia e Geologia. As aplicações, assim como as técnicas empregadas em campo e gabinete, diferem para cada tipo de trabalho e área de atuação, contudo a base é praticamente a mesma para todas as áreas.





topografia

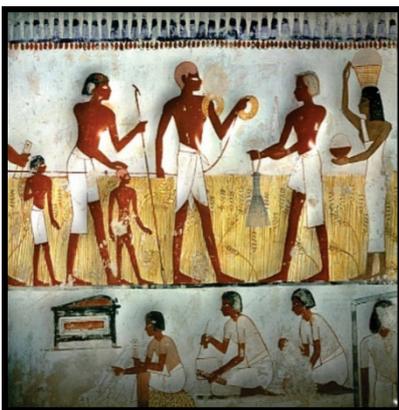
lugar *descrição*

A topografia configura a descrição precisa e minuciosa de um determinado lugar, através das dimensões verticais, horizontais e angulares. Os equipamentos utilizados para a aquisição dos dados são de grande precisão e podem ser tanto mecânicos quanto eletrônicos.

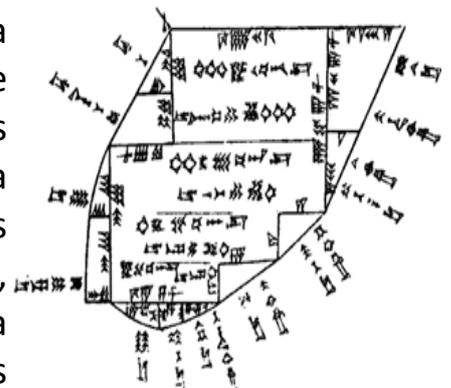
A topografia é fundamental tanto no projeto quanto na execução do serviço, estando presente do início ao fim da maioria dos projetos. No início serve para a locação de pontos no terreno e, no final, serve como ferramenta de controle ao longo da execução do projeto. Ela também nos permite delinear as curvas de nível que servem para a lavoura, irrigação, terraceamento, manejo do solo, tratamento químico e/ou orgânico do solo, construção de açudes, mineração, zoneamento populacional entre outras aplicações, além disso, podem ser aplicadas na construção de túneis, linhas de transmissão, linhas hidro sanitárias, etc...

Generalidades

Histórico



Os primórdios da topografia remontam aos anos de **1.400 aC** no Egito antigo. Os “fazendeiros” da época tinham suas terras nos arredores do Rio Nilo o qual, durante as cheias, inundava estas terras e destruía todas as marcações de limites entre as propriedades logo,

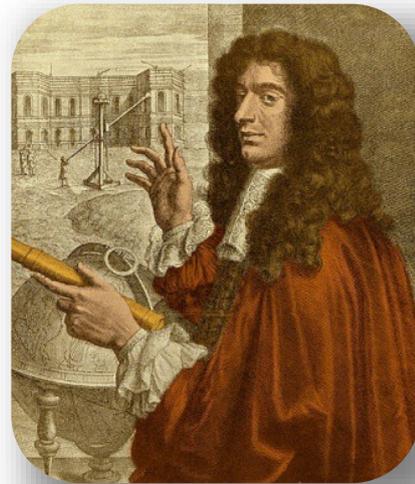


para refazer esta demarcação das terras, os proprietários chamavam os “topógrafos” da época e assim nascia a geometria plana.



No ano de 1464, o matemático e astrônomo *Regiomontanus* escreveu um tratado sobre trigonometria, "De Triangulis". Esta "dissertação" também desenvolveu princípios matemáticos posteriormente aplicados para a topografia.

Em 1670, o italiano, *Giovanni Domenico Cassini*, utilizando a técnica de triangulação, faz o primeiro mapa da França.



No século XVIII, através de plantas utilizando pontos cotados, inicia-se a altimetria e a sua representação através das curvas de nível.

No ano de 1770 um óptico inglês chamado *William Green* transforma uma luneta astronômica em uma luneta estadimétrica, a *estadia*. Com esta invenção, os levantamentos topográficos planialtimétricos se tornaram mais rápidos de serem executados. Esta técnica chamada de Taqueometria, palavra oriunda do grego e significando "*medição rápida*", foi amplamente utilizada nos levantamentos topográficos, por mais de dois séculos, até a chegada das estações totais.



Em 1850, *Ignazio Porro*, óptico e inventor italiano, criou o prisma e por conseguinte, o **taqueômetro**. A invenção do prisma permitiu que os aparelhos ópticos pudessem desviar o raio luminoso em qualquer ângulo, o que impulsionou enormemente a fabricação destes aparelhos ópticos de grande precisão.



Durante a 2ª Guerra Mundial ocorre a evolução rápida da topografia, em termos de **precisão** e **rapidez**, através do aprimoramento dos *sistemas ópticos* e *eletrônicos* de medida. Este conflito propiciou os maiores investimentos na indústria armamentista e, conseqüentemente, um avanço significativo nos aparelhos de precisão.

Definição

TOPO = *topos* = lugar

GRAFIA = *graphein* = descrição

DESCRIÇÃO através de **MEDIÇÕES** (*verticais e horizontais*) e **REPRESENTAÇÃO** (*desenho*) de uma porção limitada da superfície terrestre

Geodésia vs Topografia

GEODÉSIA



GEO = *terra*

DAIEIN = *dividir*

Estudos voltados para a determinação da **forma da Terra** e de seu **campo gravitacional**.

topografia	geodésia
não considera a curvatura terrestre	considera a curvatura terrestre
áreas pequenas - planta	áreas grandes - mapa

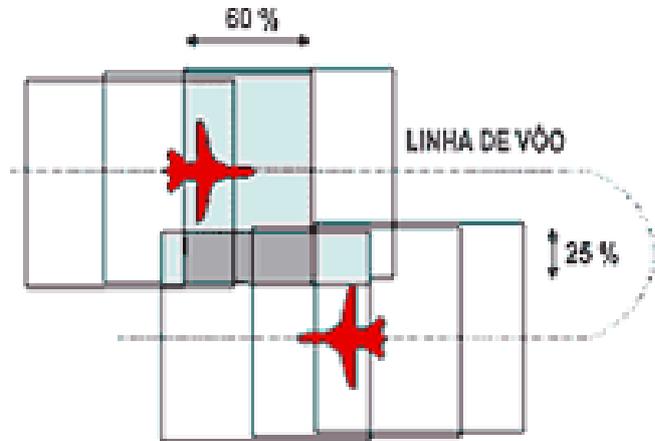
Fotogrametria

A fotogrametria teve um papel importantíssimo nos levantamentos topográficos, entre eles podemos destacar as *cartas do exército* que **cobrem** praticamente todo o país. Hoje este segmento é executado através do imageamento por satélites. Também, pela foto, determinavam-se distâncias,

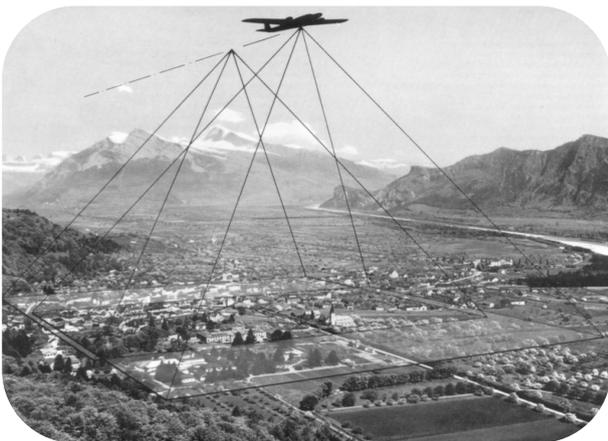
elevações e volumes e, interpretativamente, através da observação das fotos, predizia-se o tipo de rocha, vegetação, etc. Em síntese, a fotogrametria baseava-se em linhas de voo pré-determinadas com aviões equipados para obter fotografias sequenciais.



interior da aeronave: equipamentos para fotografias



sobreposição de 25% entre as fotos para se ter o efeito ESTEREOSCÓPICO que permite a visualização da imagem em 3D



obtenção das fotografias aéreas

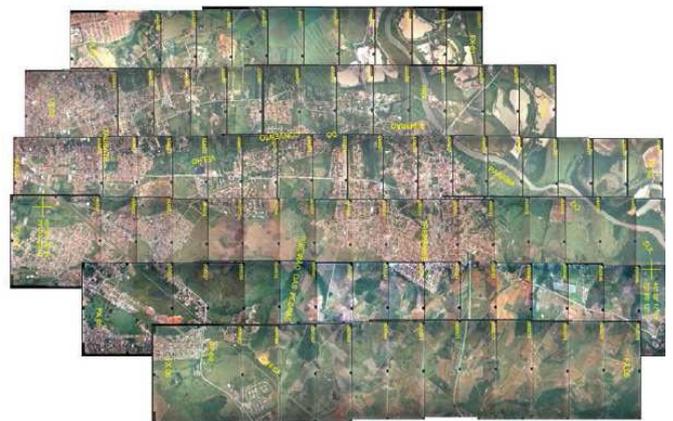


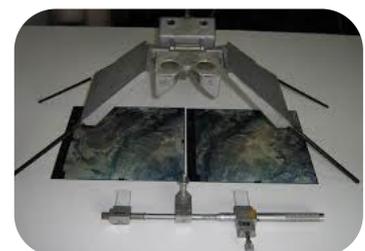
foto-mosaico



ESTÉREO PLOTTER aparelho utilizado para visualização e restituição das informações das fotografias aéreas



estereoscópio de bolso para uso no campo



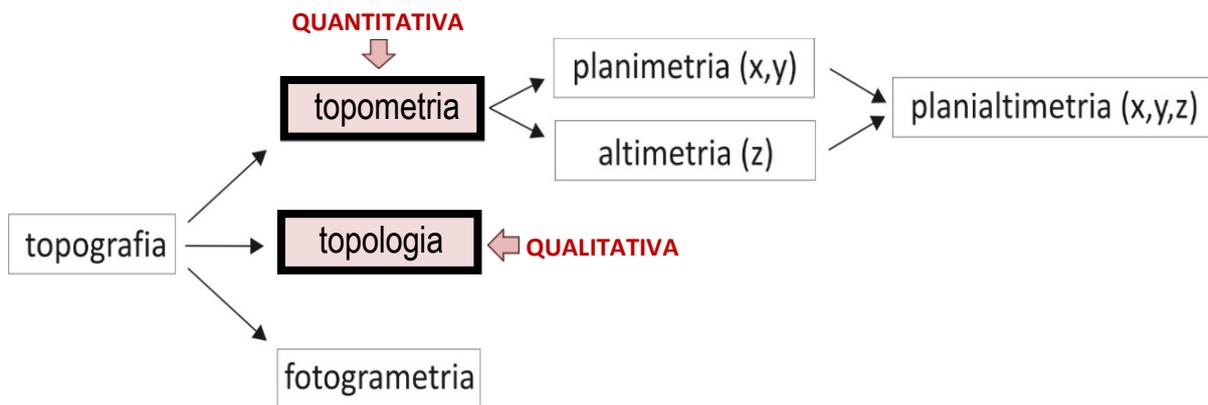
estereoscópio de espelho para uso em laboratório

Topometria

Planimetria = distâncias e ângulos horizontais (coordenadas **X** e **Y**)

Altimetria = distâncias verticais (coordenada **Z**)

As duas em conjunto dão origem a **PlaniAltimetria**



Representação do Terreno no Plano Topográfico

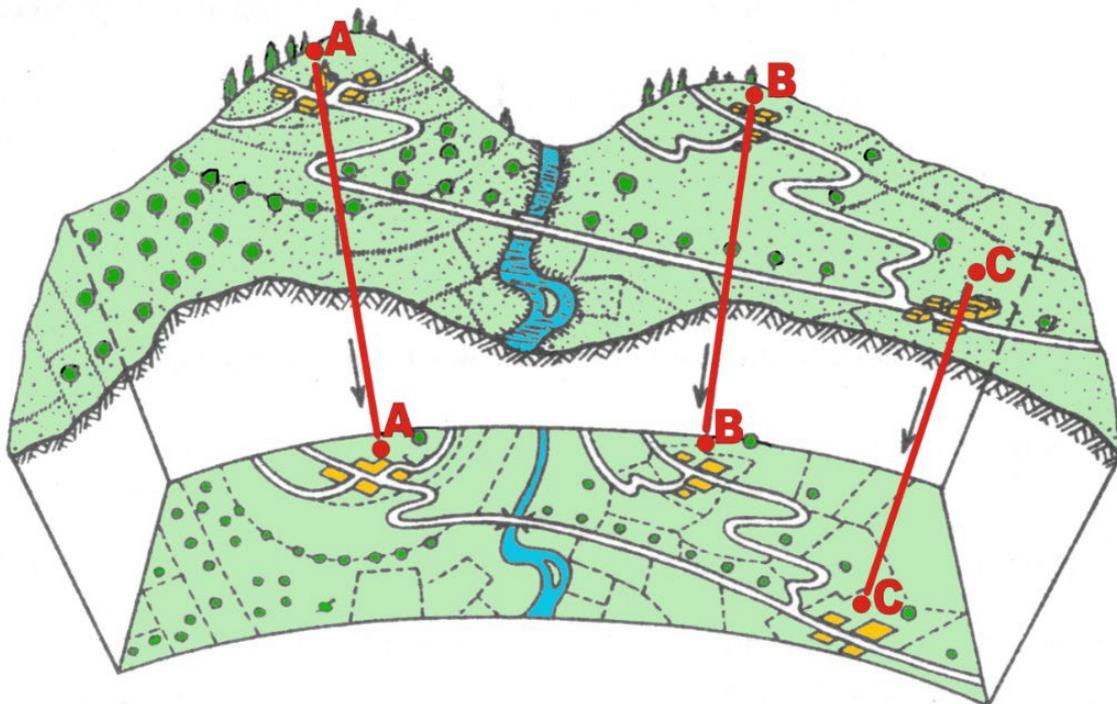
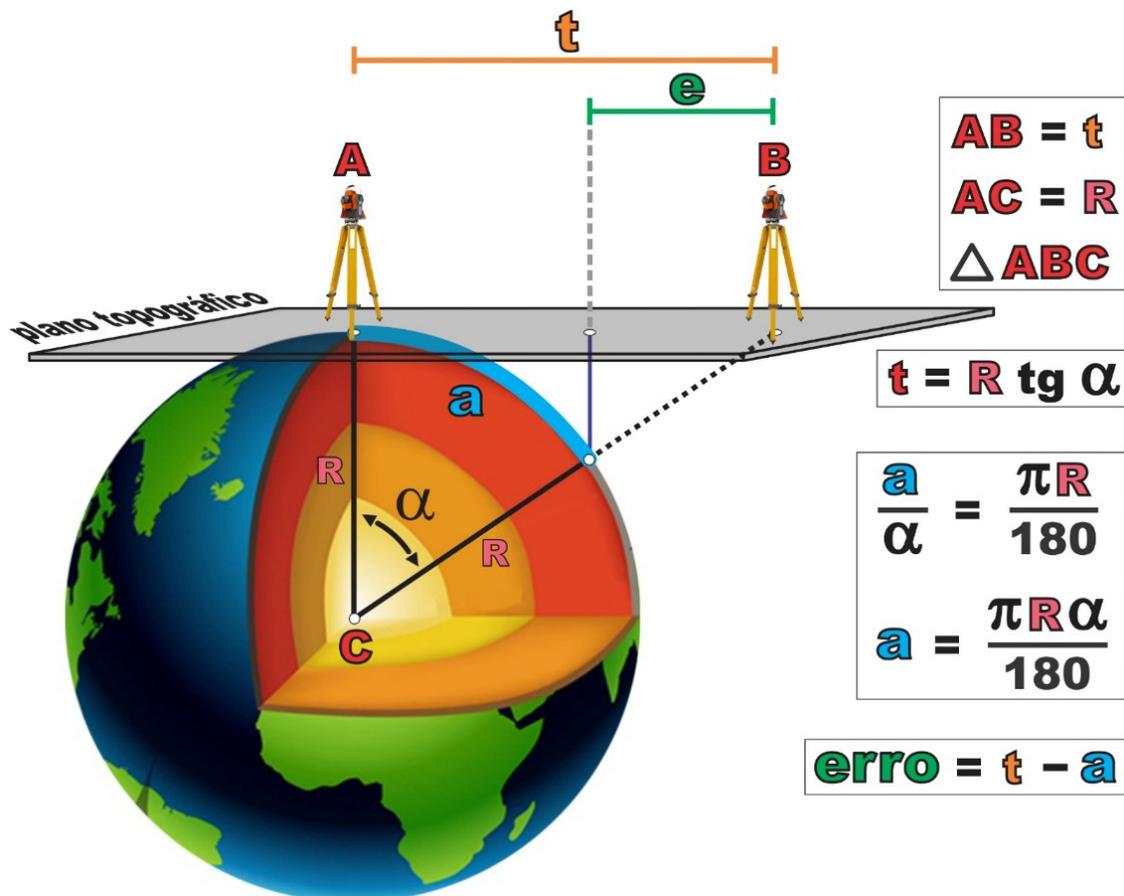


figura extraída de "CURSO DE TOPOGRAFIA" de Lélis Espartel (Ed.Globo, 1980)

Influência da Forma e Dimensões da Terra nos Levantamentos Topográficos

PLANIMETRIA



→ Temos dois pontos **A** e **B** sobre um plano topográfico.

→ A distância horizontal entre **A** e **B** é igual a **t**.

→ Devido a curvatura da Terra (*arco a*), a distância entre **A** e **B** apresenta um erro (**e**).

→ A distância **t** entre **A** e **B** é dada pelo produto entre o raio da Terra **R** e a **tg** de α .

→ O arco **a** está para o ângulo α assim como πR está para 180° , logo, o erro **e** será dado pela subtração do valor do arco **a** da distância **t** entre **A** e **B**.

Supondo-se o **Raio da Terra** igual a **6.370.000 m**, para diferentes valores de **α** , teremos os seguintes erros:

α	t (m)	a (m)	erro absoluto (m)
5'	9.264,7960	9.264,7894	0,0065
10'	18.529,6312	18.529,5789	0,0523
15'	27.794,5447	27.794,3683	0,1764
20'	37.059,5759	37.059,1578	0,4181
25'	46.324,7639	46.323,9472	0,8166
30'	55.590,1478	55.588,7367	1,4112
1°	111.188,7636	111.177,4734	11,2902

ALTIMETRIA

Pitágoras

$$(R + \Delta h)^2 = R^2 + t^2$$

$$R^2 + 2\Delta h R + \Delta h^2 = R^2 + t^2$$

$$\Delta h^2 + 2\Delta h R = t^2$$

$$\Delta h (\Delta h + 2R) = t^2$$

$$\Delta h = \frac{t^2}{\Delta h + 2R}$$

★ Desconsideraremos o Δh da divisão por ser um valor muito pequeno quando somado a duas vezes o Raio da Terra.

$$\Delta h = \frac{t^2}{2R}$$

distância A-B	erro
≈ 9 km	≈ 6 mm
≈ 18 km	≈ 5 cm
≈ 27 km	≈ 17 cm
≈ 37 km	≈ 41 cm
≈ 46 km	≈ 81 cm
≈ 55 km	≈ 1,41 m
≈ 111 km	≈ 11,29 m

Podemos constatar que o *efeito da curvatura terrestre* é muito mais evidente nos levantamentos **altimétricos** do que nos **planimétricos**.

Forma da Terra

GEOIDE

O **geoide** é gerado pelo prolongamento do nível médio dos mares através dos continentes, representando assim um líquido em repouso, portanto perpendicular a direção da vertical em cada ponto topográfico.

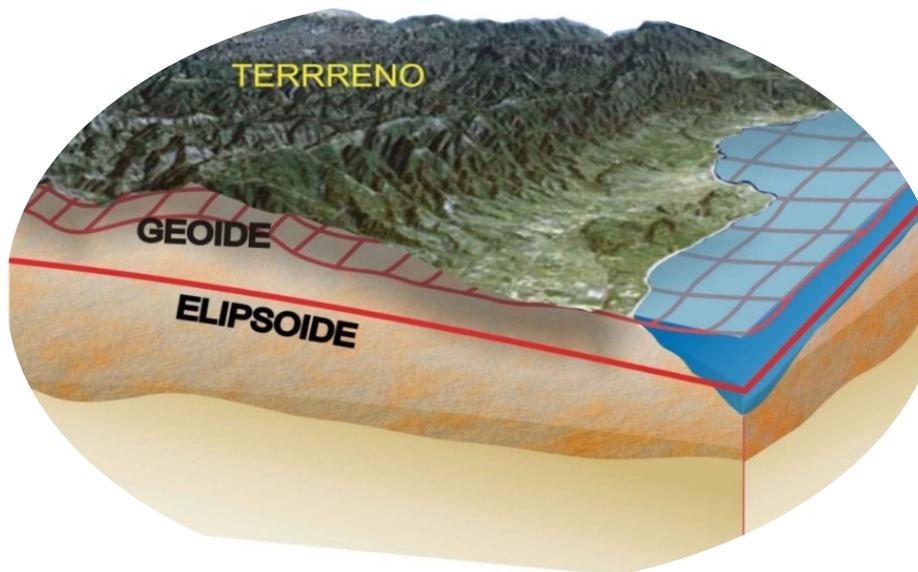
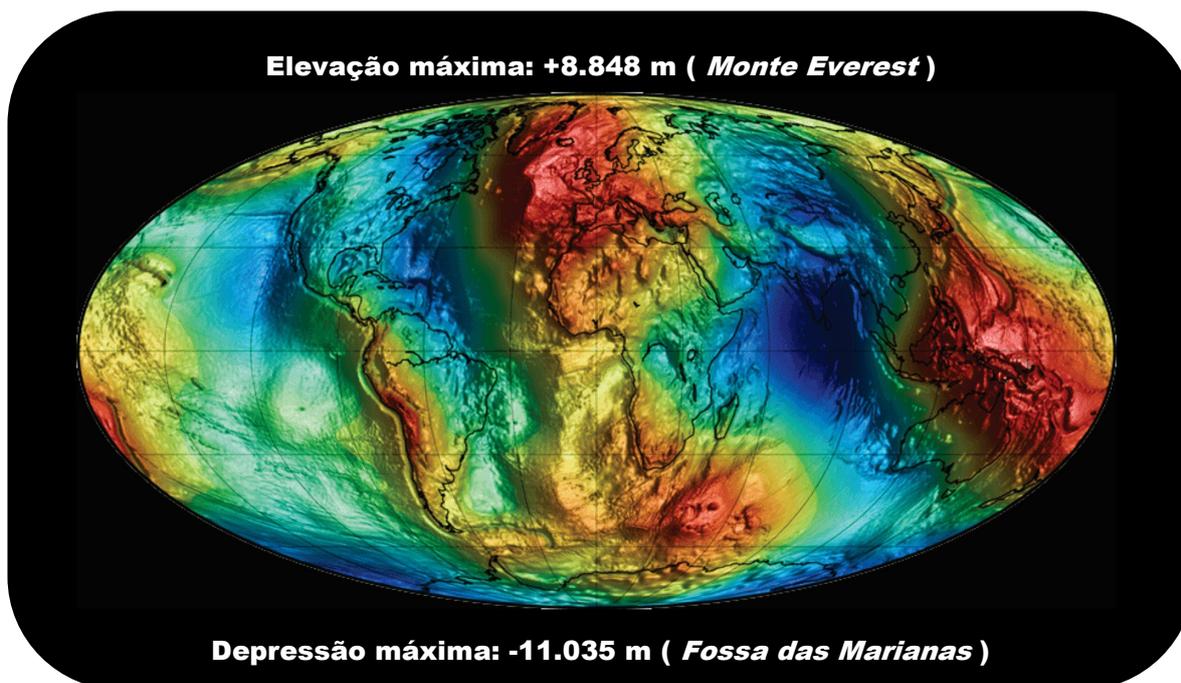


imagem extraída de <http://mapserver.inegi.gob.mx> (agosto, 2009)

ondulação do geoide

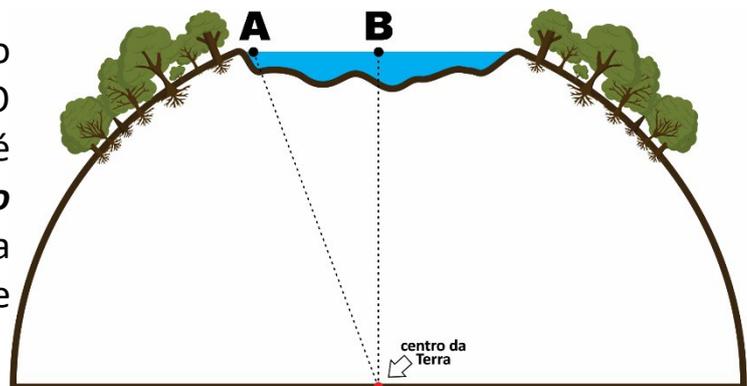
calculada a partir do modelo de campo gravitacional



Ince, Elmas Sinem and Barthelmes, Franz and Reißland, Sven and Elger, Kirsten and Foerste, Christoph and Flechtner, F. and Schuh, H. 2019. ICGEM -15 years of successful collection and distribution of global gravitational models, associated services, and future plans. V11. Earth System Science Data. 647-674. doi 10.5194/essd-11-647-2019.

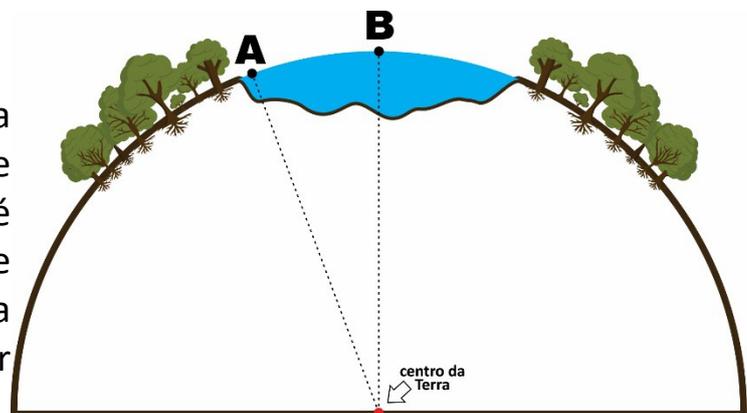
A gravidade da Terra faz com que a água busque o menor potencial, o que pode ser simplificado na posição mais próxima possível do centro da Terra. A gravidade da Terra faz com que a água tenha uma superfície equipotencial e forme uma superfície aproximadamente esférica que tenha o mesmo centro da Terra.

A água em **A** está mais distante do centro da Terra que em **B**. O potencial gravitacional em **A** é maior que em **B**. A superfície **não é equipotencial** e a gravidade da Terra fará com que a água flua de **A** para **B**.

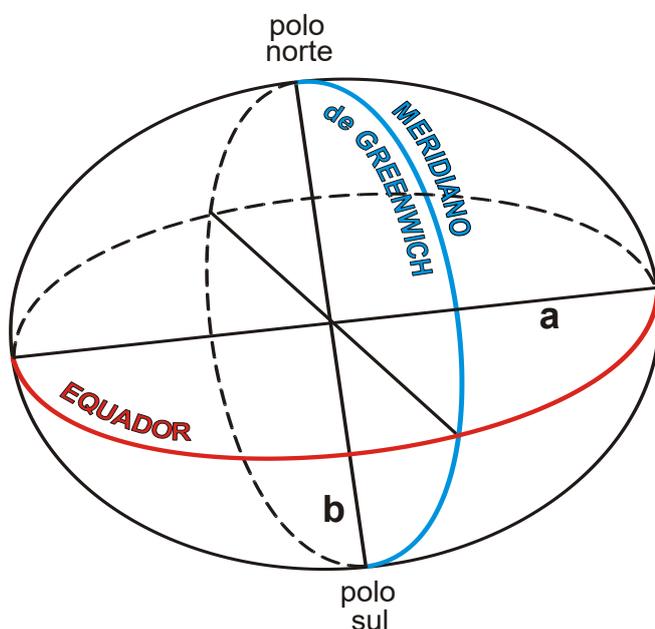


modificado de: <https://flatearth.ws/equipotential>

A água em **A** está a mesma distância do centro da Terra que em **B**. O potencial gravitacional é o mesmo em ambos. A superfície **é equipotencial**. A gravidade da Terra por si só não fará a água fluir para nenhum lado.



modificado de: <https://flatearth.ws/equipotential>

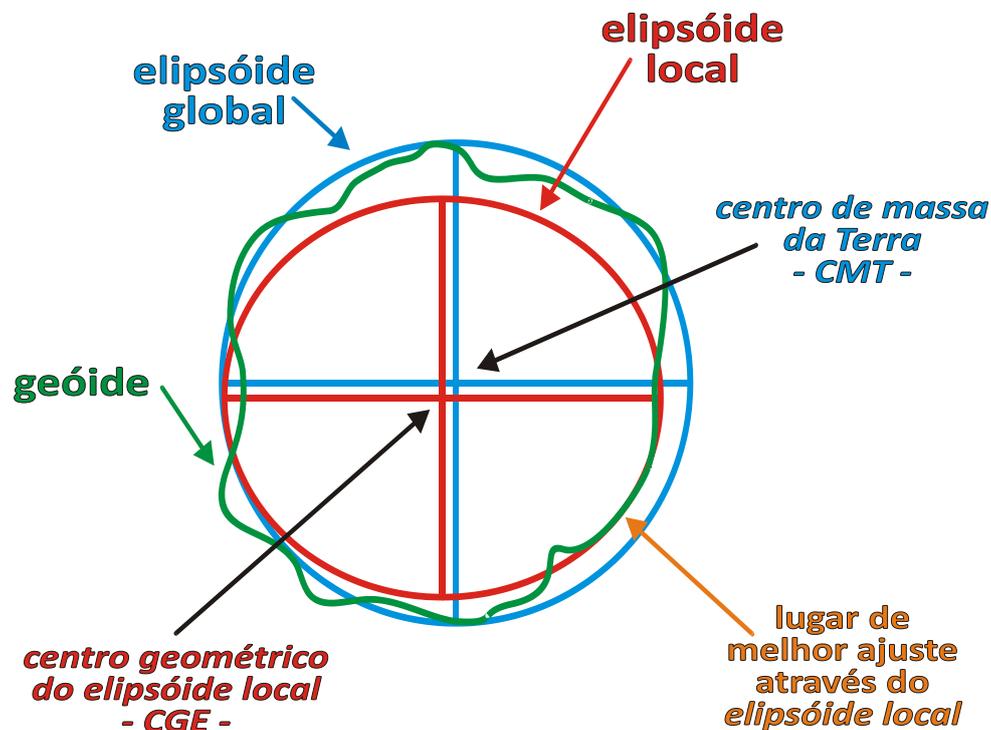


As variações do **geóide** não seguem nenhuma lei matemática.

Decidiu-se então que a forma da Terra poderia ser modelada a partir de um **elipsóide de revolução**.

Os **elipsóides** e os **geóides** têm características diferentes em cada porção da superfície da Terra.

Assim, existem diferentes elipsóides posicionados de tal forma que atendam às necessidades de cada local, que são os chamados **Elipsóides Locais**.



O **Centro Geométrico do Elipsóide Local (CGE)** não coincide com o **Centro de Massa da Terra (CMT)**. Já o **Elipsóide Global**, utilizado por satélites (GPS), o seu centro coincide com o **CMT**.

Assim cada país adota um elipsóide próprio para atender às suas necessidades para a elaboração de seus produtos cartográficos.

No caso do Brasil adota-se o **SAD-69 (South American Datum)** desde o ano de 1969, antes utilizava-se o Elipsóide de Referência Internacional chamado Hayford **WGS-84 (World Geodetic System)**.

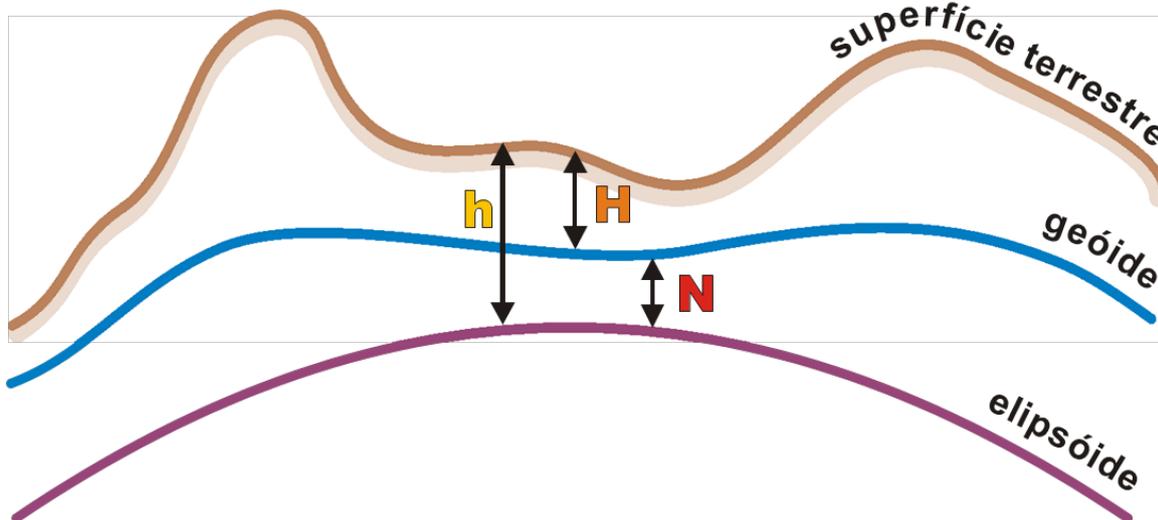
Cada elipsóide tem seus parâmetros de semi-eixos menor e maior e, achatamento, definidos.

lipsóide	semi-eixo maior - a	semi-eixo menor - b	achatamento - α
HAYFORD (1909)	6.378.388,000	6.356.911,946	1 / 297,00
SAD - 69 (1969)	6.378.160,000	6.356.774,719	1 / 298,25
WGS - 84 (1984)	6.378.137,000	6.356.752,314	1 / 298,257223563

extraído de Segantine, 1999

Então temos 3 superfícies:

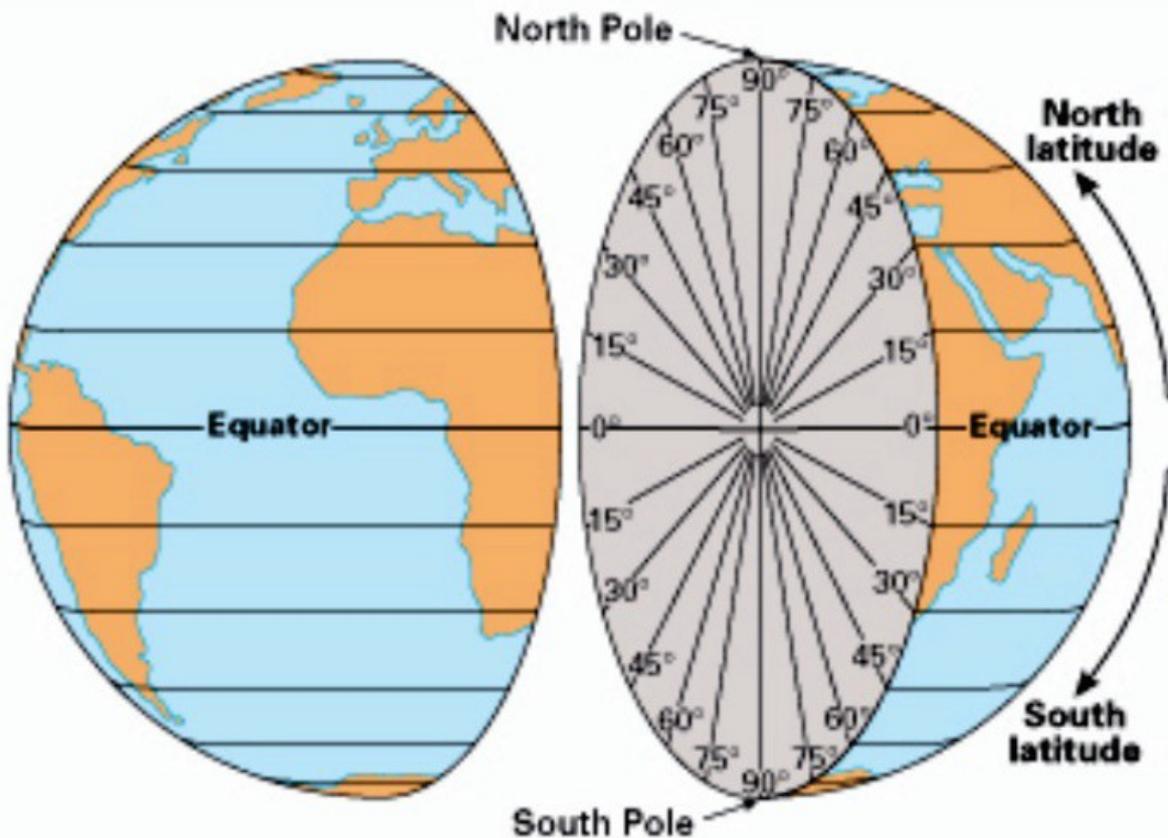
- FÍSICA** aquela onde o homem desenvolve suas atividades constituindo o objeto a ser descrito pela topografia.
- GEOIDE** superfície equipotencial fundamental para o levantamento altimétrico de grandes áreas.
- ELIPSÓIDE** possui parâmetros conhecidos e se aproxima muito do **geóide**.



- N** **ondulação do geóide** é a distância entre o elipsóide e o geóide, medida ao longo da normal ao elipsóide;
- h** **altitude elipsoidal** é a distância entre o elipsóide e a superfície terrestre, medida ao longo da normal ao elipsóide;
- H** **altitude ortométrica** é a distância entre o geóide e a superfície terrestre, medida ao longo da linha de prumo.

Coordenadas Geográficas

LATITUDE



World Book map © World Book, Inc.

A **LATITUDE** de um ponto, é o ângulo formado pela normal à superfície do elipsóide com o equador. A **LATITUDE** deste ponto corresponde ao arco na meridiana medida na meridiana do lugar, que vai do equador até o ponto.

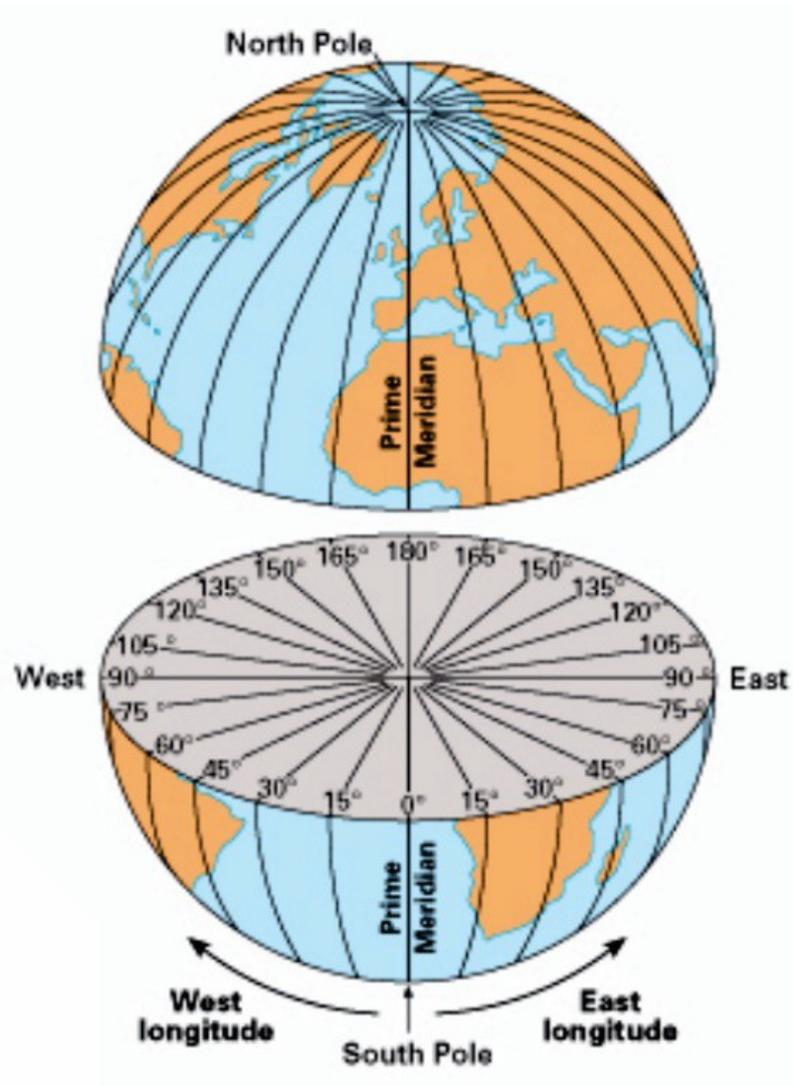
variação de **0°** a **90°**

contados a partir do **equador**

Positiva [+]
⇒ no hemisfério norte [**N**]

Negativa [-]
⇒ no hemisfério sul [**S**]

LONGITUDE



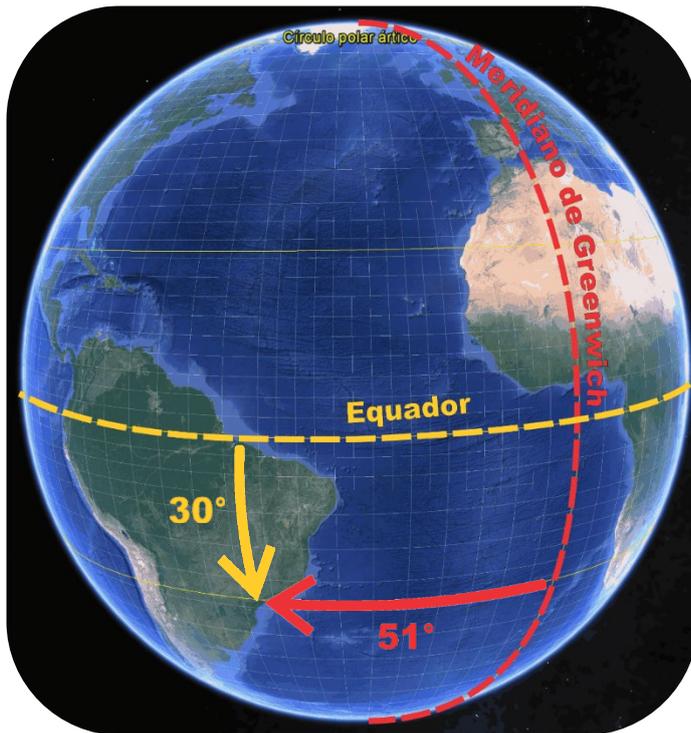
World Book map © World Book, Inc.

A **LONGITUDE** de um ponto, é o arco do equador medido do meridiano de origem (**Meridiano de Greenwich**) até encontrar o meridiano do lugar prolongado até o equador.

variação de **0°** a **180°** contados a partir do meridiano de origem

Positiva à Leste de Greenwich [usa-se **E** ou **+**]

Negativa à Oeste de Greenwich [usa-se **W** ou **-**]



Porto Alegre - RS

LATITUDE

- 30° ou 30° S

LONGITUDE

- 51° ou 51° W

Normas Técnicas na Topografia



**ABNT-Associação
Brasileira de
Normas Técnicas**

Sede:
Rio de Janeiro
Av. Treze de Maio, 13 - 28º andar
CEP 20003-900 - Caixa Postal 1680
Rio de Janeiro - RJ
Tel.: PABX (021) 210-3122
Fax: (021) 220-1762/220-6436
Endereço Telegráfico:
NORMATECNICA

Copyright © 1994,
ABNT-Associação Brasileira
de Normas Técnicas
Printed in Brazil/
Impresso no Brasil
Todos os direitos reservados

MAIO 1994

NBR 13133

Execução de levantamento topográfico

Procedimento

Origem: Projeto 02:006.17-001/1993
CB-02 - Comitê Brasileiro de Construção Civil
CE-02:006.17 - Comissão de Estudo de Serviços Topográficos
NBR 13133 - Execution of topographic survey - Procedure
Descriptor: Topographic survey
Válida a partir de 30.06.1994
Incorpora ERRATA nº 1, de DEZ 1996

Palavra-chave: Topografia

35 páginas

Estas normas técnicas sobre a
EXECUÇÃO DE LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO – NBR 13133
servem para orientação do levantamento a ser executado,
indicando os erros e seus limites para cada tipo de levantamento.



ABNT/CB-02
PROJETO ABNT NBR 13133
JULHO 2016

Execução de levantamento topográfico — Procedimento

Execution of topographic survey — Procedure

*este é um adendo às normas, necessário em função a evolução nos equipamentos de medição,
alguns valores tiveram que ser modificados*

Ao fazermos uso das Normas Técnicas, estamos garantindo a segurança, a
qualidade e a eficiência dos serviços.

Normas da Topografia no Brasil: **ABNT (desde 1940)**

- ⇒ **NBR 10068. 1987.** Folha de desenho: leiaute e dimensões. 6 p.
- ⇒ **NBR 10582. 1988.** Conteúdo da folha para desenho técnico. 5 p.
- ⇒ **NBR 13133. 1994.** Execução de levantamento topográfico. 46 p.
- ⇒ **NBR 13142. 1999.** Desenho técnico – dobramento de cópias. 3 p.
- ⇒ **NBR 14166. 1998.** Rede de referência cadastral municipal: procedimento. 23 p.

Simulador Referencial de Preços de Serviços de Agrimensura

<http://www.amiranet.com.br>

De acordo com a NBR 13.133/94 Execução de Levantamentos Topográficos

Tabela preparada pela:

AETESP - Associação das Empresas de Topografia do Estado de São Paulo

APEAES - Associação dos Profissionais de Engenharia Agrimensura do Estado de São Paulo

Tabela registrada na Câmara de Engenharia de agrimensura do CREA - SP

Padrão

Item	Serviço	Unidade	Valor Un.	Quantidade	Valor Total
1	Poligonal classe I P	Km	R\$ 1.849,35	0	<i>Informe uma quantidade</i>
2	Poligonal classe II P	Km	R\$ 1.631,77	0	<i>Informe uma quantidade</i>
3	Poligonal classe III P	Km	R\$ 1.246,95	0	<i>Informe uma quantidade</i>
4	Poligonal classe IV P	Km	R\$ 1.063,32	0	<i>Informe uma quantidade</i>
5	Poligonal classe V P	Km	R\$ 932,65	0	<i>Informe uma quantidade</i>
6	Nivelamento Geométrico 4 mm	Km	R\$ 2.269,67	0	<i>Informe uma quantidade</i>
7	Nivelamento Geométrico classe I N	Km	R\$ 1.175,67	0	<i>Informe uma quantidade</i>
8	Nivelamento Geométrico classe II N	Km	R\$ 701,75	0	<i>Informe uma quantidade</i>
9	Levantamento topográfico planialtimétrico classe III PA	Ha	R\$ 1.462,00	0	<i>Informe uma quantidade</i>
10	Levantamento topográfico planialtimétrico classe IV PA	Ha	R\$ 2.203,52	0	<i>Informe uma quantidade</i>
11	Levantamento topográfico planialtimétrico cadastral classe I PAC	Ha	R\$ 2.420,00	0	<i>Informe uma quantidade</i>
12	Levantamento topográfico planialtimétrico cadastral classe II PAC	Ha	R\$ 4.621,00	0	<i>Informe uma quantidade</i>
13	Levantamento planialtimétrico cadastral utilizando poligonal I PAC	Ha	R\$ 2.413,00	0	<i>Informe uma quantidade</i>
13.1	Levantamento planialtimétrico cadastral utilizando metodologia II PAC	Ha	R\$ 4.515,00	0	<i>Informe uma quantidade</i>
26	Levantamento planialtimétrico semi-cadastral de áreas urbanas, usando poligonal II P (apoiadas em rede de projetos GPS de alta precisão) para projeto de abastecimento de água com altitude do eixo das ruas, semi-cadastro dos imóveis com indicação do número - Desenho na escala 1:1.000 em folhas articuladas.	Km	R\$ 1.155,84	0	<i>Informe uma quantidade</i>
27	Levantamento planialtimétrico cadastral de áreas urbanas, usando poligonal (apoiada em rede de pontos GPS de alta precisão) para projeto de esgoto - Desenho na escala 1:1.000 em folhas articuladas.	Km	R\$ 3.083,39	0	<i>Informe uma quantidade</i>
28	Cadastro de redes de abastecimento de água, adutoras de água bruta e tratada a partir da base cartográfica existente	Km	R\$ 554,81	0	<i>Informe uma quantidade</i>

Este simulador serve para uma aproximação sobre os valores praticados nos serviços de topografia.

Além da extensão da área, consideram-se também as dificuldades que poderão ser encontradas durante o levantamento, como vegetação alta, terreno alagadiço, relevo muito acidentado, etc...

Base Matemática

Unidades de Medida

LINEARES

Sistema Métrico Decimal: **SI** ⇒ **Sistema Internacional**

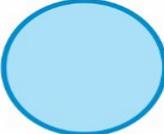
Quilômetro	Hectômetro	Decâmetro	Metro	Decímetro	Centímetro	Milímetro
<i>km</i>	<i>hm</i>	<i>dam</i>	<i>m</i>	<i>dm</i>	<i>cm</i>	<i>mm</i>
1000 m	100 m	10 m	1 m	0,1 m	0,01 m	0,001 m

ANGULARES

- ⇒ **Grau Sexagesimal: $225^{\circ} 48' 35''$**
- ⇒ **Grau Decimal: $225,809722^{\circ}$** (utilizar, no mínimo, 6 casas decimais)
- ⇒ **Grado** (utilizado na França e em alguns equipamentos)
- ⇒ **Radiano** (SI – Sistema Internacional)

- ⇒ **Grau Sexagesimal = $1/360$ da circunferência**
- ⇒ **Grau** [0 – 360°]
- ⇒ **Minuto** [0 – 59'] $1' = 1^{\circ}/60$
- ⇒ **Segundo** [0 – 59,99''] $1'' = 1^{\circ}/3600$

Exemplo: $225^{\circ} 48' 35''$ ⇒ **225 graus, 48 minutos e 35 segundos**

				
<i>grau</i>	90	180	270	360
<i>grado</i>	100	200	300	400
<i>radiano</i>	$\pi/2$	π	$3\pi/2$	2π

Uso da Calculadora Científica em Topografia.

Observar qual letra está na parte superior do visor:

D = Degree (grau) **G** = Grado **R** = Radian (radiano)

Entrada dos valores no **sistema sexagesimal**:

Digitar o valor do **GRAU** e pressionar a tecla 

Digitar o valor do **MINUTO** e pressionar a tecla 

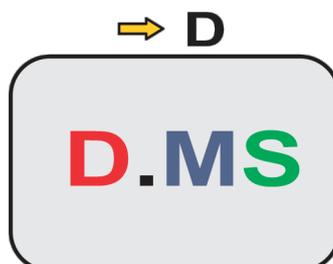
Digitar o valor do **SEGUNDO** e pressionar a tecla 



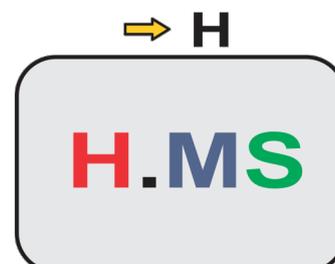
A seta amarela indica a *função inversa* da tecla, ou seja, **sistema decimal**.



Dependendo da calculadora, temos outras variáveis da mesma tecla:



DEGREE
MINUTES
SECONDS



HOUR
MINUTES
SECONDS



\tan^{-1}
tan

O inverso desta tecla (\tan^{-1}) calcula o valor do **arco-tangente**, ou seja, *cateto oposto sobre o cateto adjacente*.

Para calcular o ***inverso da tangente***, primeiro obtém-se o valor da tangente e depois o seu inverso pressionando uma das teclas abaixo (*depende do modelo da calculadora*), onde o valor de x é o que está no visor.

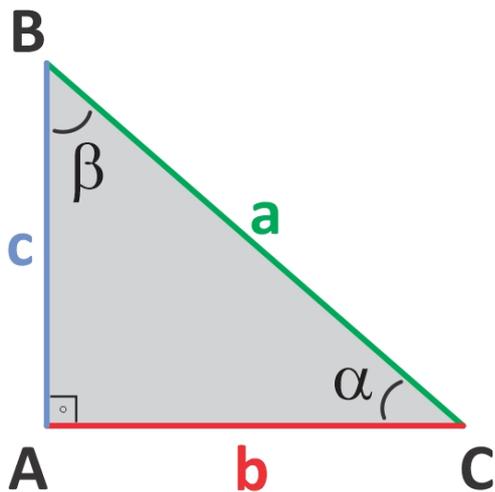
x^{-1}

$1/x$

Exemplo de cálculo: $137^{\circ}32'27'' + 78^{\circ}21'19''$

Digitar: 137		Pressionar:			
Digitar: 32		Pressionar:			
Digitar: 27		Pressionar:			
Digitar: + 78°21'19"		Pressionar:			

Algumas calculadoras exibem valores de centésimos de segundo, se for o caso, pode-se fazer um arredondamento por aproximação numérica para nenhuma casa após a vírgula.



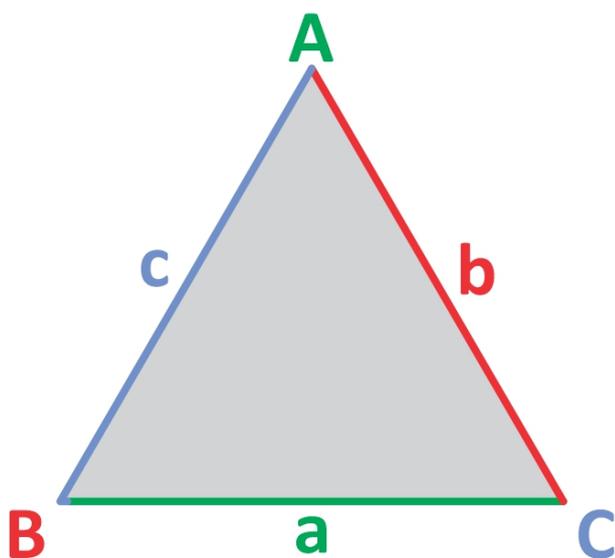
Pitágoras $a^2 = b^2 + c^2$

$$\text{sen } \alpha = \frac{\text{cateto oposto [c]}}{\text{hipotenusa [a]}}$$

$$\text{cos } \alpha = \frac{\text{cateto adjacente [b]}}{\text{hipotenusa [a]}}$$

$$\text{tg } \alpha = \frac{\text{cateto oposto [c]}}{\text{cateto adjacente [b]}}$$

Σ ângulos internos = **180°**



lei dos senos

$$\frac{a}{\text{sen } A} = \frac{b}{\text{sen } B} = \frac{c}{\text{sen } C}$$

lei dos cosenos

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2 (b \cdot c \cdot \text{cos } A)$$

$$b^2 = a^2 + c^2 - 2 (a \cdot c \cdot \text{cos } B)$$

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2 (a \cdot b \cdot \text{cos } C)$$

ESCALA

A escala é fundamental em uma representação porque fornece a **relação entre as dimensões reais do campo (D) e da representação no desenho (d)**.

NBR 8196 – Emprego de escalas em desenho técnico: procedimentos

Escala Numérica

$$E = d/D$$

d = distância no desenho

D = distância no campo

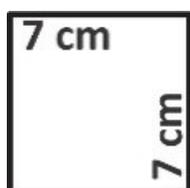
Exemplos:

- ① No desenho = 1 cm No campo = 500 m
 $E = 1/50.000$
 Escala = 1:50.000 [1 cm no desenho equivale a 50.000 cm no campo]
- ② No desenho = 3 cm
 $E = 1/50.000$
 No campo = $3 \times 50.000 \Rightarrow 150.000 \text{ cm} \Rightarrow 1.500 \text{ m}$

Escala vs Área

$$A = a \times d^2$$

A = área em campo **a** = área no desenho **d** = denominador da escala

Exemplo:

Escala 1:50

$$a = 7 \times 7 = 49 \text{ cm}^2$$

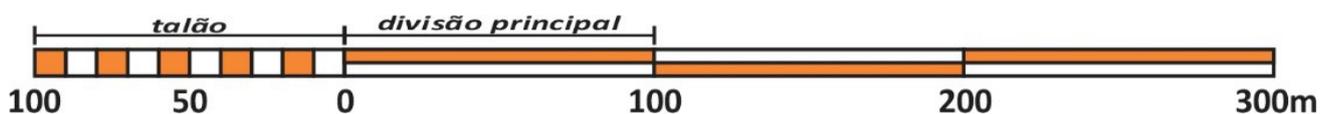
$$A = a \times d^2$$

$$A = 49 \times 50^2 = 122.500 \text{ cm}^2$$

$$1 \text{ m}^2 \text{ — } 10.000 \text{ cm}^2$$

$$A \text{ — } 122.500 \text{ cm}^2$$

$$A = 12,25 \text{ m}^2$$

Escala Gráfica

A vantagem da escala gráfica é a facilidade na visualização das dimensões no desenho e, caso o desenho sofra ampliação ou redução, a escala gráfica segue estas alterações na mesma proporção.

Precisão da Escala

A **Precisão da Escala (PE)** refere-se ao menor valor que podemos representar, em verdadeira grandeza, em uma determinada escala.

O **Erro de Graficismo (EG)** refere-se à um valor mínimo que podemos identificar sem o auxílio de aparelhos que é de **0,1mm**.

$$PE = EG \times d$$

d = denominador da escala

Segundo a NBR13133 o erro máximo admissível na elaboração do desenho topográfico é de 2 vezes o valor do erro de graficismo, ou seja, **0,2mm [0,0002m]**.

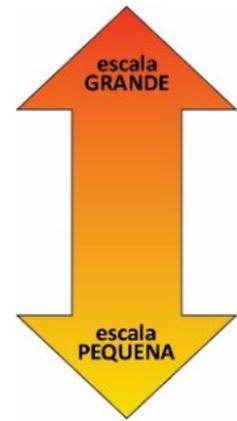
Exemplo: Escala 1:50

$$PE = EG \times d \Rightarrow PE = 0,0002 \times 50 \Rightarrow PE = 0,01\text{m} = \mathbf{1\text{cm}}$$

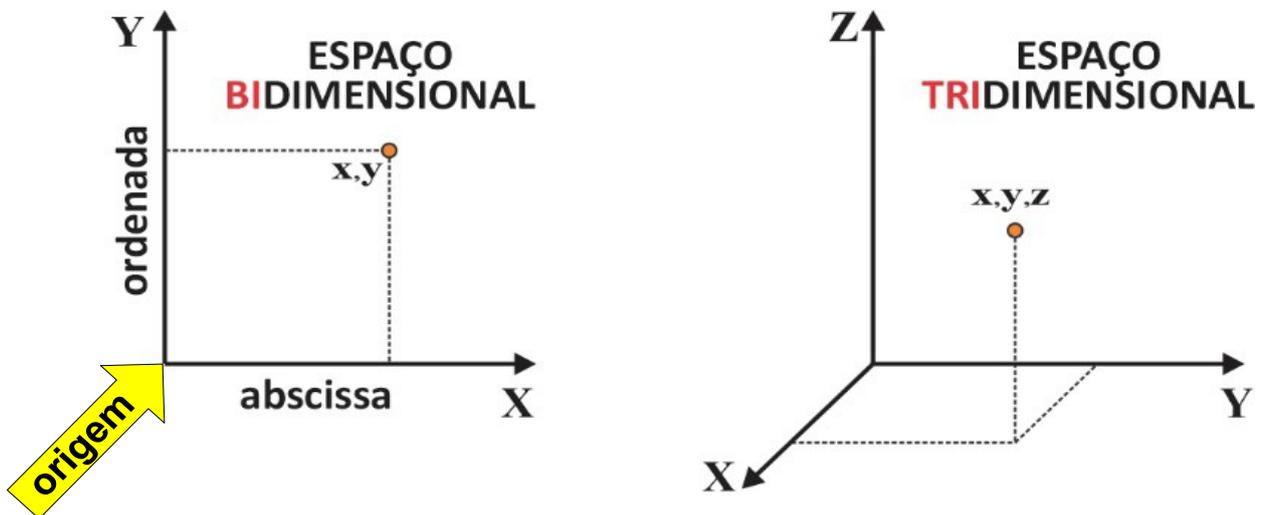
escala	Precisão da Escala (PE)
1:100	0,02 m
1:200	0,04 m
1:250	0,05 m
1:500	0,1 m
1:1000	0,2 m
1:2000	0,4 m
1:10000	2 m

Uma feição no terreno com tamanho inferior a 2 metros não poderá ser representada em um desenho com uma escala de 1:10000, neste caso, a representação desta feição pode ser feita através de símbolos.

aplicação	escala
terrenos urbanos	1:50
planta de edificações	1:100 e 1:200
planta de loteamento	1:500 e 1:1000
planta rurais	1:1000 e 1:2000 e 1:5000
plantas de cidades	1:5000 e 1:10000 e 1:25000
cartas de municípios	1:50000 e 1:100000
mapas de estados, países, continentes...	1:200000 e 1:1000000



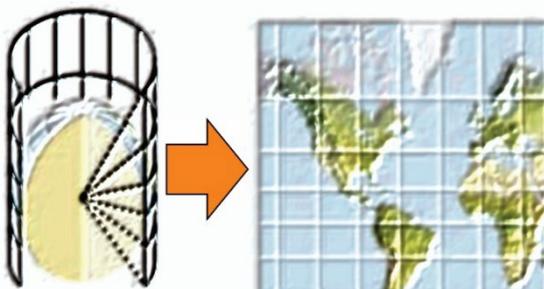
SISTEMA DE COORDENADAS CARTESIANAS



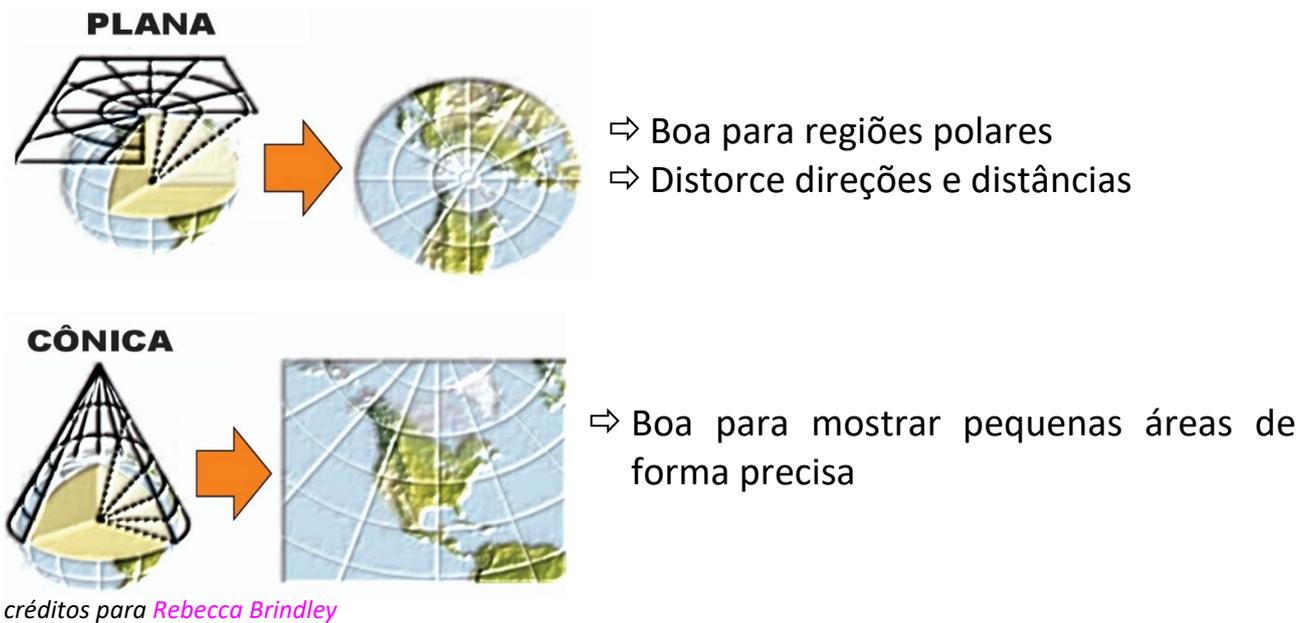
Sempre definimos as posições dos pontos sobre a Terra segundo um **sistema de coordenadas** e também em relação a uma **superfície de referência**.

Projeções Cartográficas

CILÍNDRICA



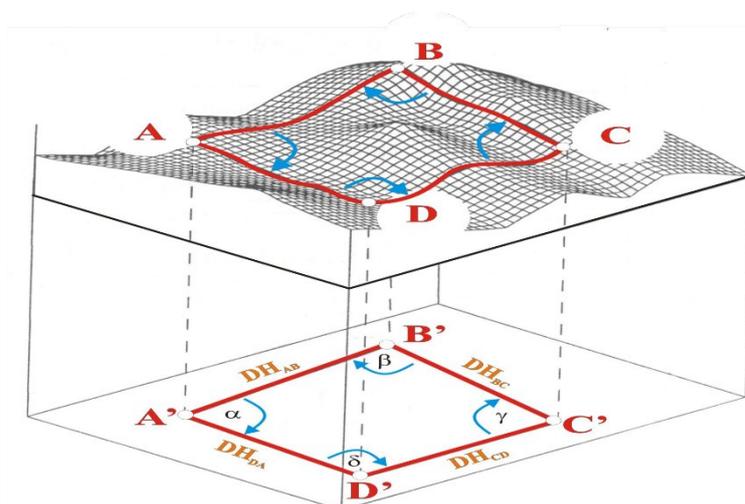
- ⇒ Fácil de usar
- ⇒ Latitude e Longitude em ângulos retos
- ⇒ Mostra a direção verdadeira
- ⇒ Distorce as altas latitudes



PLANIMETRIA

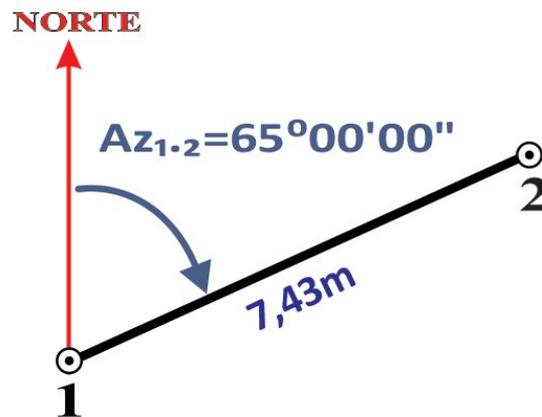
É a parte da TOPOMETRIA em que se estudam os processos de **medidas de distâncias e ângulos em um plano horizontal** para a construção de um mapa ou planta de uma localidade mostrando apenas seus **elementos planos (horizontais)**, ou seja, os contornos e localizações dos objetos locais, sem reproduzir o relevo da área.

Os levantamentos planimétricos são feitos por medições angulares e lineares no campo ou por uma combinação de trabalho topográfico de campo e laboratório usando levantamentos aéreos. A escala e as técnicas de levantamentos planimétricos são determinadas pelas necessidades do resultado esperado. O produto final é uma **PLANTA PLANIMÉTRICA**.



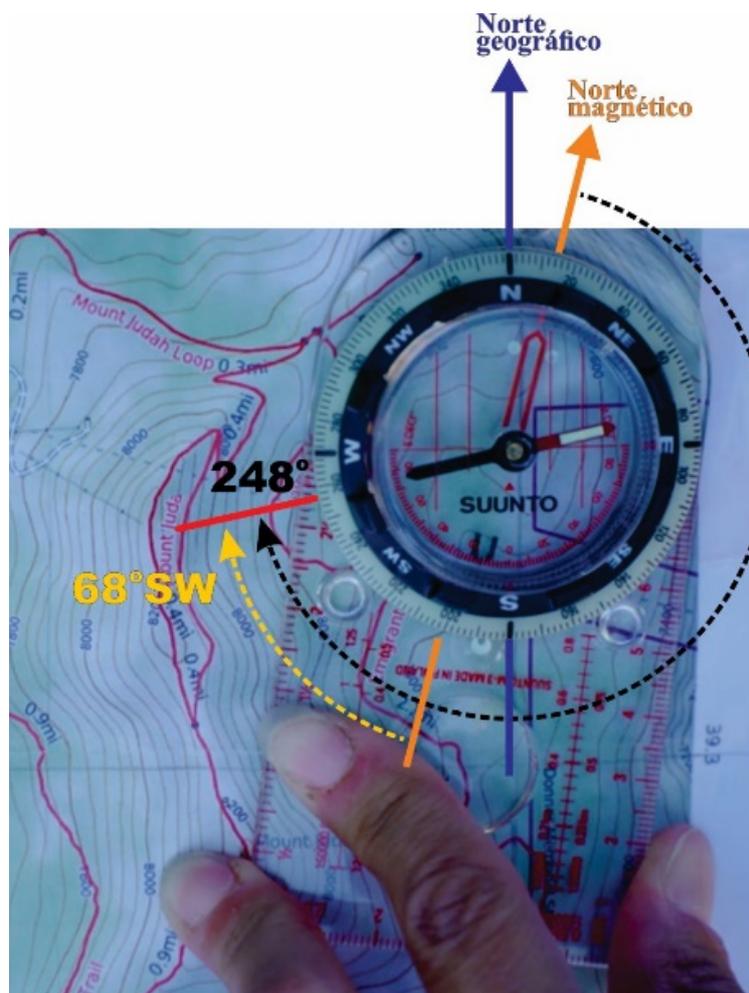
ALINHAMENTO TOPOGRÁFICO

Na topografia, definimos como **ALINHAMENTO TOPOGRÁFICO**, um segmento de reta que liga dois pontos.



O alinhamento possui **dimensão** (7,43m), **orientação** ($Az=65^{\circ}$) e **sentido** (de 1 para 2).

Azimute e Rumo

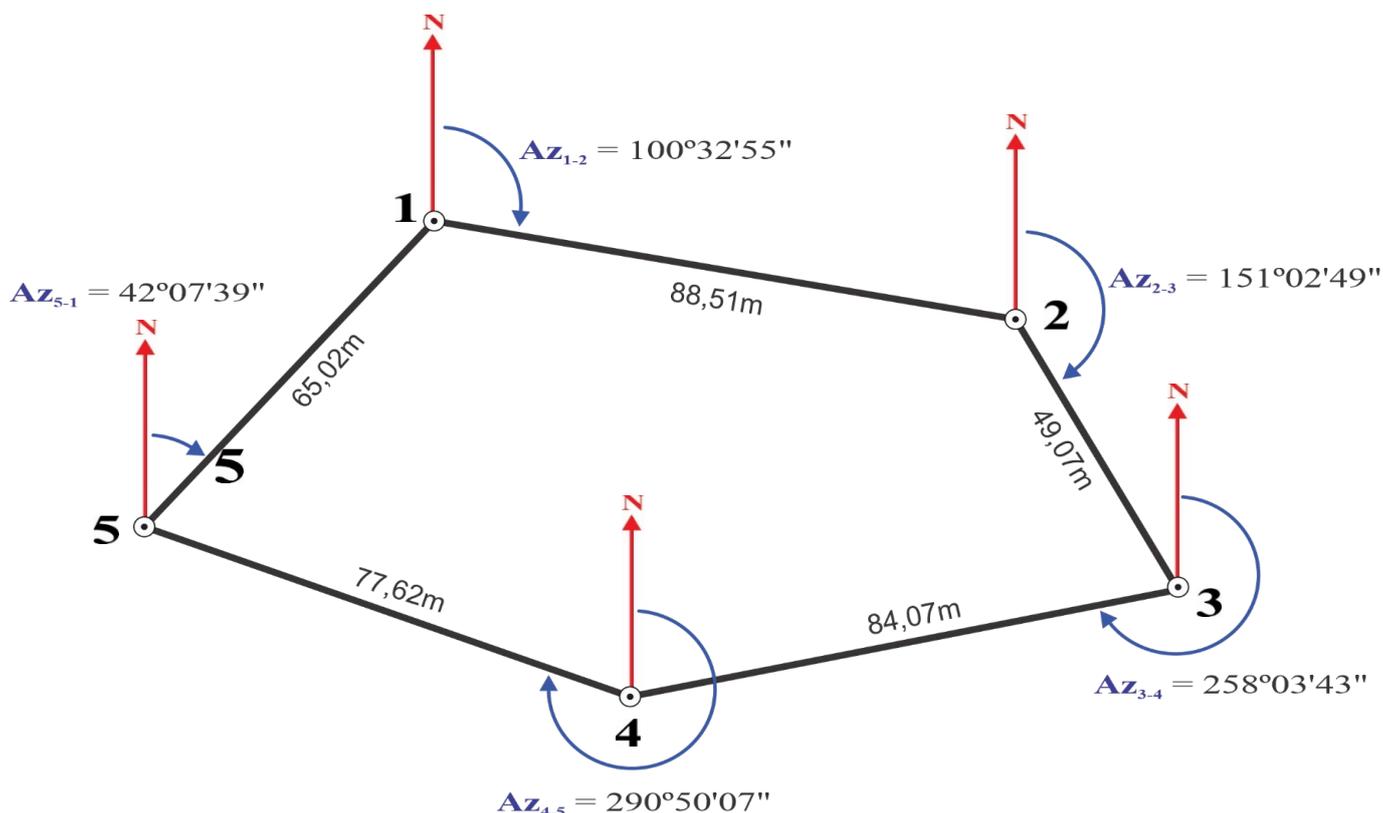


<https://www.rei.com/learn/expert-advice/navigation-basics.html>

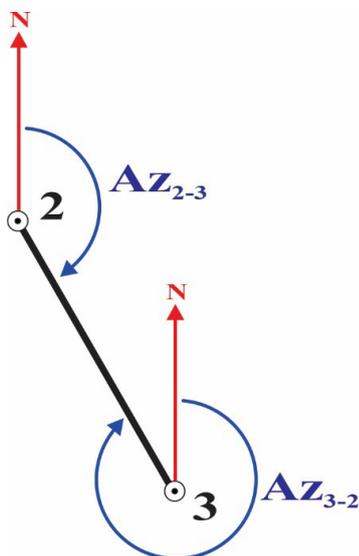
Azimute

É o ângulo que o alinhamento forma com a direção norte-sul tendo a ponta norte como origem. É contado no sentido horário.

Seu valor varia de 0° a 360°



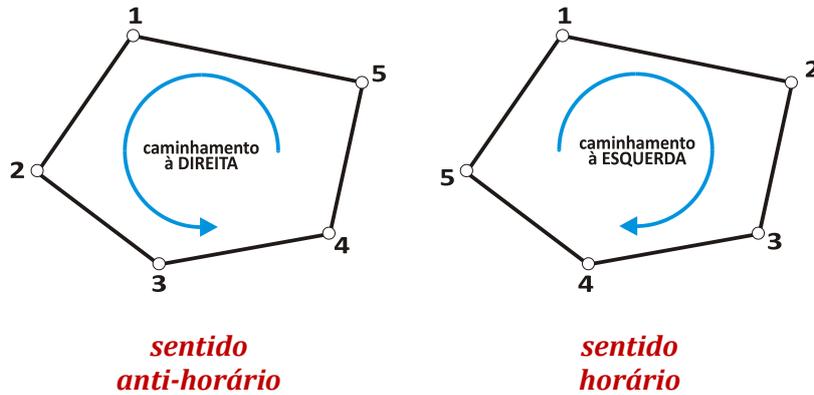
Exemplo. Azimute 1-2: parto da ponta Norte, no sentido horário, até encontrar o alinhamento 1-2.



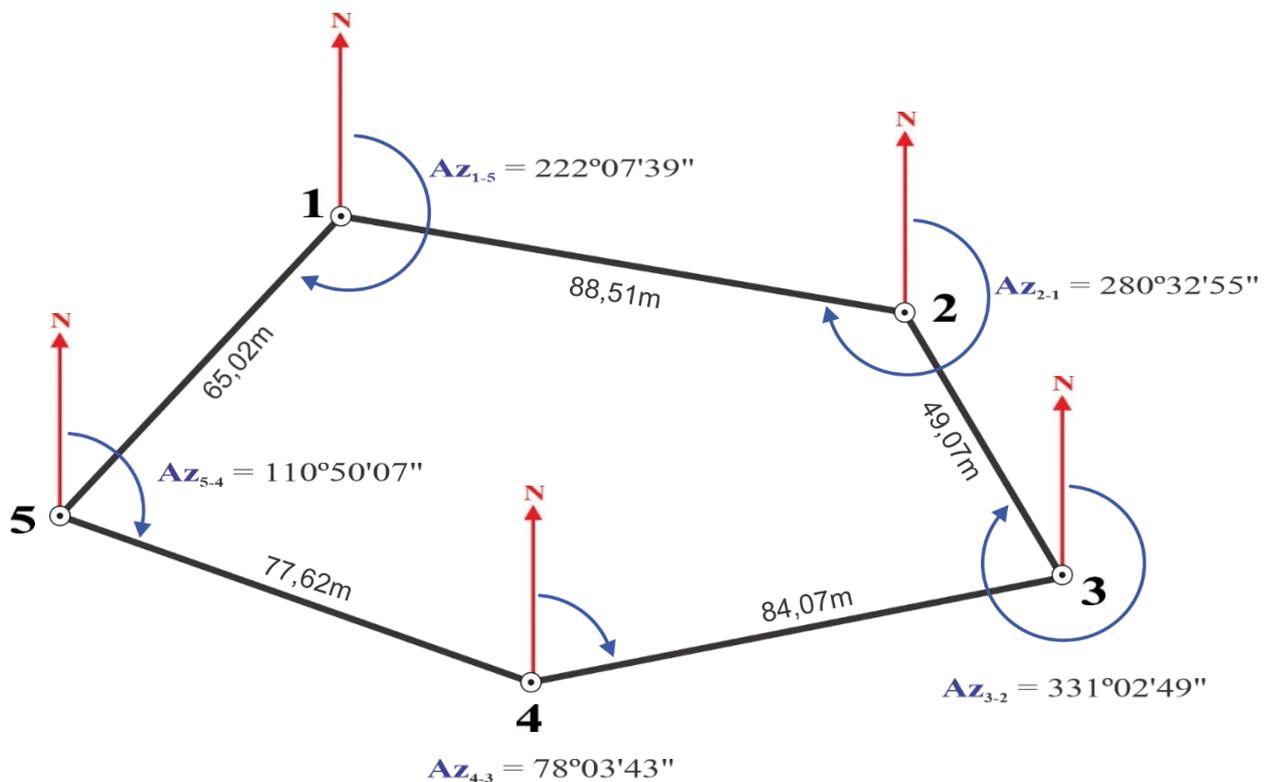
Sempre colocamos o sistema de eixos **NSEW** sobre o vértice de origem, ou seja, **azimute 2-3**, colocamos o sistema de eixos sobre o vértice 2 pois o azimute é de 2 para 3. Caso fosse **azimute 3-2**, colocaríamos os eixos sobre o vértice 3, porque o azimute seria de 3 para 2.

sentido do caminhamento

O sentido do caminhamento, diz respeito à direção que você adota ao fazer o levantamento de uma poligonal, ou seja, o sentido em que você caminha sobre a poligonal instalando o aparelho nas estações e medindo os ângulos. Este sentido terá implicação na fórmula utilizada para o cálculo dos azimutes.



Na figura anterior, os azimutes foram obtidos no mesmo sentido do levantamento, ou sejam, 1-2, 2-3, 3-4... na figura abaixo, vamos representar os **contra-azimutes** que são obtidos no sentido contrário ao do levantamento, ou sejam, 1-5, 5-4, 4-3...



Exemplo. Azimute 1-5: parto da ponta Norte, no sentido horário, até encontrar o alinhamento 1-5.

Por que uma fórmula para calcular azimutes?

Os azimutes são obtidos em campo com o auxílio de uma bússola. A bússola é um acessório que sempre indica a linha Norte-Sul magnética, apontando o sentido do Norte magnético.

As bússolas, em sua grande maioria, fornecem apenas a informação dos graus, não há precisão na sua leitura.

Sendo variável a posição do Norte Magnético, torna-se muito impreciso fazer uso de uma bússola para obter todos os azimutes em campo.

Assim, em campo, fazemos a leitura de apenas um azimute de qualquer alinhamento, os demais são calculados pela **fórmula dos azimutes**.

FÓRMULA PARA O CÁLCULO DO AZIMUTE

$$Az_n = Az_{n-1} \pm ai \pm 180^\circ$$

Az_n → azimute do alinhamento que se quer calcular

Az_{n-1} → azimute do alinhamento anterior

ai → ângulo interno [*referente ao azimute que está sendo calculado*]

+ ai caminhamo à direita

- ai caminhamo à esquerda

$Az_{n-1} + ai < 180^\circ \Rightarrow$ soma-se 180°

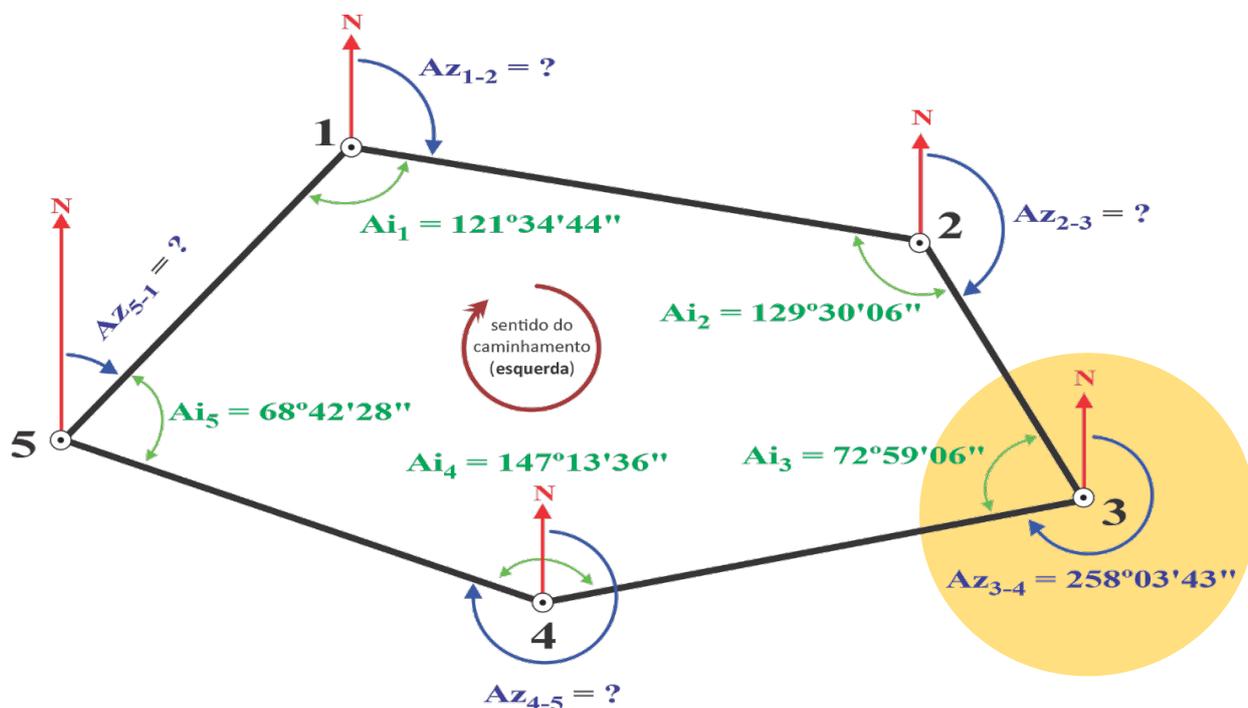
$Az_{n-1} + ai > 180^\circ \Rightarrow$ subtrai-se 180°

Vamos exemplificar a aplicação da fórmula.

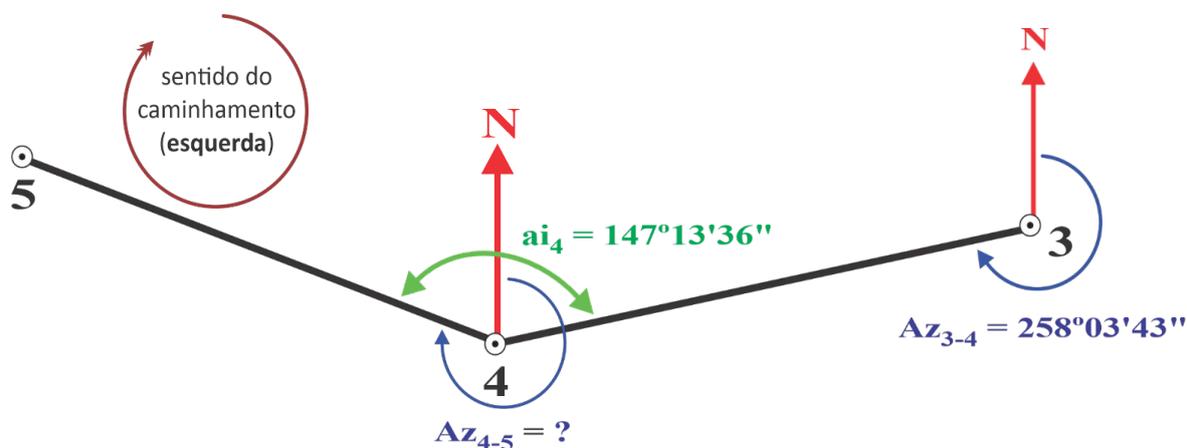
Vamos utilizar a mesma poligonal que vimos até agora e supor que no nosso levantamento obtivemos em campo o valor do **Azimute 3-4 = 258°03'43"**.

Todos os ângulos internos foram medidos em campo com precisão.

Mais adiante veremos como determinar estes ângulos internos em campo.



- Dados de campo:** ⇒ Azimute 3-4 = **258°03'43"**
 ⇒ ângulo interno do vértice 4 = **147°13'36"**
 ⇒ sentido do caminhamento: **à esquerda** (*sentido horário*)



$$Az_n = Az_{n-1} \pm ai_n \pm 180^\circ$$

Caminhamento à esquerda, portanto utilizaremos na fórmula: $- ai$.

$$Az_{4-5} = Az_{3-4} - ai_4 \pm 180^\circ$$

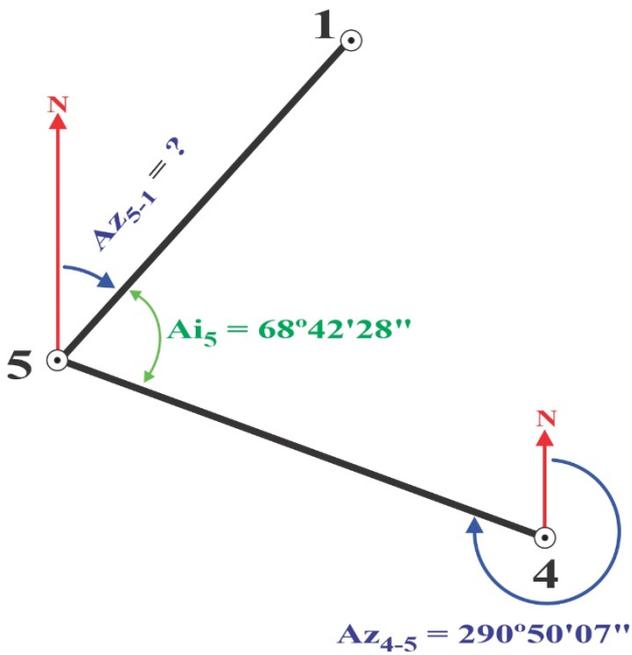
$$Az_{4-5} = 258^\circ 03' 43'' - 147^\circ 13' 36'' \pm 180^\circ$$

$$Az_{4-5} = 110^\circ 50' 07'' \pm 180^\circ \rightarrow \text{como } 110^\circ 50' 07'' \text{ é menor que } 180^\circ, \text{ então:}$$

$$Az_{4-5} = 110^\circ 50' 07'' + 180^\circ$$

$$Az_{4-5} = \mathbf{290^\circ 50' 07''}$$

Prosseguiremos o cálculo dos demais azimutes do mesmo modo.

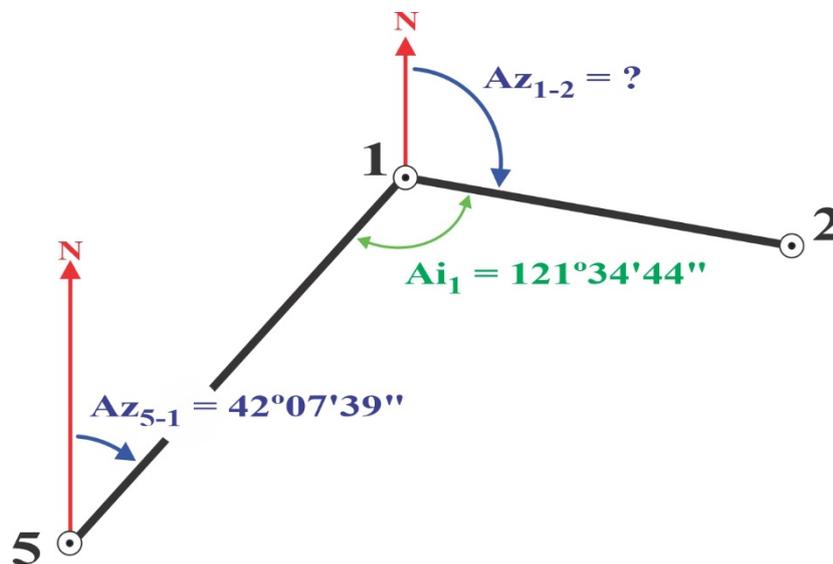


$$Az_{5-1} = Az_{4-5} - ai_5 \pm 180^\circ$$

$$Az_{5-1} = 290^\circ 50' 07'' - 68^\circ 42' 28'' \pm 180^\circ$$

$$Az_{5-1} = 222^\circ 07' 39'' - 180^\circ$$

$$Az_{5-1} = 42^\circ 07' 39''$$

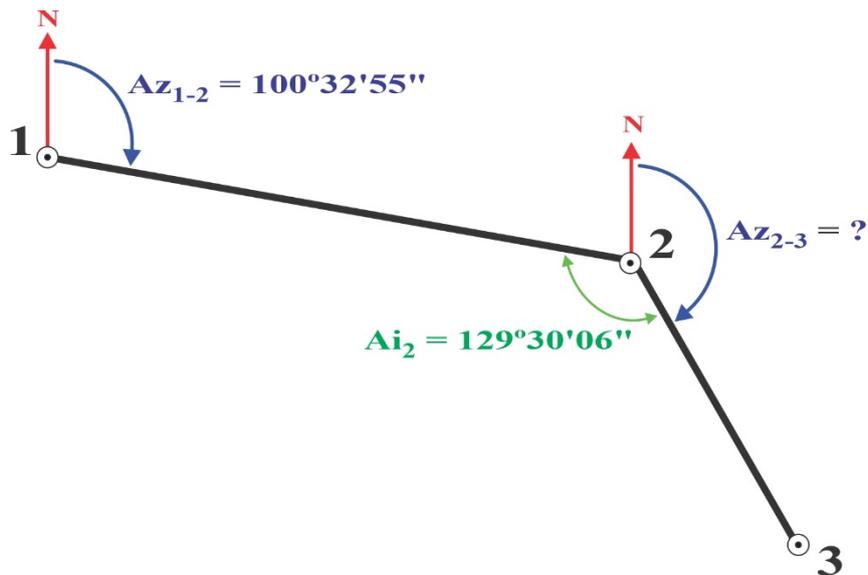


$$Az_{1-2} = Az_{5-1} - ai_1 \pm 180^\circ$$

$$Az_{1-2} = 42^\circ 07' 39'' - 121^\circ 34' 44'' \pm 180^\circ$$

$$Az_{1-2} = -79^\circ 27' 05'' + 180^\circ$$

$$Az_{1-2} = 100^\circ 32' 55''$$



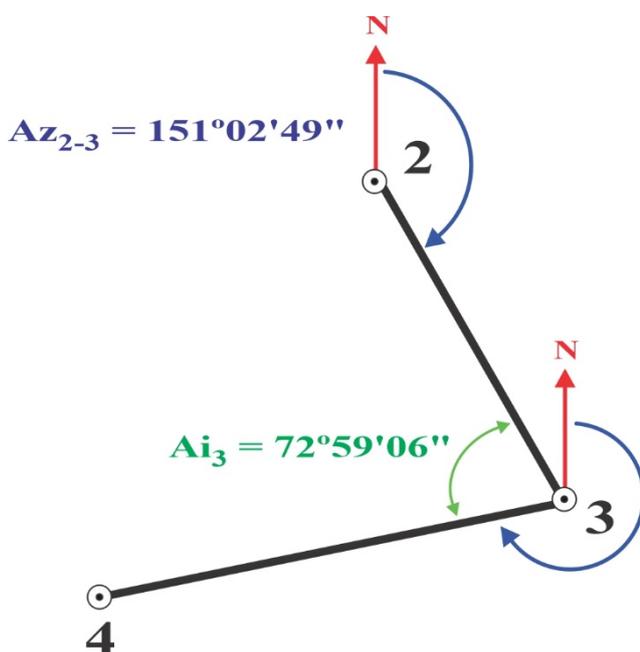
$$Az_{2-3} = Az_{1-2} - ai_2 \pm 180^\circ$$

$$Az_{2-3} = 100^\circ 32' 55'' - 129^\circ 30' 06'' \pm 180^\circ$$

$$Az_{2-3} = -28^\circ 57' 11'' + 180^\circ$$

$$Az_{2-3} = 151^\circ 02' 49''$$

Podemos confirmar nossos cálculos determinando o azimute 3-4 obtido em campo:



$$Az_{3-4} = Az_{2-3} - ai_3 \pm 180^\circ$$

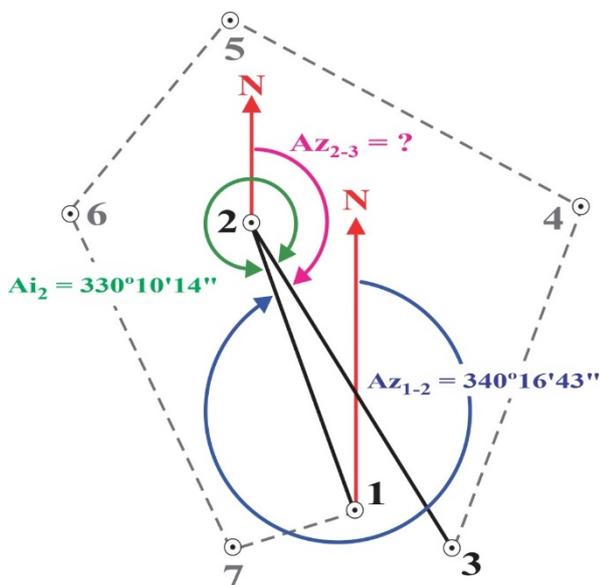
$$Az_{3-4} = 151^\circ 02' 49'' - 72^\circ 59' 06'' \pm 180^\circ$$

$$Az_{3-4} = 78^\circ 03' 43'' + 180^\circ$$

$$Az_{3-4} = 258^\circ 03' 43''$$

Quando, o cálculo do azimute, resultar em um valor superior a **360°**, deve-se subtrair deste valor, **360°**.

Exemplo: $Az_{1-2} = 340^{\circ}16'43''$
 $ai_2 = 330^{\circ}10'14''$
 $Az_{2-3} = ?$



$$AZ_{2-3} = Az_{1-2} \pm ai_2 \pm 180^{\circ}$$

$$AZ_{2-3} = 340^{\circ}16'43'' + 330^{\circ}10'14'' \pm 180^{\circ}$$

$$AZ_{2-3} = 670^{\circ}26'57'' - 180^{\circ}$$

$$AZ_{2-3} = 490^{\circ}26'57''$$

$$AZ_{2-3} = 490^{\circ}26'57'' - 360^{\circ}$$

$$AZ_{2-3} = 130^{\circ}26'57''$$

RUMO

O rumo de um alinhamento é o ângulo que este forma com a direção **norte** ou **sul** [*a que estiver mais próxima do alinhamento*].

RUMO varia de **0°** a **90°** contados a partir do...

... **Norte** para a *direita* **NE** [nordeste]

... **Norte** para a *esquerda* **NW** [noroeste]

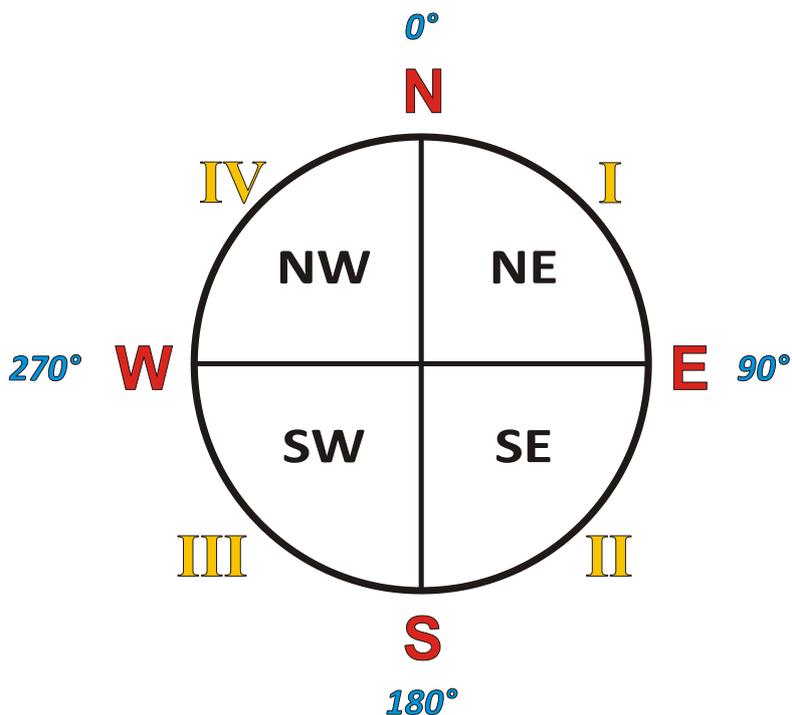
... **Sul** para a *direita* **SE** [sudeste]

... **Sul** para a *esquerda* **SW** [sudoeste]

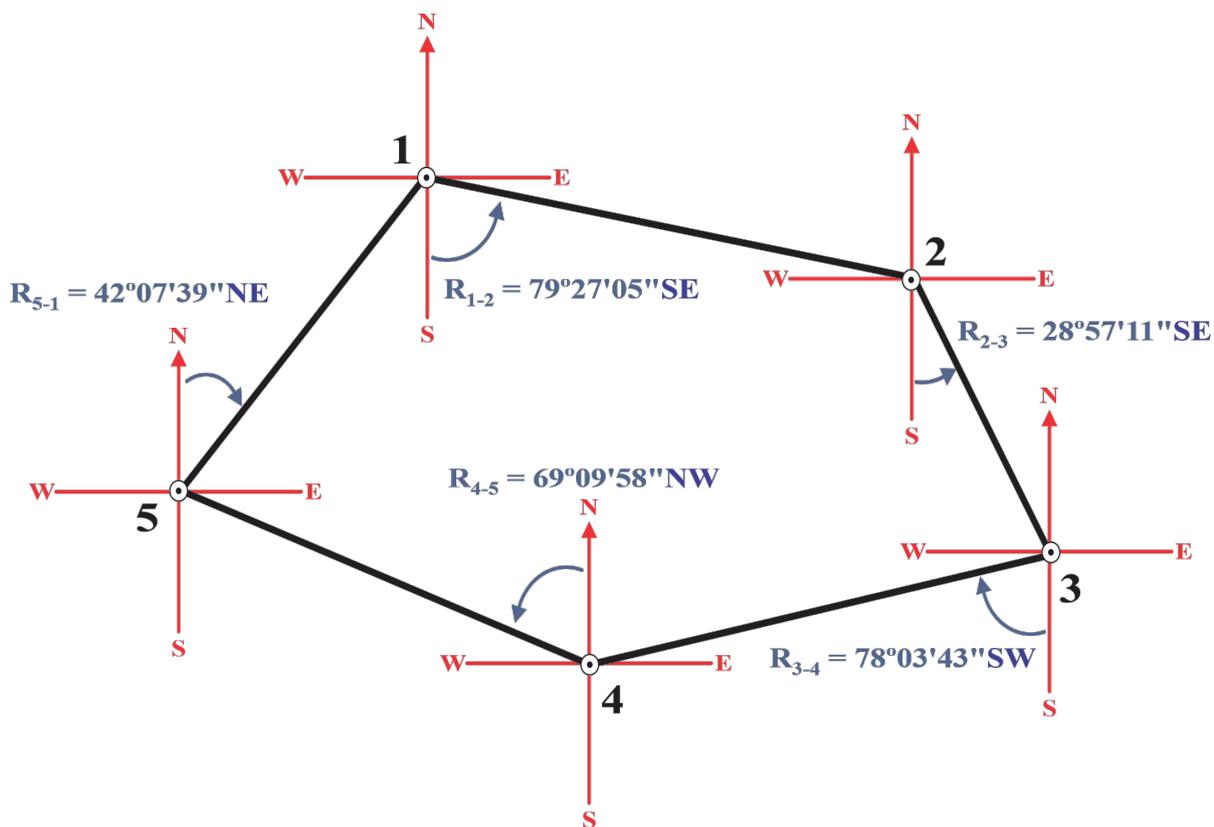
O **RUMO** deverá constar de um valor numérico, de **0°** a **90°**, e duas letras.

A primeira letra deverá ser **N** ou **S** que indicará a *origem* e a segunda letra deverá ser **E** ou **W**.

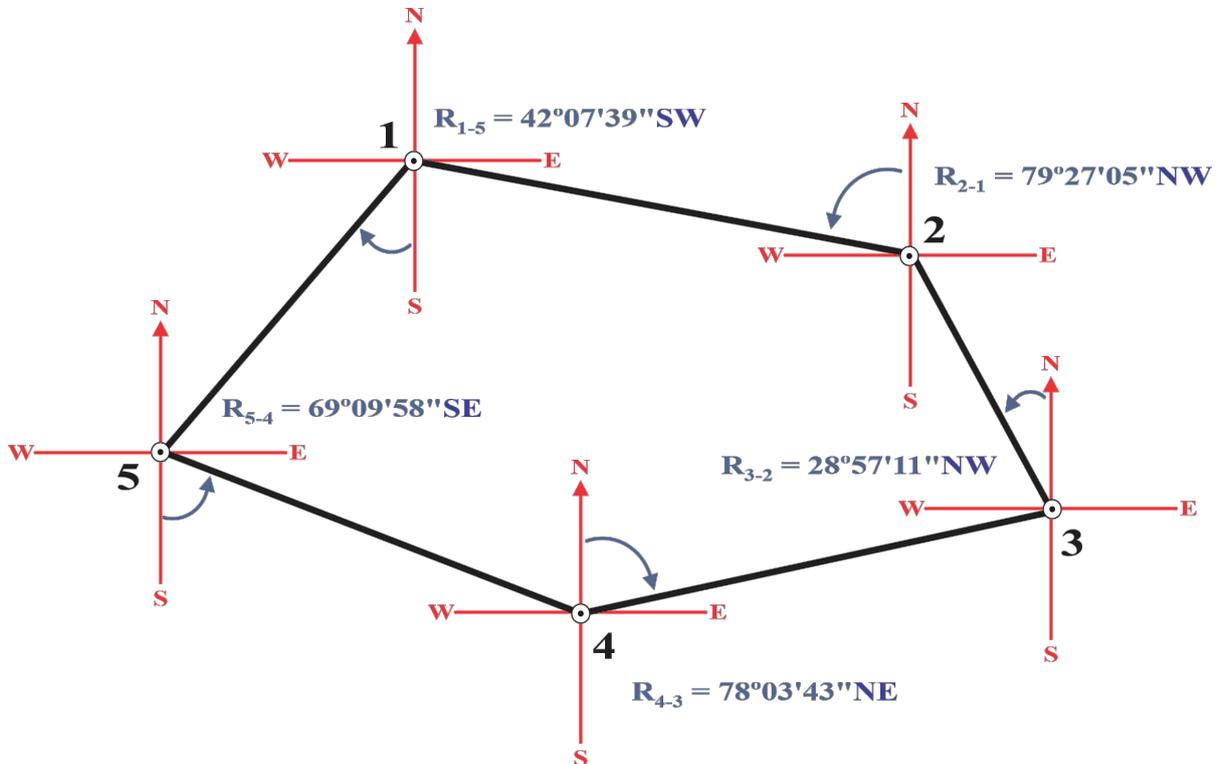
QUADRANTES TOPOGRÁFICOS



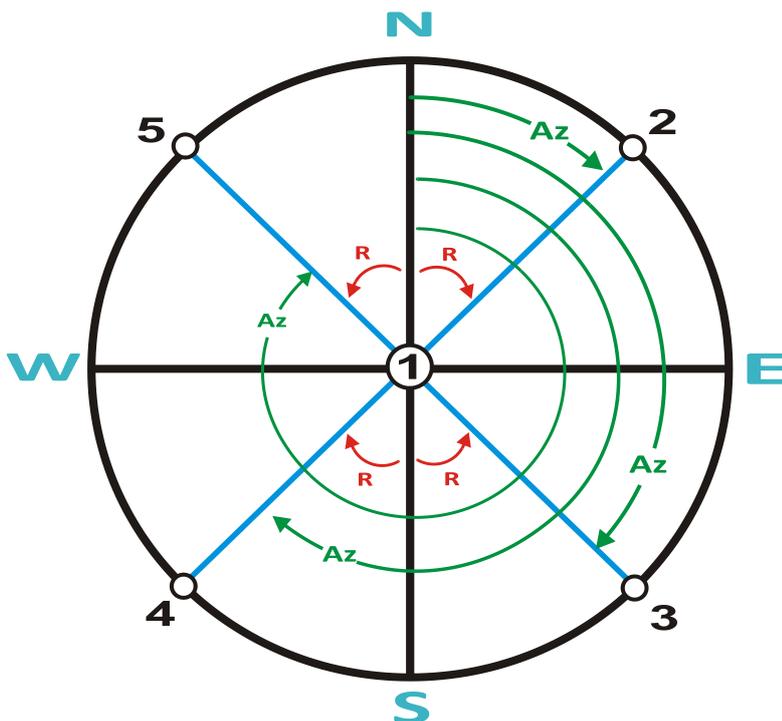
Para a demonstração de RUMO, vamos tomar como base a mesma poligonal dos Azimutes.



Na figura anterior, os rumos foram obtidos no mesmo sentido do levantamento, ou sejam, 1-2, 2-3, 3-4... na figura abaixo, vamos representar os **contra-rumos** que são obtidos no sentido contrário ao do levantamento, ou sejam, 1-5, 5-4, 4-3..



TRANSFORMAÇÃO DE RUMO EM AZIMUTE e *vice-versa*



Quadrante NE

Rumo = Azimute
Azimute = Rumo

Quadrante SE

Rumo = 180° - Azimute
Azimute = 180° - Rumo

Quadrante SW

Rumo = Azimute - 180°
Azimute = 180° + Rumo

Quadrante NW

Rumo = 360° - Azimute
Azimute = 360° - Rumo

Converter em **AZIMUTE** o seguinte **RUMO**: **49°56'33" NW**

Quadrante **NW**, então:

$$\text{Az} = 360^\circ - \text{Rumo}$$

$$\text{Az} = 360^\circ - 49^\circ 56' 33''$$

$$\text{Az} = \mathbf{310^\circ 03' 27''}$$

Converter em **RUMO** o seguinte **AZIMUTE**: **143°30'12"**

90° à 180° \Rightarrow Quadrante **SE** \Rightarrow R = 180° - Azimute

$$\text{R} = 180^\circ - 143^\circ 30' 12''$$

$$\text{R} = \mathbf{36^\circ 29' 48'' \text{ SE}}$$

AVIVENTAÇÃO DE RUMOS E AZIMUTES

Como dito anteriormente, os azimutes são obtidos em campo com o auxílio de uma bússola. A bússola é um aparelho que sempre indica a posição da linha Norte-Sul magnética, apontando o sentido do *Norte magnético*. A posição do Norte magnético não é fixa, apresentando variações seculares, anuais, mensais e até mesmo diárias. Algumas variações anômalas são atribuídas as *tempestades magnéticas* (explosões na superfície do Sol).

Assim, um azimute que tenha sido obtido em uma época passada qualquer, hoje não apresentará a mesma angularidade em relação ao Norte magnético que apresentou na época em que foi determinado.

Por esta razão, para plantas topográficas que tenham sido feitas em épocas remotas, precisamos **aviventar** seus *rumos* e *azimutes* para nossa época atual. Tenha em mente de que a planta topográfica está perfeitamente correta, apenas não estará orientada segundo o Norte magnético, como estava na época do seu levantamento.

Meridiano Geográfico

O meridiano geográfico de um determinado local, corresponde ao plano que passa por este ponto e pelos polos geográficos da Terra.

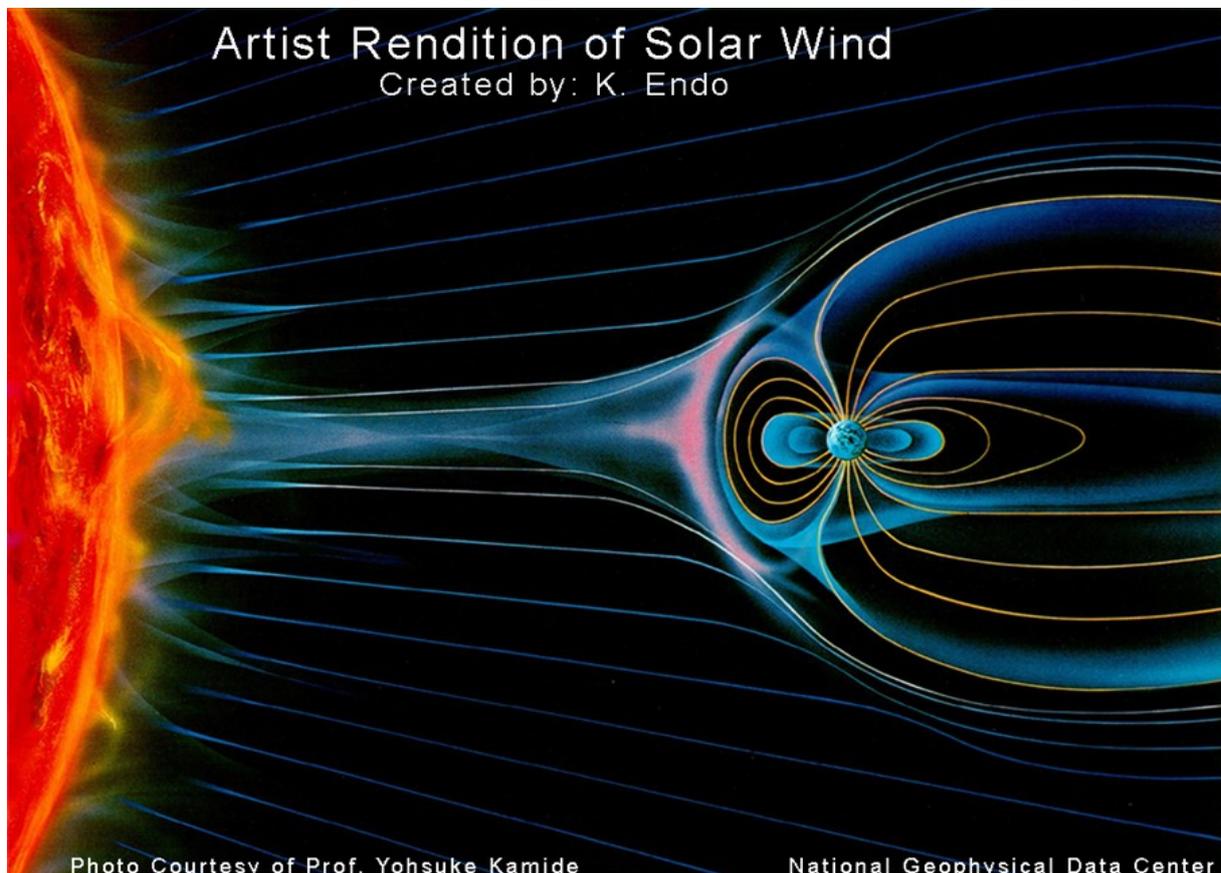
Meridiano Magnético

O meridiano magnético de um determinado local, corresponde ao plano que passa pelo eixo longitudinal de uma agulha magnética (*bússola*) em posição de equilíbrio.

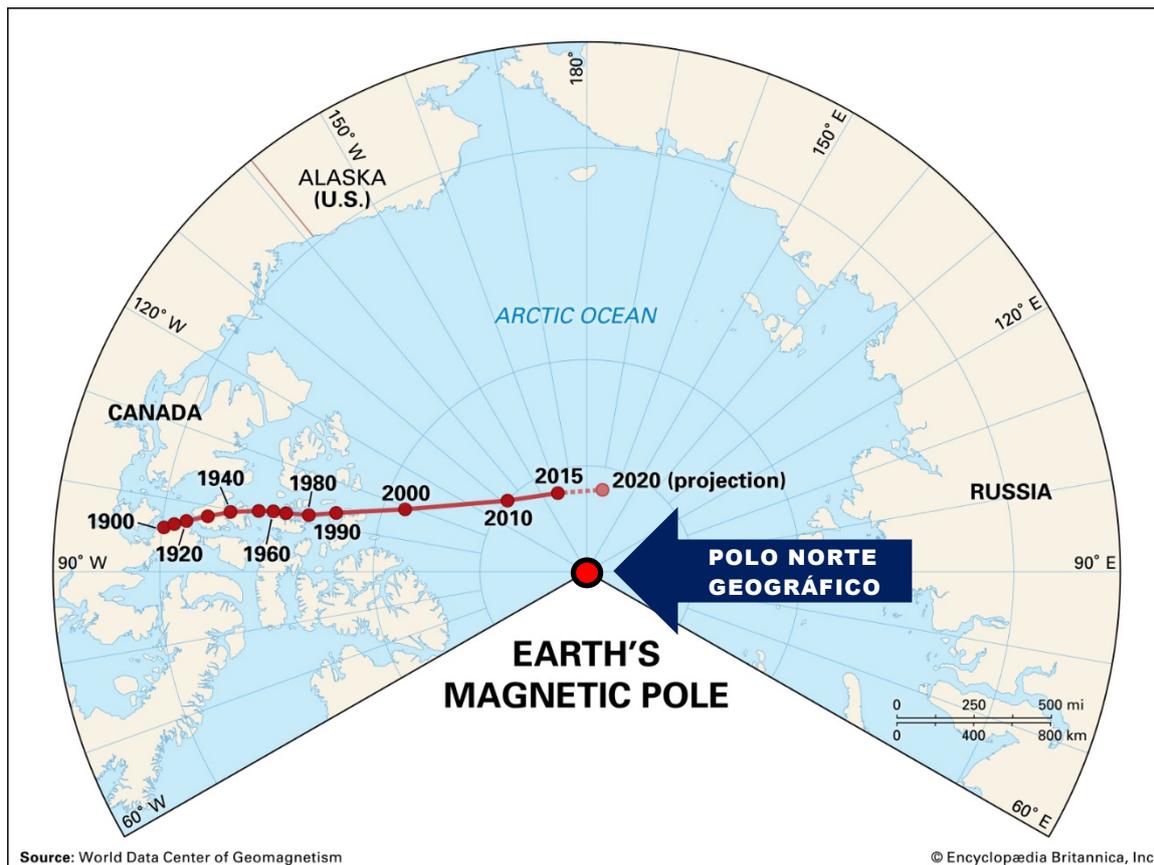
Declinação Magnética

É a diferença angular entre o Meridiano Geográfico e o Meridiano Magnético por não serem coincidentes, em geral, para uma determinada localidade.

O desenho abaixo representa uma outra importância do campo magnético terrestre, que é nos proteger da radiação solar.



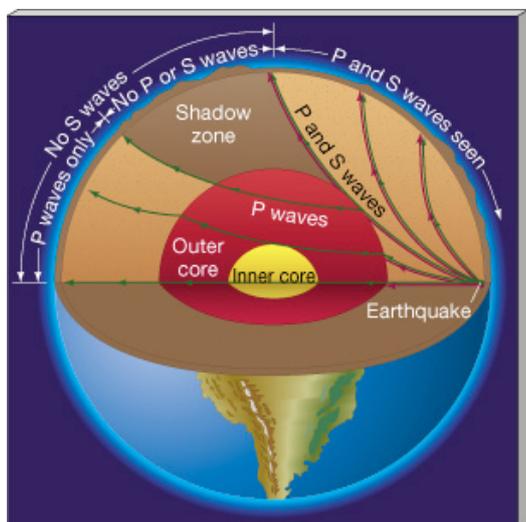
VARIAÇÃO DO POLO NORTE MAGNÉTICO



ORIGEM DO MAGNETISMO TERRESTRE

TEORIA DO DÍNAMO

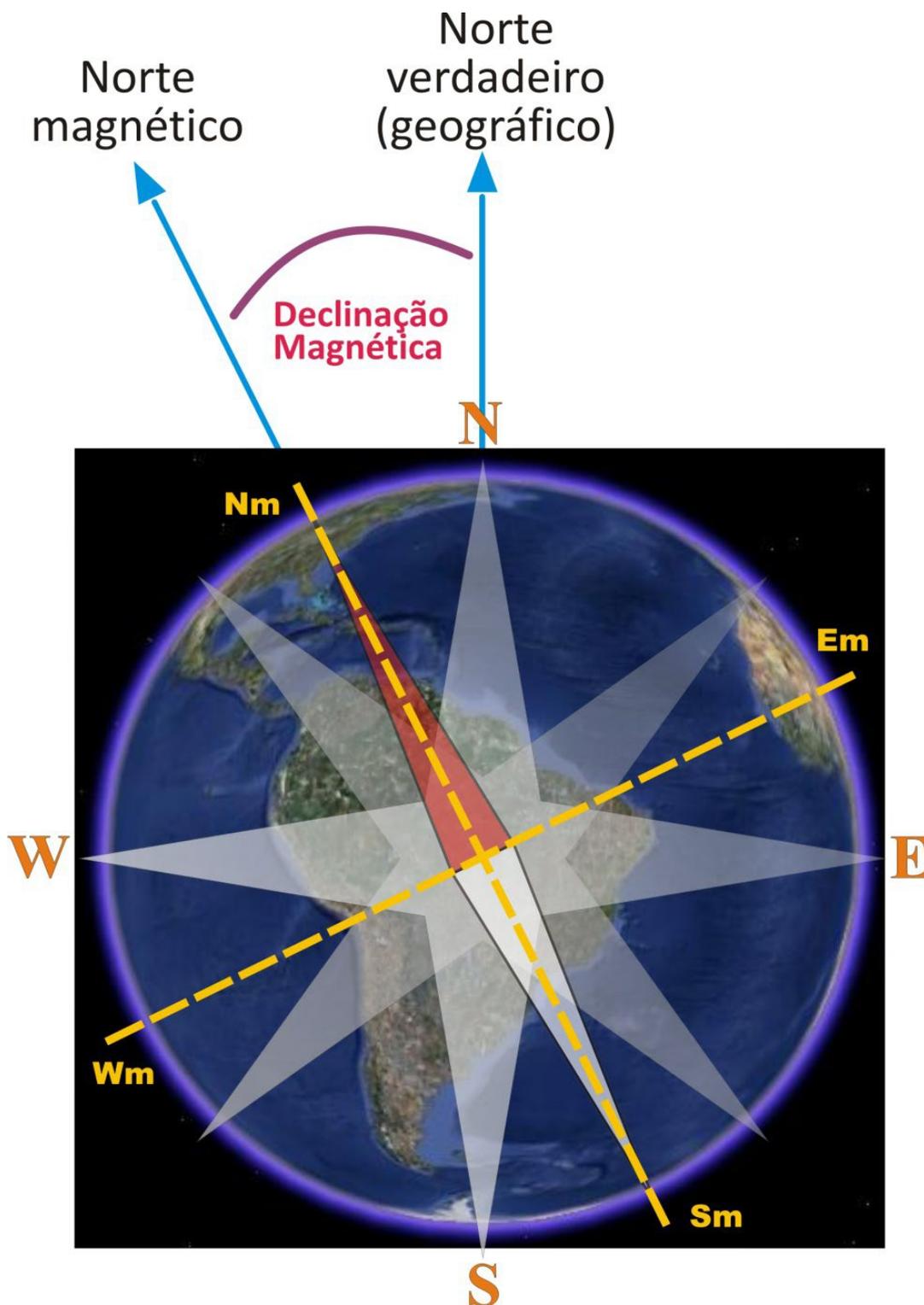
“o núcleo sólido da Terra sofre um atraso em sua rotação em relação ao resto do planeta”



http://staff.on.br/jlkm/astron2e/at_media/ch07/chap07at/at07fig13.jpg

Como sabemos que o núcleo da Terra é sólido?

Sabemos pelo estudo das ondas sísmicas. Quando ocorre um terremoto, dois tipos principais de ondas são gerados: ondas **P** (primárias) e ondas **S** (secundárias) cada qual com suas particularidades e, entre elas, está o fato de as ondas **S** não conseguirem percorrer meios sólidos. Estações sismográficas ao redor do mundo registram a chegada destas ondas.



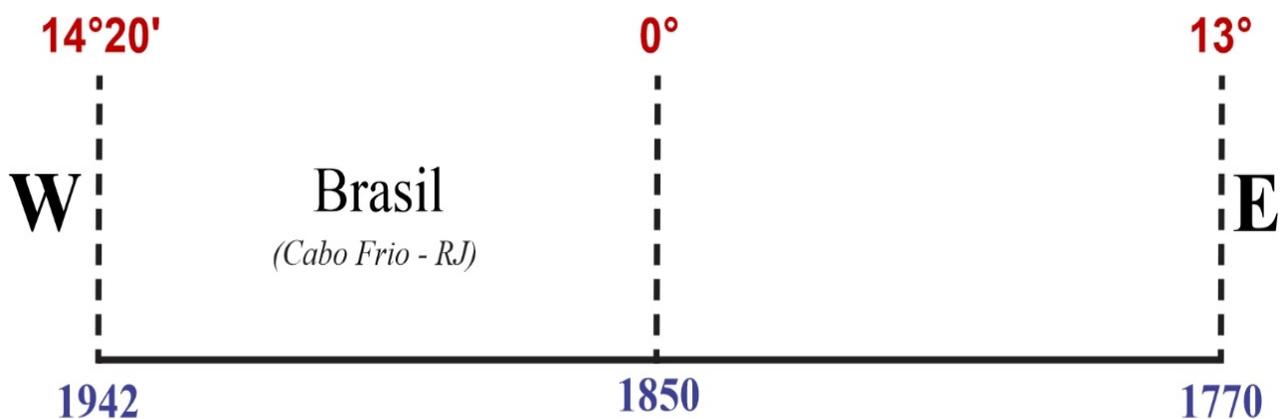
<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/38/Pswaves.jpg>

A **DECLINAÇÃO MAGNÉTICA** varia ao longo dos anos, aumentando até um certo limite para **OESTE [W]** e, depois, retrocedendo para **LESTE [E]**, também até um certo limite.



Em Paris (*França*), em **1580**, o valor da DM (Declinação Magnética) era de **9°** para LESTE, retornou na direção OESTE onde em **1660** tinha o valor de **0°**, continuou até um máximo de **22°30'** em **1814**.

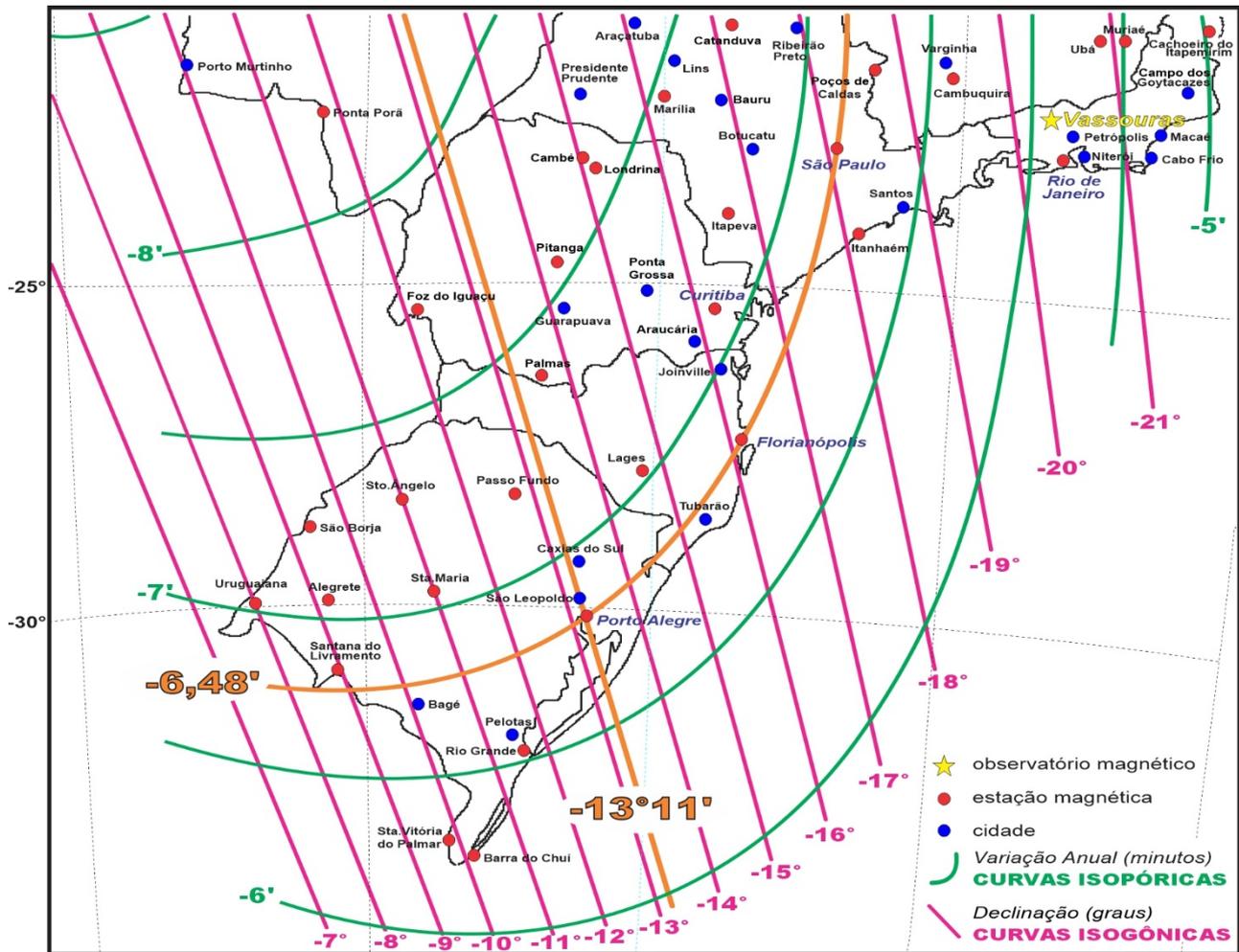
Atualmente ainda se encontra para oeste.



No Brasil [*Cabo Frio - RJ*] em **1770**, o valor da **DM** era de **13°** para LESTE, retornou na direção OESTE onde em **1850** tinha o valor de **0°**, continuou até um máximo de **14°20'** em **1942**.

Atualmente ainda se encontra para oeste.

Mapa Magnético do Brasil



Modificado de: Mapa Magnético do Brasil. Escala: 1:25 000. UF: AC Local: Rio de Janeiro Editor: IBGE Ano: 1980.

CURVAS ISOPÓRICAS possuem a mesma variação anual de declinação

LINHAS ISOGÔNICAS pontos de mesma declinação magnética

LINHA AGÔNICA pontos onde o meridiano verdadeiro coincide com o meridiano magnético [não representada]

CÁLCULO DA CORREÇÃO DA DECLINAÇÃO

os valores para o cálculo são obtidos no Mapa Magnético do Brasil

Fração do Ano

01 JAN	<i>a</i>	19 JAN	0.0
20 JAN	<i>a</i>	24 FEV	0.1
25 FEV	<i>a</i>	01 ABR	0.2
02 ABR	<i>a</i>	07 MAI	0.3
08 MAI	<i>a</i>	13 JUN	0.4
14 JUN	<i>a</i>	19 JUL	0.5
20 JUL	<i>a</i>	25 AGO	0.6
26 AGO	<i>a</i>	30 SET	0.7
01 OUT	<i>a</i>	06 NOV	0.8
07 NOV	<i>a</i>	12 DEZ	0.9
13 DEZ	<i>a</i>	31 DEZ	1.0

$$DM = C_{ig} + [(A + F_a) C_{ip}]$$

DM = Declinação Magnética

C_{ig} = Curva Isogônica (valor interpolado)

C_{ip} = Curva Isopórica (valor interpolado)

A = Ano da observação (ano da carta = 1990)

F_a = Fração do Ano

Exemplo:

Porto Alegre, 12 de setembro de 2003.

$$C_{ig} = -13^{\circ}11'$$

$$A = 2003 - 1990 = 13 \text{ anos}$$

$$C_{ip} = -6,48'$$

$$F_a = 0.7$$

$$DM = C_{ig} + [(A + F_a)C_{ip}]$$

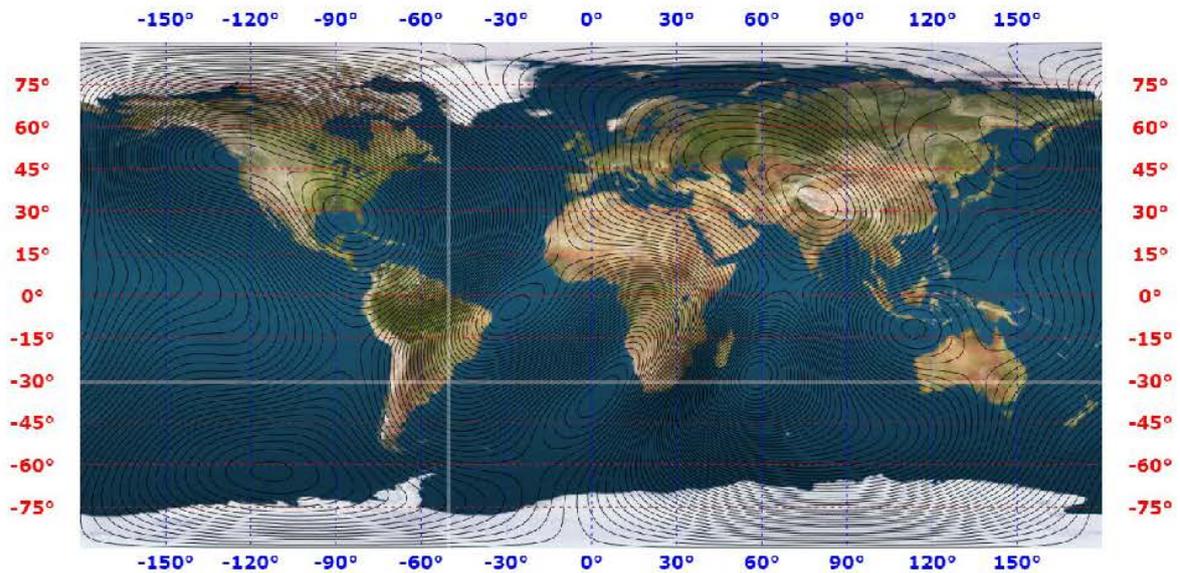
$$DM = -13^{\circ}11' + [(13 + 0.7) \times (-6,48')]$$

$$DM = -13^{\circ}11' + (-88,78') \quad \Rightarrow \quad 88,78' = 1^{\circ}28' (0,78 \times 60 = 47'') = 1^{\circ}28'47''$$

$$DM = -14^{\circ}39'47'' \text{ W}$$

MAPA DA VARIAÇÃO SECULAR DE INTENSIDADE

DATA 11/08/2020



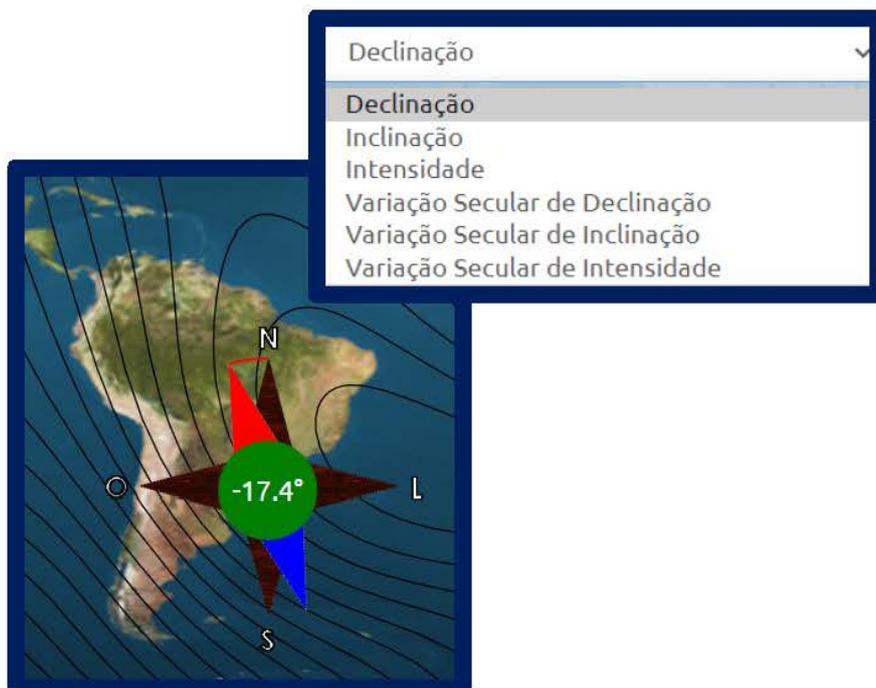
Latitude: -30° 54' 50"
Longitude: -50° 09' 22"

Intensidade Horizontal: 16642 nT (-89 nT/ano)

Intensidade: 22567 nT (-19 nT/ano)

Componentes Vetoriais da Intensidade

Componente X: 15879 nT (-96 nT/ano)
Componente Y: -4979 nT (-8 nT/ano)
Componente Z: -15243 nT (-70 nT/ano)



<https://daed.on.br/astro/magnetismo-terrestre>

<http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/>



NOAA > NESDIS > NCEI (formerly NGDC) > Geomagnetism

Magnetic Field Calculators

Declination | U.S. Historic Declination | Magnetic Field | Magnetic Field Component Grid

Magnetic Declination Estimated Value ?

Declination is calculated using the most recent [World Magnetic Model \(WMM\)](#) or the [International Geomagnetic Reference Field \(IGRF\)](#) model. For 1590 to 1900 the calculator is based on the [gufm1](#) model. A smooth transition from gufm1 to IGRF was imposed from 1890 to 1900. Declination results are typically accurate to 30 minutes of arc, but environmental factors can cause magnetic field disturbances. The calculator provides an easy way for you to get results in HTML, XML, or CSV programmatically (API). For more information click the information button above.

Calculate Declination

Latitude: S N
 Longitude: W E

Model: WMM (2014-2019) IGRF (1590-2019)

Date: Year Month Day

Result format: HTML XML CSV PDF

Lookup Latitude / Longitude

Either enter a zip code, select a country/city, or [search for an address at USGS Earth Explorer](#).

U.S. Zip Code:

- OR -

Country:

City:

NOAA > NESDIS > NCEI (formerly NGDC) > Geomagnetism

Questions: geomag.models@noaa.gov

[Home](#) | [Contacts](#) | [Data](#) | [Disclaimers](#) | [Education](#) | [News](#) | [Privacy Policy](#) | [Site Map](#) | [Take Our Survey](#) | [FAQ](#) | [Today's Space Weather](#)

Atualmente existem dezenas de *sites* na *internet* que fornecem, sem custo, o valor da Declinação Magnética bastando para isso fornecer a localização através de coordenadas entre outros dados.

Declination

Model Used: IGRF12

Latitude: 30° 4' 26" S ?

Longitude: 51° 7' 11" W

Date	Declination
2003-09-12	14° 50' W changing by 0° 8' W per year

Mapa | Satélite

Google

Dados do mapa | Termos de Uso | Informar erro no mapa

Exercício sobre Aviventação

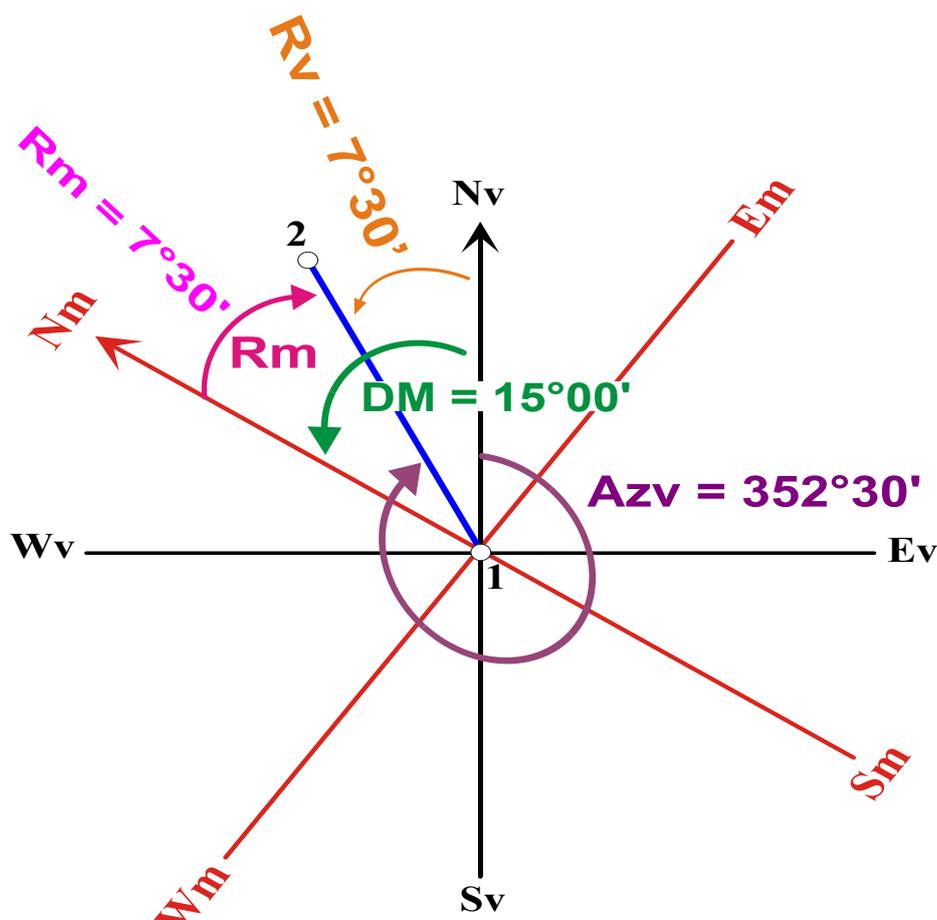
O **rumo magnético** do alinhamento 1-2 é **7°30' NE**, sabe-se que a declinação magnética é de **15°00' W**. *Calcular o azimute verdadeiro e o rumo verdadeiro.*

Dados: Declinação Magnética = 15°00' W
 Rumo Magnético = 7°30' NE
 Rumo Verdadeiro = ?
 Azimute Verdadeiro = ?

Solução:

$$\begin{aligned} R_v &= DM - R_m \\ R_v &= 15^\circ 00' - 7^\circ 30' \\ \mathbf{R_v} &= \mathbf{7^\circ 30' NW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Az_v &= 360^\circ - R_v \\ Az_v &= 360^\circ - 7^\circ 30' \\ \mathbf{Az_v} &= \mathbf{352^\circ 30'} \end{aligned}$$



As representações angulares no esquema acima foram feitas fora de escala para facilitar a compreensão do problema.