



FACULDADE DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS

Topografia

Distâncias

Prof. Diego Queiroz

Contato: (77) 9165-2793
diego.agron@gmail.com

Aula 5

Vitória da Conquista, Bahia

Tópicos abordados

- Gramometria;
- Processos indiretos para a determinação de distâncias (Métodos):
 - Medição ótica;
 - Medições eletrônicas de distância;
 - Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS).

Processos indiretos

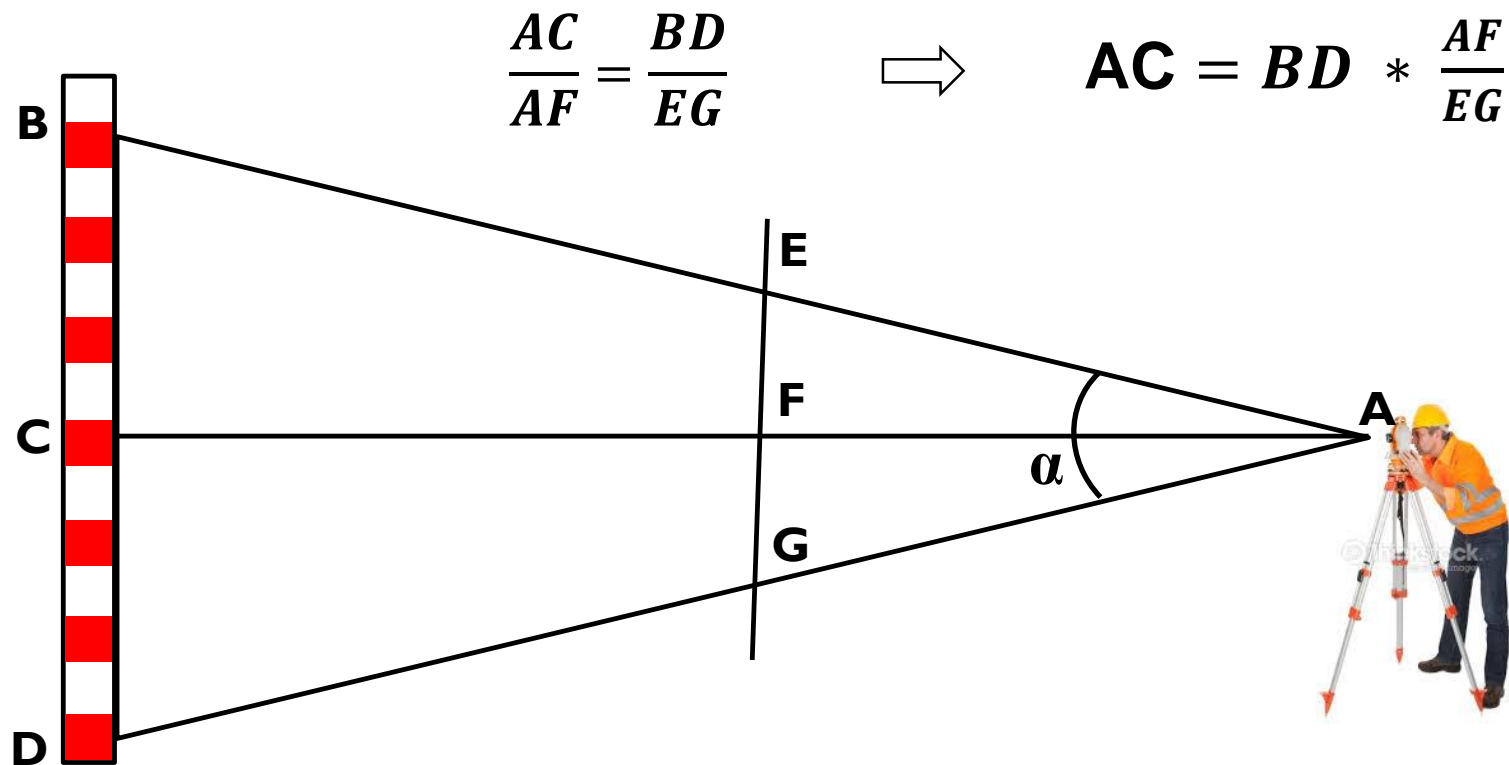
Dá se o nome de **medição indireta** de um distância ao método que consiste em calcular uma distância a partir medições de **outras grandezas**, que permite calculá-las **sem a necessidade de percorrer o alinhamento** para compará-la com uma **grandeza padrão**.

A este método de medição dá-se o nome de **Taqueometria** ou **Taquimetria**. A respeito existem três métodos que devem ser destacados:

- **Medição ótica;**
- **Medição eletrônica;**
- **Medição com GNSS**

Método de medição ótica

Este método baseia-se no conceito de semelhança de triângulos.



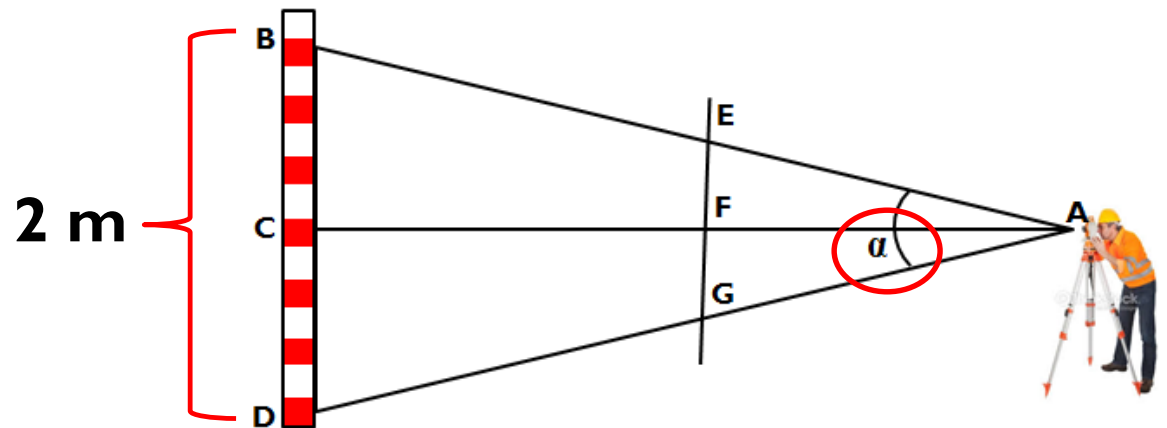
Distâncias horizontais: Plano horizontal

Conhecendo-se as distâncias BD , AF e EG , obtém-se o valor entre os pontos (A) e (C) ;

Aplicando-se este princípio foram desenvolvidos dois métodos:

1° - Uso de uma distância fixa (\overline{AB}) e medição do ângulo α .

**Precisões da ordem
de 1/5.000 a 1/10.000**

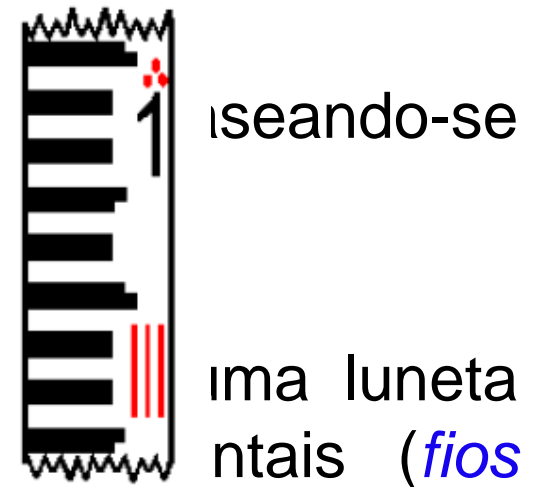
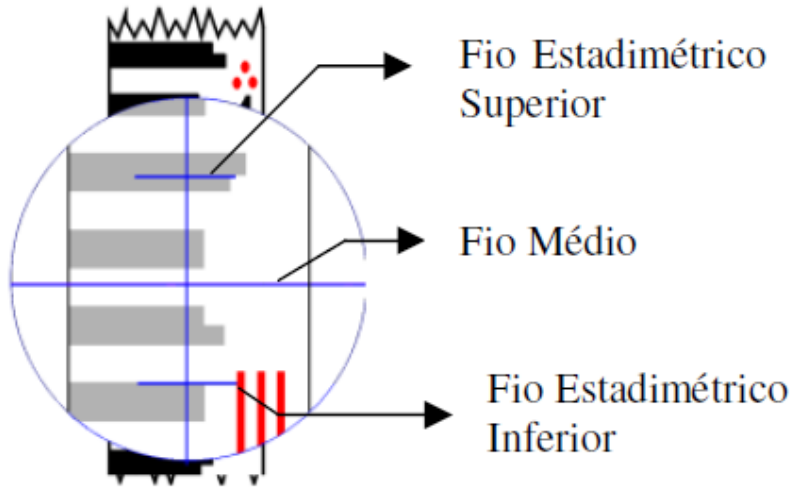


Distância horizontais: Plano horizontal

2º método

➤ Em 1778 no *princípio*

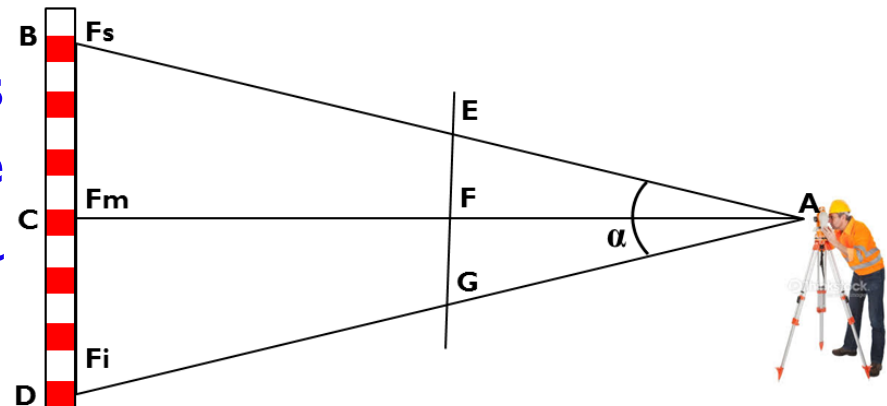
➤ Mais tarde composta por *estadimétricos*.



$$\frac{CF}{DE} = \text{constante} = g$$

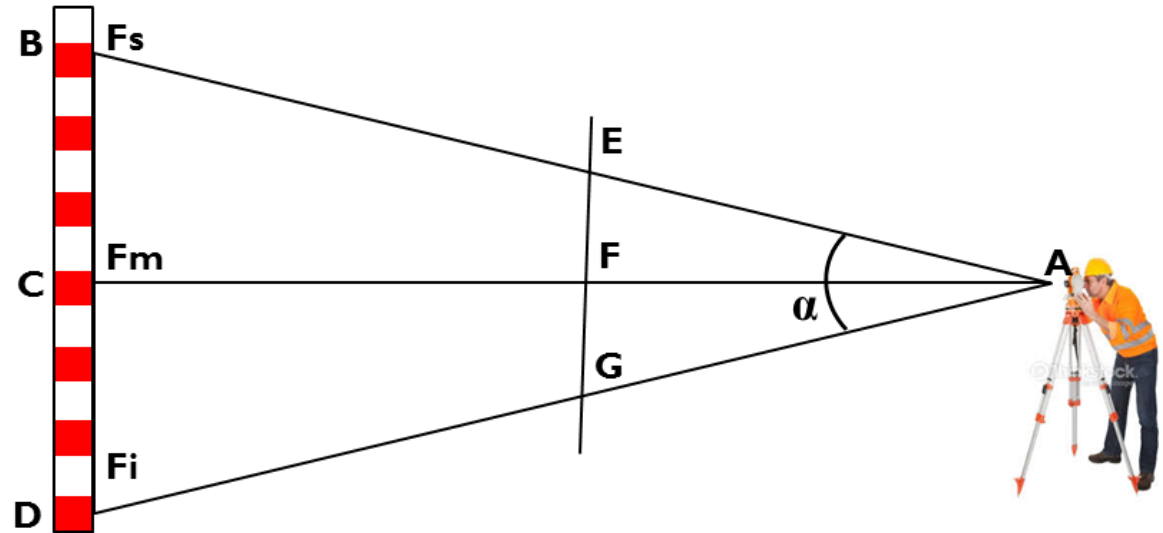
$$CG = AB * g$$

Para facilitar os cálculos, as lunetas são geralmente construídas de forma a garantirem o valor de $g = 100$



Método de medição ótica

$$D (AC) = m \cdot g$$



em que:

D - distância horizontal;

m - leitura estadimétrica : $m = F_s - F_i$;

g - constante do aparelho, Na maioria dos caso, $g = 100$.

onde: F_s - fio superior do retículo;

F_m - fio médio do retículo;

F_i - fio inferior do retículo.

Distância horizontais: Plano inclinado

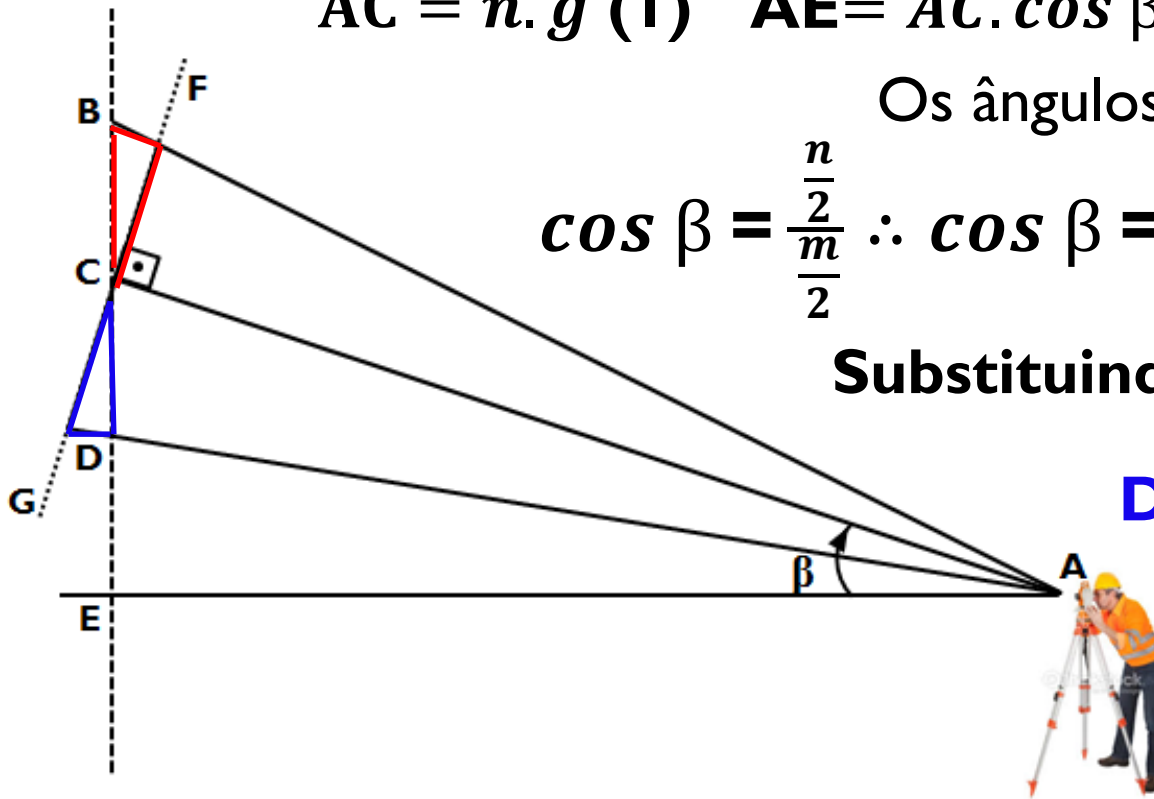
$$AC = n \cdot g \quad (1) \quad AE = AC \cdot \cos \beta \quad (2) \quad AE = n \cdot g \cdot \cos \beta \quad (3)$$

Os ângulos $F\bar{C}B = D\bar{C}G = C\bar{A}E = \beta$

$$\cos \beta = \frac{\frac{n}{2}}{\frac{m}{2}} \therefore \cos \beta = \frac{n}{m} \therefore n = m \cdot \cos \beta \quad (4)$$

Substituindo (4) em (3), temos:

$$D(AE) = m \cdot g \cdot \cos^2 \beta \quad (5)$$



em que:

$BD = m$ = leitura estadimétrica com a mira vertical

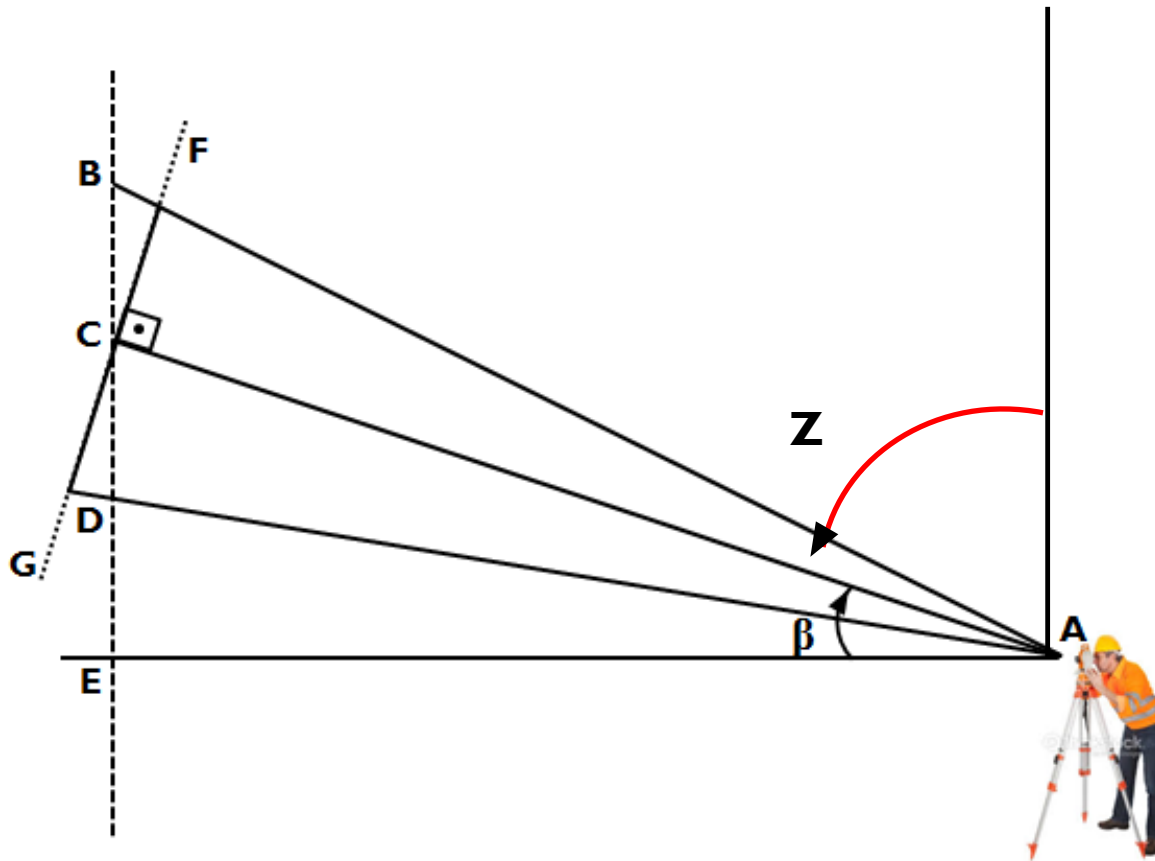
$GF = n$ = leitura estadimétrica com a mira normal à visada

β – ângulo de inclinação da visada

Distância horizontais: Plano inclinado

$$\cos \beta = \text{sen } Z$$

$$D = m \cdot g \cdot \cos^2 \beta = D = m \cdot g \cdot \text{sen}^2 Z$$



Diferença de nível

em que:

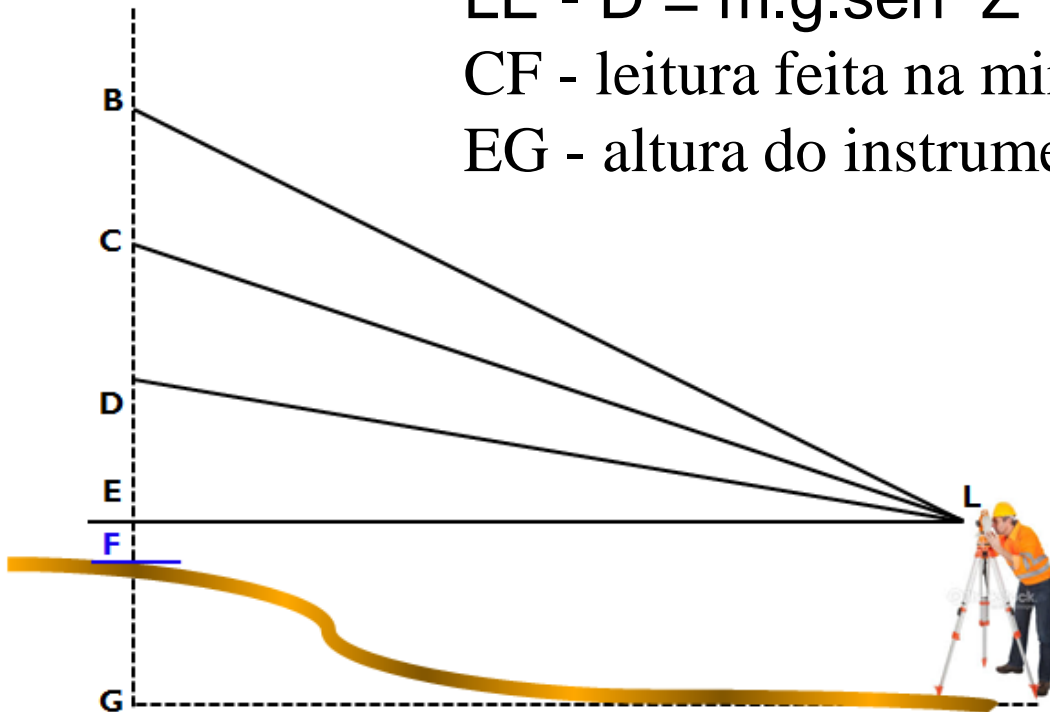
BD - m = leitura estadimétrica;

FG - diferença de nível;

LE - D = $m \cdot g \cdot \text{sen}^2 Z$

CF - leitura feita na mira com o fio médio - alvo;

EG - altura do instrumento.



Diferença de nível

$$FG = CG - CF \quad (1) \quad CG = CE + EG \quad (2)$$

Substituindo (2) em (1)

$$FG = CE + EG - CF \quad (3) \quad CE = LE \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (4)$$

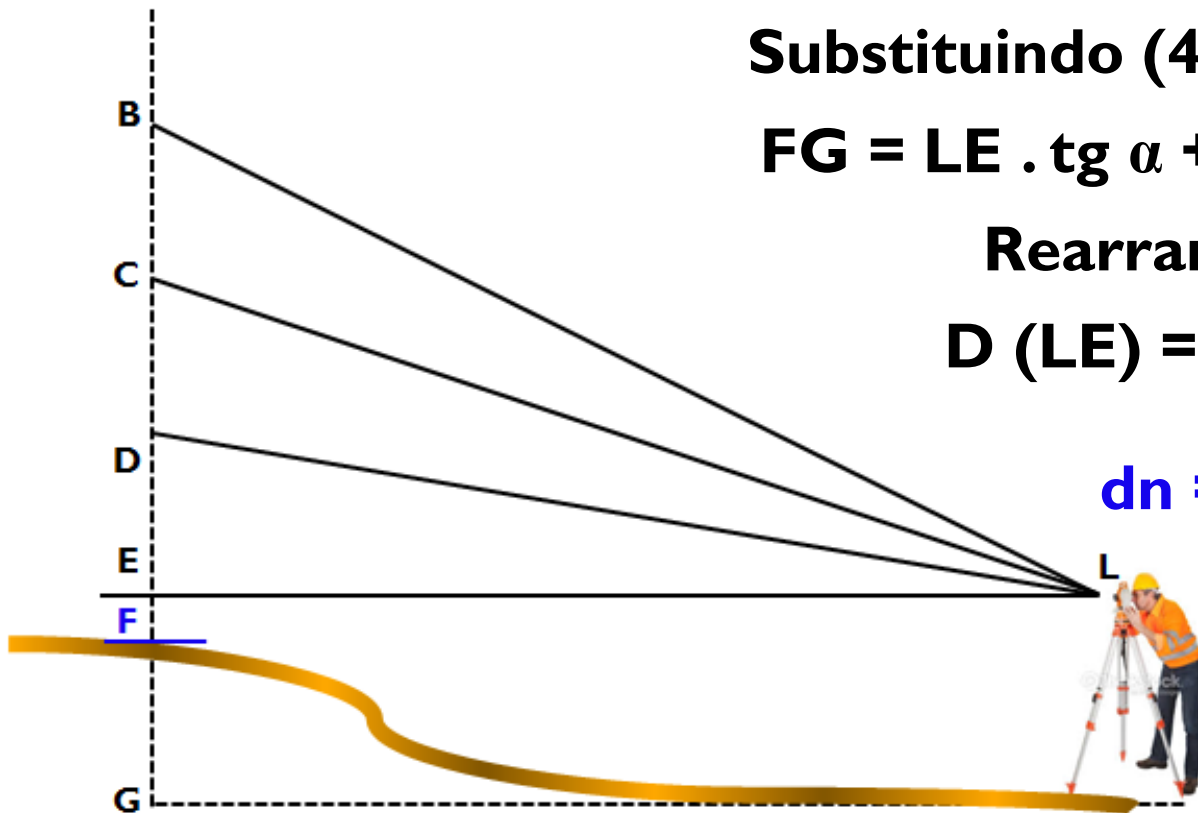
Substituindo (4) em (3)

$$FG = LE \cdot \operatorname{tg} \alpha + EG - CF \quad (5)$$

Rearranjando

$$D(LE) = m \cdot g \operatorname{sen}^2 Z$$

$$dn = \left[m \cdot g \frac{\operatorname{sen}(2Z)}{2} \right] + i - \text{alvo}$$



Medições eletrônicas de distância

As medições eletrônicas de distâncias são realizadas por intermédio de um instrumento denominado **distanciômetro** ou **EDM**, introduzido no mercado na década de 60.

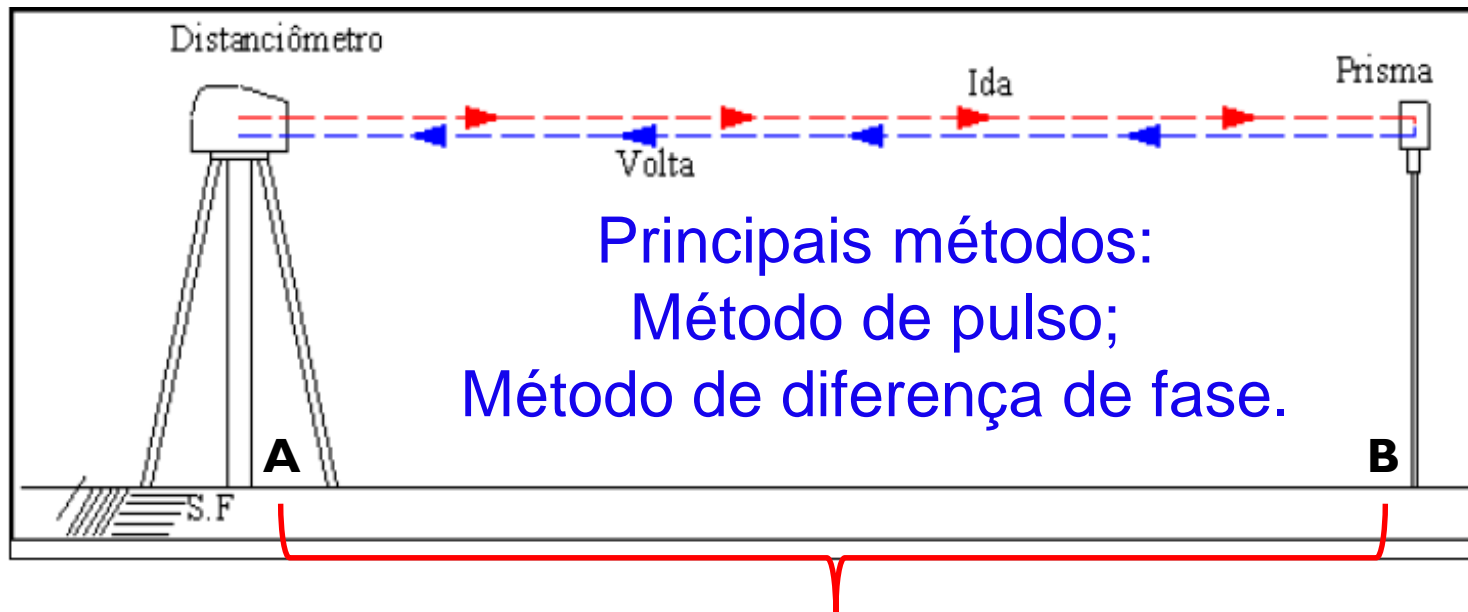
O método baseia-se na observação direta ou indireta do tempo de deslocamento de um sinal transportado por uma onda eletromagnética



Medições eletrônicas de distância

Anteparo = prisma ótico → medição com prisma

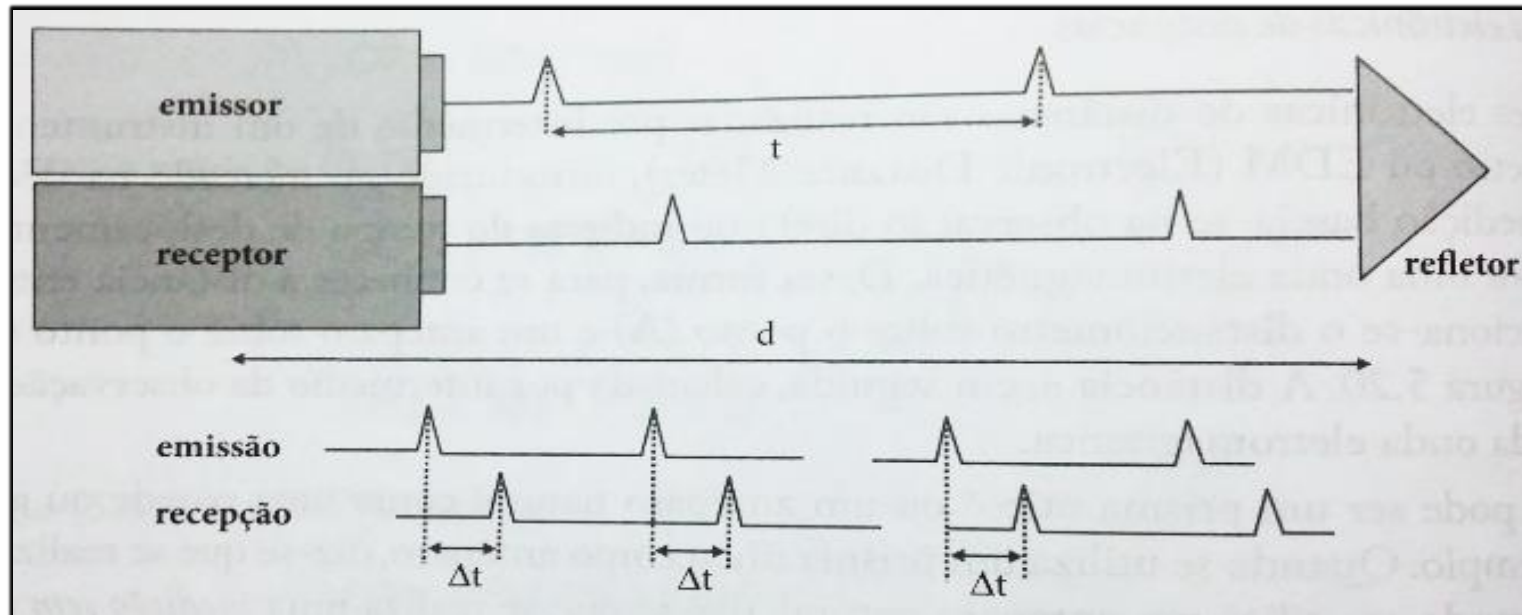
Anteparo = Natural → medição sem prisma



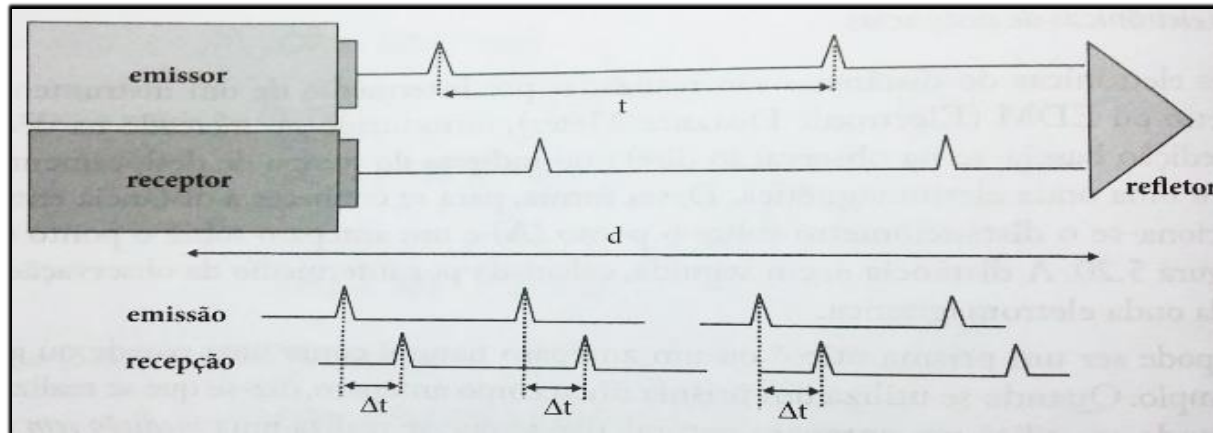
A distância (AB) é calculada por intermédio da observação do tempo de deslocamento da onda eletromagnética.

Método de pulso

Este método baseia-se na medição do tempo de deslocamento de um pulso de radiação laser entre o emissor e um refletor.



Método de pulso



$$2d = c * \Delta t \quad \rightarrow \quad d = c * \frac{\Delta t}{2}$$

em que:

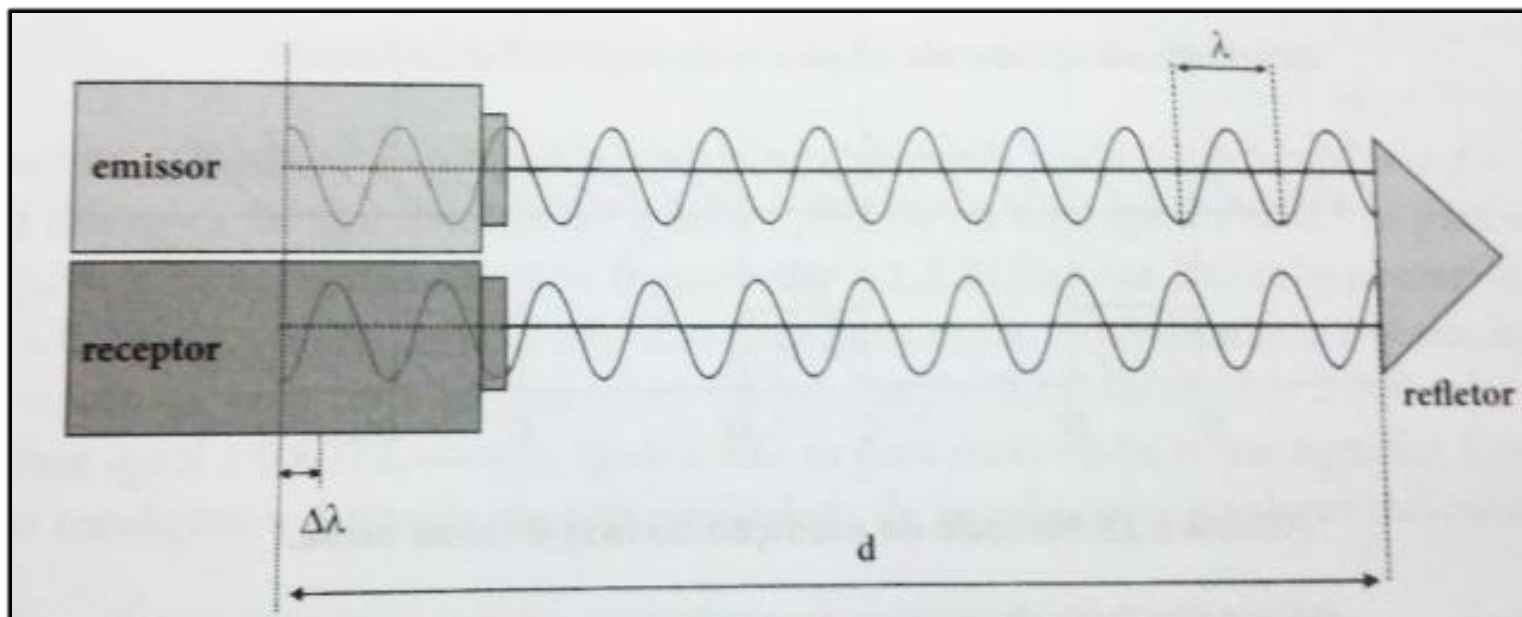
d - distância a ser medida

c - velocidade de deslocamento do pulso laser

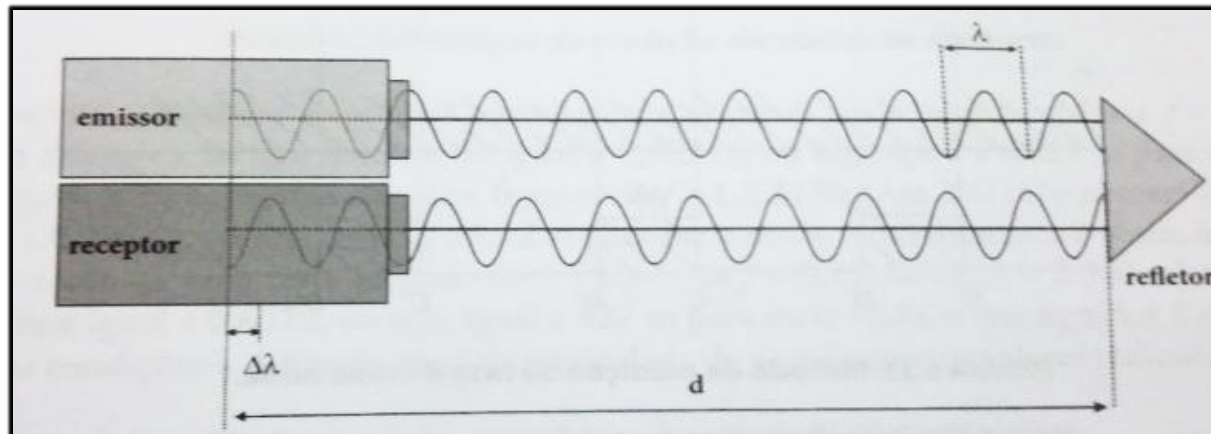
Δt - intervalo de tempo de deslocamento do pulso entre o emissor e o receptor.

Método da diferença de fase

Este método baseia-se na medição da diferença de fase ($\Delta\lambda$) entre a onda emitida e a onda refletida



Método da diferença de fase



$$2d = n\lambda + \Delta\lambda \rightarrow d = \frac{n}{2} * \lambda + \frac{\Delta\lambda}{2}$$

em que:

d - distância a ser medida

n - número inteiro de ondas;

$\Delta\lambda$ - diferença de fase entre a onda emitida e a onda refletida.

Características dos métodos

Tabela 1. Alcance e tempo de medição em função do método e tipo de anteparo.

Método de medição	Alcance (km)		Tempo de medição (s)	
	C/ prisma	S/ prisma	C/ prisma	S/ prisma
Pulso	10	2	2 a 3	10 a 12
Diferença de fase	12	0,5	0,5	2

Fonte: Adaptado de Silva e Segantine, 2015.

Quadro 1. Máximas precisões alcançadas para medições com e sem prisma em função do método empregado.

Método de medição	Precisão	
	Com prisma	Sem prisma
Pulso	$\pm(5 \text{ mm} + 2,0 \text{ ppm})$	$\pm(4 \text{ mm} + 2,0 \text{ ppm})$
Diferença de fase	$\pm(0,6 \text{ mm} + 1,0 \text{ ppm})$	$\pm(2 \text{ mm} + 2,0 \text{ ppm})$

Fonte: Adaptado de Silva e Segantine, 2015.

Medições eletrônicas de distância

$$\pm(a \text{ mm} + b \text{ ppm})$$

- O erro absoluto (a) é independente da distância medida (**característica do instrumentos**);
- O erro sistêmico (b) é proporcional a distância medida (**condições atmosféricas locais e inconsistência do oscilador**).

A exemplo: Uma medição de 1,5 km com um instrumento de precisão linear de $\pm (2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm})$, deve-se esperar uma precisão igual a $(2 + 2 \cdot 1,5) \text{ mm} = \pm 5 \text{ mm}$.

Correção de distâncias medidas com MEDs

A distância medidas com distanciômetro eletrônico deve ser corrigida basicamente considerando-se dois tipos de correção:

- **Correções geométricas;**
- **Correções atmosféricas**

Correções geométricas

Existem três tipos de correções geométricas que podem afetar as distâncias medidas com MEDs:

- **Constante de adição:** relacionada às propriedades físicas e geométricas do refletor utilizada na medição;
- **Constante de escala:** originada pela variação da frequência da onda de modulação usada pelo instrumento (envelhecimento do oscilador de frequência de quartzo);
- **Erro cíclico:** podem ocorrer devido a um defeito na medição da defasagem entre as ondas emitidas e recebidas pelo instrumento, que dependem do sistema eletrônico do mesmo (aparelhos moderno possuem autocorreção).

Correções atmosféricas

Os aparelhos (MDEs) são calibrados em condições atmosféricas determinadas:

- Pressão atmosférica de 760 mmHg (1.013,25 mbar) (p);
- Temperatura do ar de 12 °C (t);
- Umidade relativa do ar de 60 % (h).

$$\Delta d = 281,5 - \left(\frac{0,29035 p}{1+0,00366t} \right) + \left(\frac{11,27h}{100(273,16+t)} * 10^x \right)$$

$$x = \frac{7,5 t}{237,3+t} + 0,7857$$

em que:

Δd - correção atmosférica em ppm

Classificação do feixe laser

- **Laser classe 1:** produto seguro para o olho humano, mesmo se incidente diretamente no olho através de um aparelho ótico;
- **Laser classe 2:** emite radiações no espectro visível e é classificado com um produto perigoso se incidente diretamente no olho humano. Presenta na maioria das estações totais e prumos a laser;
- **Laser classe 3:** classificado como laser de alta potência e, por isso, de longo alcance, porém, também altamente nocivo ao olho humano (uso regido por regras de segurança).

Medições de distância com sistemas GNSS

O objetivo básico é determinar, instantaneamente, as coordenadas de qualquer ponto na superfície terrestre a partir de pontos de coordenadas conhecidas no espaço (satélites).

O Sistema GPS consiste em três segmentos:

- *O segmento espacial* que envolve os satélites, com seus sinais transmitidos;
- *O segmento de controle* responsável pela monitoração, geração, correções e avaliação de todo sistema e
- *O segmento de usuários*, voltado para todos os tipos de aplicações, métodos de posicionamento, formas de recepção, processamento dos sinais e todos os tipos de receptores.