



UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
BCA156 – TOPOGRAFIA

MEDIDAS: DISTÂNCIAS E ÂNGULOS

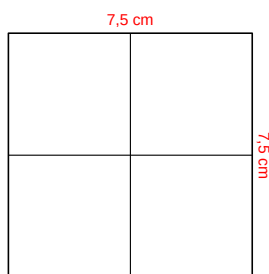
Prof. André Medeiros de Andrade
andre.medeiros@ufvjm.edu.br



CÁLCULO DE COORDENADAS RETANGULARES



Cálculo de Coordenadas Retangulares

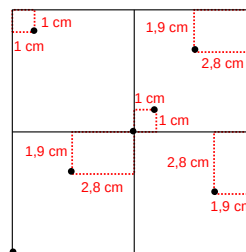


DESENHE

A partir das coordenadas UTM (E, N), calcule as coordenadas de um ponto, o rumo e o azimute das direções



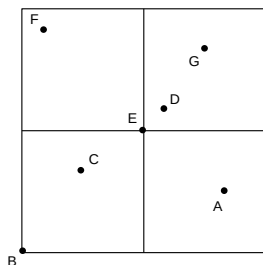
Cálculo de Coordenadas Retangulares



Não é necessário
desenhar as
linhas
pontilhadas

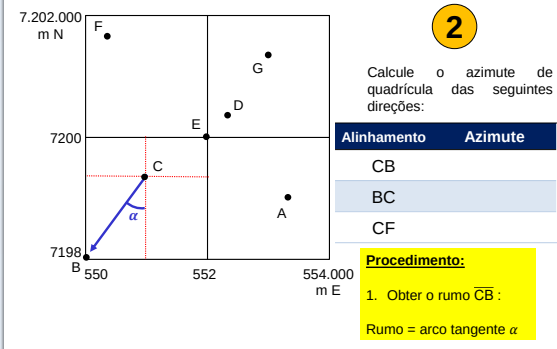


Cálculo de Coordenadas Retangulares



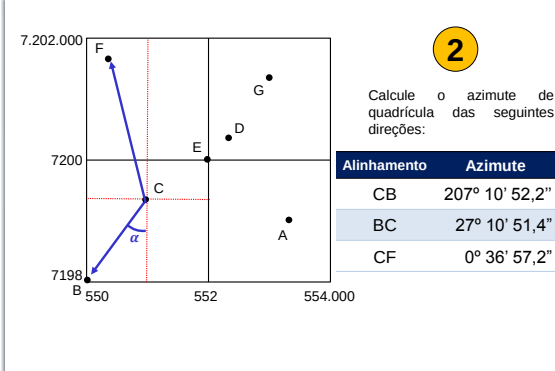
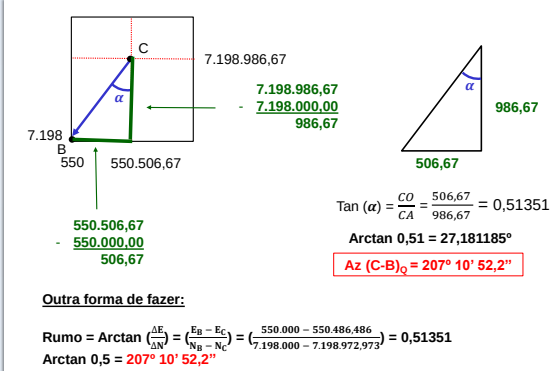
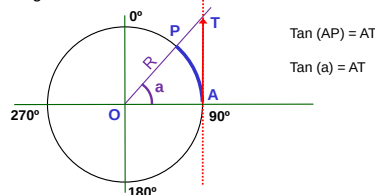
Cálculo de Coordenadas Retangulares

Ponto	Coordenada X (mE)	Coordenada Y (mN)
A	552.986,67 m E	7.198.506,67 m N
B	550.000 m E	7.198.000 m N
C	550.506,67 m E	7.198.986,67 m N
D	552.533,33 m E	7.200.533,33 m N
E	552.000 m E	7.200.000 m N
F	550.533,33 m E	7.201.466,67 m N
G	552.506,67 m E	7.200.986,67 m N



Relembrando – Arco Tangente

- A tangente do arco "a" ou "AP" é definida como sendo o comprimento do segmento "AT" obtido pela interseção do segmento "OP" com a paralela ao eixo Y a uma distância igual a R.
- A tangente do arco "a", representado por $\tan(a)$ é igual ao comprimento do segmento "AT".
- $\tan(a) = "AT"$.



MEDIDA DE DISTÂNCIAS EM COORDENADAS PLANAS

- Para o cálculo de distâncias em linha reta, pode-se utilizar uma régua ou o conhecimento das coordenadas dos pontos finais de origem.

$$d = \sqrt{(E_B - E_A)^2 + (N_B - N_A)^2}$$

Em que:

- d – distância entre os pontos A e B.
- E_A e E_B – coordenadas "E" dos pontos A e B.
- N_A e N_B – coordenadas "N" dos pontos A e B.

$$d = \sqrt{(E_B - E_A)^2 + (N_B - N_A)^2}$$

Em que:

- d – distância entre os pontos A e B.
- E_A e E_B – coordenadas “E” dos pontos A e B.
- N_A e N_B – coordenadas “N” dos pontos A e B.

Exercício 1:

Dadas as coordenadas dos pontos:

A = 471.525 m E e 6.753.374 m N

B = 475.333 m E e 6.766.955 m N

Calcule a distância em linha reta entre os pontos A e B.

14104,76 m = 14,1 km

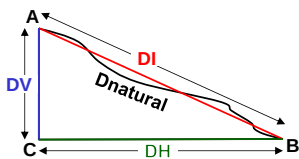
MEDIDAS DE DISTÂNCIAS EM TOPOGRAFIA

Medida de Distâncias

- As distâncias lineares são fundamentais para a topografia, pois a caracterização é feita por figuras geométricas.

➤ **Principais distâncias que ocorrem na topografia:**

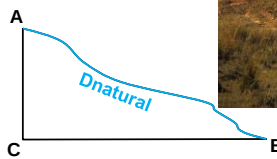
- Distância natural do terreno (Dnatural);
- Distância horizontal (DH);
- Distância vertical (DV); e
- Distância inclinada (DI).



Medida de Distâncias

a) Distância Natural do Terreno (Dnatural):

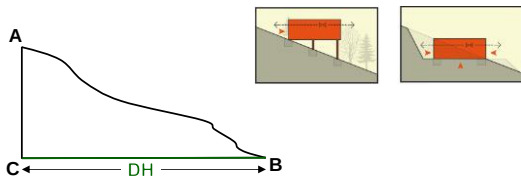
- Distância percorrida naturalmente na superfície do terreno.



Medida de Distâncias

b) Distância Horizontal (DH):

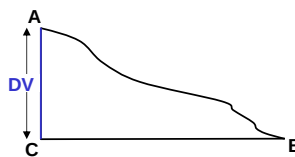
- Distância entre dois pontos situados em um mesmo plano horizontal (perpendicular ao eixo zênite-nadir).
- A maior parte das aplicações da topografia utilizam a DH (cultivo de arroz, criação de animais etc.).



Medida de Distâncias

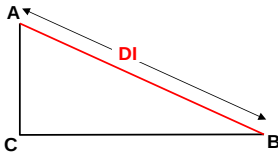
c) Distância Vertical (DV):

- É a distância perpendicular à distância horizontal (ou paralela ao eixo zênite-nadir)
- Tipos de DV: diferença de nível, cota e altitude de pontos no terreno.



d) Distância Inclinada (DI):

- É a distância em linha reta que une dois pontos.
- Importante para fins geométricos.



- **Ambiental:** variações das **condições ambientais** (vento, temperatura, pressão, umidade etc.).
- **Instrumental:** problemas na **construção** ou no **ajuste dos equipamentos** (pode ser reduzido através de técnicas de verificação/retificação e calibração).
- **Pessoal:** **falhas** humanas (falta de atenção ao executar uma medida, cansaço etc.).

GROSSEIROS



Engano na medição, leitura/anotação/configuração errada

Para evitar:
atenção, repetição

SISTEMÁTICOS



Erros conhecidos gerados por fenômenos físicos específicos (ex. dilatação do material)

Para corrigir:
conhecimento e aplicação de fórmulas

ALEATÓRIOS

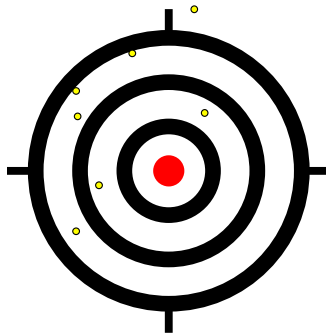


Pequenos **erros acidentais** que não seguem padrões específicos (inclinação da baliza)

Para minimizar:
repetições – tendem a ser erros pequenos, que se anulam ou minimizam ao longo do levantamento

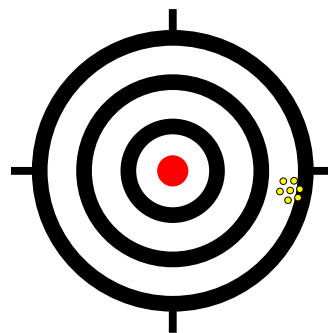
Precisão x Acurácia (ou exatidão)

- Através de avanços nas técnicas, a topografia amplia a **precisão** e a **acurácia** nas medidas.
- Hoje os erros toleráveis chegam a milímetros (em distâncias) e segundos (em ângulos).
- Acurácia é diferente de precisão!



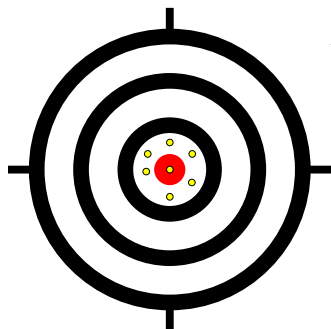
Precisão: **ruim**

Acurácia: **ruim**



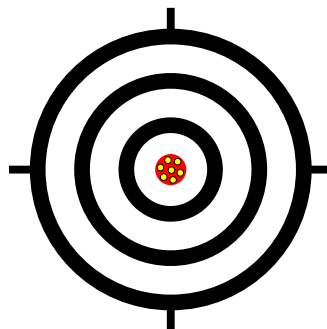
Precisão: **boa**

Acurácia: **ruim**



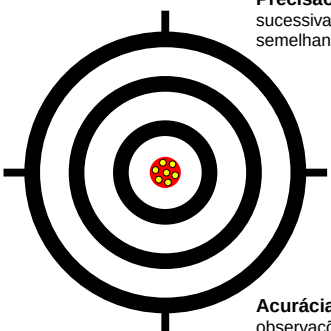
Precisão: **ruim**

Acurácia: **boa**



Precisão: **boa**

Acurácia: **boa**



Precisão: reprodução de medidas sucessivas feitas em condições semelhantes.

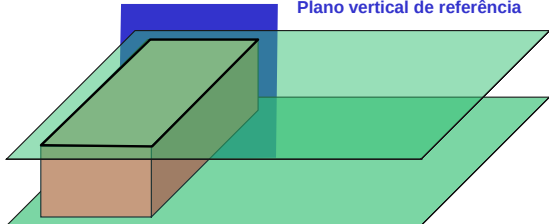
Acurácia: grau de aderência das observações em relação ao seu valor verdadeiro.

PLANIMETRIA

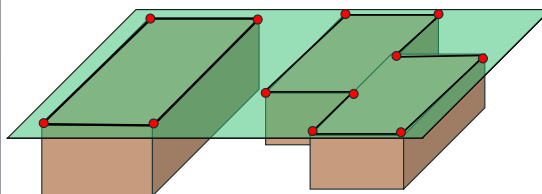
- É a parte da **topometria** que estuda os processos de medidas de **distâncias** e **ângulos** em um **plano horizontal** de referência.

Plano horizontal de referência

Plano vertical de referência

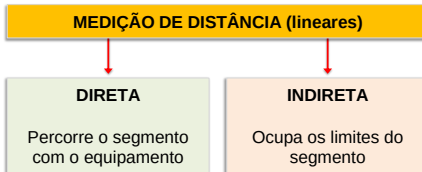


- São determinados pontos a partir dos quais serão gerados os polígonos que representam o objeto do levantamento.
- Para determinar a posição dos pontos (vértices) são medidos **alinhamentos** (ou **caminhamentos**).



➤ Medida de Distâncias: métodos e instrumentos

- 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 pode ser feita por processos **diretos ou indiretos**.



- A determinação da extensão de um alinhamento é **direta** quando um **instrumento é aplicado no terreno** ao longo do alinhamento (sem necessidade de utilizar funções matemáticas).

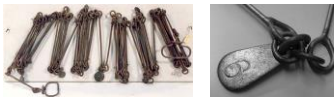
Passos, duplo passos...

Hodômetro



➤ **Diastímetros:** Instrumentos para medição direta de uma distância.

- Corrente de Agrimensor:** barras de ferro ligadas por elos de 20 cm e total de 20 m (pouco uso atual → precisão e praticidade).

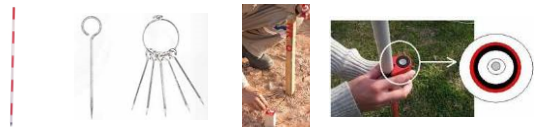


- Trenas e Fitas** (lona, aço, plásticas/fibra de vidro).



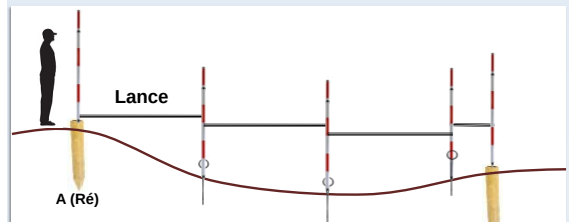
➤ **Acessórios:**

- Baliza:** destaca o ponto sobre o terreno.
- Ficha:** pequena barra de ferro (≈ 30 cm) controla o número de vezes que o diastímetro é aplicado para medir uma grandeza.
- Piquetes e estacas:** peças de madeiras que são cravadas no terreno para determinação dos pontos.
- Nível de cantoneira:** auxilia a manter a baliza na posição vertical.



Medida da projeção no plano horizontal

Distância entre dois pontos



1. Marcar os **extremos** (piquete).
2. Posicionar balizas ré e vante (ré orienta o intermediário para manter o **alinhamento**).
3. **Esticar a trena** e posicionar a baliza no seu extremo, marcando a posição com uma ficha.
4. Deslocar a trena e as balizas até o próximo lance. Repetindo o procedimento até chegar em B.
5. Multiplicar os lances pela extensão da trena e somar com o último trecho.

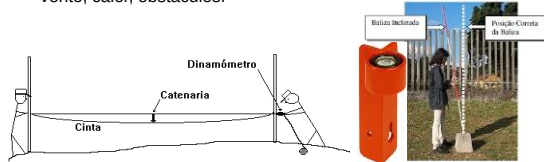
Trena com 20 m: $3 \times 20 + 5,23 = 65,23$ m

UFVJM Execução da Medida Direta de Distâncias

➤ Cuidados na medida direta de distâncias:

- Comprimento da trena: variações no equipamento e a tensão ao esticar a trena (usa-se um dinamômetro para mensurar).
- Erro de catenária ("barriga").
- Inclinação da baliza.
- Vento, calor, obstáculos.

Trena	Precisão
Fita e trena de aço	1 cm/100 m
Trena plástica	5 cm/100 m
Trena de lona	25 cm/100 m



UFVJM Execução da Medida Direta de Distâncias

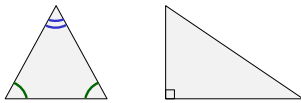
➤ Cuidados na medida direta de distâncias:

- Precisão** de um levantamento utilizando trena (efeitos de tensão, temperatura, horizontalidade e alinhamento)

Trena	Precisão
Fita e trena de aço	1 cm/100 m
Trena plástica	5 cm/100 m
Trena de lona	25 cm/100 m

UFVJM Medida Indireta

- Medida indireta:** a distância é obtida em função da medida de outras grandezas, requerendo o uso de funções matemáticas para se obter as distâncias (não é necessário percorrer a distância).
- É baseada na relação entre **triângulos isósceles ou retângulos** (proporção distância x ângulos)

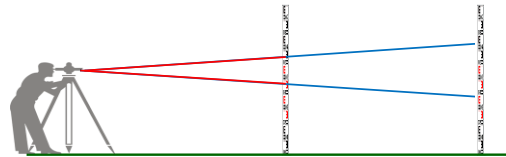


- Instrumentos mais utilizados: Teodolitos e Medidores Eletrônicos de Distância (MED).

UFVJM Medida Indireta

➤ Taqueometria / Estadimetria:

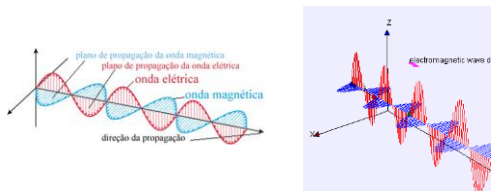
- Série de **operações** que constituem um processo **rápido e econômico** para a **obtenção indireta da distância horizontal e diferença de nível**.
- Relação entre triângulos.



UFVJM Medida Indireta

➤ Medidores Eletrônicos de Distância (MED):

- Princípio: radar (tempo de ida e volta de uma onda eletromagnética).
- Precisão nas medidas de distância (mm até décimos de mm).



UFVJM Medida Indireta

➤ Medidores Eletrônicos de Distância (MED):

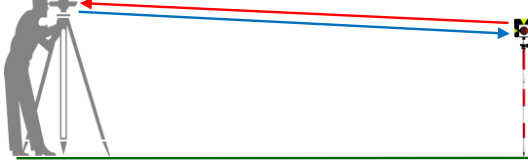
- Inicialmente o MED era utilizado individualmente, mas com o avanço tecnológico foi integrado ao teodolito.
- A combinação de um teodolito eletrônico com um MED em um único instrumento denomina-se **estação total**.



➤ Medidores Eletrônicos de Distância (MED):

$$2D = C \cdot \Delta t$$

D: distância entre o emissor e o refletor
C: Velocidade de propagação da luz no meio
 Δt : Tempo de percurso do sinal



➤ Medidores Eletrônicos de Distância (MED):

$$2D = C \cdot \Delta t$$

C: Velocidade de propagação da luz no meio
 Δt : Tempo de percurso do sinal

$$c = \frac{\text{velocidade no vácuo } (C_0)}{\text{índice de refração do meio } (n)}$$

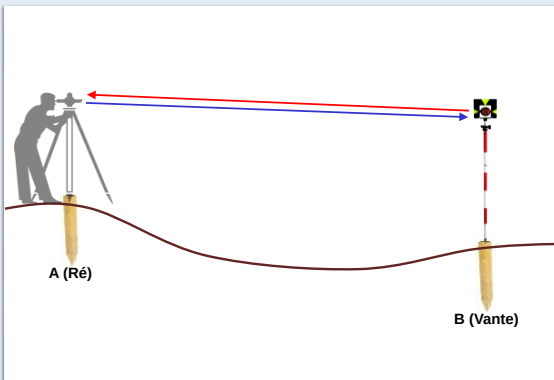
Constante física
 $\approx 300.000 \text{ km/s}$



Varia de acordo com: Temperatura, Pressão e Umidade

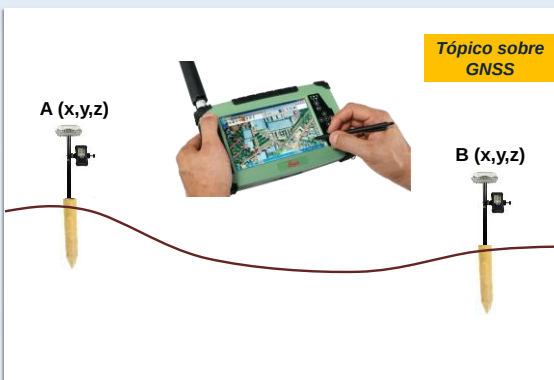
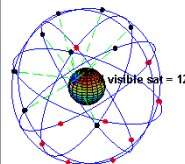
Importante medir no momento para corrigir fórmulas (erro sistemático)

Termômetro, Barômetro e Psicômetro



➤ GNSS – Sistema Global de Navegação por Satélite:

- O GNSS engloba:
 - GPS (Global Positioning System): EUA.
 - Galileo: União Européia.
 - GLONASS: Rússia.
 - Beidou: China.
- Estabelece o posicionamento através de satélites artificiais.

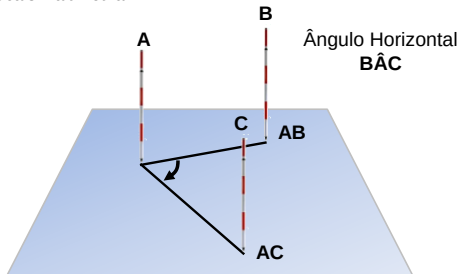


MEDIDAS DE ÂNGULOS

Medida de Ângulos

➤ Medidas angulares:

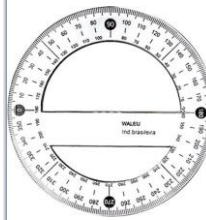
- Horizontais – planimetria.
- Verticais – altimetria.



Medida de Ângulos

➤ Instrumentos:

- **Goniômetros:** são instrumentos destinados à medição de ângulos verticais e horizontais.



Medida de Ângulos

➤ Teodolito:

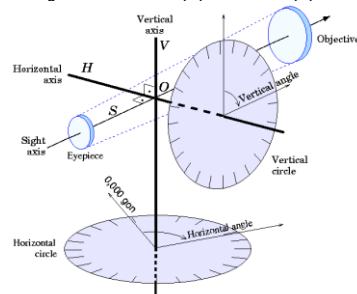
- Mecânico, óptico ou eletrônico.



Medida de Ângulos

➤ Teodolito:

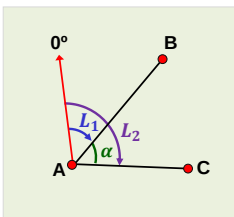
- Ângulos horizontais (H) e verticais (V).



Medidas Angulares Horizontais

a) Aparelho não orientado:

- Obtêm-se a direção AB (L1) e AC (L2), sendo o ângulo α obtido pela diferença entre L1 e L2.
- Teodolito **não precisa estar orientado** em uma direção específica.



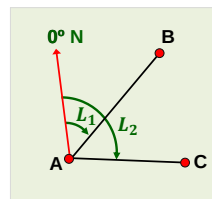
$$\alpha = L_2 - L_1$$

- Se α for negativo soma-se 360°

Medidas Angulares Horizontais

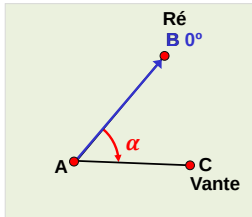
b) Aparelho orientado pelo Norte (magnético ou verdadeiro) ou pela Bússula:

- As leituras L1 e L2 passam a ser azimutes de AB e de AC.



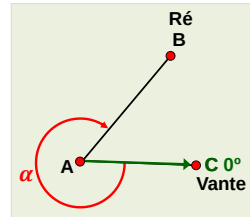
c) Aparelho orientado na Ré:

- O instrumento é zerado na estação de **Ré** e faz-se a pontaria na estação de vante.



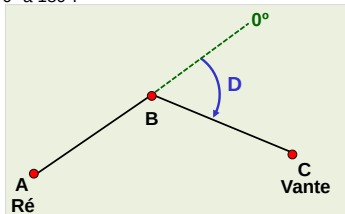
c) Aparelho orientado na Vante:

- O instrumento é zerado na estação de **vante** e faz-se a pontaria na estação de vante.



d) Deflexão:

- Força-se a coincidência da leitura 180° com o ponto de ré (a origem ocorre no prolongamento dessa direção).
- Deflexão **positiva** (leitura à direita) ou **negativa** (leitura à esquerda).
- Varia de 0° a 180°.

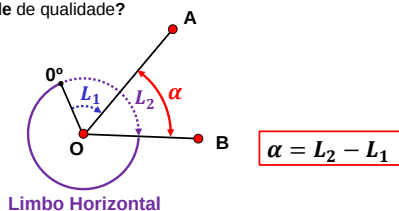


➤ Controle da precisão:

- A precisão dos ângulos medidos em topografia influenciam na qualidade dos trabalhos.
- Em geral são empregados três processos de medição de ângulos horizontais:
 - Medida simples;
 - Repetição; e
 - Reiteração.

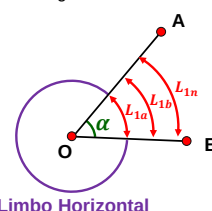
a) Medida simples:

- É o **processo mais simples** de medição de ângulo.
- Usado em trabalhos de **pouca precisão**.
- O valor do ângulo é medido **apenas uma vez**.
- Controle** de qualidade?



b) Repetição:

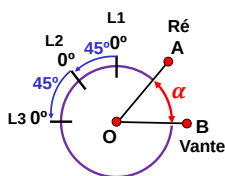
- Esse processo admite a **existência de erros** de gradação do limbo (imperfeições de gravação do círculo graduado).
- Visa **minimizar os efeitos dos erros** de gradação através da repetição das medições (**média dos ângulos medidos**).
- Em geral executam-se cinco repetições.



$$\alpha = \frac{L_{1a} + L_{1b} + L_{1n}}{n}$$

c) Reiteração:

- Também visa compensar os erros de graduação do limbo.
- Considera que os erros de graduação “tendem” a se compensar em regiões opostas do limbo.
- **Intervalos de reiteração:** medições dos ângulos em posições simétricas e a certos intervalos regulares do limbo.



Com o limbo em uma posição inicial realizam-se as leituras da direções:

	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
A	30° 00'	75° 00'	120° 00'
B	50° 00'	95° 00'	140° 00'
α	20° 00'	20° 00'	20° 00'

$$\alpha_0 = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_n}{n}$$

Obrigado

andre.medeiros@ufvjm.edu.br