



**ÍNDICE**

INTRODUÇÃO .....	4
MATEMÁTICA BÁSICA APLICADA .....	5
UNIDADE DE MEDIDA .....	12
ESCALA .....	14
PLANIMETRIA .....	15
CÁLCULO DO RUMO A PARTIR DE DUAS COORDENADAS.....	17
CONVERSÃO DE RUMO PARA AZIMUTE E VICE VERSA .....	18
TIPOS DE INSTRUMENTAÇÃO.....	19
TIPOS DE LEVANTAMENTOS PLANIMÉTRICOS:.....	31
ÂNGULO INTERNO E EXTERNO DA POLIGONAL.....	37
CÁLCULO DA PLANILHA DE COORDENADAS .....	38
CÁLCULO DE ÁREA .....	48
MEDIDA DE DISTÂNCIA .....	51
ALTIMETRIA .....	57
TIPOS DE NIVELAMENTO.....	59
PLANIALTIMETRIA.....	67
INTERPOLAÇÃO DE CURVA DE NÍVEL.....	69
PERFIL LONGITUDINAL .....	70
GREIDE .....	71
SEÇÕES TRANSVERSAIS.....	72
RAMPA / DECLIVIDADE .....	73
CÁLCULO DE VOLUME .....	74
LOCAÇÃO.....	76
INTRODUÇÃO AO SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM.....	80
INTRODUÇÃO A GEODÉSIA.....	82

## TOPOGRAFIA

INTRODUÇÃO AO SISTEMA GNSS.....	88
OPERAÇÕES BÁSICAS PARA ESTAÇÃO TOTAL.....	99
BIBLIOGRAFIA .....	101

## INTRODUÇÃO

“A Topografia tem por finalidade determinar o contorno, dimensão e posição relativa de uma porção limitada da superfície terrestre, sem levar em conta a curvatura resultante da esfericidade terrestre” ESPARTEL (1987), ou seja a Topografia se limita à descrição de áreas restritas na superfície terrestre, em torno de um raio de 50km.

O objetivo principal é efetuar o levantamento (executar medições de ângulos, distâncias e desníveis) que permita representar uma porção da superfície terrestre em uma escala adequada. Às operações efetuadas em campo, com o objetivo de coletar dados para a posterior representação, denomina-se de levantamento topográfico.

A topografia pode ser dividida em:

❖ **Planimetria:** Consiste a obtenção de ângulos e distâncias horizontais para determinar a projeção do ponto no plano topográfico.

❖ **Altimetria:** Consiste na obtenção das diferenças de níveis em relação ao terreno, no plano vertical.



## MATEMÁTICA BÁSICA APLICADA

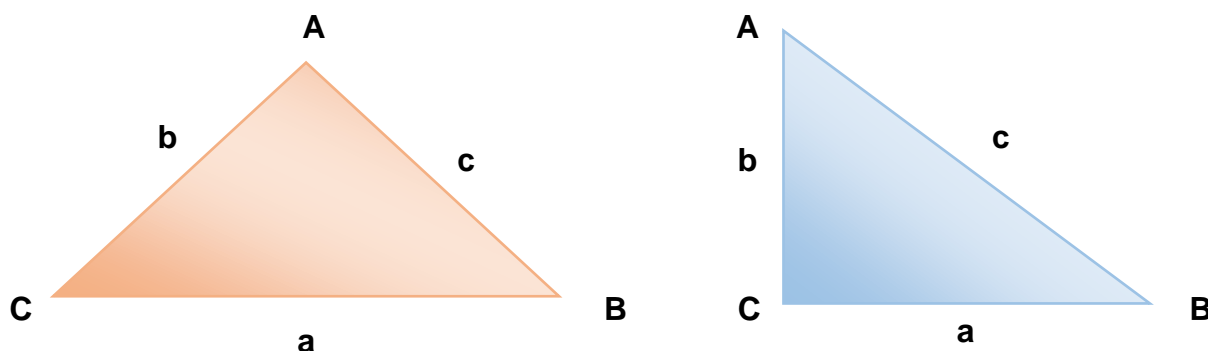
Na área de topografia, usa-se muito a parte da matemática relacionada a geometria plana, analítica e a trigonometria, para as transformações de leituras de ângulos e distâncias realizadas em campo em coordenadas planas e cálculo de áreas.

### 📐 Geometria plana.

A geometria plana, é a parte da matemática que estuda a figura geométrica bidimensionais, ou seja, figuras que podem ser observadas em um plano. Entre elas estão: o triângulo, a circunferência, o quadrado, o retângulo e outros polígonos.

#### ➤ Triângulos:

É qualquer polígono que possui três lados. Os principais elementos de um triângulo são: os lados, os vértices e os ângulos internos. A soma interna dos ângulos de qualquer triângulo é sempre  $180^\circ$ .



O cálculo da área do triângulo qualquer, quando não se sabe a altura do triângulo é:

$$A = \sqrt{p \cdot (p-a) \cdot (p-b) \cdot (p-c)}$$

 $\implies$ 

$$p = (a+b+c)/2$$

Também pode ser calculado em função de um ângulo e dois lados.

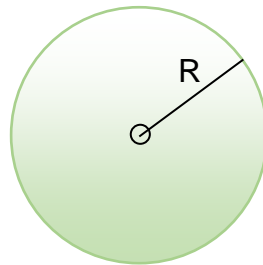
$$A = \frac{a \cdot b \cdot \text{sen} \cdot C}{2}$$

Quando o triângulo possui lados com o ângulo de  $90^\circ$ , é chamado de triângulo retângulo e usa-se a seguinte fórmula:

$$A = (\text{base} \times \text{altura}) / 2$$

### ➤ Circunferência e Círculo:

A circunferência é o conjunto dos pontos de um plano cuja distância a um ponto dado desse plano é fixa. O ponto dado é chamado de centro e a distância fixa é o raio da circunferência.



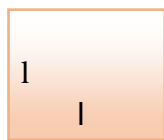
A área e do comprimento da circunferência são dadas pelas seguintes fórmulas:

$$A = \pi \cdot R^2 \quad \text{e} \quad C = 2 \cdot \pi \cdot R$$

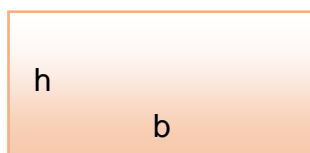
### ➤ Polígonos com 4 lados:

Polígonos são figuras fechadas formadas por segmentos de reta, sendo caracterizados pelos seguintes elementos: ângulos, vértices, diagonais e lados

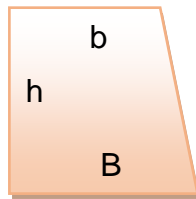
- Áreas das figuras:



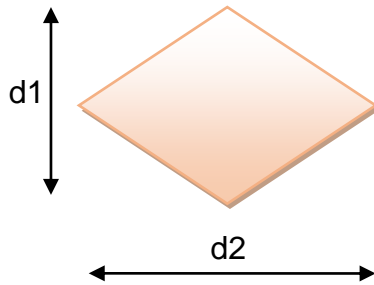
$$\text{Quadrado} \quad A = l \times l$$



$$\text{Retângulo} \quad A = b \times h$$



$$\text{Trapézio } A = ((B + b) \times h) / 2$$

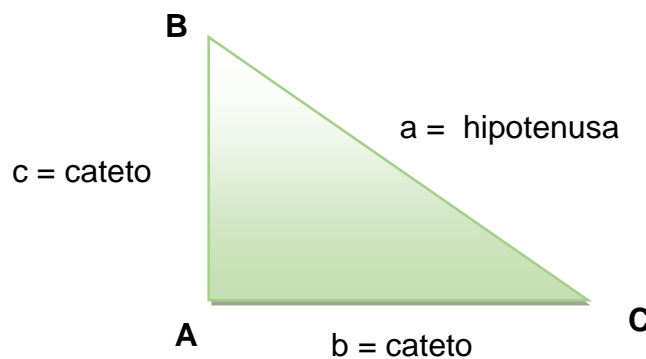


$$\text{Losango } A = (d1 \times d2) / 2$$

### ✚ Trigonometria.

A Trigonometria, é o estudo da matemática responsável pela relação existente entre os lados e os ângulos de um triângulo. Nos triângulos retângulos (possuem um ângulo de  $90^\circ$ ), as relações constituem os chamados ângulos notáveis,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$  e  $60^\circ$ , que possuem valores constantes representados pelas relações seno, cosseno e tangente.

No teorema de Pitágoras “o quadrado da hipotenusa é igual a soma dos quadrados dos catetos”.



$$\text{Pitágoras: } a^2 = b^2 + c^2$$

$$\text{Sen } C = \text{cateto oposto} / \text{hipotenusa}$$

$$\text{Sen } C = c / a$$

$$\text{Cos } C = \text{cateto adjacente} / \text{hipotenusa}$$

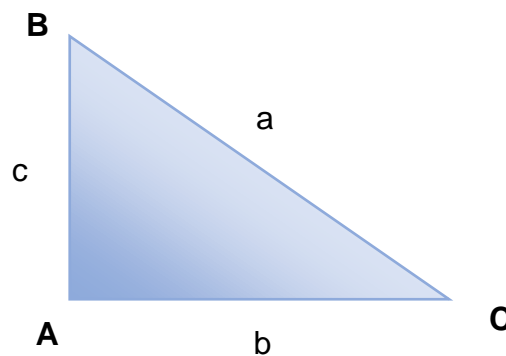
$$\text{Cos } C = b / a$$

$$\text{Tg } C = \text{cateto oposto} / \text{cateto adjacente}$$

$$\text{Tg } C = c / b$$

- Lei dos Senos:

“Num triângulo qualquer a razão entre cada lado e o seno do ângulo oposto é constante”.

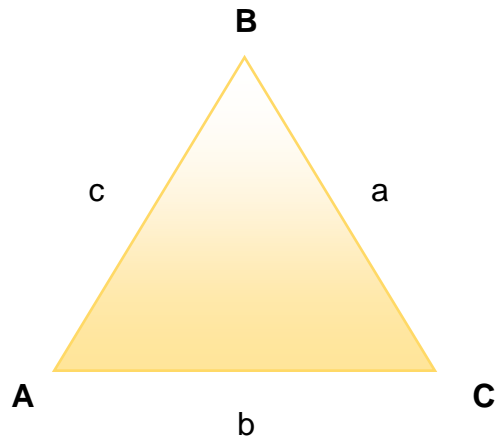


$$\frac{a}{\text{Sen } A} = \frac{b}{\text{Sen } B} = \frac{c}{\text{Sen } C}$$

- Lei dos Cossenos:

“Num triângulo qualquer, o quadrado da medida de um lado é igual à soma dos quadrados das medidas dos outros dois, menos o dobro do produto das medidas dos dois lados pelo cosseno do ângulo que eles formam”.





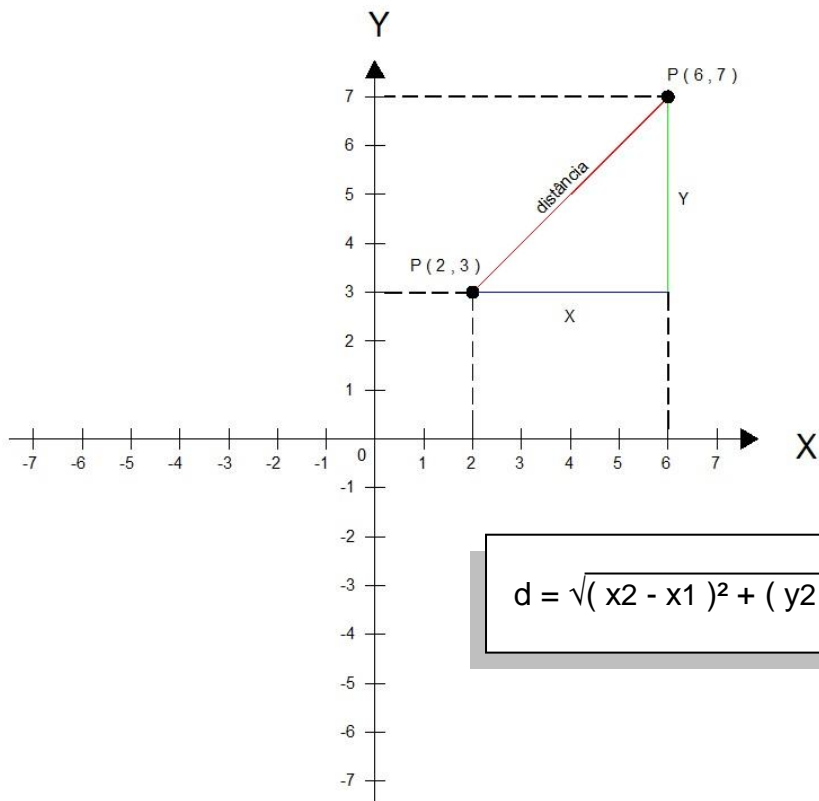
$$a^2 = b^2 + c^2 - 2 \cdot b \cdot c \cdot \cos A$$

$$b^2 = a^2 + c^2 - 2 \cdot a \cdot c \cdot \cos B$$

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2 \cdot a \cdot b \cdot \cos C$$

 **Geometria Analítica.**

Cálculo da distância entre dois pontos no plano cartesiano:

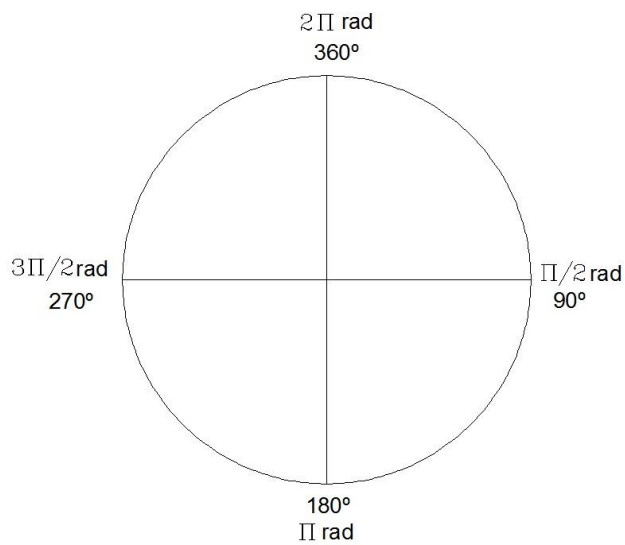


$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

### ✚ Sistema Angular.

**Radiano:** É o arco cujo comprimento é igual a medida do raio da circunferência que o contém. A abreviação é Rad. Sistema circular.

**Grau:** Dividindo uma circunferência em  $360^\circ$  partes iguais, cada uma dessas partes é um arco de  $1^\circ$ . Sistema Sexagesimal



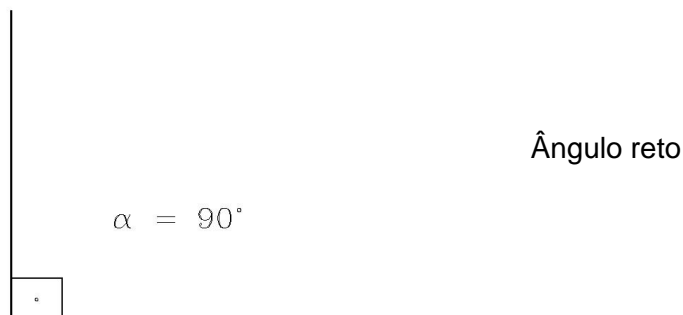
O grau é dividido em minutos e segundos.

$$1^\circ = 60'$$

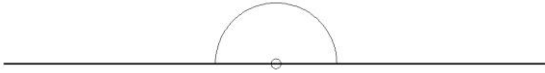
$$1' = 60''$$

$$1^\circ = 3600''$$

Tipos de Ângulos:

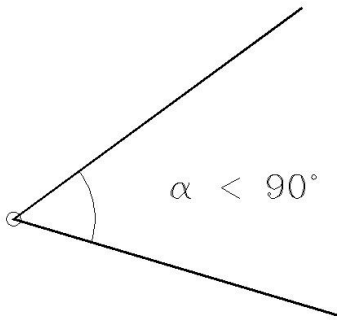


$$\alpha = 180^\circ$$



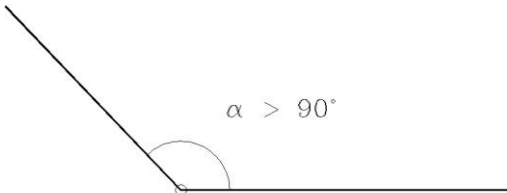
Ângulo raso

$$\alpha < 90^\circ$$



Ângulo agudo

$$\alpha > 90^\circ$$



Ângulo obtuso

**UNIDADE DE MEDIDA**

Na área de topografia, a unidade de medida linear padrão é o metro (m) e seus múltiplos e submúltiplos.

Para medir uma superfície, a unidade padrão é o metro quadrado (m<sup>2</sup>), porém em áreas agrárias, usa-se o hectare (ha) com seus submúltiplos are (a) e centiare (ca). Um hectare equivale a 10.000m<sup>2</sup> (100 x 100m) enquanto um are equivale a 100m<sup>2</sup> (10 x 10m) e um centiare equipavale a 1m<sup>2</sup> (1 x 1m).

Pode-se trabalhar também com a unidade denominada Alqueire (Alq.), mas seu valor varia em algumas regionais. No estado de Goiás o Alqueire equivale a 48.400m<sup>2</sup> (220 x 220m) e 4,84ha. Há também a unidade litro (l) que equivale a 605m<sup>2</sup>.

O volume também é uma unidade de medida usada em topografia, e sua unidade padrão é o metro cúbico (m<sup>3</sup>).

Resumo:

$$1\text{ha} = 10.000\text{m}^2.$$

$$357.820\text{m}^2 = 35\text{ha}, 78\text{a e } 20\text{ca ou } 35,7820\text{ha}.$$

$$1\text{Alq} = 48.400\text{m}^2 = 80\text{l}.$$

$$1\text{l} = 605\text{m}^2.$$

Para medidas angulares, a unidade padrão é grau ( ° ), com seus submúltiplos, minuto ( ' ) e segundo ( " ), utilizando o sistema sexagesimal. Ex.: Ângulo entre dois pontos = 50°30'45".

- Transformação entre sistemas angulares (centesimal e sexagesimal).

**Ex. 1:** 36,077778° (*Sistema centesimal*)

$$- 36^\circ$$

---


$$0,077778^\circ$$

$$\times 60$$

---


$$4,66668'$$

$$- 4$$


---

$$\begin{array}{r} 0,6668' \\ \times 60 \\ \hline 40,0008'' \end{array} = 36^{\circ} 04' 40''$$

**Ex. 2:**  $36^{\circ} 04' 40''$  (*Sistema sexagesimal*)

$$04' / 60 = 0,0666666^{\circ}$$

$$40'' / 3600 = 0,0111111^{\circ}$$

$$36^{\circ} + 0,0666666^{\circ} + 0,0111111^{\circ} = 36,077778^{\circ}$$

## ESCALA

A escala representa a relação de medida entre o desenho e o real. A escala pode ser de ampliação (10 : 1), natural (1 : 1) e redução (1 : 200). Para a área de topografia, utiliza-se a escala de redução.

A representação de escala é  $E = d : D$ , onde E é a escala, d é a distância no papel e D é a distância no terreno.

Ex.: 1/10.000, o numerador 1 indica o valor no papel, enquanto o denominador 10.000 equivale o valor real.

A escala pode ser numérica ou gráfica, a escala numerica pode ser expressas como:

$$1:100.000 \qquad 1/100.000 \qquad \frac{1}{100.000}$$

A escala gráfica é a representação gráfica da escala numérica, muito utilizado em ampliações ou reduções de plantas ou cartas topográficas, ex.:



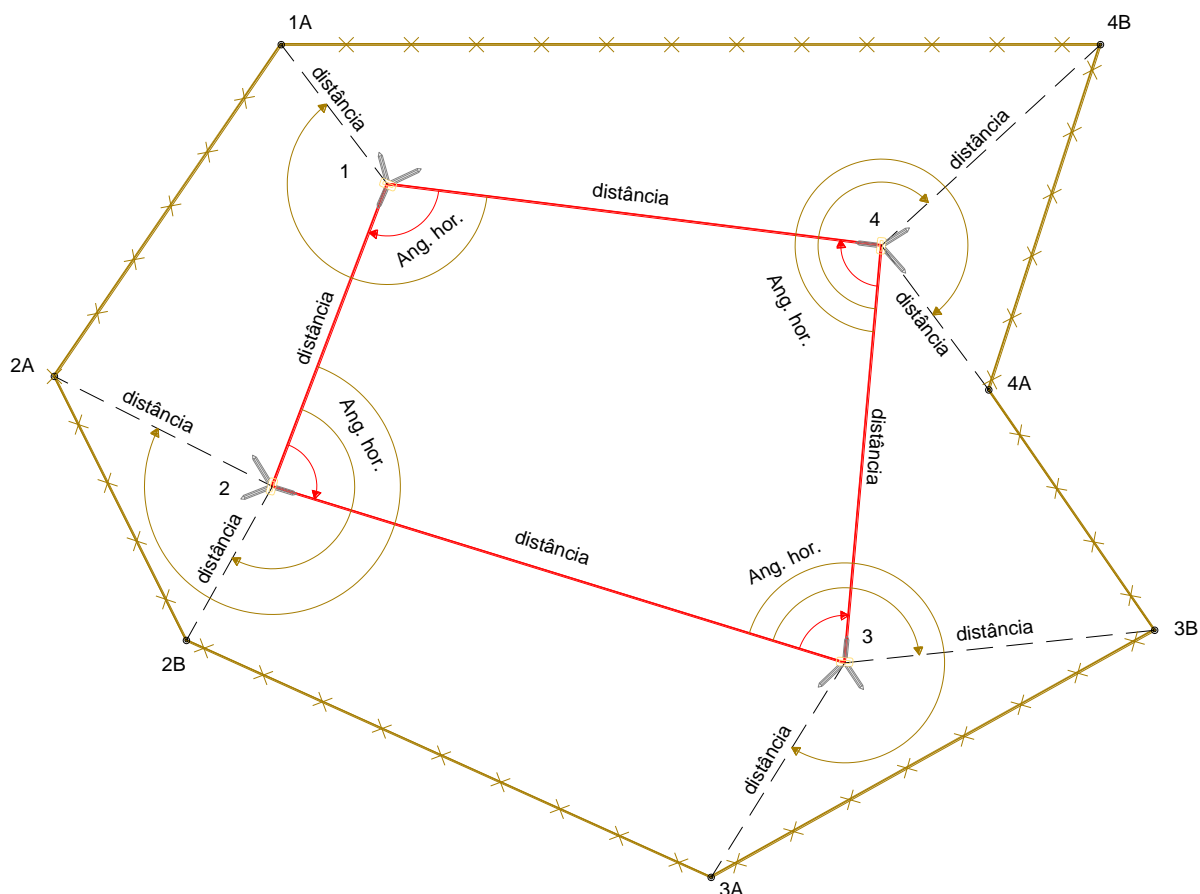
Principais escalas e suas aplicações:

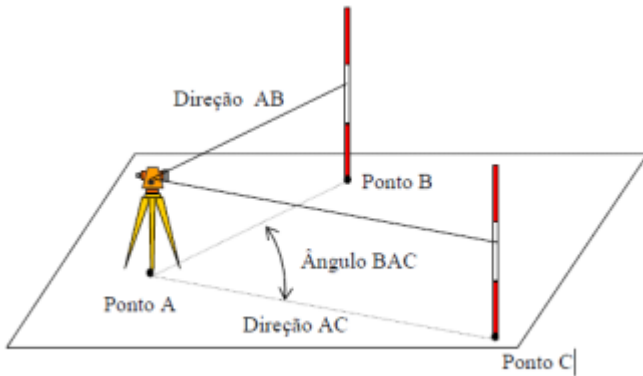
Aplicação	Escala
Detalhes de terrenos urbanos	1:50
Planta de pequenos lotes e edifícios	1:100 e 1:200
Planta de arruamentos e loteamentos urbanos	1:500 e 1:1000
Planta de propriedades rurais	1:1000, 1:2000 e 1:5000
Planta cadastral de cidades e grandes propriedades rurais ou industriais	1:5000, 1:10 000 e 1:25 000
Cartas de municípios	1:50 000, 1:100 000
Mapas de estados, países, continentes, etc.	1:200 000, 1:10 000 000

## PLANIMETRIA

### Definições:

- ✓ **Alinhamento topográfico:** é um segmento de reta materializado por dois pontos nos seus extremos. Tem extensão, sentido e orientação.
- ✓ **Ângulo horizontal:** É o ângulo formado por dois alinhamentos consecutivos, podendo ser interno ou externo.
- ✓ **Poligonal topográfica:** Figura geométrica gerada pelos pontos percorridos da área em estudo.
- ✓ **Irradiações:** São todos os pontos cadastrados pela poligonal topográfica que servem para representar a área em estudo.
- ✓ **Estação:** É onde se instala o aparelho topográfico.
- ✓ **Ré:** É um ponto de referência da estação.
- ✓ **Vante:** É próximo ponto a ser instalado pelo aparelho.





	A	B	C	D	E
1	PLANILHA DE CAMPO				
2	R	E	V	HZ	DIST
3	4	1	2		
4	1	2	3		
5	2	3	4		
6	3	4	1		
7	4	1	1A		
8	1	2	2A		
9	1	2	2B		
10	2	3	3A		
11	2	3	3B		
12	3	4	4A		
13	3	4	4B		

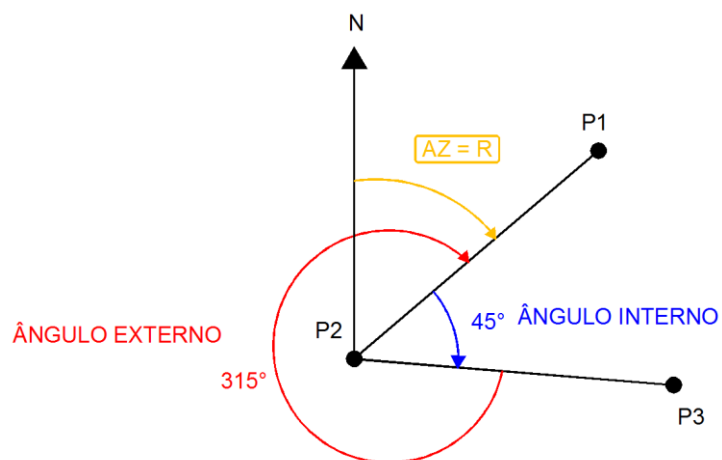
POLIGONAL

IRRADIAÇÃO

✓ **Azimute:** é o ângulo formado entre o Norte e o alinhamento em questão. É medido a partir do Norte, no sentido horário, podendo variar de 0° a 360°.

✓ **Rumo:** é o menor ângulo formado entre a linha Norte-Sul e o alinhamento em questão. O Rumo varia de 0° a 90° e necessita a indicação do quadrante em que se encontra o alinhamento.

✓ **Deflexão:** é o ângulo formado entre o prolongamento do alinhamento anterior e o alinhamento que segue. Varia de 0° a 180° e necessita da indicação da direita ou da esquerda.

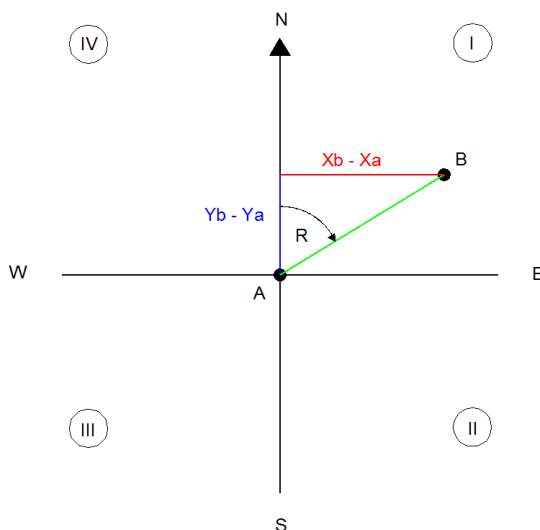




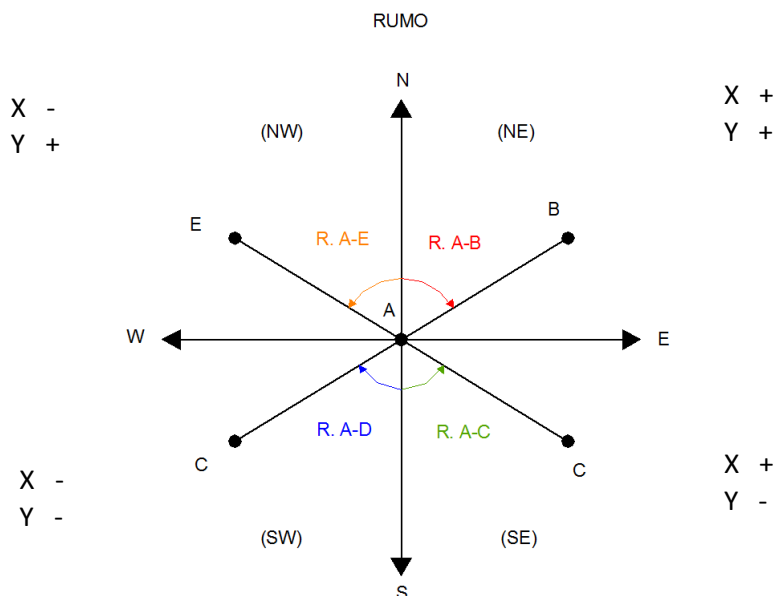
**CALCULO DO RUMO A PARTIR DE DUAS COORDENADAS**

$Tg(\text{rumo}) = \text{cateto oposto} / \text{cateto adjacente} = (X_B - X_A) / (Y_B - Y_A)$

$\text{Rumo} = \arctg (X_B - X_A) / (Y_B - Y_A)$

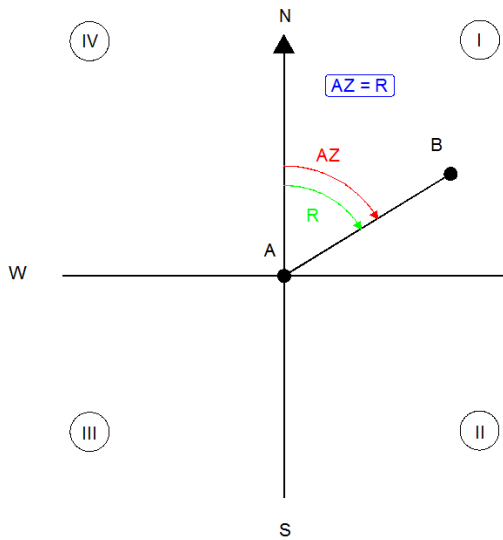


Observar os sinais nas diferenças das coordenadas dos eixos, para saber qual quadrante se encontra o rumo.

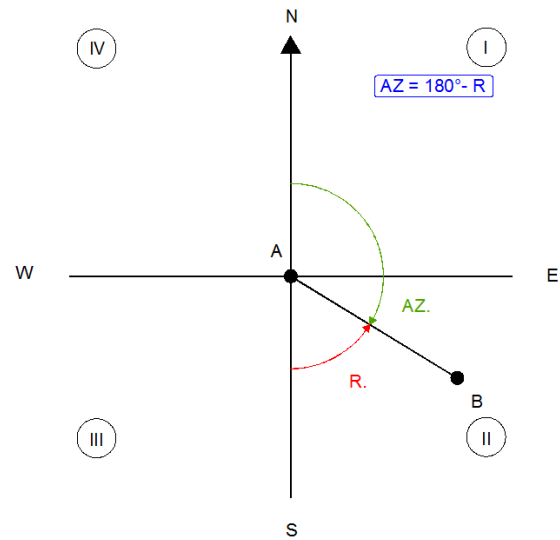


**CONVERSÃO DE RUMO PARA AZIMUTE E VICE VERSA**

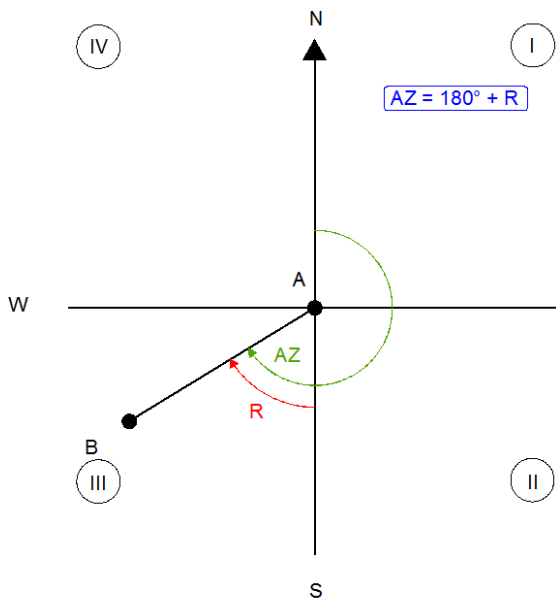
QUADRANTE NE



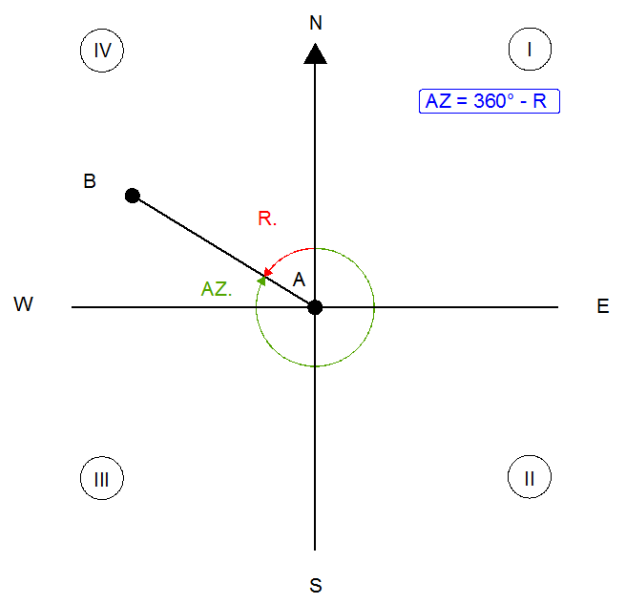
QUADRANTE SE



QUADRANTE SW



QUADRANTE NW



Quadrante **NE**:  $Az = R$   
 Quadrante **SE**:  $Az = 180^\circ - R$   
 Quadrante **SW**:  $Az = 180^\circ + R$   
 Quadrante **NW**:  $Az = 360^\circ - R$

Quadrante **NE**:  $R = Az$   
 Quadrante **SE**:  $R = 180^\circ - Az$   
 Quadrante **SW**:  $R = Az - 180^\circ$   
 Quadrante **NW**:  $R = 360^\circ - Az$

## TIPOS DE INSTRUMENTAÇÃO

✚ **NÍVEL:** É O EQUIPAMENTO QUE PERMITE DEFINIR COM PRECISÃO UM PLANO HORIZONTAL ORTOGONAL À VERTICAL DEFINIDA PELO EIXO PRINCIPAL DO EQUIPAMENTO. UTILIZADO PARA MEDIÇÕES ALTIMÉTRICAS.

• PODEM SER:

- **ÓTICO**
- **DIGITAL**
- **LASER**

➤ **NÍVEIS ÓTICOS:**

**LEICA:** NA 720, NA 724, NA 728, NA 730

PRECISÃO: 2,5 MM A  $\pm 1.2$  MM.



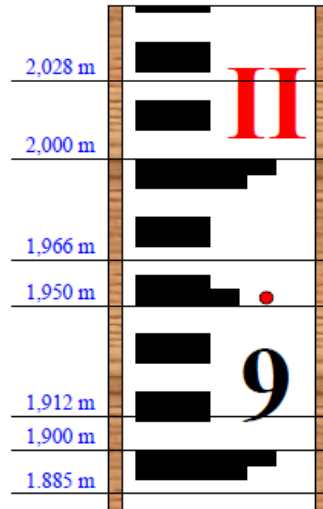
**NIKON:** AP-7

PRECISÃO:  $\pm 2,0$  MM.



• **ACESSÓRIOS:**

➤ **MIRA**



➤ **NÍVEIS DIGITAIS:**

**TRIMBLE DINI 0.3**

MIRA INVAR COM CÓDIGO DE BARRAS: 0.3 MM;

MIRA DE CÓDIGO DE BARRAS PADRÃO: 1.0 MM;

MEDIÇÃO VISUAL: 1.5MM



**LEICA SPRINTER**

PRECISÃO DE 1MM.



➤ **NÍVEIS A LASER:**

**TOPCON RL -H4C**

ALTA VELOCIDADE DE AUTO-NIVELAMENTO;  
RECURSO DE INCLINAÇÃO A ATÉ + / - 5%;  
ALCANCE DE 400M DE RAIO;  
VELOCIDADE DE ROTAÇÃO DE 600 RPM;  
COMPENSADOR AUTOMÁTICO DE + 5°.



**BOSCH GRL 250HV**

FAIXA DE TRABALHO: 250 M;  
PRECISÃO DE NIVELAMENTO:  $\pm 0,1$  MM/M;  
ÂNGULO DE AUTONIVELAMENTO:  $\pm 5^\circ$ ;  
VELOCIDADE DE ROTAÇÃO: 150/300/600 RPM.



✚ **TEODOLITO:** INSTRUMENTO DESTINADO A MEDIR ÂNGULOS HORIZONTAIS E VERTICAIS. SÃO UTILIZADOS PARA LEVANTAMENTOS PLANIMÉTRICOS, ALTIMÉTRICOS E PLANIALTIMÉTRICOS.

- PODEM SER:
  - **MECÂNICOS**
  - **ELETRÔNICOS (DIGITAIS)**

➤ **TEODOLITOS MECÂNICOS:**

**WILD T1:**

PRECISÃO ANGULAR: 6" SEGUNDOS.



**WILD T2:**

PRECISÃO ANGULAR: 1" SEGUNDO.



- **ACESSÓRIOS:**



➤ **TEODOLITOS ELETRÔNICOS:**

**DGT-10 CST/BERGER :**

PRECISÃO ANGULAR: 7" SEGUNDOS;

LEITURA ANGULAR: 5" SEGUNDOS.



**TOPCON SÉRIE DT-200/200L:**

PRECISÃO ANGULAR: 5" SEGUNDOS;

LEITURA ANGULAR: 10" SEGUNDOS.



✚ **ESTAÇÃO TOTAL:** SÃO TEODOLITOS ELETRÔNICOS (MEDIDA ANGULAR) COM DISTANCIÔMETROS ELETRÔNICOS (MEDIDA LINEAR) E UM PROCESSADOR INCORPORADOS. SÃO UTILIZADOS PARA LEVANTAMENTOS PLANIMÉTRICOS, ALTIMÉTRICOS E PLANIALTIMÉTRICOS.

• **PODEM SER:**

- **CONVENCIONAIS**
- **SEM PRISMA**



- **AUTOLOCK**
- **SERVO MOTOR**
- **ROBOTIZADA**

- **MODELOS**

**TOPCON GTS 102N:**

PRECISÃO ANGULAR: 2" SEGUNDOS;

PRECISÃO LINEAR: 2MM + 2PPM.



**NIKON NIVO 2.C:**

PRECISÃO ANGULAR: 2" SEGUNDOS;

PRECISÃO LINEAR: 2MM + 2PPM.



**LEICA TS09:**

PRECISÃO ANGULAR: 1" SEGUNDO;

PRECISÃO LINEAR: 2MM + 2PPM.



✚ **GNSS:** SÃO INSTRUMENTOS DESTINADOS PARA MEDIÇÃO DE COORDENADAS VIA SATÉLITES. SÃO UTILIZADOS PARA LEVANTAMENTOS PLANIMÉTRICOS, ALTIMÉTRICOS E PLANIALTIMÉTRICOS.

• **PODEM SER:**

- **RECEPTOR DE NAVEGAÇÃO**
- **RECEPTOR PARA MAPEAMENTO/GIS**
- **RECEPTOR L1**
- **RECEPTOR L1/L2**
- **RECEPTOR RTK**

➤ **RECEPTOR DE NAVEGAÇÃO:**

**GARMIN ETREX 30:**

PRECISÃO LINEAR: +/-15M;  
ALTIMETRO BAROMÉTRICO;  
CÁLCULO DE ÁREA.



**GARMIN MONTANA 650:**

PRECISÃO LINEAR: +/-15M;  
CÂMERA FOTOGRÁFICA 5MP;  
ALTIMETRO BAROMÉTRICO;  
CÁLCULO DE ÁREA.



➤ **RECEPTOR PARA MAPEAMENTO/GIS:**

**TRIMBLE JUNO SA:**

PRECISÃO LINEAR: +/-2M;

WINDOWS MOBILE 6.1.



**ASHTech MOBILE MAPPER 10:**

PRECISÃO LINEAR: +/-2M;

CÂMERA FOTOGRÁFICA 3MP;

WINDOWS MOBILE 6.5.



➤ **RECEPTOR L1:**

**ASHTech PRO MARK 100:**

PRECISÃO LINEAR: 5MM+1PPM (MODO ESTÁTICO)

CAPACIDADE PARA ATUALIZAR



**TECH GEO GTR-A:**

PRECISÃO LINEAR: 5MM+1PPM (MODO ESTÁTICO)



➤ **RECEPTOR L1/L2:**



**TOPCON HIPER:**

PRECISÃO LINEAR: 3MM+0,5PPM (MODO ESTÁTICO)



**ASHTech PRO MARK 500:**

PRECISÃO LINEAR: 3MM+0,5PPM (MODO ESTÁTICO)

➤ **RECEPTOR RTK:**

**TOPCON GR-3:**

PRECISÃO (H) PÓS-PROCESSADO: 3MM+0,5PPM (ESTÁTICO)

PRECISÃO (H) RTK: 10MM+1PPM

SINAIS: GPS, GLONASS E GALILEO.

TECNOLOGIA BLUETOOTH.

CONEXÃO: RÁDIO E GSM



**SOKKIA GSR2700 ISX:**

PRECISÃO (H) PÓS-PROCESSADO: 3MM+0,5PPM (ESTÁTICO)

PRECISÃO (H) RTK: 10MM+1PPM

SINAIS: GPS, GLONASS E GALILEO.

TECNOLOGIA BLUETOOTH.

CONEXÃO: RÁDIO E GSM



- ✓ **LASER SCANNER 3D:** TECNOLOGIA APLICADA NAS MAIS DIVERSAS ÁREAS, COMO RECONSTRUÇÃO DE ACIDENTES, CENAS DE CRIME E INVESTIGAÇÕES FORENSE, SUBESTAÇÕES DE ENERGIA, AS-BUILD INDUSTRIAL, ARQUITETURA, GEOLOGIA E ARQUEOLOGIA, TOPOGRAFIA CONVENCIONAL, DENTRE OUTRAS. SÃO UTILIZADOS PARA LEVANTAMENTOS ALTIMÉTRICOS E PLANIALTIMÉTRICOS.

**TOPCON GLS 1500:**

LEITURA: 30.000 PONTOS/SEGUNDOS

ALCANCE: 330M.

PRECISÃO: 4MM.



**RIEGL VZ-1000:**

LEITURA: 122.000 PONTOS/SEGUNDOS

ALCANCE: 1400M.

PRECISÃO: 5MM.



**FARO FOCUS 3D:**

LEITURA: 976.000 PONTOS/SEGUNDOS

ALCANCE: 120M.

PRECISÃO: 1,1MM.



**Z + F MODELO IMAGER 5010:**

LEITURA: 1.016.000 PONTOS/SEGUNDOS

ALCANCE: 187M.

PRECISÃO: 6MM.



**TIPOS DE LEVANTAMENTOS PLANIMÉTRICOS:**

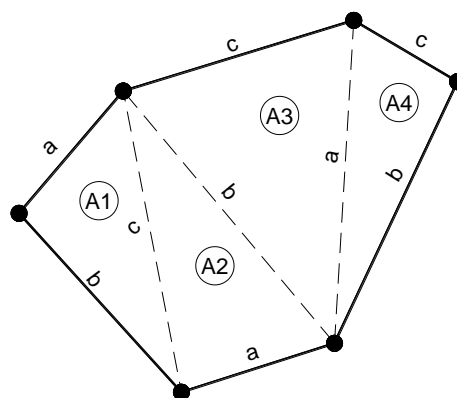
- LEVANTAMENTO POR TRIANGULAÇÃO.
- LEVANTAMENTO POR IRRADIAÇÃO.
- LEVANTAMENTO POR INTERSEÇÃO.
- LEVANTAMENTO POR POLIGONAÇÃO.

- **LEVANTAMENTO POR TRIANGULAÇÃO**

- Nesse processo, aplicado para pequenas áreas, decomparamos a figura em triângulos, medindo com trena e balisa todas as distâncias.
- A área de cada triângulo é calculada pela fórmula do semi-perímetro.

$$p = \frac{a+b+c}{2}$$

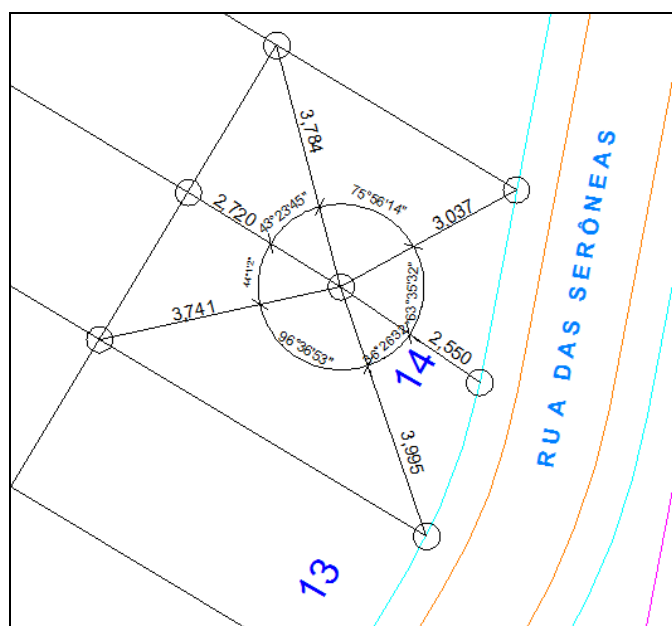
$$A = \sqrt{p \cdot (p-a) \cdot (p-b) \cdot (p-c)}$$



$$AT = A1+A2+A3+A4$$

• **LEVANTAMENTO POR IRRADIAÇÃO**

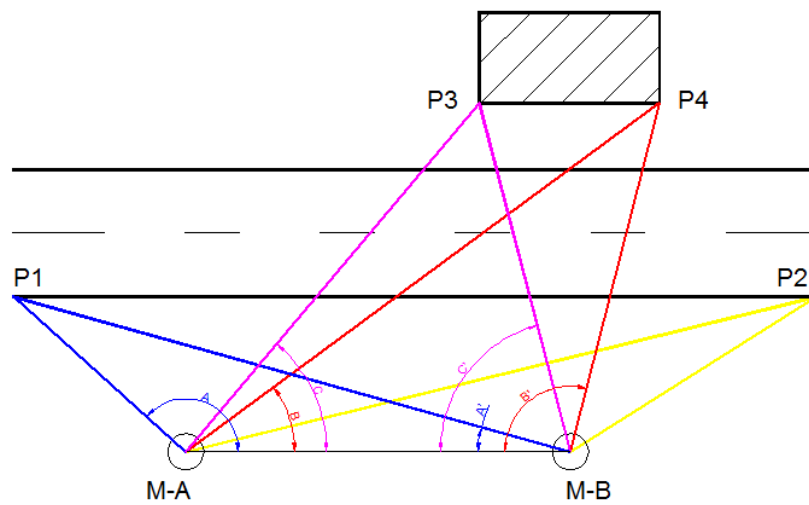
- Sistema de coordenadas polares;
- Utilizado para levantamento de detalhes;
- Recomendado para áreas pequenas e relativamente planas.



• **LEVANTAMENTO POR INTERSEÇÃO**

- Método pouco utilizado;
- Boa precisão;
- São necessários dois pontos conhecidos ou arbitrados;
- São medidos os ângulos das duas extremidades do alinhamento conhecido ao ponto a ser levantado;
- Recomendado para áreas pequenas e acidentadas.



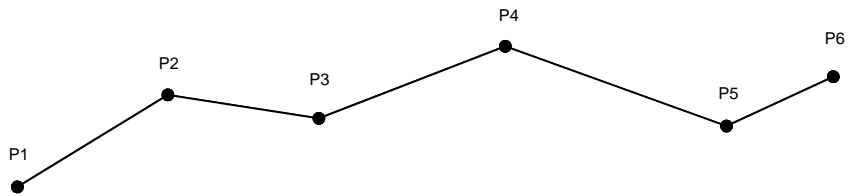


- **LEVANTAMENTO POR POLIGONAÇÃO**

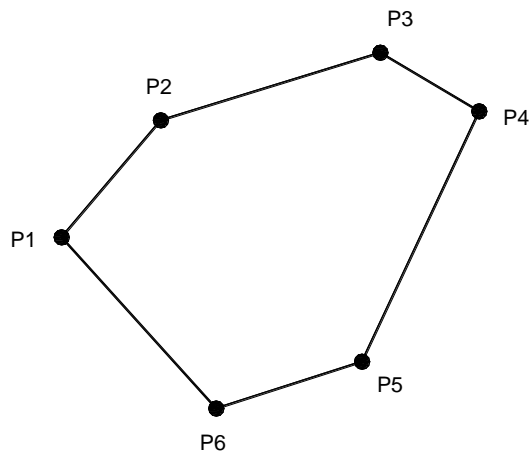
- Nesse processo, executamos medidas lineares e angulares.
- Podem ser classificadas quanto a figura e quanto ao controle.

- **CLASSIFICAÇÃO QUANTO A FIGURA**

- Podem ser aberta ou fechada.
  - ✓ **Poligonal aberta:** Parte de um ponto e finaliza em outro ponto.
    - ex.: Levantamento de rodovias.

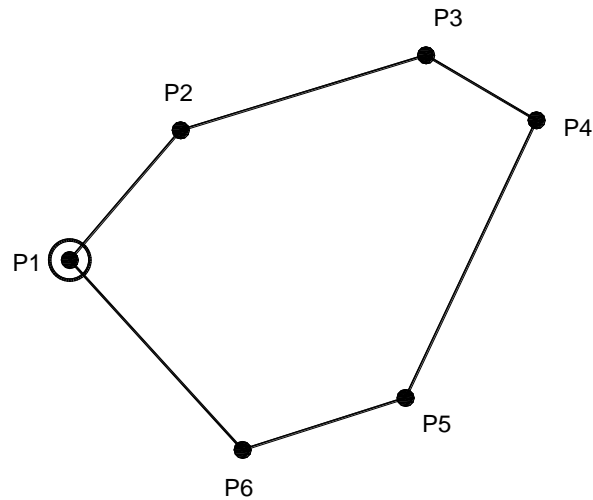


- ✓ **Poligonal fechada:** Parte de um ponto e retorna ao mesmo ponto.
  - ex.: Levantamento de fazenda.

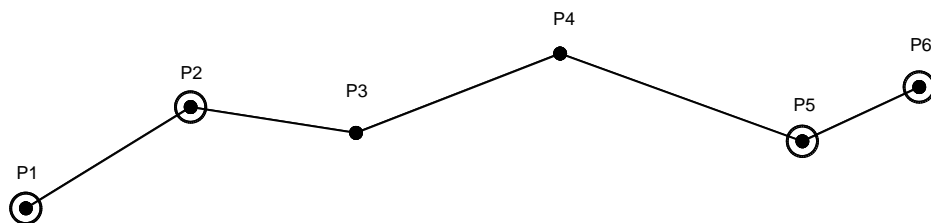


• **CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO CONTROLE:**

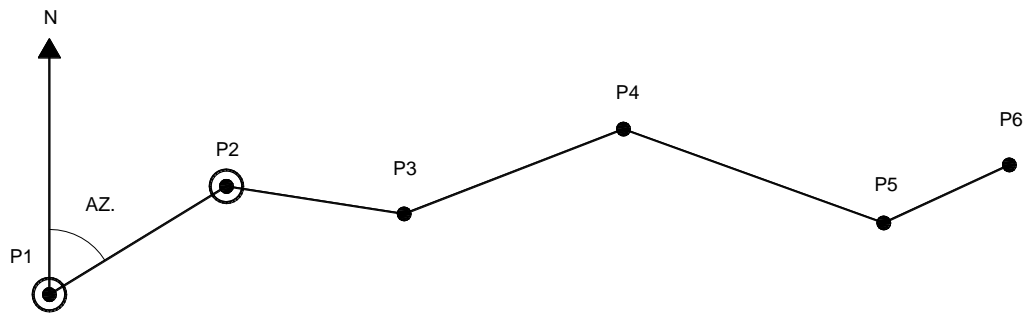
- Podem ser fechadas, enquadrada, semi-controlada e sem controle.
  - ✓ **Poligonal fechada:** Parte de um ponto com coordenadas conhecidas e finaliza no mesmo ponto. Sua principal vantagem é permitir a verificação de erro de fechamento angular e linear.



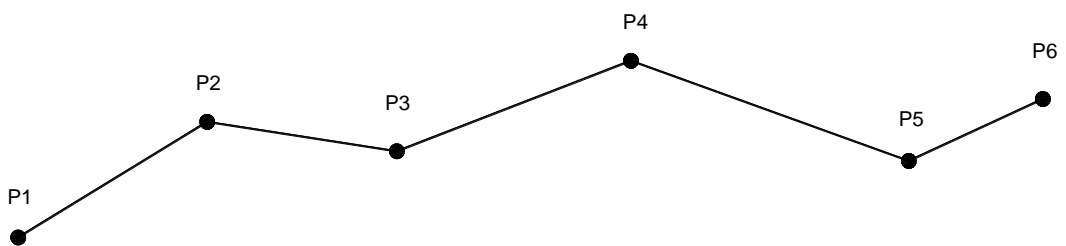
- ✓ **Poligonal enquadrada:** Parte de dois pontos de coordenadas conhecidas e termina em outros dois pontos de coordenadas conhecidas. Também permite verificação de erro de fechamento angular e linear



- ✓ **Poligonal semi-controlada:** Parte de dois pontos de coordenadas conhecidas e chega em dois pontos de coordenadas desconhecidas. Neste método tem o controle apenas do azimute inicial.



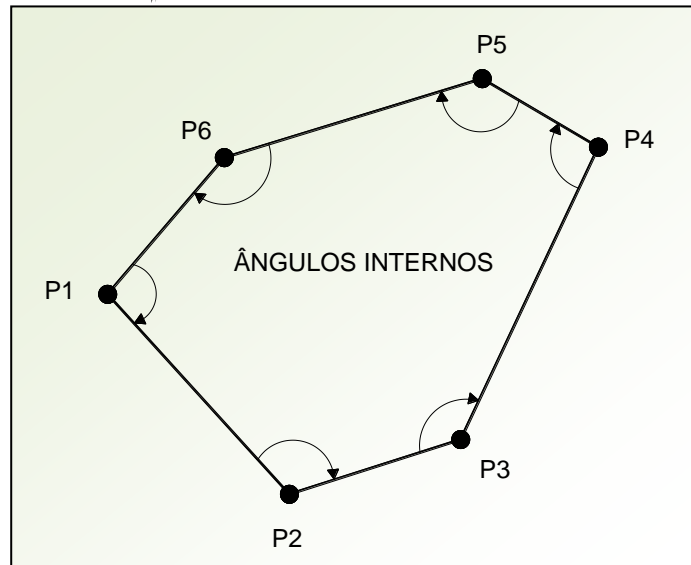
- ✓ **Poligonal sem controle:** Parte de dois pontos de coordenadas desconhecidas e chega em dois pontos também de coordenadas desconhecidas. Neste método não tem controle de erro de fechamento angular nem linear.



## ÂNGULO INTERNO E EXTERNO DA POLIGONAL

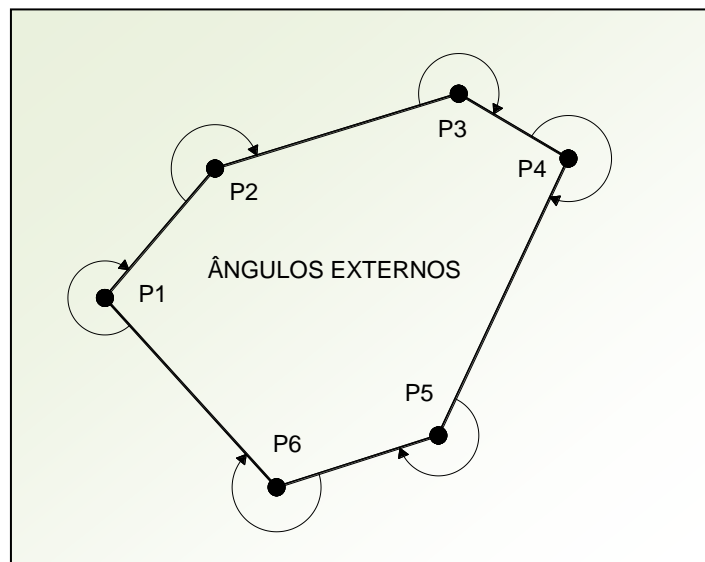
- ❖ SOMATÓRIA DOS ÂNGULOS INTERNOS (CAMINHAMENTO SENTIDO ANTI-HORÁRIO)

⇒  $\Sigma(A_i) = (n-2) \times 180^\circ$



- ❖ SOMATÓRIA DOS ÂNGULOS EXTERNOS (CAMINHAMENTO SENTIDO HORÁRIO)

⇒  $\Sigma(A_e) = (n+2) \times 180^\circ$



### CÁLCULO DA PLANILHA DE COORDENADAS

R	E	V	Ângulo Horizontal			Azimute (Az)	Dist. (d)	Projeções diretas					Projeções compensadas				Coordenadas.		
			Medido	Ca	Comp.			E+	W-	Cx.	N+	S-	Cy.	E+	W-	N+	S-	X	Y
4	1	2																	
1	2	3																	
2	3	4																	
3	4	1																	

❖ ERRO DO ÂNGULO COMETIDO

$$\Rightarrow \text{EAC} = \sum(\text{Ahz}) - \sum(\text{Am})$$

Onde: Ahz = Ângulo horizontal

Am = Ângulo horizontal medido

❖ ERRO DO ÂNGULO PERMITIDO

$$\Rightarrow \text{EAP} = P \times \sqrt{N}$$

Onde: P = Precisão do aparelho

N = Número de vértices

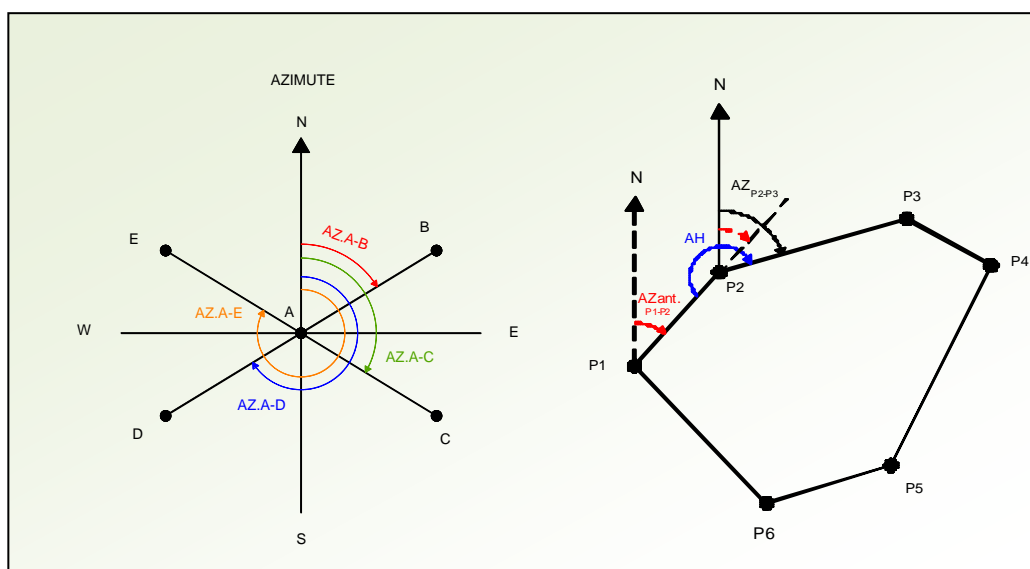
❖ CORREÇÃO ANGULAR

$$\Rightarrow \text{CA} = \text{EAC} / N$$

❖ CÁLCULO DO AZIMUTE

$$\Rightarrow \text{AZ} = \text{AZant.} + \text{ANG. HZ.} \pm 180^\circ \text{ ou } - 540^\circ$$

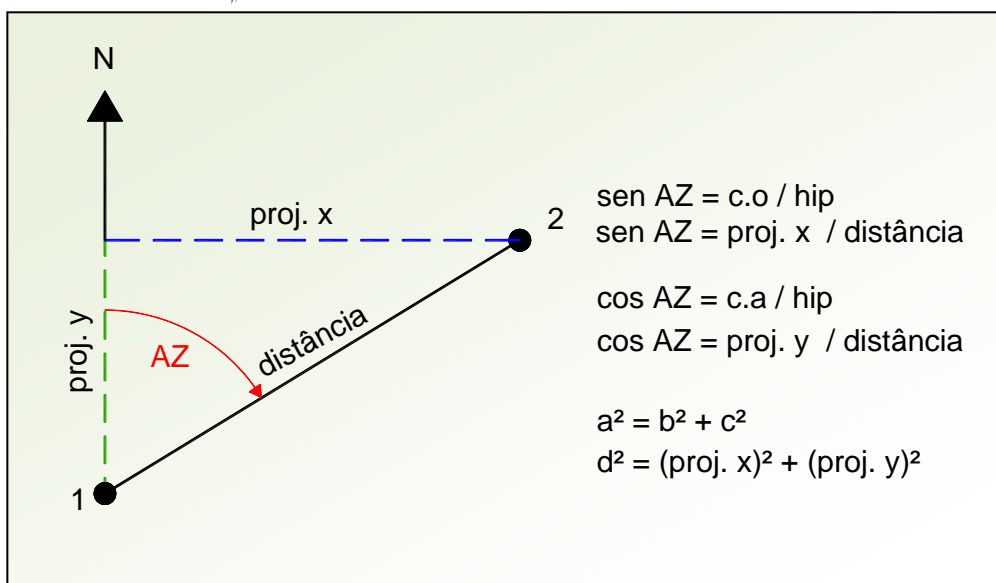
OBS.: O último azimute + o 1ª ang. Hz comp. +/- 180° ou - 540°, tem que ser igual ao 1ª azimute.



❖ CÁLCULO DAS PROJEÇÕES

⇒ **PROJ X = SENO AZIMUTE X DISTÂNCIA**

⇒ **PROJ Y = COSSENO AZIMUTE X DISTÂNCIA**



❖ ERRO EM X

⇒  **$E_x = |\sum E^+| - |\sum W^-|$**

❖ ERRO EM Y

⇒  **$E_y = |\sum N^+| - |\sum S^-|$**

❖ ERRO LINEAR COMETIDO

⇒  **$ELC = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}$**

❖ ERRO LINEAR PERMITIDO

⇒  **$ELP = \sum \text{DIST.} / \text{PL}$**

**Onde: PL = Precisão Linear**

**ELC < ELP**

❖ PRECISÃO LINEAR

$$\Rightarrow \text{❖ } PL = 1 / (\sum \text{DIST} / \text{ELC})$$

## PROJEÇÕES DIRETAS

❖ CORREÇÕES EM X

$$\Rightarrow CX = (|EX| / |\sum \text{PROJ X.}|) \times \text{PROJ. X}$$

❖ CORREÇÕES EM Y

$$\Rightarrow CY = (|EY| / |\sum \text{PROJ Y.}|) \times \text{PROJ. Y}$$

## CÁLCULO DAS COORDENADAS

$$\Rightarrow X_n = X_{n-1} + \text{PROJ. } X_n$$

$$\Rightarrow Y_n = Y_{n-1} + \text{PROJ. } Y_n$$

**Exemplo 1: Cálculo de poligonal.**

RE	ESTAÇÃO	VANTE	ANG. HORIZONTAL	DISTÂNCIA
4	1	2	95°57'26"	78,520
1	2	3	127°56'47"	135,500
2	3	4	56°18'29"	174,993
3	4	1	79°49'42"	120,350

**1ª Somatória dos ângulos internos**

$$\sum(A_i) = (n - 2) \times 180^\circ = (4 - 2) \times 180^\circ = \mathbf{360^\circ}$$

**2ª Somatória dos ângulos medidos**

$$\sum(A_m) = 95^\circ 57' 26'' + 127^\circ 56' 47'' + 56^\circ 18' 29'' + 79^\circ 49' 42'' = \mathbf{360^\circ 02' 24''}$$



**3ª Calcular o erro angular.**

$$EAC = \sum(A_m) - \sum(A_i)$$

$$EAC = 360^{\circ}02'24'' - 360^{\circ}$$

$$\mathbf{EAC = 02'24''}$$

**4ª Calcular a correção angular.**

$$CA = EAC / 4$$

$$CA = 02'24'' / 4$$

$$\mathbf{CA = 0^{\circ}00'36''}$$

**5º Distribuir o erro angular.**

ANG. HORIZONTAL	CA	ANG. HZ. COMP.
95°57'26"	- 0°00'36"	<b>95°56'50"</b>
127°56'47"	- 0°00'36"	<b>127°56'11"</b>
56°18'29"	- 0°00'36"	<b>56°17'53"</b>
79°49'42"	- 0°00'36"	<b>79°49'06"</b>

**6ª Calcular o azimute. (O primeiro azimute é dado),**

$$\mathbf{AZ = AZ_{ant.} + ANG. HZ. +/- 180^{\circ} \text{ ou } - 540^{\circ}}$$

ESTAÇÃO	VANTE	ANG. HZ. COMP.	DISTÂNCIA	AZIMUTE
1	2	95°56'50"	78,520	117°59'33"
2	3	127°56'11"	135,500	<b>65°55'44"</b>
3	4	56°17'53"	174,993	<b>302°13'37"</b>
4	1	79°49'06"	120,350	<b>202°02'43"</b>

$$Az\ 2 - 3 = 117^{\circ}59'33'' + 127^{\circ}56'11'' \pm 180^{\circ} - 540^{\circ} = 65^{\circ}55'44''$$

$$Az\ 3 - 4 = 65^{\circ}55'44'' + 56^{\circ}17'53'' \pm 180^{\circ} - 540^{\circ} = 302^{\circ}13'37''$$

$$Az\ 4 - 1 = 302^{\circ}13'37'' + 79^{\circ}49'06'' \pm 180^{\circ} - 540^{\circ} = 202^{\circ}02'43''$$

$$Az\ 1 - 2 = 202^{\circ}02'43'' + 95^{\circ}56'50'' \pm 180^{\circ} - 540^{\circ} = 117^{\circ}59'33''$$

**7º Cálculo das projeções**

$$\text{PROJ X} = \text{SENO AZIMUTE} \times \text{DISTÂNCIA}$$

$$\text{PROJ Y} = \text{COSSENO AZIMUTE} \times \text{DISTÂNCIA}$$

$$\text{Proj.x } 1 - 2 = \text{sen } 117^{\circ}59'33'' \times 78,52 = + 69,334$$

$$\text{Proj.x } 2 - 3 = \text{sen } 65^{\circ}55'44'' \times 135,50 = +123,717$$

$$\text{Proj.x } 3 - 4 = \text{sen } 302^{\circ}13'37'' \times 174,993 = -148,034$$

$$\text{Proj.x } 4 - 1 = \text{sen } 202^{\circ}02'43'' \times 120,35 = - 45,172$$

$$\text{Proj.y } 1 - 2 = \text{cos } 117^{\circ}59'33'' \times 78,52 = - 36,853$$

$$\text{Proj.y } 2 - 3 = \text{cos } 65^{\circ}55'44'' \times 135,50 = + 55,266$$

$$\text{Proj.y } 3 - 4 = \text{cos } 302^{\circ}13'37'' \times 174,993 = + 93,319$$

$$\text{Proj.y } 4 - 1 = \text{cos } 202^{\circ}02'43'' \times 120,35 = - 111,551$$

**8º Fazer a somatória das projeções positivas e negativas separadamente. (Os resultados deveriam ser iguais).**

$$\sum \text{Proj.x (E+)} = 69,334 + 123,717 = 193,051$$

$$\sum \text{Proj.x (W-)} = 148,034 + 45,172 = 193,206$$

$$\sum \text{Proj.y (N+)} = 55,266 + 93,319 = 148,585$$

$$\sum \text{Proj.y (S-)} = 147,974 + 45,153 = 148,404$$

**9º Cálculo do erro linear.**

$$\text{Erro de x} = | \sum \text{proj.x(E+)} - \sum \text{proj.x(W-)} | = \mathbf{0,155m}$$

$$\text{Erro de y} = | \sum \text{proj.y(N+)} - \sum \text{proj.y(S-)} | = \mathbf{0,181m}$$

**10º Erro linear total.**

$$E_{\text{total}} = \sqrt{((\text{Erro de x})^2 + (\text{Erro de y})^2)}$$

$E_{total} = 0,238m$  - *Erro dentro da tolerância*

### 11º Tolerância linear

Tol linear =  $\sum dist / Escala$  pretendida.

Tol linear =  $509,363 / 2000$ .

Tol linear =  $0,255m$

### 12º Precisão linear

$PI = 1 / (\sum dist / E_{total})$

$PI = 1 / (509,363 / 0,238)$

$PI = 1 / 2140,181$  - *Precisão Atingida.*

### 13º Somatória das projeções de x (+) e (-)

$\sum x = 193,051 + 193,206 = 386,257$

$\sum y = 148,585 + 148,404 = 296,989$

### 14º Calcular a constante da compensação das projeções de x e y.

Const. x = Erro de x /  $\sum x = 0,155 / 386,257 = 0,0004012872259$

Const. y = Erro de y /  $\sum y = 0,181 / 296,989 = 0,000609450181656$

### 15º Calcular a compensação das projeções de x e y.

$C_{x1-2} = Const.x \cdot Proj.x1-2 = 0,0004012872 \cdot (+ 69,334) = \mathbf{0,028}$

$C_{x2-3} = Const.x \cdot Proj.x2-3 = 0,0004012872 \cdot (+123,717) = \mathbf{0,049}$

$C_{x3-4} = Const.x \cdot Proj.x3-4 = 0,0004012872 \cdot (-148,034) = \mathbf{0,060}$

$C_{x4-1} = Const.x \cdot Proj.x4-1 = 0,0004012872 \cdot (- 45,172) = \mathbf{0,019}$

$$\mathbf{Cy1-2 = Const. y . Proj.y1-2 = 0,00060945018 . (- 36.853) = 0,022}$$

$$\mathbf{Cy2-3 = Const. y . Proj.y2-3 = 0,00060945018 . (+ 55,266) = 0,034}$$

$$\mathbf{Cy3-4 = Const. y . Proj.y3-4 = 0,00060945018 . (+ 93,319) = 0,057}$$

$$\mathbf{Cy4-1 = Const. y . Proj.y4-1 = 0,00060945018 . (-111,551) = 0,067}$$

### **16ª Cálculo das projeções compensadas.**

*(Observar qual valor é maior e menor da  $\sum Proj.$  de x e y, pois quem for maior deverá subtrair e quem for menor deverá somar, para poder balancear os resultados).*

$$\mathbf{Proj. comp. x 1 - 2 = Cx1-2 \pm Proj x 1 - 2 = + 69,362}$$

$$\mathbf{Proj. comp. x 2 - 3 = Cx1-2 \pm Proj x 2 - 3 = + 123,766}$$

$$\mathbf{Proj. comp. x 3 - 4 = Cx1-2 \pm Proj x 3 - 4 = - 147,974}$$

$$\mathbf{Proj. comp. x 4 - 1 = Cx1-2 \pm Proj x 4 - 1 = - 45,153}$$

$$\mathbf{Proj. comp. y 1 - 2 = Cy1-2 \pm Proj y 1 - 2 = - 36,875}$$

$$\mathbf{Proj. comp. y 2 - 3 = Cy1-2 \pm Proj y 2 - 3 = + 55,232}$$

$$\mathbf{Proj. comp. y 3 - 4 = Cy1-2 \pm Proj y 3 - 4 = + 93,262}$$

$$\mathbf{Proj. comp. y 4 - 1 = Cy1-2 \pm Proj y 4 - 1 = - 111,618}$$

### **17ª Cálculo das coordenadas. (Coord. Inicial - X2 = 2000 e Y2 = 5000)**

$$\mathbf{X_3 = X_2 + PROJ. X_{2-3} = 2000 + 123,766 = 2123,766}$$

$$\mathbf{X_4 = X_3 + PROJ. X_{3-4} = 2123,766 - 147,974 = 1975,792}$$

$$\mathbf{X_1 = X_4 + PROJ. X_{4-1} = 1975,792 - 45,153 = 1930,639}$$

$$\mathbf{X_2 = X_1 + PROJ. X_{1-2} = 1930,639 + 69,362 = 2000,001}$$

$$\mathbf{Y_3 = Y_2 + PROJ. Y_{2-3} = 5000 + 55,232 = 5055,232}$$

$$\mathbf{Y_4 = Y_3 + PROJ. Y_{3-4} = 5055,232 + 93,262 = 5148,494}$$

$$Y_1 = Y_4 + \text{PROJ. } Y_{4-1} = 5148,494 - 111,618 = \mathbf{5036,876}$$

$$Y_2 = Y_1 + \text{PROJ. } Y_{1-2} = 5036,876 - 36,875 = \mathbf{5000,001}$$

**Exemplo 2: Cálculo das irradiações.**

RE	ESTAÇÃO	VANTE	ANG. HORIZONTAL	DISTÂNCIA
4	1	2	95°57'26"	78,520
1	2	3	127°56'47"	135,500
2	3	4	56°18'29"	174,993
3	4	1	79°49'42"	120,350

4	1	1a	215°32'32"	36,378
1	2	2a	205°45'01"	40,700
2	3	3a	206°28'42"	55,740
2	3	3b	116°28'42"	73,687
3	4	4a	221°49'06"	30,064

**1ª Calcular o azimute.**

$$\mathbf{AZ = AZ_{ant.} + ANG. HZ. (+/- 180^\circ \text{ ou } - 540^\circ)}$$

RE	ESTAÇÃO	VANTE	ANG. HORIZONTAL	DISTÂNCIA	AZIMUTE
4	1	2	95°57'26"	78,520	117°59'33"
1	2	3	127°56'47"	135,500	65°55'44"
2	3	4	56°18'29"	174,993	302°13'37"
3	4	1	79°49'42"	120,350	202°02'43"

4	1	1a	215°32'32"	36,378	<b>237°35'15"</b>
1	2	2a	205°45'01"	40,700	<b>143°44'34"</b>
2	3	3a	206°28'42"	55,740	<b>92°24'26"</b>
2	3	3b	116°28'42"	73,687	<b>2°24'26"</b>
3	4	4a	221°49'06"	30,064	<b>344°02'43"</b>

$$Az_{1-1a} = 215^\circ 32' 32'' + 202^\circ 02' 43'' \pm 180^\circ \text{ ou } - 540^\circ = \mathbf{237^\circ 35' 15''}$$

$$Az_{2-2a} = 205^\circ 45' 01'' + 117^\circ 59' 33'' \pm 180^\circ \text{ ou } - 540^\circ = \mathbf{143^\circ 44' 34''}$$

$$Az_{3-3a} = 206^\circ 28' 42'' + 65^\circ 55' 44'' \pm 180^\circ \text{ ou } - 540^\circ = \mathbf{92^\circ 24' 26''}$$

$$Az3-3b = 116^{\circ}28'42'' + 65^{\circ}55'44'' \pm 180^{\circ} \text{ ou } - 540^{\circ} = \mathbf{2^{\circ}24'26''}$$

$$Az4-4a = 221^{\circ}49'06'' + 302^{\circ}13'37'' \pm 180^{\circ} \text{ ou } - 540^{\circ} = \mathbf{344^{\circ}02'43''}$$

## 2º Cálculo das projeções

$$\text{PROJ X} = \text{SENO AZIMUTE} \times \text{DISTÂNCIA}$$

$$\text{PROJ Y} = \text{COSSENO AZIMUTE} \times \text{DISTÂNCIA}$$

$$\text{Proj.x 1 - 1a} = \text{sen } 237^{\circ}35'15'' \times 36,378 = \mathbf{-30,710}$$

$$\text{Proj.x 2 - 2a} = \text{sen } 143^{\circ}44'34'' \times 40,700 = \mathbf{+24,070}$$

$$\text{Proj.x 3 - 3a} = \text{sen } 92^{\circ}24'26'' \times 55,740 = \mathbf{+55,691}$$

$$\text{Proj.x 3 - 3b} = \text{sen } 2^{\circ}24'26'' \times 73,687 = \mathbf{+3,095}$$

$$\text{Proj.x 4 - 4a} = \text{sen } 344^{\circ}02'43'' \times 30,064 = \mathbf{-8,263}$$

$$\text{Proj.y 1 - 1a} = \text{cos } 237^{\circ}35'15'' \times 36,378 = \mathbf{-19,499}$$

$$\text{Proj.y 2 - 2a} = \text{cos } 143^{\circ}44'34'' \times 40,700 = \mathbf{-32,819}$$

$$\text{Proj.y 3 - 3a} = \text{cos } 92^{\circ}24'26'' \times 55,740 = \mathbf{-2,341}$$

$$\text{Proj.y 3 - 3b} = \text{cos } 2^{\circ}24'26'' \times 73,687 = \mathbf{+73,622}$$

$$\text{Proj.y 4 - 4a} = \text{cos } 344^{\circ}02'43'' \times 30,064 = \mathbf{+28,906}$$

## 3ª Cálculo das coordenadas.

$$X_{1a} = X_1 + \text{PROJ. } X_{1-1a} = 1930,639 - 30,710 = \mathbf{1899,929}$$

$$X_{2a} = X_2 + \text{PROJ. } X_{2-2a} = 2000 + 24,070 = \mathbf{2024,070}$$

$$X_{3a} = X_3 + \text{PROJ. } X_{3-3a} = 2123,766 + 55,691 = \mathbf{2179,457}$$

$$X_{3b} = X_3 + \text{PROJ. } X_{3-3b} = 2123,766 + 3,095 = \mathbf{2126,861}$$

$$X_{4a} = X_4 + \text{PROJ. } X_{4-4a} = 1975,792 - 8,263 = \mathbf{1967,529}$$

$$Y_{1a} = Y_1 + \text{PROJ. } Y_{1-1a} = 5036,876 - 19,499 = \mathbf{5017,377}$$

TOPOGRAFIA

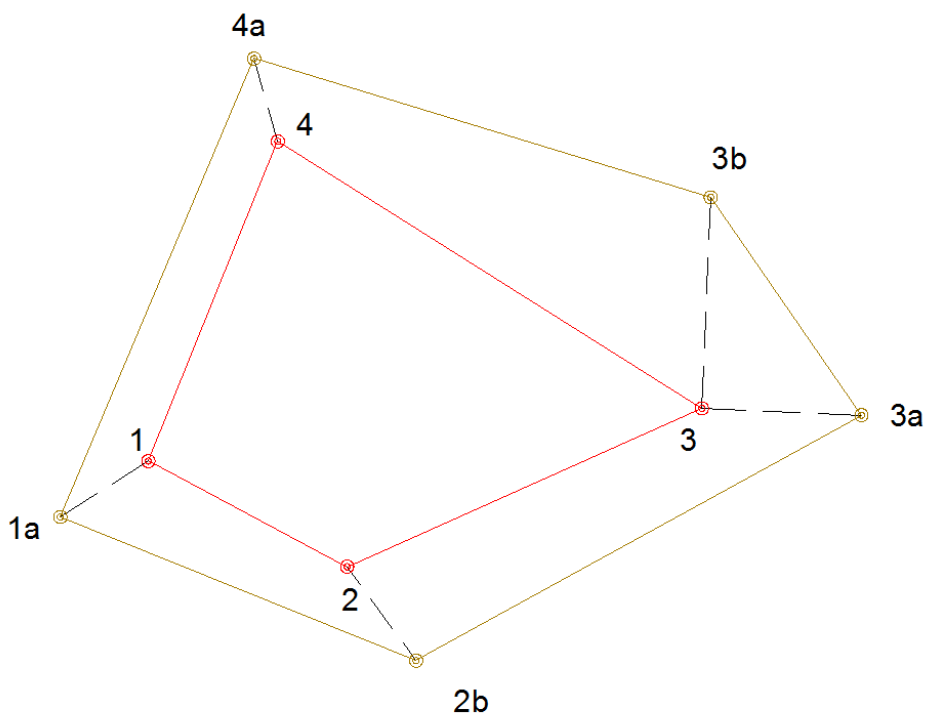
$$Y_{2a} = Y_2 + \text{PROJ. } Y_{2-2a} = 5000 - 32,819 = \mathbf{4967,181}$$

$$Y_{3a} = Y_3 + \text{PROJ. } Y_{3-3a} = 5055,232 - 2,341 = \mathbf{5052,891}$$

$$Y_{3b} = Y_3 + \text{PROJ. } Y_{3-3b} = 5055,232 + 73,622 = \mathbf{5128,854}$$

$$Y_{4a} = Y_4 + \text{PROJ. } Y_{4-4a} = 5148,494 + 28,906 = \mathbf{5177,400}$$

R	E	V	COORDENADAS	
			X	Y
4	1	2	2000,000	5000,000
1	2	3	2123,766	5055,232
2	3	4	1975,792	5148,494
3	4	1	1930,639	5036,876
4	1	1a	1899,929	5017,377
1	2	2a	2024,070	4967,181
2	3	3a	2179,457	5052,891
2	3	3b	2127,716	5128,854
3	4	4a	1967,529	5177,400



**CÁLCULO DE ÁREA**

O cálculo de área pode ser desenvolvido no processo analítico por dois métodos, o de Gauss e o Determinante.

No método de **Gauss**, calcula-se a diferença de coordenadas alternadas dos pontos no eixo x e multiplica-se pelo eixo y, diferenciando por colunas os resultados positivos dos resultados negativos. O resultado da somatória da coluna positiva é subtraído do resultado da somatória da coluna dos negativos e dividido por 2.

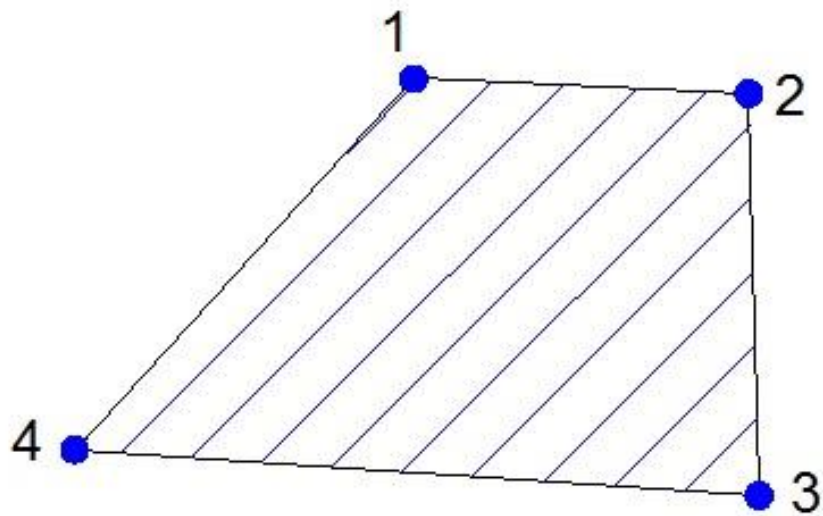
$$\text{Fórmula: } 2A = \sum Y_n \times (X_{n-1} - X_{n+1})$$

Pelo método do **determinante**, obtemos a área da poligonal através da soma algébrica dos produtos cruzados dessas coordenadas dividido por 2.

$$\text{Fórmula: } 2A = \sum (X_n \times Y_{n+1}) - \sum (Y_n \times X_{n+1})$$



TOPOGRAFIA



GAUSS		
CÁLCULO DE ÁREA		
PONTOS	X	Y
4	4009.891	1801.951
1	4110.938	1912.826
2	4210.838	1908.166
3	4214.013	1788.208
4	4009.891	1801.951
1	4110.938	1912.826
TOTAL	17.987,209m <sup>2</sup>	

DETERMINANTE		
CÁLCULO DE ÁREA		
PONTOS	X	Y
1	4110.938	1912.826
2	4210.838	1908.166
3	4214.013	1788.208
4	4009.891	1801.951
1	4110.938	1912.826
TOTAL	17.987,209m <sup>2</sup>	



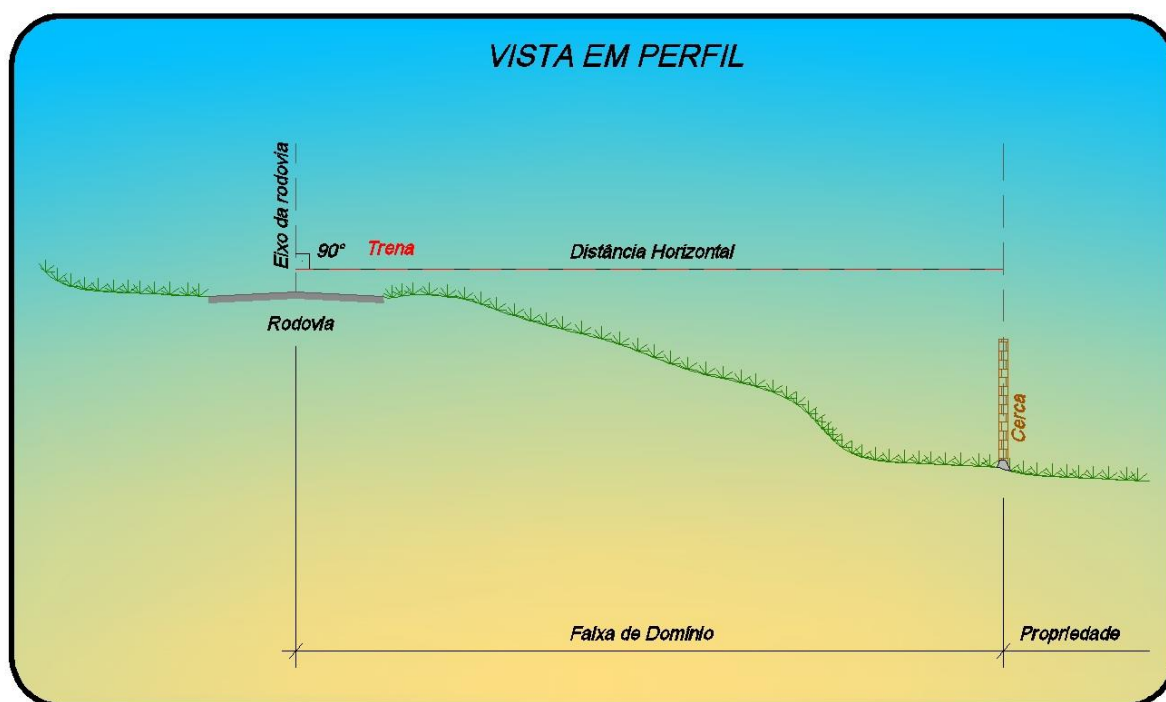
**MEDIDA DE DISTÂNCIA**

A medida entre dois pontos, em topografia, corresponde à medida da distância horizontal entre esses dois pontos, mesmo que o terreno seja inclinado.

A medição de uma distância pode ser efetuada por processo direto, por processo indireto ou, por processos eletrônicos, sendo este último o mais moderno e mais preciso.

As distâncias podem ser:

✓ **Distância horizontal:** é a distância entre dois pontos considerando o terreno plano, sem inclinação.



✓ **Distância inclinada:** é a distância entre dois pontos considerando a inclinação do terreno.

✓ **Desnível:** é a diferença de nível entre dois pontos no plano vertical.



#### ❖ Medida direta de distâncias.

A determinação da extensão de um alinhamento pode ser feita por medida direta quando o instrumento é aplicado no terreno ao longo do alinhamento.

Os instrumentos utilizados para medição podem ser chamados também de diastímetros, entre eles estão:

- Trena de aço;
- Trena de fibra de vidro;
- Trensas plásticas.

Alguns acessórios que auxiliam nas medidas:

- Baliza
- Piquetes
- Estacas

**❖ Medida indireta de distâncias.**

O processo de medida é indireto quando a distância é obtida em função da medida de outras grandezas, não havendo, portanto, necessidade de percorrer a distância.

A medida indireta das distâncias é baseada na resolução de triângulos isósceles ou retângulos.

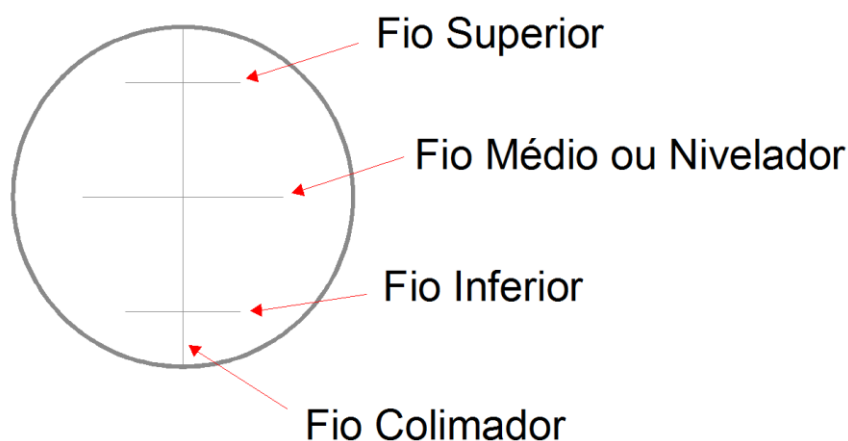
A taqueometria, do grego “takhys” (rápido), “metren” (medição), compreende uma série de operações que constituem um processo rápido e econômico para a obtenção indireta da distância horizontal e diferença de nível.

Os instrumentos utilizados são denominados taqueômetros, que além de medir ângulos, acumulam também a propriedade de medir opticamente as distâncias horizontais e verticais. Os taqueômetros são classificados em normais (teodolitos providos de fios estadimétricos).

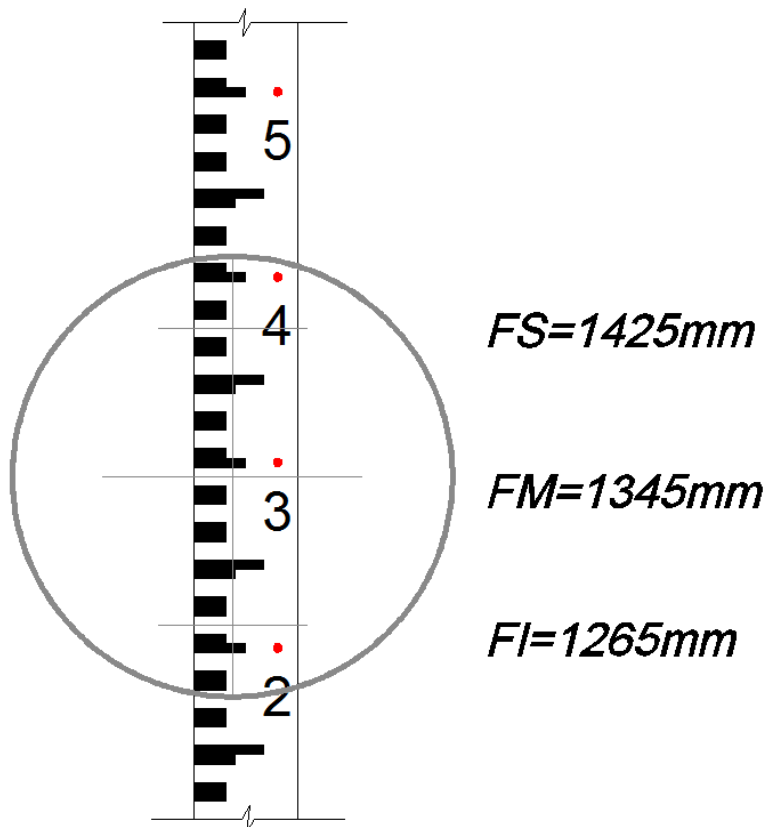
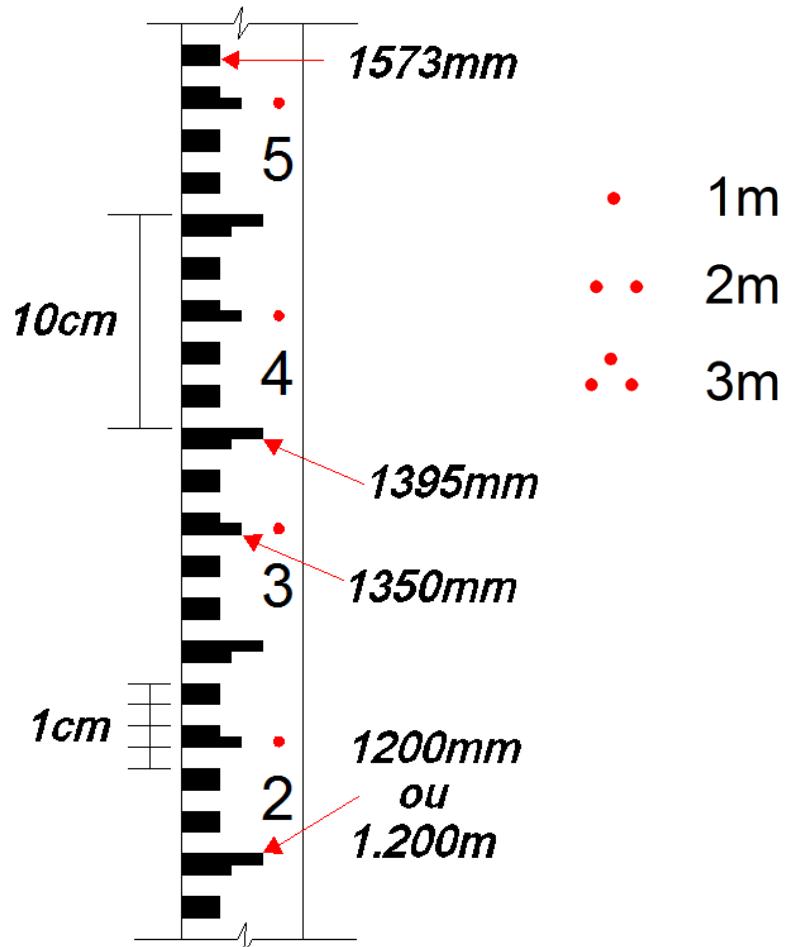
Os instrumentos empregados fornecem os dados referentes às leituras processadas na mira com auxílio dos fios estadimétricos, bem como o ângulo de inclinação do terreno lido, no limbo vertical do aparelho.

Se observarmos um teodolito, através da ocular, veremos uma série de fios paralelos e perpendiculares entre si.

As miras são réguas de madeira ou metal usadas no nivelamento para determinação de distâncias verticais, medidas entre a projeção do traço do retículo horizontal da luneta na mira e o ponto do terreno onde a mira está instalada.



LEITURA DA MIRA



$$\text{Fórmulas: } DH = (FS - FI) \times 100 \times (\cos \alpha)^2$$

$$DH = (FS - FI) \times 100 \times (\sin Z)^2$$

$$\alpha = 90 - Z$$

$$FS - FM = FM - FI$$

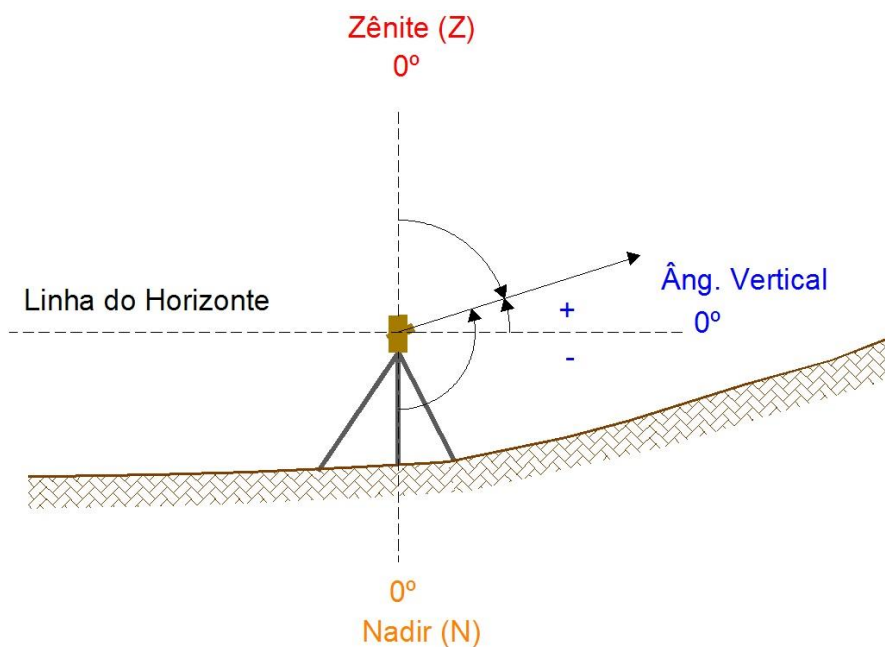
$$FM = (FS + FI) / 2$$

onde:

DH = Distância Horizontal

$\alpha$  = Ângulo Vertical

Z = Ângulo Zenital



✓ **Ângulo Vertical:** é o ângulo formado entre a linha do horizonte (plano horizontal) e a linha de visada, medido no plano. Varia de  $0^\circ$  a  $+ 90^\circ$  (acima do horizonte) e  $0^\circ$  a  $- 90^\circ$  (abaixo do horizonte).

✓ **Ângulo Zenital:** é o ângulo formado entre a vertical do lugar (zênite) e a linha visada, medido no plano. Varia de  $0^\circ$  a  $180^\circ$ , tendo a origem no zênite.



**ALTIMETRIA**

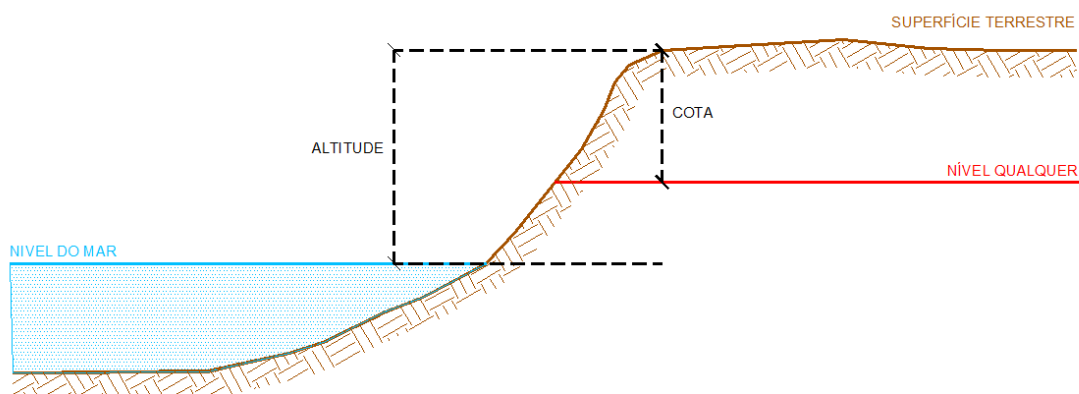
Conceito: A altimetria ou hipsometria tem por finalidade a medida da diferença de nível (distância vertical) entre dois ou mais pontos no terreno.

Chama-se **nivelamento** a operação realizada para determinar essas diferenças de nível

*Outros conceitos:*

✓ **Altitude:** é a distância medida na vertical entre um ponto da superfície física da Terra e a superfície de referência altimétrica (nível médio dos mares).

✓ **Cota:** é a distância medida ao longo da vertical de um ponto até um plano de referência qualquer



✓ **Curvas de nível:** São curvas que ligam pontos de mesma altitude ou cota. Podem ser mestras (a cada 5 curvas) ou intermediárias.

✓ **Referência de Nível (RN):** são pontos fixos no terreno que correspondem as cotas ou altitudes de um nivelamento.

Podem ser:

Artificiais: madeira de lei, concreto armado, etc.

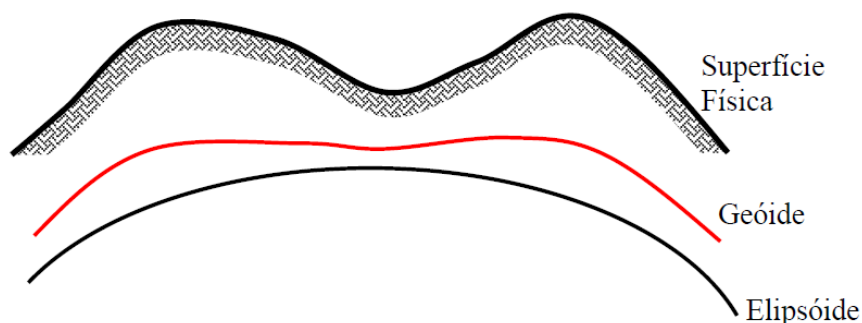
Naturais: soleira da porta de edifícios.



**Plano de referência:**

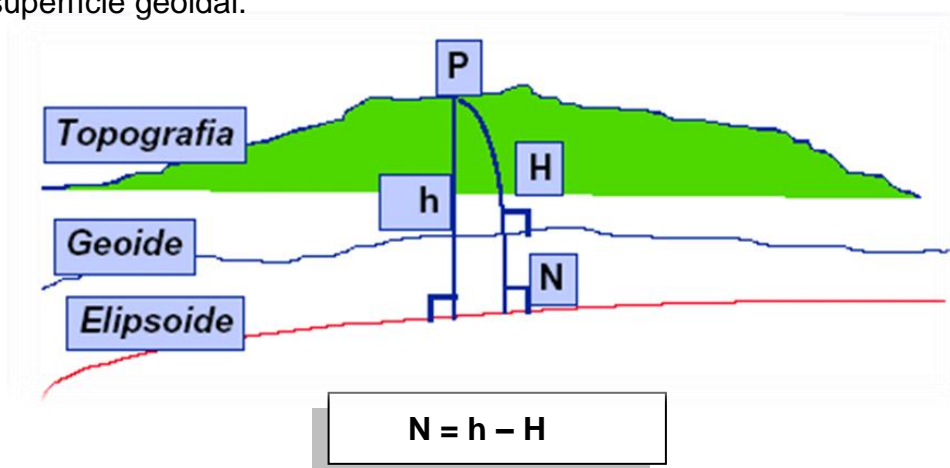
A terra pode ser referenciada de três formas geométricas diferentes:

- ▶ Superfície topográfica: é a representação real da terra.
- ▶ Geóide: considera o nível médio do mar.
- ▶ Elipsóide de revolução: forma matemática tridimensional da terra, usada em cálculos geodésicos.



### Tipos de Altitude

- **Alt. Ortométrica ( H )** – Separação entre a superfície física e superfície geoidal.
- **Alt. Geométrica ( h )** – Separação entre a superfície física e superfície elipsoidal
- **Ondulação Geoidal ( N )** – Diferença entre a superfície elipsoidal com a superfície geoidal.



✓ **Diferença de nível (DN):** É a diferença de cotas ou altitudes entre os pontos medidos. Também chamada de distância vertical.

## TIPOS DE NIVELAMENTO

O nivelamento pode ser executado pelos seguintes métodos:

- **Barométrico.**
- **Trigonométrico.**
- **Geométrico.**

### NIVELAMENTO BAROMÉTRICO

É aquele em que a diferença de nível é determinada em função da pressão atmosférica existente entre pontos de diferentes altitudes da superfície terrestre.

**Precisão:** m

Equipamentos usados:

- Barômetro de mercúrio: neste aparelho existe uma coluna graduada para registrar a variação da densidade do mercúrio e outra para o registro da mudança da pressão atmosférica.
- Barômetro Metálico: também chamado altímetro, consiste numa caixa onde é feito o vácuo. Qualquer variação na pressão é transmitida através de um sistema mecânico a uma agulha que se move em um mostrador graduado.

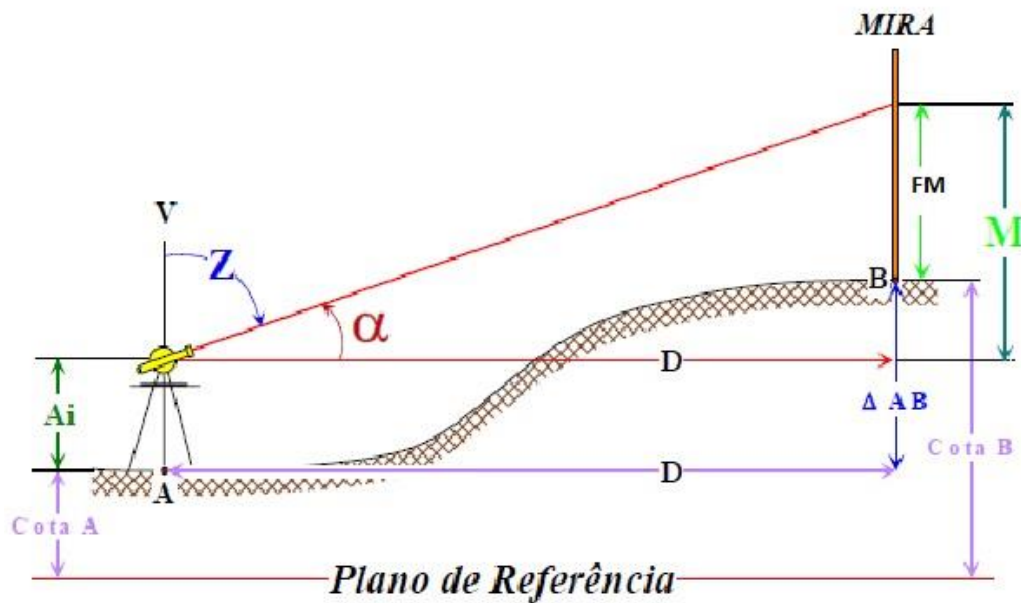


Exemplo de Barômetro Metálico.

## NIVELAMENTO TRIGONOMÉTRICO

A determinação da diferença de nível, baseia-se na resolução de um triângulo retângulo. Instrumentos utilizados: Teodolitos, clinômetros, estações totais, etc.

Precisão: dm e cm.



$$DN = D \times \operatorname{tg} \alpha + AI - FM$$

onde:

DN = Diferença de nível

$\alpha$  = Ângulo vertical

AI = Altura do instrumento

FM = Fio médio

❖ **Cálculo da Planilha.**

R	E	V	AI	Leitura da Mira			Ângulo Vertical		Distância Reduzida (D)	Diferença de Nível (DN)			Cotas (H)	PN
				FI	FM	FS	(Z)	$\alpha$		Direta	(c)	Compensada		

Após a transformação do ângulo zenital pelo ângulo  $\alpha$ , o cálculo da distância horizontal e o cálculo das diferenças de nível, separa-se as diferenças positivas das negativas e calcula o erro altimétrico do levantamento da poligonal e das irradiações pela seguinte fórmula:

$$E = |\sum DN+| - |\sum DN-|$$

onde:

E = Erro altimétrico

$\sum DN$  = Somatória das diferenças de níveis.

Determinado o erro, calcula-se o erro por metro (Epm), dividindo o erro encontrado pela somatória das distâncias. Essa compensação é calculada apenas para a poligonal.

$$Epm = E / \sum DH$$

onde:

$\sum DH$  = Somatória das distâncias da poligonal.

Com o erro por metro calculado, é hora de calcular a compensação dos erros. Para esse cálculo, fixa-se o valor do Epm e multiplica por cada distância horizontal dos pontos da poligonal.

## TOPOGRAFIA

$$c = E_{pm} \cdot DH$$

onde:

c = compensação dos erros

Para determinar a diferença de nível compensada de cada ponto da poligonal, deve observar qual somatória da diferença de nível foi maior e menor. O valor maior deve fazer a subtração com a compensação e o valor que for menor deve fazer a soma com a compensação.

$$DN_{comp} = DN \pm c$$

Para o cálculo das diferenças de nível das irradiações, não se faz compensação dos erros, apenas determina a diferença de nível entre os pontos e depois o cálculo algébrico das cotas.

$$Cota = Cota \text{ Anterior} \pm DN$$

### Exemplo 1: Cálculo do Nivelamento trigonométrico de uma poligonal.

R	E	V	AI	Leitura da Mira			Ângulo Vertical		Distância Reduzida (D)	Diferença de Nível (DN)			Cotas (H)	PN
				FI	FM	FS	(Z)	$\alpha$		Direta	(c)	Compensada		
4	1	2	1,480	1,448	1,500	1,552	89°59'20"	0°0'40"	10,399	-0,018	0,1051	-0,1231	100,000	2
1	2	3	1,450	1,380	1,500	1,640	87°48'57"	2°11'03"	25,962	0,940	0,2624	0,6776	100,677	3
2	3	4	1,400	1,425	1,500	1,580	90°04'01"	-0°04'01"	15,499	-0,118	0,1566	-0,2746	100,402	4
3	4	1	1,470	1,417	1,500	1,580	90°17'53"	-0°17'53"	16,299	-0,115	0,1647	-0,2797	100,122	1
							$\alpha = 90 - Z$		$\sum dist = 68,159$	$\sum neg = -0,251$	$\sum = 0,689$	$Err = 0$		
										$\sum posit = 0,940$				
							$D = (FS - FI) \cdot 100 \cdot (\cos \alpha)^2$			$Err = 0,689$		$DN_{comp} = DN \pm c$		
							$D_n = D \cdot \text{tg } \alpha + AI - FM$			$e_{pm} = Err / \sum dist$		$c = e_{pm} \cdot D$		

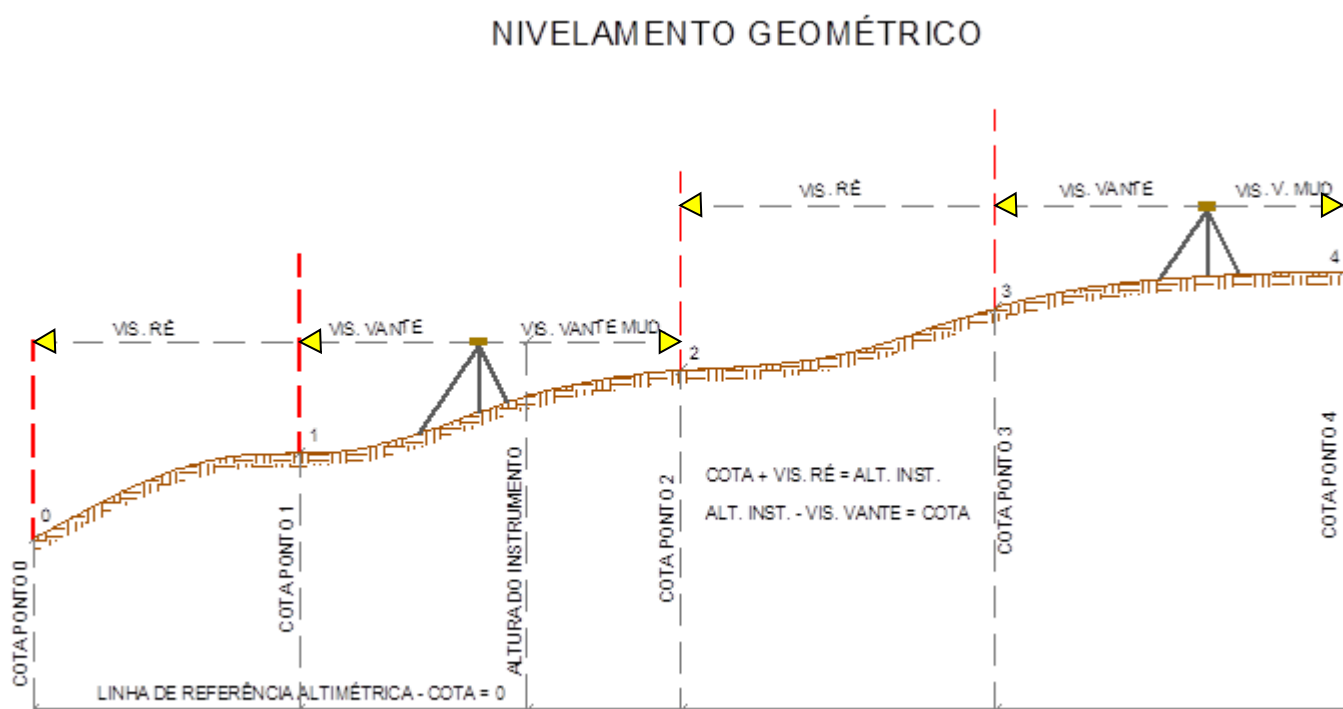
**Exemplo 2: Cálculo do Nivelamento trigonométrico das irradiações.**

R	E	V	AI	Leitura da Mira			Ângulo Vertical		Distância Reduzida (D)	Diferença de Nível (DN)			Cotas (H)	PN
				FI	FM	FS	(Z)	$\alpha$		Direta	(c)	Compensada		
4	1	1A	1,480	1,487	1,500	1,508	87°35'50"	2°24'10"	2,096	0,068			100,190	1A
4	1	1B	1,480	1,482	1,500	1,515	92°34'06"	-2°34'06"	3,293	-0,168			99,954	1B
4	1	1C	1,480	1,445	1,500	1,558	96°18'30"	-6°18'30"	11,164	-1,254			98,868	1C
1	2	2A	1,450	1,480	1,500	1,520	89°08'42"	0°51'18"	3,999	0,009			100,009	2A
1	2	2B	1,450	1,485	1,500	1,517	91°10'05"	-1°10'05"	3,199	-0,115			99,885	2B
1	2	2C	1,450	1,445	1,500	1,555	94°20'18"	-4°20'18"	10,937	-0,880			99,120	2C
2	3	3A	1,400	1,488	1,500	1,520	91°42'22"	-1°42'22"	3,197	-0,195			100,482	3A
2	3	3B	1,400	1,475	1,500	1,530	78°51'25"	11°08'35"	5,295	0,943			101,619	3B
3	4	4A	1,470	1,485	1,500	1,513	89°56'32"	0°03'28"	2,799	-0,027			100,374	4A
3	4	4B	1,470	1,450	1,500	1,545	89°28'35"	0°31'25"	9,499	0,057			100,458	4B
3	4	4C	1,470	1,425	1,500	1,585	85°04'06"	4°55'54"	15,882	1,340			101,742	4C
										$D = (FS - FI) \cdot 100 \cdot (\cos \alpha)^2$			$Cota\ irr = cota\ da\ estação \pm DN\ direta$	
										$\alpha = 90 - Z$				
										$Dn = D \cdot tg \alpha + AI - FM$				

## NIVELAMENTO GEOMÉTRICO

Também denominado direto, é o mais preciso dos três, realizado através de visadas horizontais em um instrumento chamado Nível. Pode ser realizado por nivelamento geométrico simples ou composto.

Precisão: cm / mm.



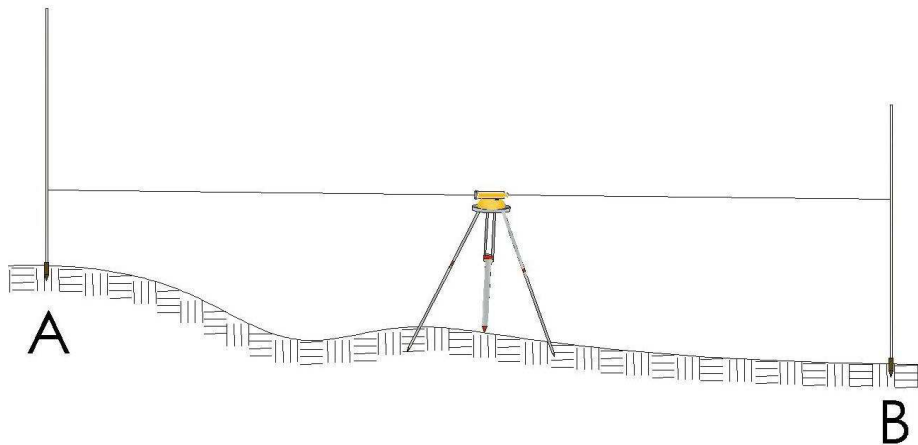
Nivelamento Geométrico Composto

O nivelamento geométrico é baseado na diferença de leituras em miras verticais graduadas e o equipamento empregado para este trabalho é denominado nível.

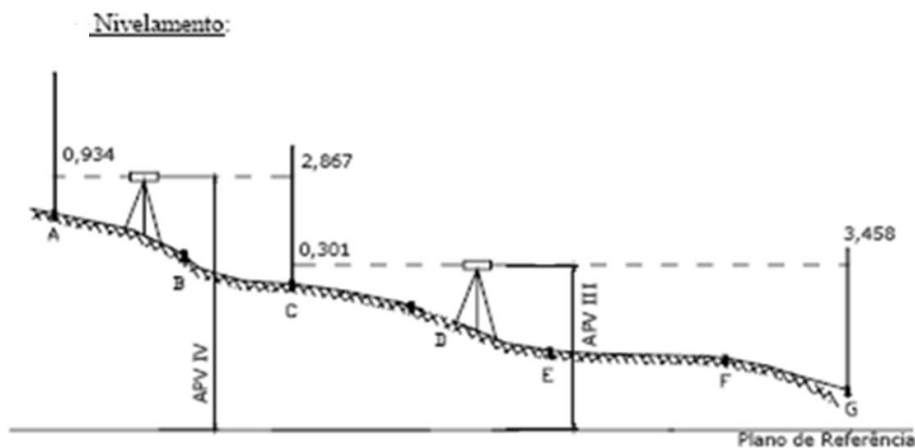
O nivelamento pode ser simples ou composto. O simples é baseado em apenas uma instalação do aparelho, onde se consegue ter uma visão de toda a área. O nivelamento composto é empregado em áreas onde se tem que instalar o aparelho em locais diferentes devido à grande extensão da área.



TOPOGRAFIA



Nivelamento Geométrico Simples



<b>NIVELAMENTO GEOMÉTRICO</b>						
SERVIÇO: _____			DATA: _____			
PROPRIETÁRIO: _____			CIDADE: _____			
LOCAL: _____						
OPERADOR: _____			FOLHA: _____			
EST.	PTO	LEITURA		AI	COTA	OBSERVAÇÃO
		RÉ	VANTE			
A		0,934		700,934	<b>700</b>	
B			2,352		698,582	
C			<b>2,867</b>		698,067	
C		0,301		698,368		
D			1,513		696,855	
E			1,952		696,416	
F			2,121		696,247	
G			<b>2,431</b>		<b>695,937</b>	
		$\Sigma R\acute{E}$	$\Sigma VM$			
		1,235	5,298		<b>CF-CI</b>	
	$\Sigma R\acute{E} - \Sigma VM$	-4,063			-4,063	
			<b><math>\Sigma R\acute{E} - \Sigma VM = CF - CI</math></b>			

Fórmulas:

$$AI = Cota + Visada Ré$$

$$Cota = AI - Visada Vante$$

$$\sum VRÉ - \sum VVM = CF - CI$$

onde:

AI = Altura do Instrumento.

VRÉ = Visada ré.

VVM = Visada vante de mudança.

CF = Cota final.

CI = Cota inicial.

### Precisões do Nivelamento Geométrico

- Nivelamento de alta precisão: o erro médio admitido é de 1,5mm/km.
- Nivelamento de primeira ordem: o erro médio admitido é de 2,5mm/km.
- Nivelamento de segunda ordem: o erro médio admitido é de 1,0cm/km.
- Nivelamento de terceira ordem: o erro médio admitido é de 3,0cm/km.
- Nivelamento de quarta ordem: o erro médio admitido é de 10,0cm/km.

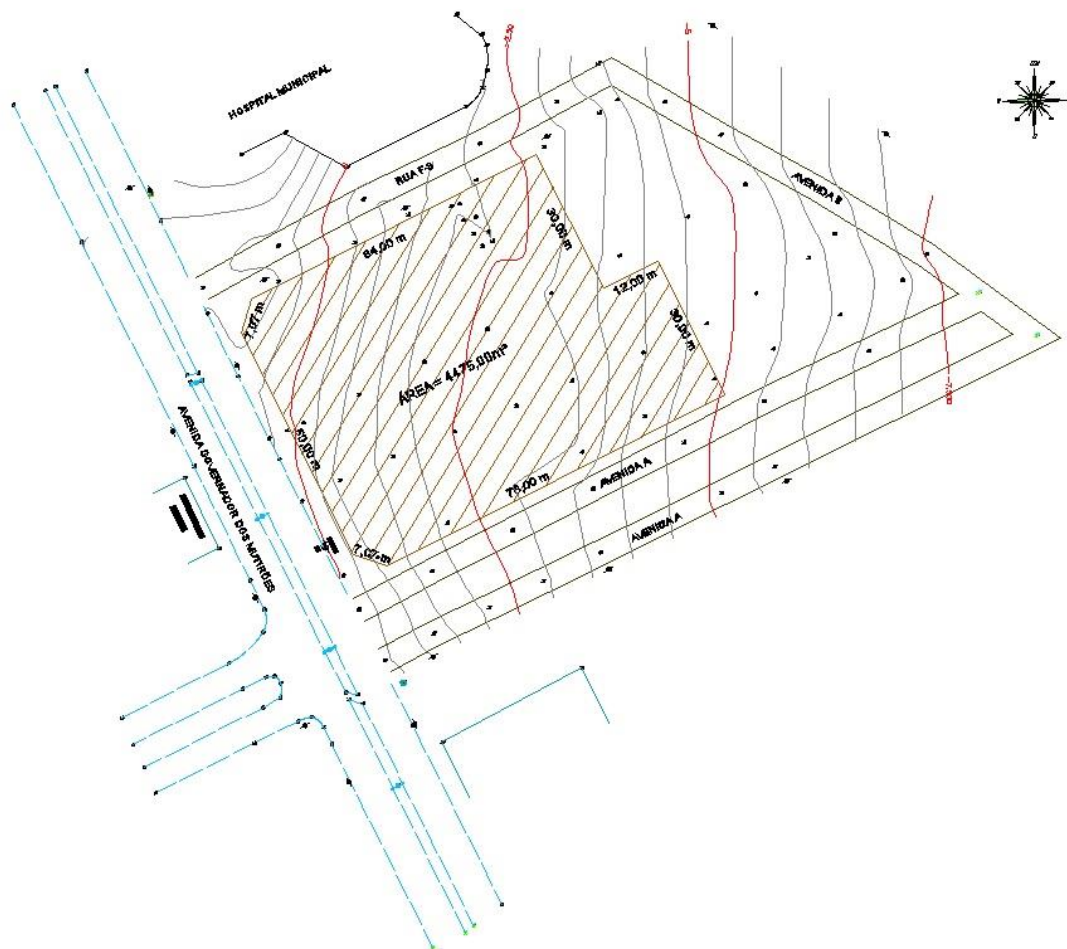
### Avaliação do erro de nivelamento

- Poligonal Fechada: Partindo-se de um ponto determinado, se percorre toda poligonal visando-se por último o mesmo ponto de partida.
- Poligonal Aberta: É recomendável a execução de **contranivelamento**.
- Erro de fechamento vertical: 2,0 a 10mm/km.

**PLANIALTIMETRIA**

O levantamento planialtimétrico, tem por finalidade representar a superfície tanto no plano como na altimetria. A superfície é representada em 3D, com níveis de detalhe, dependendo da escala, que possa servir para projetos de engenharia em geral, como para infraestrutura, construção civil, meio ambiente, entre outros.

A parte altimetria é representada pelas curvas de nível, que são linhas que ligam pontos, na superfície do terreno, que têm a mesma cota (ou altitude).



## TOPOGRAFIA

As curvas de nível do terreno serão de fundamental importância para o projetista definir as cotas de projeto de seu empreendimento, para o cálculo do volume de terraplenagem, seja para corte ou aterro de sua obra.

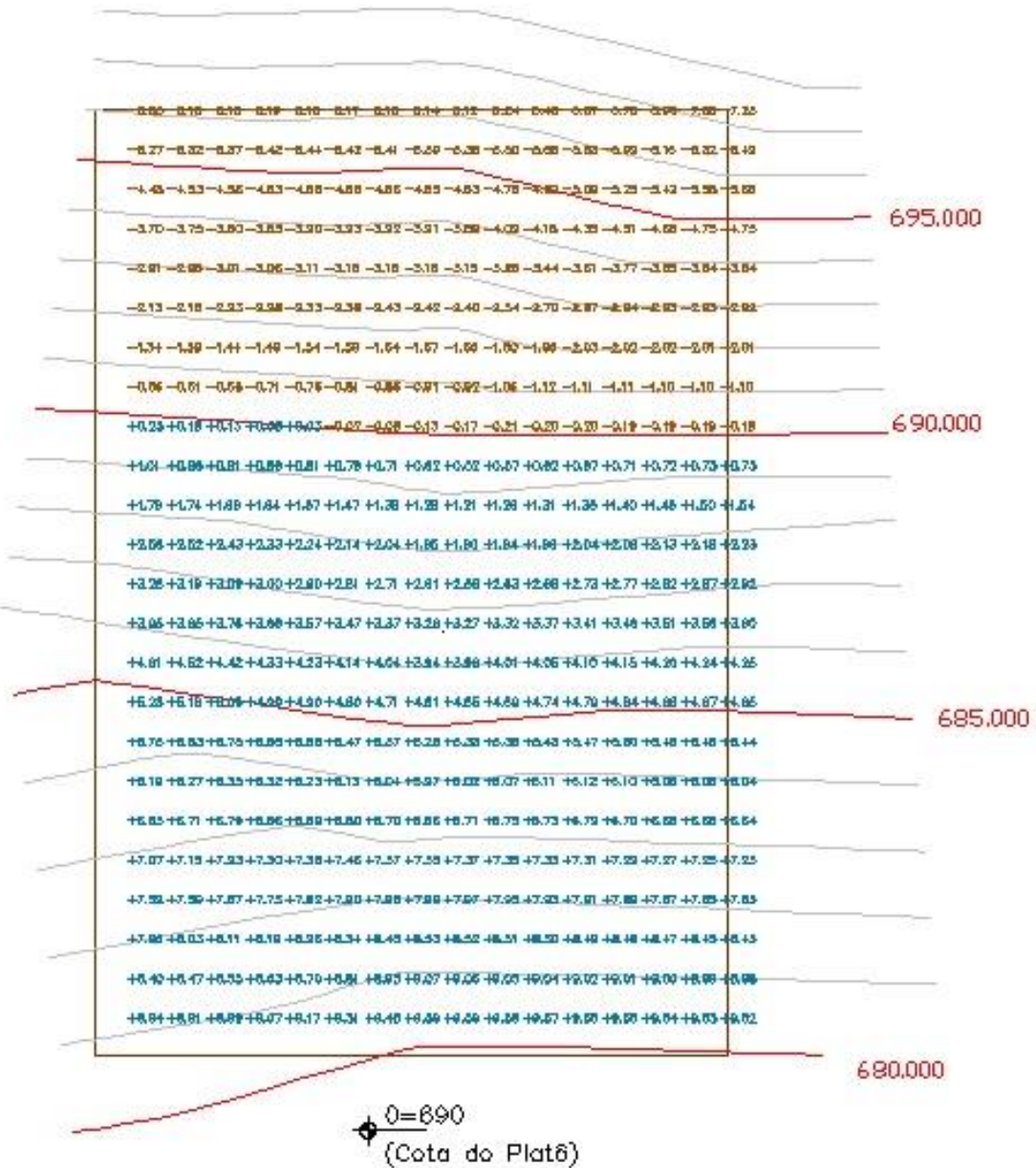


TABELA DE VOLUME					
Site	Stratum	Surf1	Surf2	Corte m3	Aterro m3
S1	tn x pl	TN	PLATÔ	2589,47	8185,31

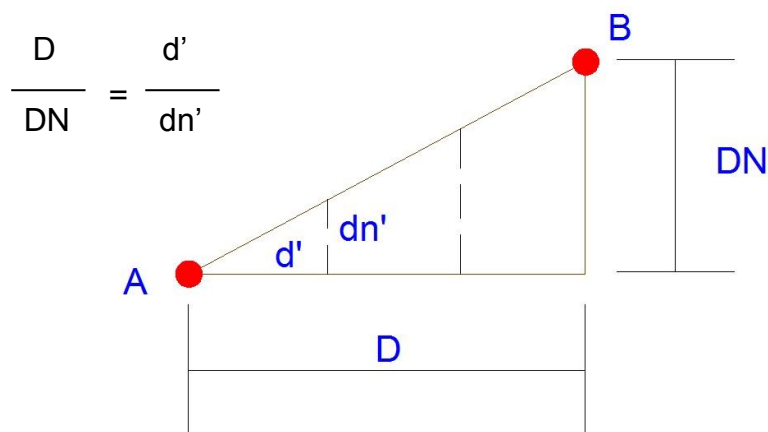
## INTERPOLAÇÃO DE CURVA DE NÍVEL

Após o levantamento planialtimétrico, onde são levantados os pontos que melhor representa o terreno, como crista e pé de barranco, há a necessidade de fazer interpolação desses pontos, onde se consiste em estimar valores a partir de um conjunto de dados, nesse caso seriam pontos de nível.

A partir da escala de trabalho, se tem de quanto vai variar equidistância das curvas de nível, podendo ser na casa dos centímetros ou metros. Um exemplo muito usado na engenharia é equidistância de 1 em 1 metro.

Para a interpolação numérica, é aplicada a semelhança de triângulo, onde se tem a diferença de nível entre dois pontos e a distância entre eles, devendo estimar as cotas inteiras que tem entre eles.

No cálculo, tem-se a distância total (D), a diferença de nível total (DN), a diferença de nível parcial (dn'), devendo calcular a distância parcial (d) entre um dos pontos existentes e uma cota inteira.



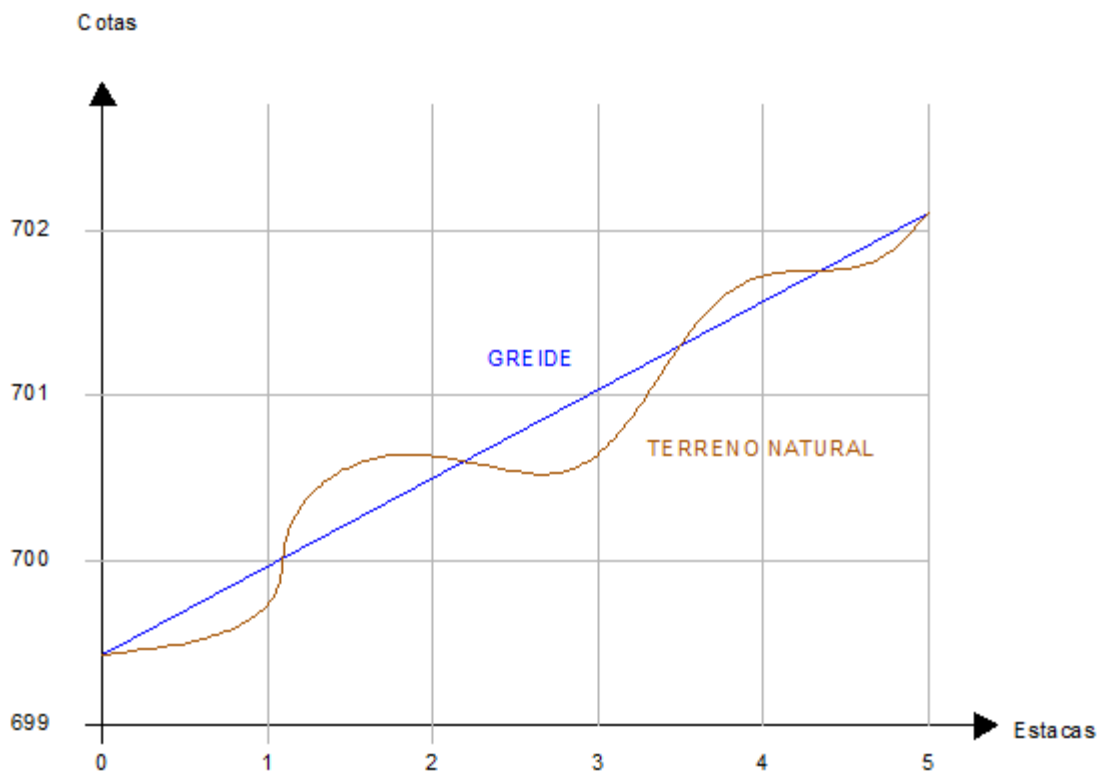
$$d' = \frac{D \times dn'}{DN}$$

**PERFIL LONGITUDINAL**

O Perfil Longitudinal, representa graficamente o nivelamento do terreno, tendo normalmente o eixo das cotas exagerado em 10 vezes em relação ao eixo das estacas.

A linha horizontal (Abcissas), representa o alinhamento do traçado estudado.

A linha vertical (Ordenada), representa as cotas ou altitudes do terreno.



Perfil Longitudinal

**GREIDE**

Greide é a linha projetada que acompanha o perfil longitudinal, representado o terreno com as suas cotas de projeto (pavimentação e terraplenagem), indicando quanto o terreno deve ser cortado ou aterrado.

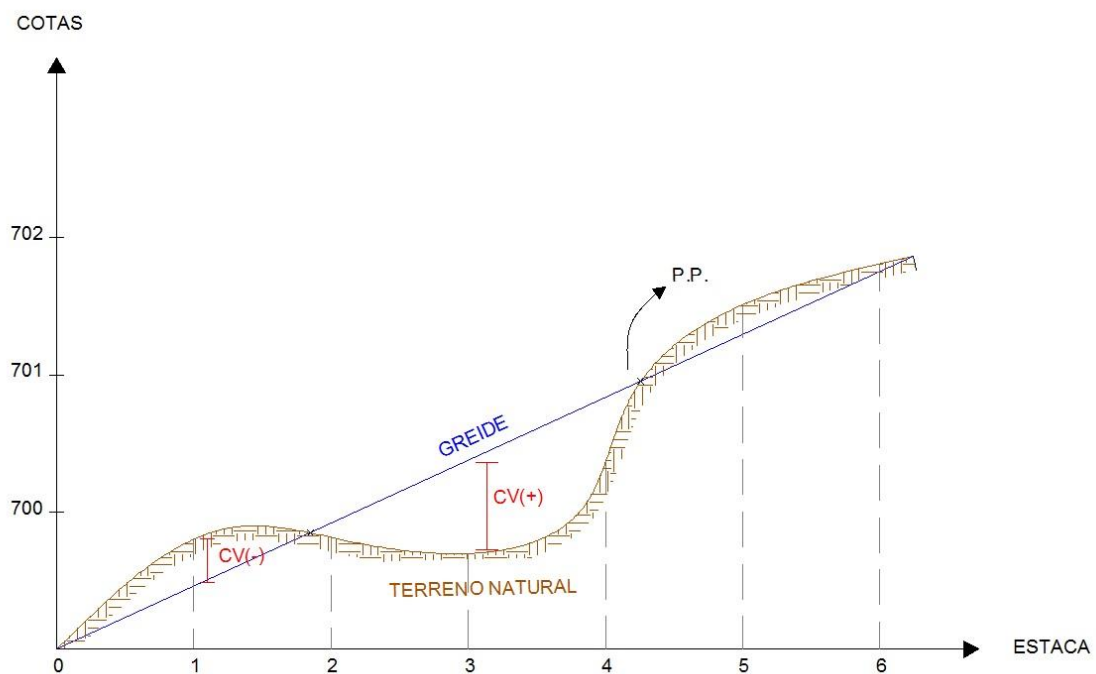
Cota Vermelha (CV) é a diferença entre a cota do Greide (CG) menos a cota do Terreno Natural (CTN).

Ponto de Passagem (PP) é quando a cota do Greide é igual a Cota do Terreno Natural.

$$CV = CG - CTN.$$

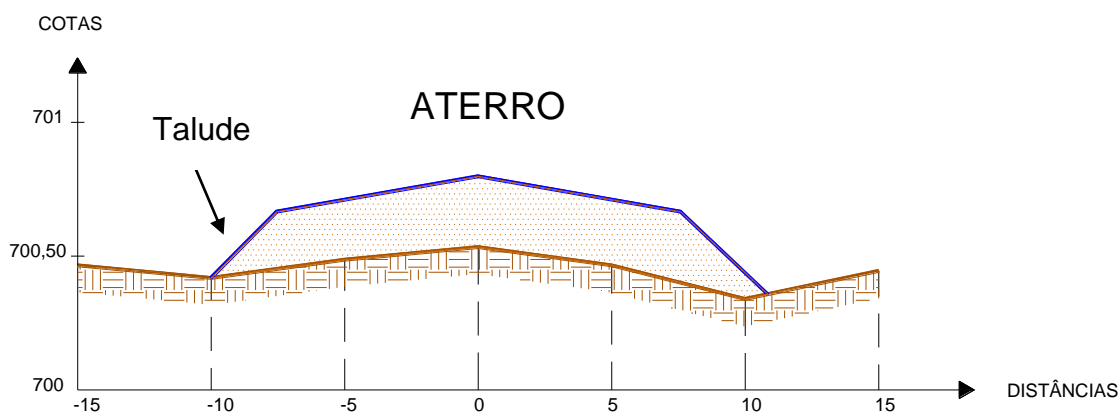
CV = + (Aterro)

CV = - (Corte)



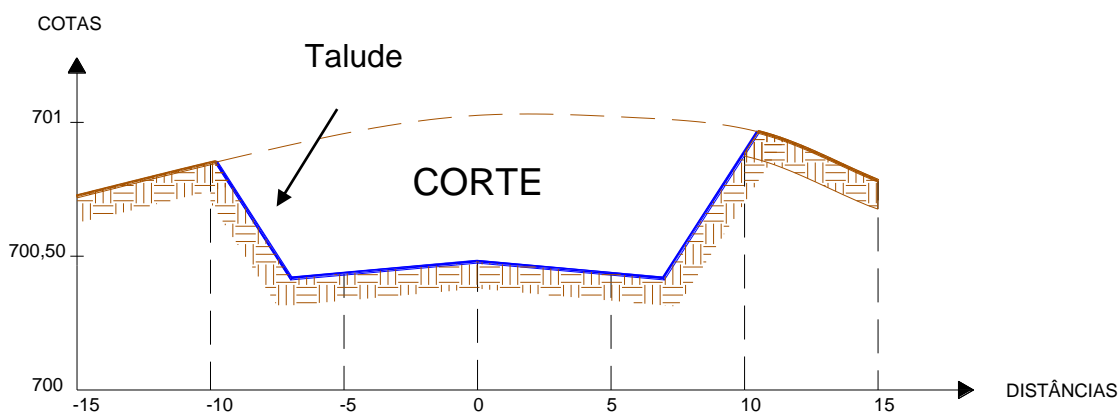
## SEÇÕES TRANSVERSAIS

As seções transversais, representam graficamente o nivelamento do terreno no sentido transversal ao eixo do estaqueamento.



Declive de talude de aterro: 1:1,5 ou 2:3 (v : h)

**Definição de talude:** São linhas inclinadas resultante de um corte ou aterro, que ligam o terreno projetado à superfície primitiva.



Declive de talude de corte: 1:1 (v : h)



**RAMPA / DECLIVIDADE**

**Definição:** É a relação da diferença de nível entre dois pontos com a distância horizontal entre eles.

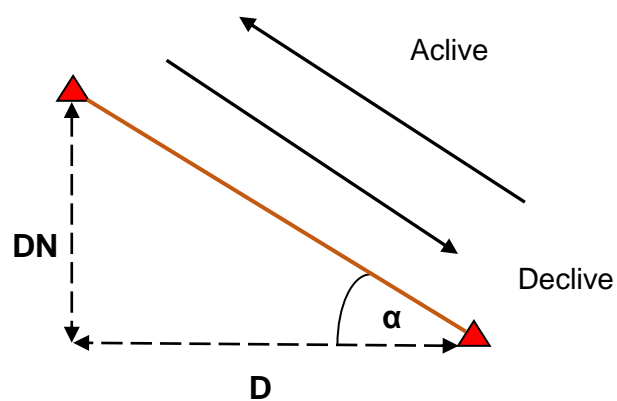
$$d (\%) = ( DN / D ) \times 100$$

Onde: d = declividade em porcentagem

DN = Diferença de nível

D = Distância

$$\operatorname{tg} \alpha = DN / D \quad \Rightarrow \quad \alpha = \operatorname{arc.} \operatorname{tg} DN / D$$



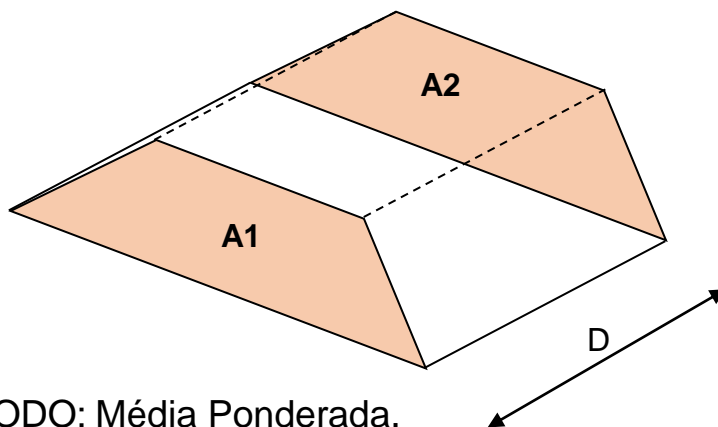
**CÁLCULO DE VOLUME**

1º MÉTODO: Seções Transversais

$$V = (( A1 + A2 ) / 2 ) \times D$$

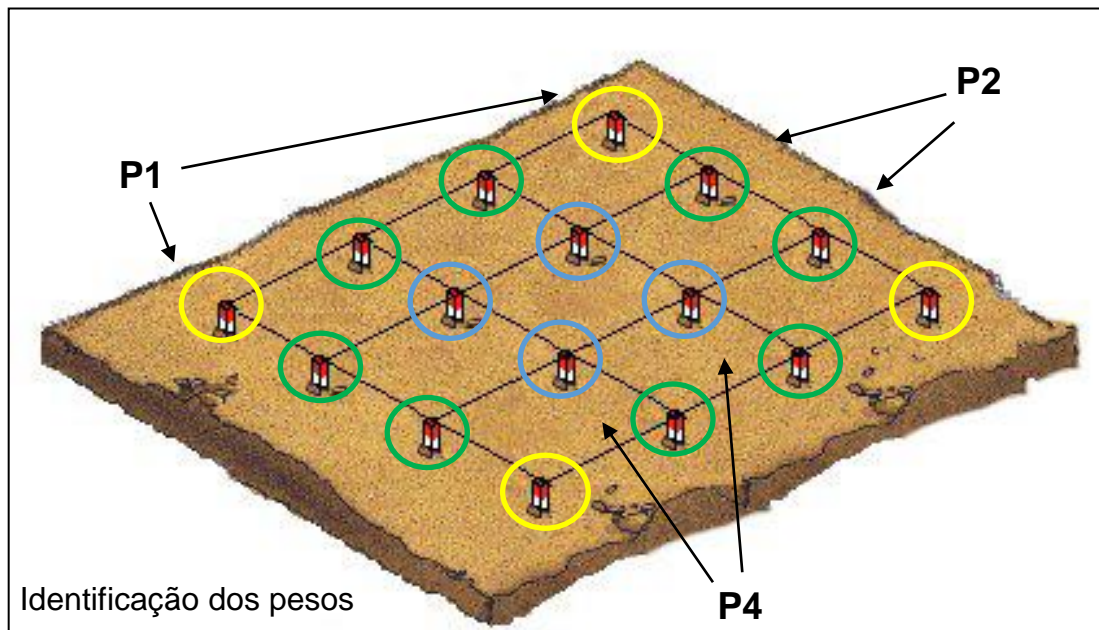
Onde: A1 e A2 = Áreas

D = Distância



2º MÉTODO: Média Ponderada.

Consiste em balancear o volume de corte e aterro, ocorrendo o mínimo possível de desperdício de material.



Deve-se nesse método definir primeiramente os pesos de cada ponto, podendo ser peso 1 ao 4, dependendo da área de influência do ponto.

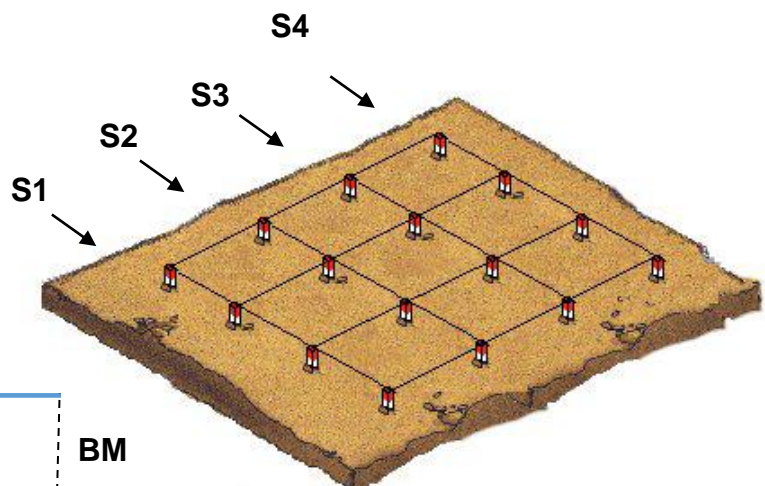
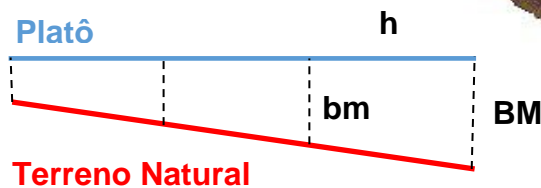
Definido os pesos segue os seguintes passos:

1º Cálculo da **cota de passagem** (Cota média): somando separadamente as cotas de cada peso e multiplica-se pelo seu peso e logo após soma-se todos os resultados e divide pela somatória algébrica dos pesos.

$$C_p = \frac{\sum Cota \times Peso}{\sum Peso}$$

2º Utiliza-se o método das seções transversais para calcular cada seção, utilizando como referência a cota de passagem (Platô) e as cotas levantadas em campo (Terreno Natural).

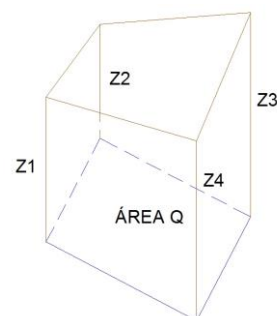
$$A = \frac{(BM + bm) \times h}{2}$$



3º MÉTODO: Cota imposta em área regular.

Quando se tem um valor para a cota de projeto para o empreendimento, se calcula o volume pelo produto da área da base pela média das alturas das arestas.

$$V = Q \cdot (Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4) / 4$$



## LOCAÇÃO

Diferentemente do levantamento, onde são cadastrados pontos existentes no terreno, a locação é uma atividade da topografia que consiste em implantar pontos no terreno com base em projetos. Esses projetos podem ser de: construção civil, demarcações de divisões de fazenda, loteamentos, barragens, rede elétrica, saneamento, construções de rodovias e ferrovias, etc.

A locação pode ser apenas na planimetria, demarcando apenas as áreas, como pode ser também na altimetria, onde se quer saber quanto vai cortar ou aterrar um terreno.

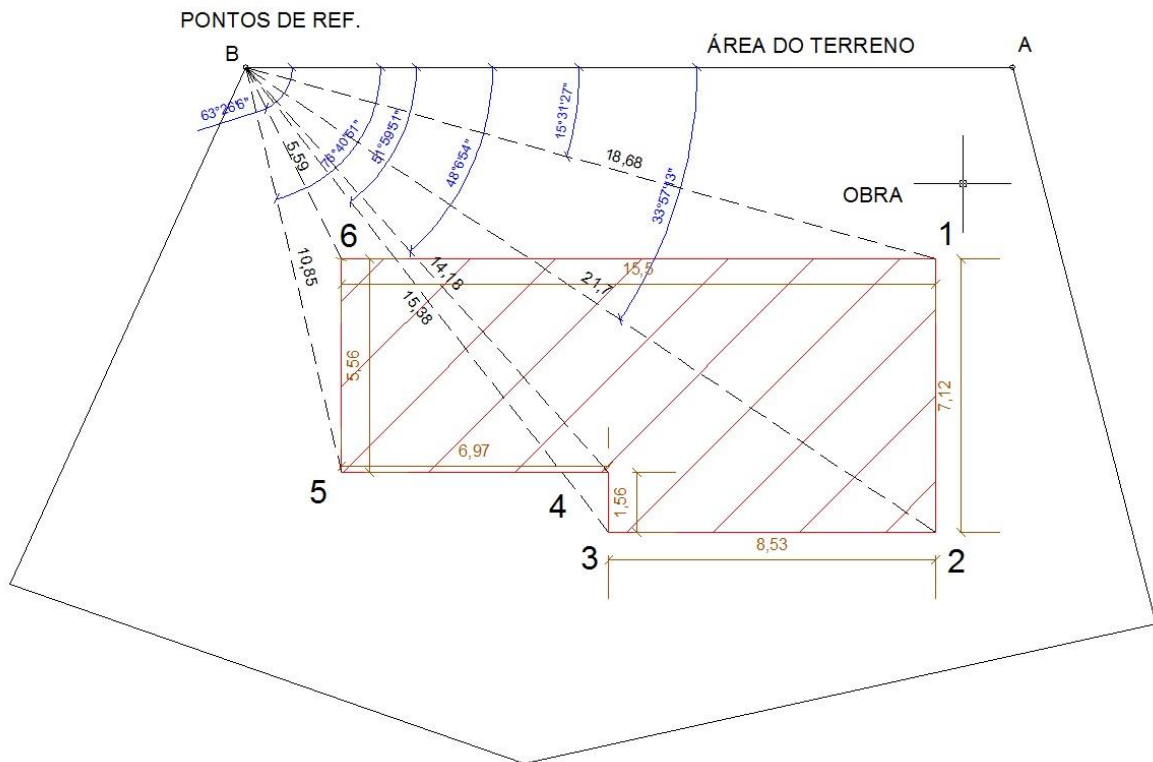
Normalmente quando se vai fazer uma locação, deve fazer um plano de locação, onde primeiramente se faz um levantamento topográfico de toda área para sobrepor o projeto existente com o levantamento realizado e a partir daí, deve-se extrair as informações necessárias para realizar a locação.

As locações podem ser realizadas apenas com o uso de baliza e trena, mas podem ser realizadas também com uso de teodolitos, estações totais e GNSS RTK.

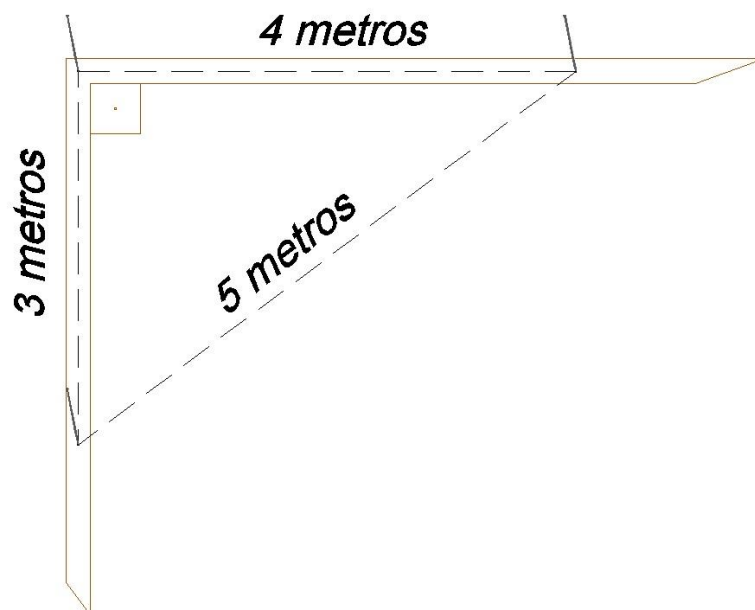
Existem alguns métodos de locação, que podem ser por sistema polar (ângulo e distância), pode ser empregando o triângulo retângulo 3, 4 e 5 (utilizando trena e balizas), por coordenadas (utilizando estação total ou GNSS RTK) e por interseções de medidas.

Pelo método do **sistema polar** pode-se usar o teodolito ou a estação total para medir os ângulos e as distâncias. No plano de locação, são extraídos os ângulos e distâncias que serão usados para locar os pontos. Podendo levar para campo uma planilha ou uma planta de locação.

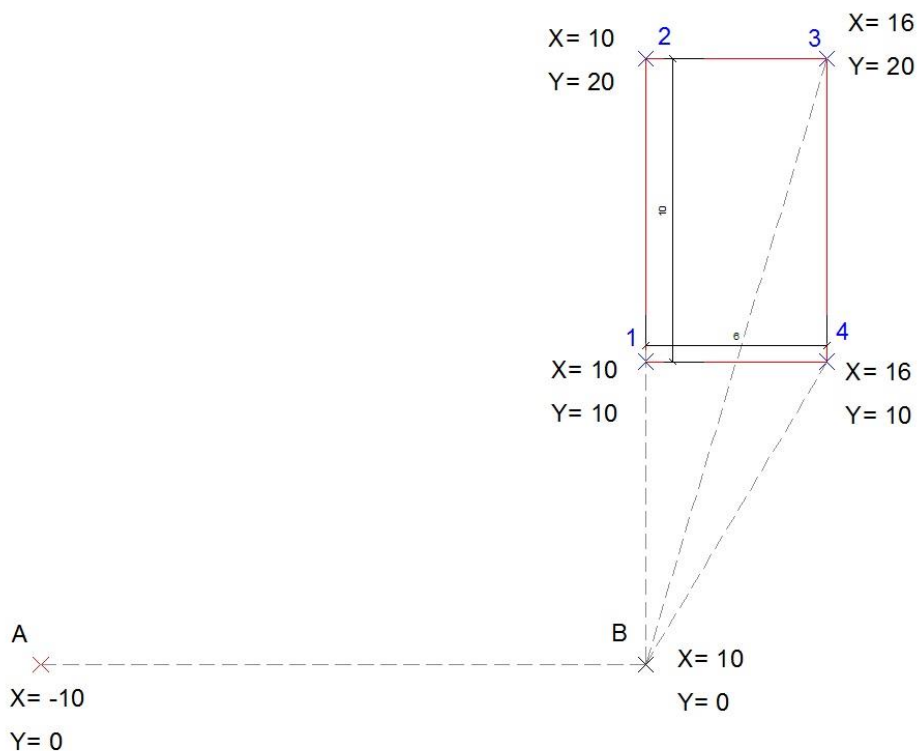
ESTAÇÃO	PONTO VISADO	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL	DESCRIÇÃO
B	1	15°31'21"	18,68	OBRA
B	2	33°57'13"	21,7	OBRA
B	3	51°59'51"	15,38	OBRA
B	4	48°06'54"	14,18	OBRA
B	5	76° 40'51"	10,85	OBRA
B	6	63°26'06"	5,59	OBRA



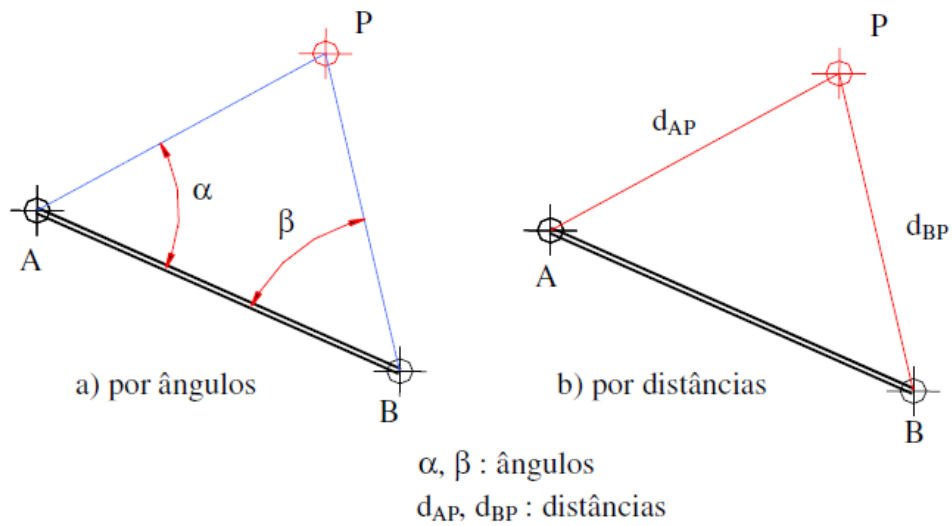
Para locações mais simples, quando se quer definir uma perpendicular a partir de um eixo, pode fazer com o uso apenas de uma trena e três balizas, aplicando a teorema de Pitágoras no método do **triângulo retângulo** (lados 3, 4 e 5).



As locações por **coordenadas**, são mas mais utilizadas atualmente, principalmente em obras de maior porte, pois o equipamento pode sair do escritório com as coordenadas armazenadas, devendo apenas o operador selecionar o ponto de locação. Este tipo de locação pode ser feito por estação total ou GNSS RTK.



O método de locação por **interseção**, é aplicado quando se tem dois pontos conhecidos, podendo locar por interseção de distâncias, utilizando duas trenas ou interseção de ângulos, utilizando dois teodolitos ou duas estações totais.

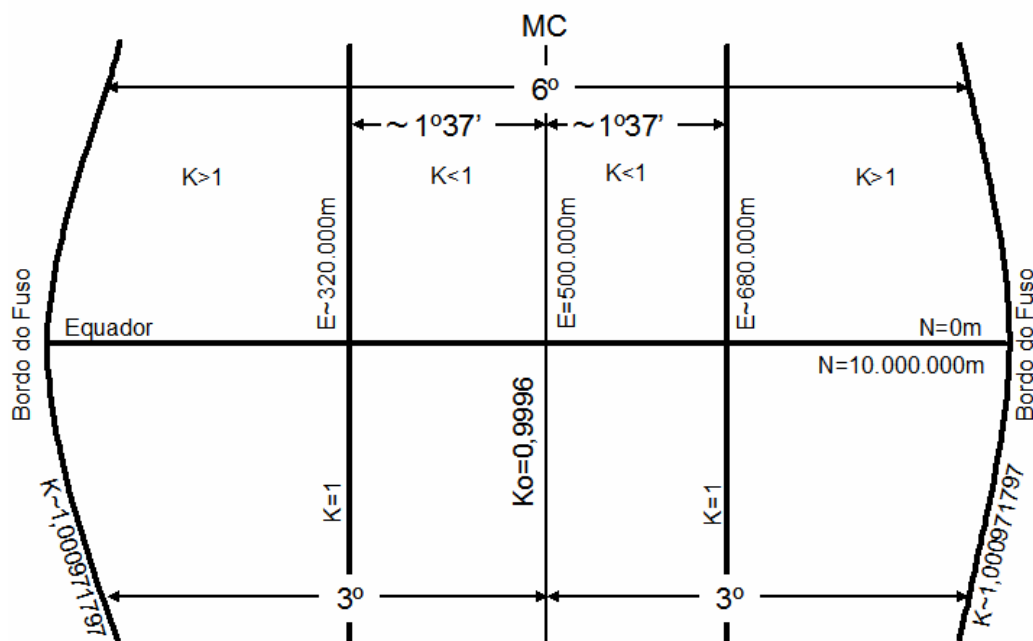


## INTRODUÇÃO AO SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM

Universal Transversa de Mercator (UTM) é um sistema de coordenadas cartesiano onde foi dividido o mundo em 60 partes, essas partes são chamadas de fusos UTM. Cada fuso possui uma amplitude de  $6^\circ$  de longitude e um meridiano central (**MC**).

A coordenada nos meridianos centrais para todos os fusos são as mesmas, com o valor para coordenada Este de **500.000m** e a coordenada na linha do equador (onde separa o fuso ao meio) também é a mesma, no hemisfério sul o valor é **10.000.000m** e para o hemisfério norte é 0.

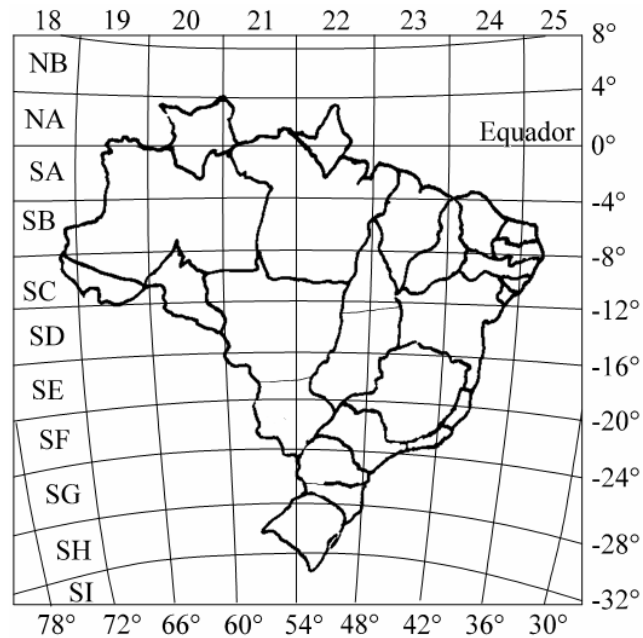
Todo sistema de projeção possui suas deformações, e com o sistema UTM não é diferente, pois é uma projeção conforme, isto é mantém a forma (conserva os ângulos das figuras representadas) e distorce as distâncias. Essas distorções são controladas pelo coeficiente de deformação **k**, onde no MC é denominado **k<sub>0</sub>** e tem o valor de **0,9996** e a  $1^\circ 37'$  para cada lado do MC o valor de **k** é igual a **1**, ou seja, não possui deformação e já nas bordas dos fusos o valor de **k** é igual a **1,001** aproximadamente. A partir dessas deformações, pode-se observar que os fusos possuem zonas de ampliação e redução de distâncias.





## TOPOGRAFIA

Os fusos são numerados do antimeridiano de Greenwich, de 1 até 60, de oeste para leste. O Brasil possui um total de 8 fusos, do fuso 18 no início do estado do Acre até o fuso 25 em Fernando de Noronha.



Para calcular o meridiano central em função do fuso usa-se a seguinte fórmula:

$$MC = (F-31) \cdot 6 + 3$$

## INTRODUÇÃO A GEODÉSIA.

Segundo Menezes (2013), a Geodésia é a ciência que estuda a forma e as dimensões da Terra, a determinação de pontos sobre a superfície ou próximos a ela, bem como seu campo gravitacional.

Diferentemente da Topografia, a Geodésia considera a curvatura da Terra, e não mais sendo plana.

A terra é um planeta aproximadamente esférico e que apresenta algumas irregularidades na sua superfície. Essas irregularidades são mínimas se for considerado o raio da Terra, que é de aproximadamente **6.378km**, tendo a maior cota em torno de **9km** e a maior depressão, em torno de **11km**.

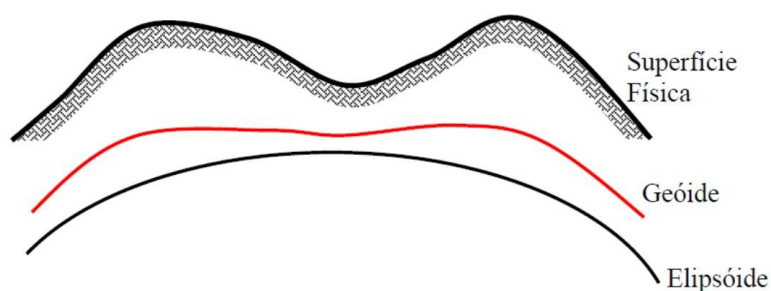


A Geodésia pode ser dividida em três partes de acordo com Macedo (2002):

- **Geodésia Geométrica:** compreende o conjunto de operações geométricas, realizadas sobre a superfície terrestre.
- **Geodésia Física:** compreende o conjunto de medições gravimétricas que podem conduzir a um conhecimento detalhado do campo gravitacional da Terra.
- **Geodésia Celeste:** estuda o conjunto de conhecimentos necessários à determinação da posição de pontos a superfície terrestre, através do uso de satélites artificiais.

No estudo da Geodésia, existem alguns tipos diferentes de superfície, que podem ser divididos em:

- **Superfície Física (SF):** Local onde são realizados todos os levantamentos topográficos e geodésicos.
- **Superfície Elipsoidal:** É a superfície onde são feitos os cálculos geodésicos, representada como uma figura matemática de uma elipse.
- **Superfície Geoidal:** É a superfície equipotencial (potencial gravitacional constante) que coincide com o nível médio não perturbado dos mares.

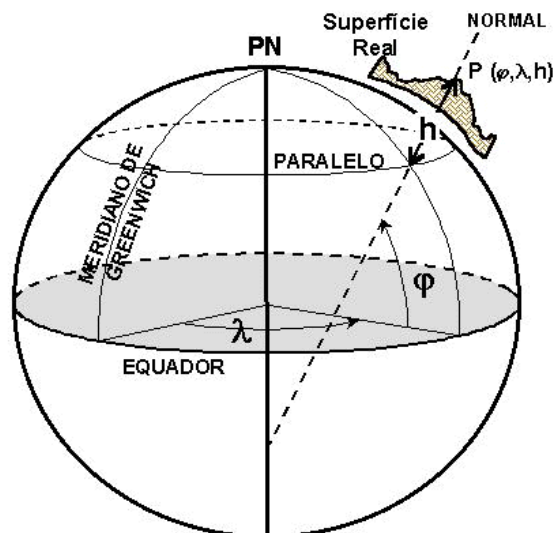


A superfície deve ter um **sistema de referência**, que caracteriza a posição de objetos segundo suas coordenadas. Tais sistemas são associados a uma superfície geométrica que mais se aproxime da forma da Terra, onde serão realizados os cálculos de suas coordenadas.

Para a superfície de referência as Coordenadas Geodésicas estão referenciadas ao **Elipsóide**. É um sistema de projeção esférico, definindo um ponto a partir de 2 ângulos de referência: Latitude ( $\varphi$ ) e Longitude ( $\lambda$ ). Onde a **latitude** é o ângulo formado a normal a superfície, com o plano que contém a linha do equador, variando de  $0^\circ$  a  $\pm 90^\circ$ , já a **longitude**, é o ângulo que forma com o plano meridiano do ponto com o meridiano de *Greenwich*, variando de  $0^\circ$  a  $\pm 180^\circ$ .

Para o Sistema Geodésico de Referência, ele pode ser:

- **Geocêntrico:** Quando seu referencial é o centro de massa da Terra.
- **Topocêntrico:** Quando seu referencial é a superfície Terrestre.



O Brasil já adotou alguns sistemas de referência, que inicialmente usavam o sistema topocêntrico como o elipsoide internacional de Hayford, de 1924, com a origem de coordenadas no Datum Córrego Alegre/MG. Logo após foi utilizado o SAD-69 (South American Datum, de 1969), que também é topocêntrico.

Atualmente o Brasil está em fase de transição para um sistema geocêntrico denominado de **SIRGAS 2000** (Sistema Geocêntrico de Referência para as Américas).

Segue abaixo as características de cada um:

➤ **Córrego Alegre**

Datum topocêntrico oficial do Brasil até a década de 70, localizado nas imediações de Uberaba. Muitas cartas oficiais ainda estão referenciadas a este Datum.

**Ponto origem:** Vértice Córrego Alegre.

**Coordenadas:**

$$\varphi = -19^{\circ} 50' 15,14''$$

$$\lambda = -48^{\circ} 57' 42,75''$$

**Elipsóide:**

Elipsóide de Revolução de Hayford.

**Parâmetros:**

$$a = 6.378.388,000 \text{ m}$$

$$f = 1/297,00$$

**Ondulação Geoidal:**  $N = 0$

**Azimute geodésico:**

$Az = 128^{\circ}21'48,96''$

➤ **SAD 69** (South American Datum 1969).

É um sistema regional, que teve a sua recomendação indicada em 1969 na XI Reunião pan-americana de Consulta sobre Cartografia. Nem todos os países do continente seguiram a recomendação e oficialmente somente em 1979, o Brasil o adotou oficialmente.

**Ponto origem:** Vértice Chuá

**Coordenadas:**

$\varphi = -19^{\circ} 45' 41,6527''$

$\lambda = -48^{\circ} 06' 04,0639''$

$H = 763,28$  m (ortométrica)

**Elipsóide:**

Elipsóide Internacional de Referência 1967.

**Parâmetros:**

$a = 6.378.160,000$  m

$b = 6.356.774,719$  m

$f = 1/298,25$

**Ondulação Geoidal:**  $N = 0$  (determinada)

**Azimute geodésico:**

$Az = 271^{\circ}30'04,05''$  (Chuá-Uberaba)

➤ **SIRGAS 2000** (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas).

Foi estabelecido a partir de uma campanha GPS continental realizada de 10 a 19 de maio de 2000, quando 184 estações foram ocupadas nas Américas, das quais 21 situadas em território brasileiro.

**Ponto de Origem:** Centro de Massa da Terra.

**Elipsóide:**

GRS 80 – Geodetic Reference System 1980.

**Parâmetros:**

$a = 6.378.137,000$  m

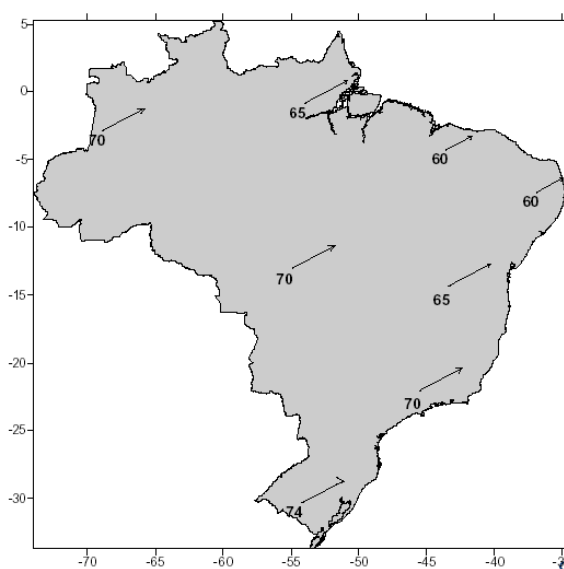
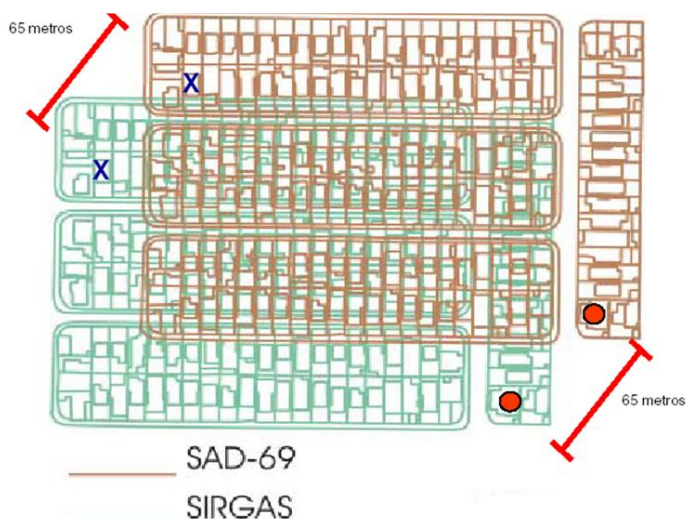
$$b = 6.356.752,3141403558 \text{ m}$$

$$f = 1/298,257222101$$

➤ **DIFERENÇA ENTRE OS DATUMS OFICIAIS DO BRASIL.**

O **SAD-69** é um sistema **topocêntrico**, enquanto o **SIRGAS2000** é um sistema **geocêntrico**. Após o período de transição será adotado apenas o sistema SIRGAS2000, que será a nova base para **Sistema Geodésico Brasileiro (SGB)** e **Sistema Cartográfico Nacional (SCN)**.

A distância média para o mesmo ponto em SAD69 e SIRGAS2000 é algo em torno de **65m**.



➤ **SISTEMA GEODÉSICO DE REFERÊNCIA UTILIZADO PELO GPS:**

O Sistema de posicionamento Global (**GPS**) adota como referencial o sistema de referência geodésico denominado **WGS 84** (World Geodetic System 1984). Após a tecnologia GPS, está na sua terceira versão, denominada WGS 84 (G1150).

**Ponto de Origem:** Centro de Massa da Terra.

**Elipsóide:**

WGS-84.

**Parâmetros:**

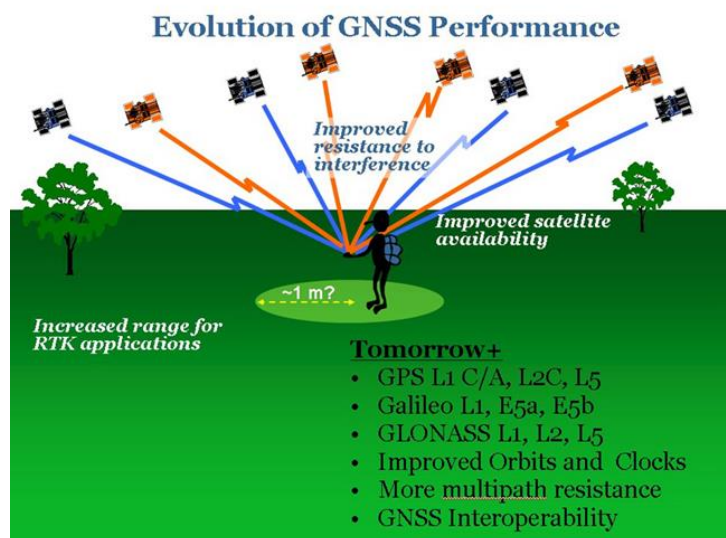
$$a = 6.378.137,000 \text{ m}$$

$$b = 6.356.752,31425 \text{ m}$$

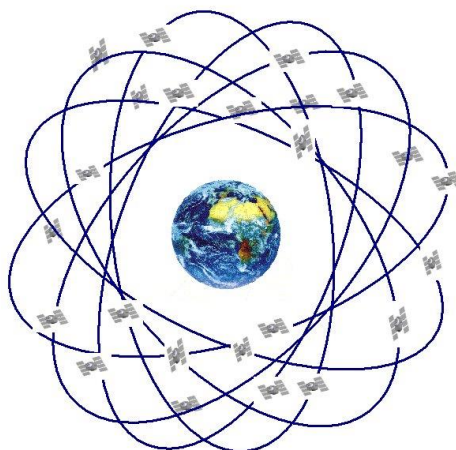
$$f = 1/298,257223563$$

## INTRODUÇÃO AO SISTEMA GNSS.

O Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS) é uma tecnologia de posicionamento tridimensional com base na medição das distâncias entre o aparelho receptor e de no mínimo quatro satélites. O GNSS engloba atualmente o sistema americano GPS, sistema russo GLONASS, sistema europeu GALILEU e o sistema chinês COMPASS.



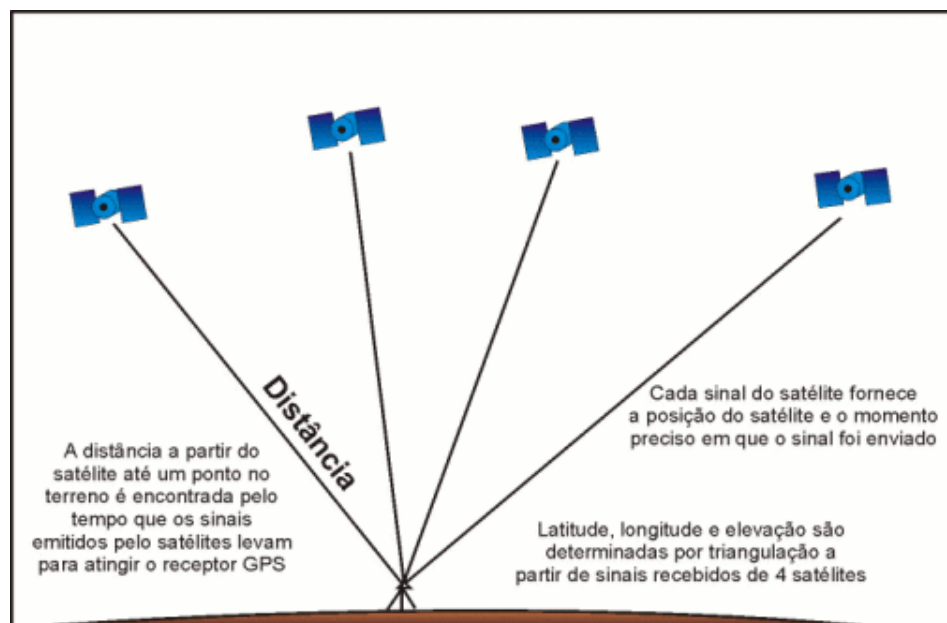
O sistema GPS é atualmente o mais desenvolvido entre eles, com sua constelação de satélite bem definida e sempre atualizada, por isso será o alvo do estudo.



O GPS foi desenvolvido pelo departamento de defesa americano, e sua concepção é de que em qualquer lugar do mundo o usuário tenha pelo menos quatro satélites a sua disposição. Essa necessidade de se ter à disposição



esse número de satélites, é devido ao não sincronismo entre o relógio do receptor e o relógio do satélite, devendo determinar além das incógnitas X, Y e Z, a incógnita T de tempo.



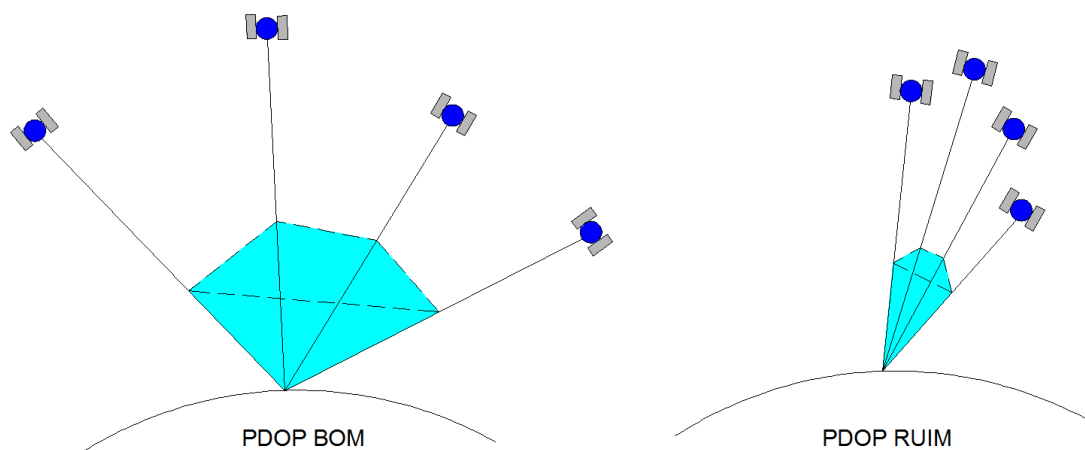
Os satélites estão a uma altura aproximada de 20.200km da superfície terrestre, com uma constelação inicial de 24 satélites e uma inclinação em relação a linha do equador de 55°.

O sistema GPS é dividido em três segmentos, o segmento **espacial**, **usuário** e **controle**. O segmento **espacial** é tudo que refere a distribuição dos satélites na órbita, sua quantidade, altitude, inclinação, plano e período orbital, já o segmento **usuário**, é o que trata dos receptores GPS, podendo ter uso civil ou militar, o segmento **controle**, está envolvido com monitorar e controlar continuamente o sistema de satélites, determinar o sistema de tempo GPS, prever as efemérides dos satélites e atualizar periodicamente as mensagens de navegação de cada satélite.

A geometria que se encontram os satélites, interfere muito no resultado do posicionamento, pois quanto mais próximos estiverem os satélites, pior fica a precisão da coordenada calculada pelo receptor. Essa geometria é expressa pelo fator de degradação da precisão, denominado DOP. Ela é inversamente proporcional ao volume do tetraedro formado.

Os tipos de DOP são:

- HDOP – Posicionamento horizontal;
- VDOP – Posicionamento vertical;
- PDOP – Posicionamento tridimensional;
- TDOP – Determinação de tempo;
- GDOP – Combinação tridimensional e tempo.



As coordenadas dos satélites são chamadas de Efemérides, essas efemérides fornecem as informações necessárias para o cálculo da posição dos satélites em um determinado instante. Essas posições são fundamentais para o cálculo das coordenadas dos receptores. As efemérides podem ser Transmitidas ou Precisas.

As efemérides Transmitidas são geradas pelas Estações de Controle e enviadas a cada um dos satélites, os quais retransmitem nas Mensagem de Navegação que são armazenadas nos receptores em Terra. Atualmente possuem acurácia na ordem de 2,6m na órbita dos satélites (Inicialmente podia chegar a 20m).

As efemérides Precisas, são produzidas para atender usuários que necessitam de maior precisão. Estão disponíveis na Internet, em diversos Centros de pesquisa. O programa de processamento GPS deve ser informado quando se deseja utilizar as efemérides precisas.

Efemérides Precisas disponíveis são:

- IGS: Resultante da combinação das órbitas produzidas por vários centros de análise.

Disponibilidade: 13dias

Acurácia: 5cm

- IGR: órbitas IGS rápidas

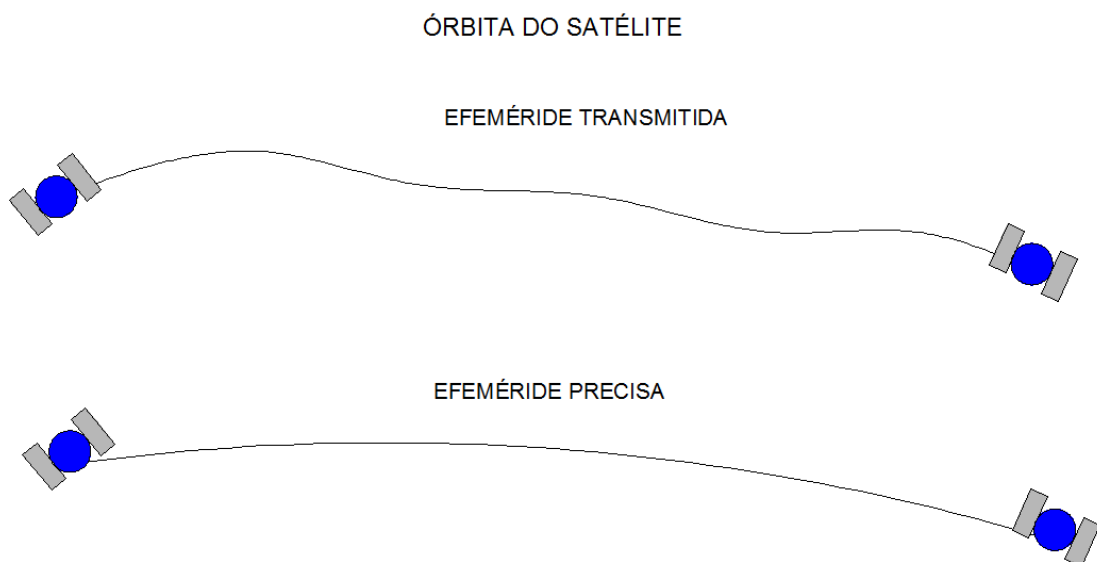
Disponibilidade: 17 horas

Acurácia: 10cm

- IGU: órbitas IGS ultra-rápidas

Disponibilidade: gerados quatro vezes ao dia.

Acurácia: 25cm



O sinal enviado pelo satélite GPS é composto por uma estrutura, que envolve ondas portadoras e códigos.

As ondas portadoras são a L1 e L2, geradas pela frequência fundamental de 10,23 MHz, no qual é multiplicada por 154 e 120, respectivamente.

As frequências e os comprimentos de onda são:

L1 = 1575,42 MHz e  $\lambda = 19$  cm.

$L2 = 1227,60 \text{ MHz}$  e  $\lambda = 24 \text{ cm}$ .

A uma nova onda portadora denominada de L5, que será utilizado apenas por satélites mais novos.

Os códigos são:

C/A - Código civil, modelado sobre a portadora L1;

P(Y) - Código militar, modelado sobre a portadora L1 e L2;

L2C - Código civil, modelado sobre a portadora L2.

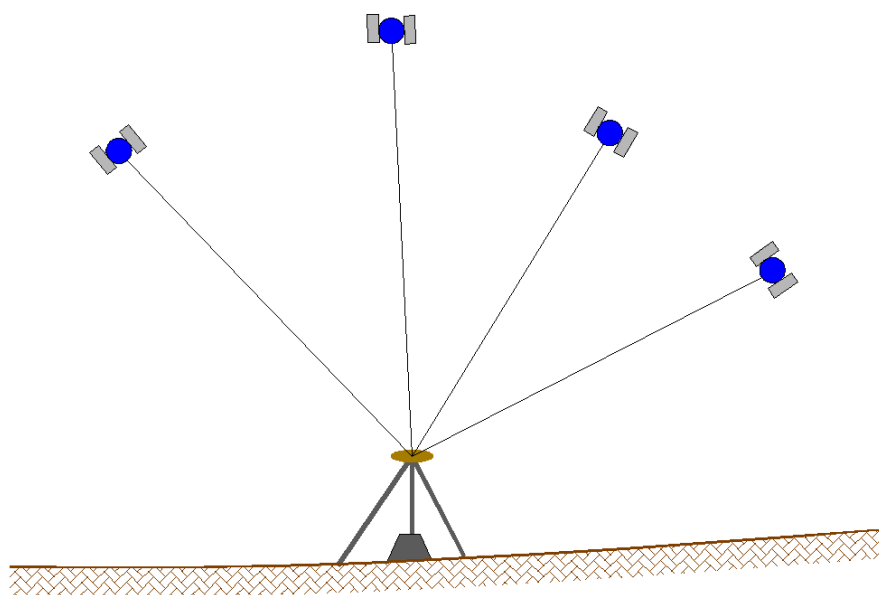
O receptor GPS descodifica as transmissões do sinal de código e fase de múltiplos satélites e calcula a sua posição com base nas distâncias a estes. A posição é dada por latitude, longitude e altitude, coordenadas geodésicas referentes ao sistema WGS84.

Em função das características do receptor e do método de observação têm-se diferentes graus de acurácia e precisão.

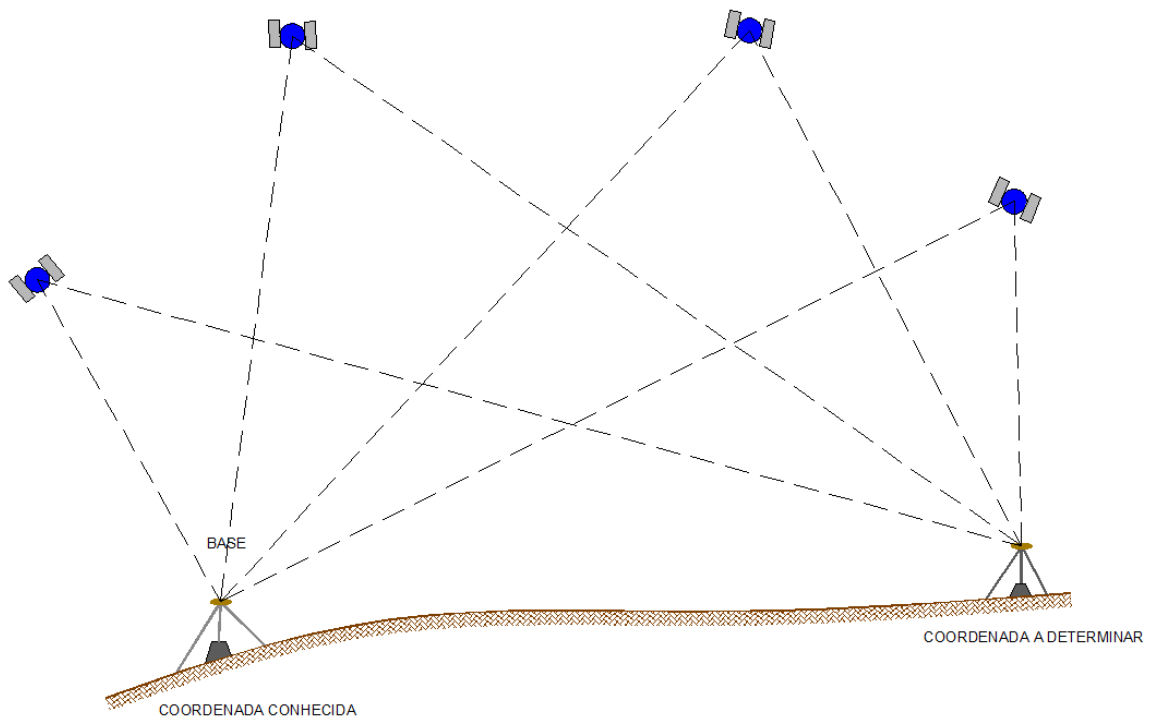
## MÉTODOS DE POSICIONAMENTO.

O método de posicionamento está dividido em **absoluto** e **relativo**.

- Absoluto: Quando as coordenadas estão associadas diretamente ao geocentro, utiliza-se apenas um receptor GPS.



- Relativo: Quando as coordenadas são determinadas com relação a um referencial materializado por um ou mais vértices com coordenadas conhecidas.



## MÉTODOS DE LEVANTAMENTO.

O método de levantamento pode ser dividido em estático, estático rápido, stop and go, cinemático, pós processado e tempo real.

- **Estático:** É quando dois ou mais receptores rastreiam, simultaneamente, os satélites visíveis por um período de tempo, sem que estes se movimentem.

✓ Período de ocupação longo (mínimo 20');

✓ Receptor L1L2;

- ✓ Possibilidade de desligar o receptor móvel entre os transportes;
- ✓ Adequado para linha-base superior a 20km;
- ✓ Precisão varia de 0,1 a 1ppm.

- **Estático-Rápido:** É o mesmo princípio do estático, a diferença fundamental diz a respeito do tempo de ocupação do ponto de interesse, não excedendo 20 minutos.

- ✓ Alta produtividade;
- ✓ Receptores L1 ou L1L2;
- ✓ Possibilidade de desligar o receptor móvel entre os transportes;
- ✓ Adequado para linha-base de até 10km;
- ✓ Precisão varia de 1 a 5ppm.

- **Semicinemático (Stop and go):** Após o período de inicialização, deve-se transportar o receptor a todos os pontos de interesse e efetuar curtas paradas.

- ✓ Receptores L1 ou L1L2;
- ✓ Deve ser transportado o receptor com cuidado para não ocorrer perda de ciclos;
- ✓ Não se desliga o receptor entre os pontos;
- ✓ Tempo de inicialização de no mínimo 20 minutos estático ou OTF;
- ✓ Tempo de ocupação nos demais pontos é de poucos segundos;
- ✓ Precisão varia de 1 a 5ppm.

- **Cinemático:** O receptor rastreia os pontos de interesse continuamente.

- ✓ Receptores L1 ou L1L2;
- ✓ Deve ser transportado o receptor com cuidado para não ocorrer perda de ciclos;

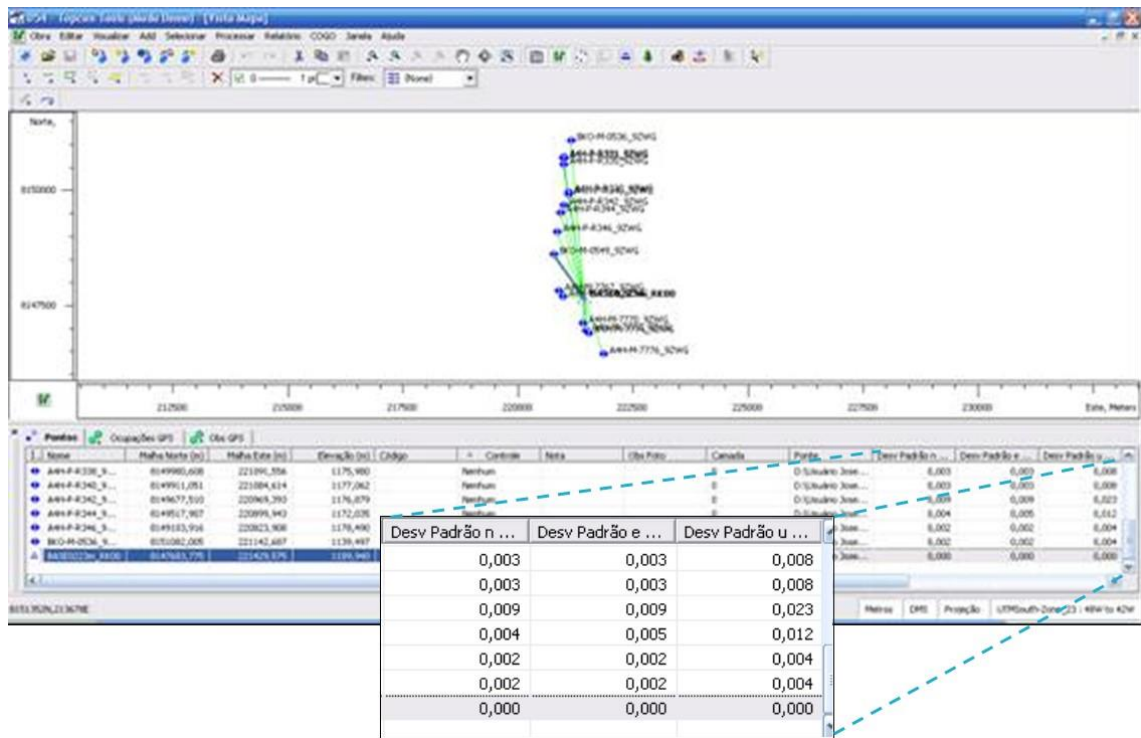
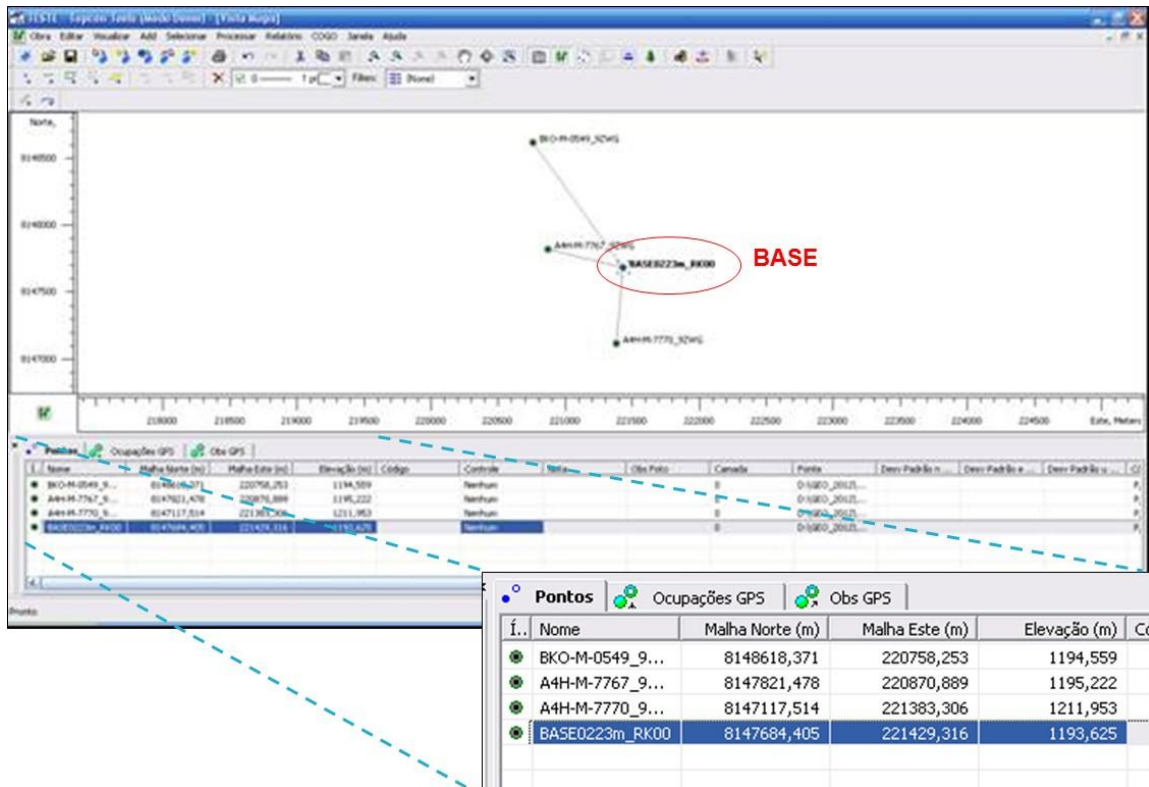
- ✓ Coleta de dados continuamente;
- ✓ Tempo de inicialização de no mínimo 20 minutos estático ou OTF.
- ✓ Precisão varia de 1 a 10ppm.

### PÓS PROCESSADO.

- Um receptor ocupa uma estação de coordenadas conhecidas enquanto o outro se desloca sobre as feições de interesse;
- As observações simultâneas dos dois receptores geram duplas diferenças, onde vários erros envolvidos nas observações são reduzidos;
- No que concerne à solução do vetor das ambigüidades há duas opções: solucioná-lo antes de iniciar o movimento ou estimá-lo em conjunto com os dados coletados em movimento;
- No primeiro caso, alguns dos vários métodos apresentados podem ser utilizados;
- No segundo caso, se não houver perda de sintonia com os satélites, o vetor de ambigüidades permanece o mesmo em todo o levantamento;

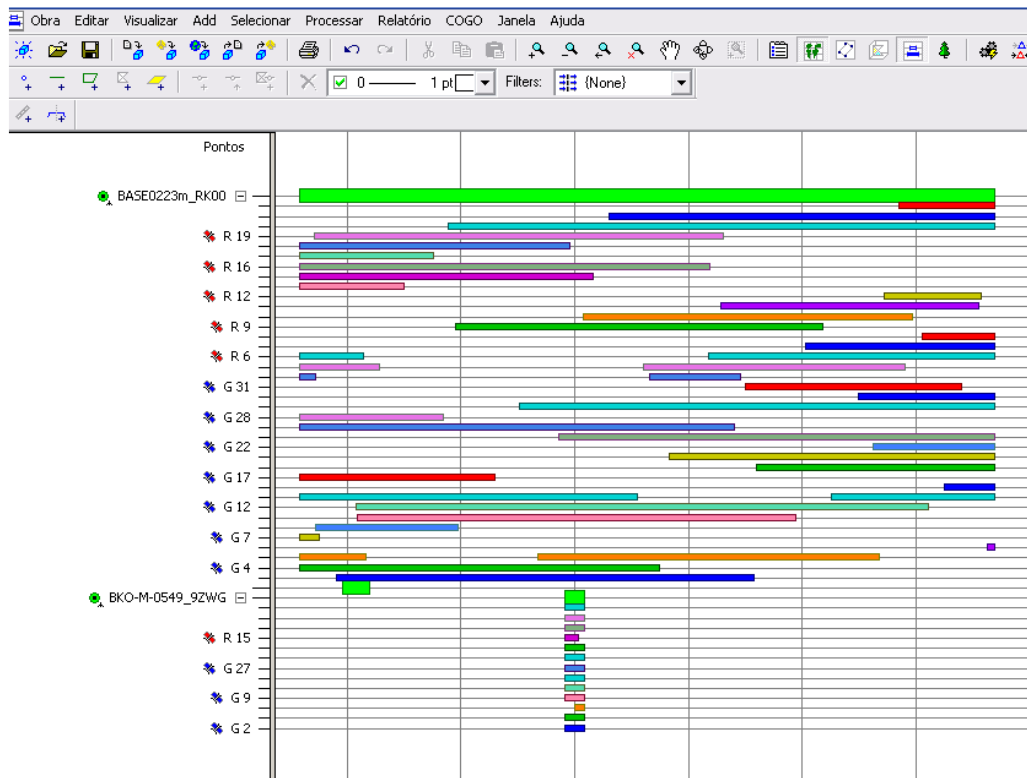


# TOPOGRAFIA





## TOPOGRAFIA

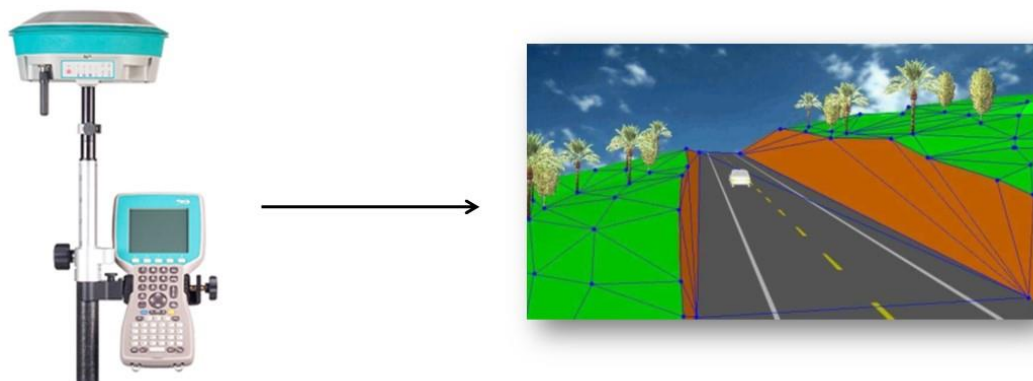


### TEMPO REAL.

- Também denominado de RTK (*Real Time Kinematic*);
- Para aplicações onde haveria benefícios se as coordenadas da antena do receptor fosse determinadas em tempo real;
- É necessário que os dados coletados na estação de referência (base) sejam transmitidos para a estação móvel (rover), necessitando de um link de rádio, microondas etc.;
- Utiliza-se a fase da onda portadora;
- As correções são baseadas no conhecimento da posição da estação base, na posição dos satélites e no comportamento do relógio dos satélites e corrigidas do erro do relógio da estação base;

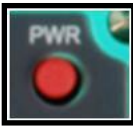

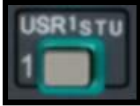




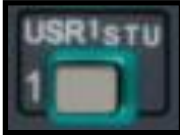
## TOPOGRAFIA

- Resumidamente, um sistema RTK é composto por dois receptores (de dupla ou simples frequência) com as respectivas antenas e um link de rádio (para transmitir e receber correções e/ou observações da estação de referência);
- Uma das limitações dessa técnica diz respeito ao link de rádio utilizado na transmissão dos dados;
- Precisão da ordem de poucos centímetros;
- Pode ser utilizado em aplicações para navegação marítima ou aérea, atividades de engenharia, mapeamento, locações de obras etc.



**OPERAÇÕES BÁSICAS PARA ESTAÇÃO TOTAL**

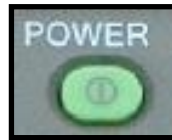
**RUIDE – RTS 822**

- LIGAR /DESLIGAR → 
- ZERAR →  → SELECIONAR **1 ZERA** →  → 
- MEDIR DISTÂNCIA COM PRISMA (CONFIGURAVÉL) → 
- MEDIR DISTÂNCIA SEM PRISMA (CONFIGURAVÉL) → 
- MUDAR DISPLAY (1 DE 5) → 
- MUDAR ALTURA DO PRISMA (CONFIGURAVÉL) → 

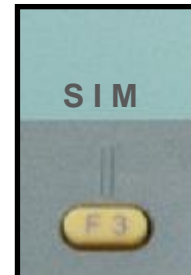
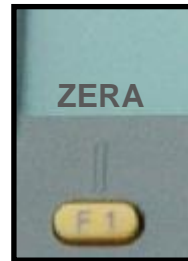


**TOPCON – 102N**

➤ LIGAR/DESLIGAR



➤ ZERAR



➤ DISPLAY – ANG VERTICAL

ANG HORIZONTAL



➤ DISPLAY – ANG VERTICAL

ANG HORIZONTAL

DISTÂNCIA INCLINADA



➤ MEDIR DISTÂNCIA



**BIBLIOGRAFIA**

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13.133. **Execução de Levantamento Topográfico**. Rio de Janeiro, 1994.
- ALVAREZ, Adriana A. M.; et al. **Topografia para Arquitetos**. Ed. Booklink Publicações Ltda. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2003.
- BORGES, A. C. **Topografia Aplicada à Engenharia Civil**. Ed. Edgard Blücher Ltda. São Paulo. Volume 1. 1977
- BORGES, A. C. **Topografia Aplicada à Engenharia Civil**. Ed. Edgard Blücher Ltda. São Paulo. Volume 2. 1992.
- BORGES, A. C. **Exercícios de Topografia**. 3ª Edição. Ed. Edgard Blücher Ltda. São Paulo. 1975
- COMASTRI, José A. JUNIOR, Joel Gripp. **Topografia aplicada: medição, divisão e demarcação**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Imprensa Universitária, 1990.
- COMASTRI, José A.; TULER, José C. **Topografia – Altimetria**. Universidade Federal de Viçosa. Imprensa Universitária. 2ª Edição. Viçosa/MG, 1990.
- ESPARTEL, L. **Curso de Topografia**. 9ª ed. Rio de Janeiro, Globo, 1987.
- GARCIA, G. J.; PIEDADE, G. C. R. **Topografia aplicada às ciências agrárias**. 5 ed. Nobil, São Paulo, 1984.
- IFSC. Instituto Federal de Santa Catarina. **Apostilas de Aulas de Topografia, Geodésia e Cartografia**. Curso Técnico em Agrimensura. Disponível no site: <http://sites.florianopolis.ifsc.edu.br/agrimensura/>.
- LEANDRO, R. F.; MAIA, T. C. B. **Topografia para estudantes de Arquitetura, Engenharia e Geologia**, Editora Unisinos, São Leopoldo - RS, 2003.
- LOCH, C. & CORDINI, J. **Topografia Contemporânea; Planimetria**. 2ª Edição Ed. da UFSC. Florianópolis-SC. 2000.
- MACEDO, Fábio Campos. **Geodésia Aplicada**. Instituto Federal de Goiás. 2002.

MENEZES, Paulo Márcio Leal de; FERNADES, Manoel do Couto. **Roteiro de Cartografia**. Oficina de Textos. São Paulo. 2013.

MONICO, João Francisco Galera. **Posicionamento pelo GNSS. Descrição, fundamentos e aplicações**. 2ª Edição. Editora Unesp. São Paulo. 2008.

VEIGA, Luís Augusto Koenig. **Topografia – Cálculo de Volume**. Notas de Aula. Levantamentos Topográficos II. 2007.

VEIGA, Luís Augusto Koeng; et al. **Fundamentos de Topografia**. Universidade Federal do Paraná. 2012.

ZANETTI, Maria Aparecida Zehnpfenning. **Geodésia**. Universidade Federal do Paraná. 2007.