

	TOPOGRAFIA I		
	Aula teórica 03: Introdução à Topografia/ Medição de distâncias		
	Prof. Dr. Alexandre Bernardino Lopes		

INTRODUÇÃO À TOPOGRAFIA/ MEDIÇÃO DE DISTÂNCIAS

Conteúdo em vídeo

Parte 1 - <https://www.youtube.com/watch?v=QjGvfILPgbs&feature=youtu.be>

Parte 2 - <https://www.youtube.com/watch?v=UhfymglSOaY&feature=youtu.be>

Parte 3 - <https://www.youtube.com/watch?v=7YpQjBJHPh8&feature=youtu.be>

Introdução

Nesta aula será introduzida a definição da Topografia bem como seus objetivos tipos de levantamentos e aplicações. Também será tratado dos métodos de medições de distâncias e possíveis erros no processo de medição.

Topografia

Origem da palavra

Topos – Lugar

Grafos – Descrição

Definição

A palavra Topografia remete à descrição de um lugar, assim podemos definir Topografia como a ciência que visa a representação de uma porção limitada da Terra, definindo seus contornos, suas dimensões, informações temáticas e posição relativa de pontos.

Para que possamos aprofundar na definição é necessário discutirmos algumas palavras chaves no contexto da Topografia:

- Porção Limitada – Devemos lembrar que o plano topográfico deve estar limitado em até 30 km devido os efeitos da curvatura da Terra;
- Contornos – refere-se aos limites, relevo e forma;
- Dimensões – Área, distâncias;
- Informações temáticas – Aspectos naturais (vegetação, lagos, etc) e aspectos artificiais (construções em geral);
- Posição relativa – Orientação e contextualização.

Aplicações

A topografia está presente em praticamente todas as grandes obras, desde a construção de prédios, estradas, ferrovias, redes de drenagem urbana, rede de coleta de esgotos, distribuição de água, etc.

Subdivisão da Topografia

A topografia pode ser dividida em:

- Topometria – São os processos de medição, como a planimetria (coordenadas X,Y), altimetria (relevo) e a planialtimetria (coordenadas X,Y,Z);
- Topo processamento – É o tratamento matemático dos dados, ou seja, é a determinação das coordenadas dos pontos a partir dos ângulos e distâncias medidos em campo;
- Desenho Topográfico – Representação em escala reduzida de tudo que foi levantado em campo. Atualmente existem ferramentas computacionais que possibilitam elaborar plantas topográficas com agilidade;
- Análise – Interpretação da planta Topográfica.

Tipos de levantamentos Topográficos

Os tipos de levantamento são divididos em:

- Levantamento Planimétrico;
- Levantamento Altimétrico;
- Levantamento Planialtimétrico.

Levantamento planimétrico

O levantamento planimétrico também é conhecido como levantamento topográfico planimétrico ou levantamento perimétrico.

A NBR 13133 define levantamento planimétrico como:

“ Levantamento dos limites e confrontações de uma propriedade, pela determinação do seu perímetro, incluindo, quando houver, o alinhamento da via ou logradouro como qual faça frente, bem como a sua orientação e a sua amarração a pontos materializados no terreno de uma rede de referência cadastral, ou, no caso de sua inexistência, a pontos notáveis e estáveis nas suas imediações. Quando este levantamento se destinar à identificação dominial do imóvel, são necessários outros elementos complementares, tais como: perícia técnico-judicial, memorial descritivo, etc.”

Na figura 01 é mostrada uma planta topográfica de um levantamento planimétrico.

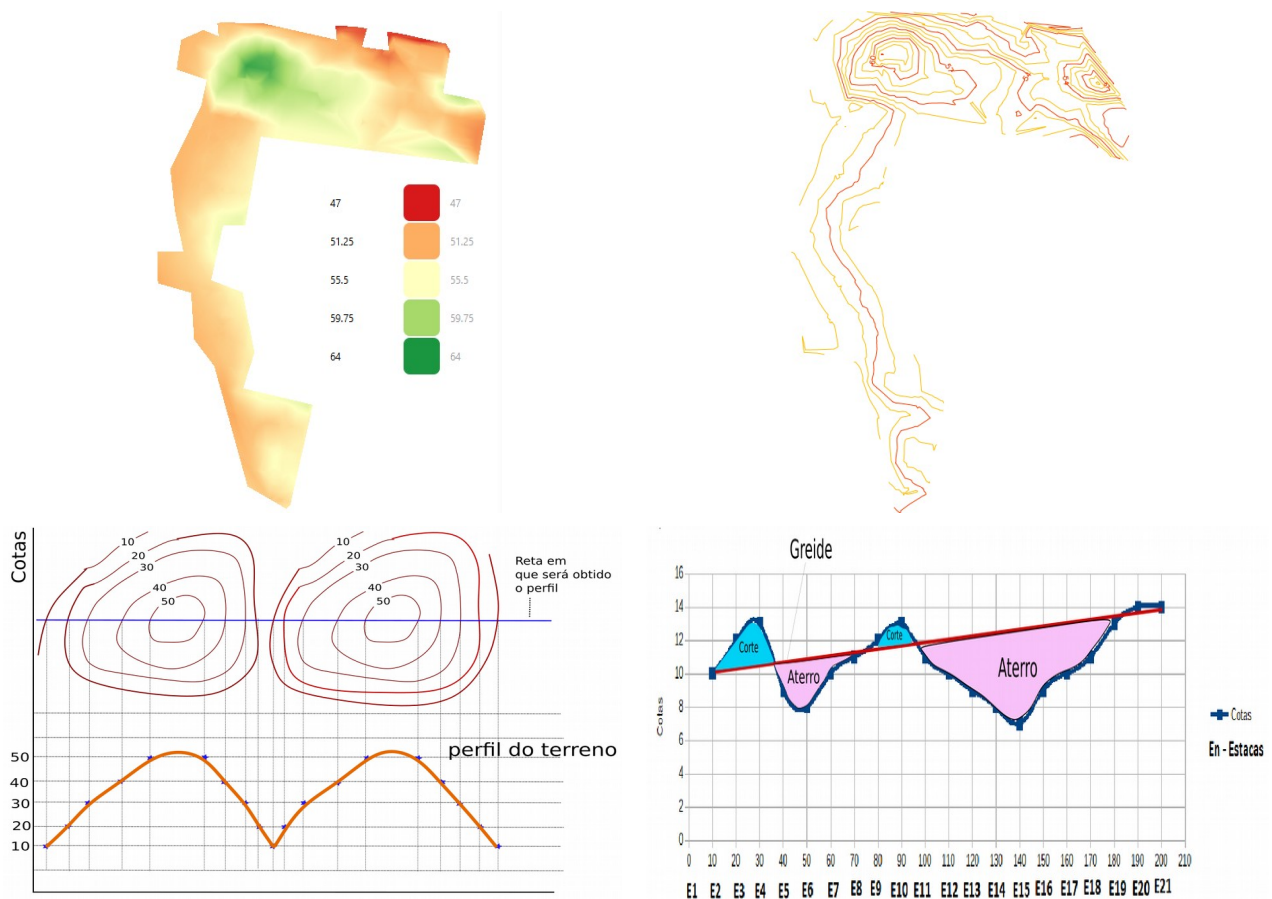


Figura 02 - Resultados de levantamentos altimétricos, sendo um modelo digital de elevação na figura superior esquerda, uma representação em curvas de nível na figura superior direita, um traçado de perfil a partir de curvas de nível na figura inferior esquerda e um perfil com greide na figura inferior direita.

Levantamento planialtimétrico

No levantamento planialtimétrico mede-se todas as variáveis necessárias para se executar um levantamento planimétrico (ângulos horizontais e distâncias) acrescido das variáveis necessárias para se executar um levantamento altimétrico (ângulos verticais, distâncias, altura do prisma ou fio médio e altura do equipamento). Assim, uma planta topográfica resultado do levantamento planialtimétrico fornecem também cotas dos pontos ou curvas de nível.

A Figura 03 mostra um exemplo de planta planialtimétrica.

Medição de distâncias

Distância Horizontal ou distância Reduzida e distância inclinada.

A distância horizontal ou distância reduzida (DH ou DR) é a medida entre dois pontos considerando um plano horizontal. Também é conhecida como distância legal.

A distância vertical ou diferença de nível (DV ou DN) é a distância medida ao longo da linha vertical (ver conceito de linha vertical). A Figura 05 mostra as diferenças entre as distâncias.

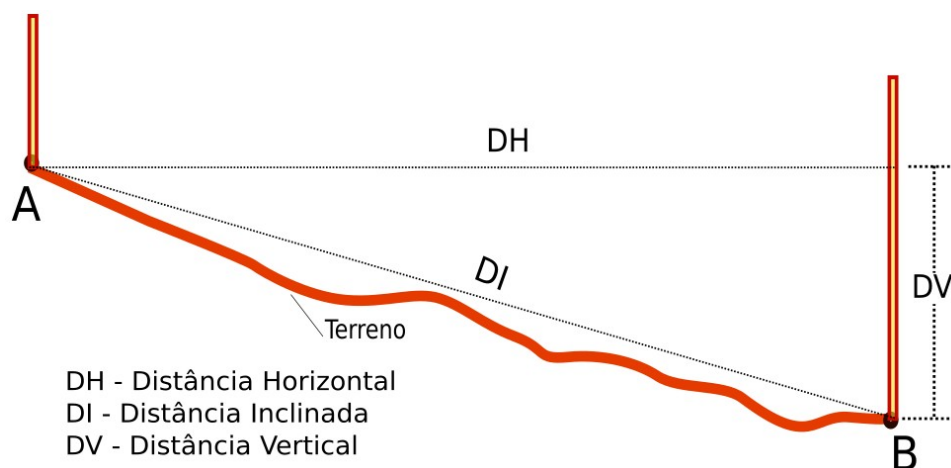


Figura 05 – Distâncias horizontal, inclinada e vertical.
(Fonte: Adaptada de RODRIGUES 2008)

Processo direto

No processo direto as medidas são realizadas por trenas (liga de aço e níquel, fibra de vidro e outros materiais resistentes e menos sujeito a deformações), rodas contadoras (usadas para medir distâncias curvas) e outros métodos.

Na Figura 06 é ilustrado um caso de uma medida de distância legal com trena.

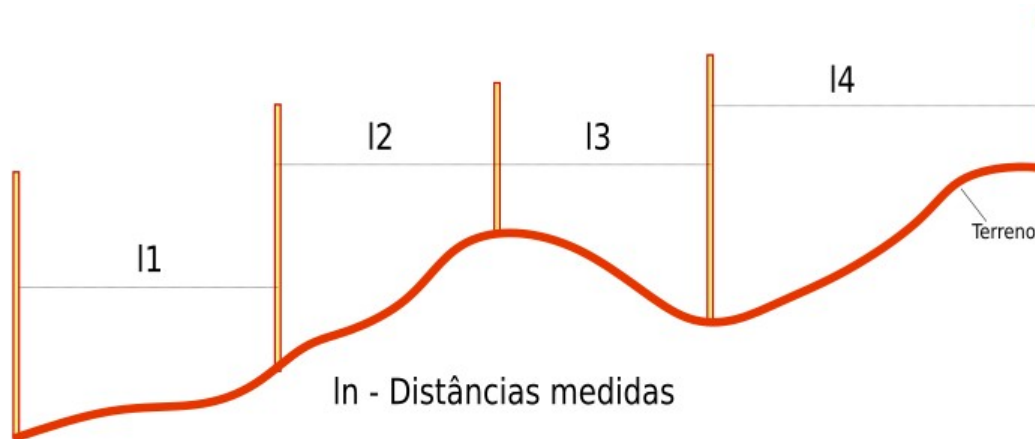


Figura 06 - Exemplo de medida pelo processo direto.

Neste caso a distância horizontal total é dada por:

$$DH = \sum_{1}^n l_n \quad (1)$$

Fontes de erros nas medições de distâncias.

Os principais erros no processo de medições de distâncias pelo processo direto são:

- Erro de dilatação térmica – Erro causado pela dilatação térmica da trena;
- Erro de leitura – Erro comum, podendo ser de estimativa ou erro grosseiro;
- Elasticidade – Erro causado pela elasticidade da trena;
- Catenária ou barriga – A “barriga” da trena ao se medir uma distância causa um erro na medida da mesma;
- Falta de horizontalidade – Um erro comum ao se medir a distância legal é realizar a medida da distância inclinada;
- Inclinação da baliza – A baliza deve estar sempre na vertical, qualquer inclinação na mesma acarreta em erros na medição da distância.
- Falta de alinhamento – Em casos onde há a necessidade de se realizar mais de uma medição para determinar a distância entre dois pontos pode ocorrer o erro de alinhamento.

Na figura 07 são ilustrados os erros de catenária (figura superior esquerda), falta de horizontalidade (figura superior direita), inclinação da baliza (figura inferior esquerda) e o erro de alinhamento (figura inferior direita).

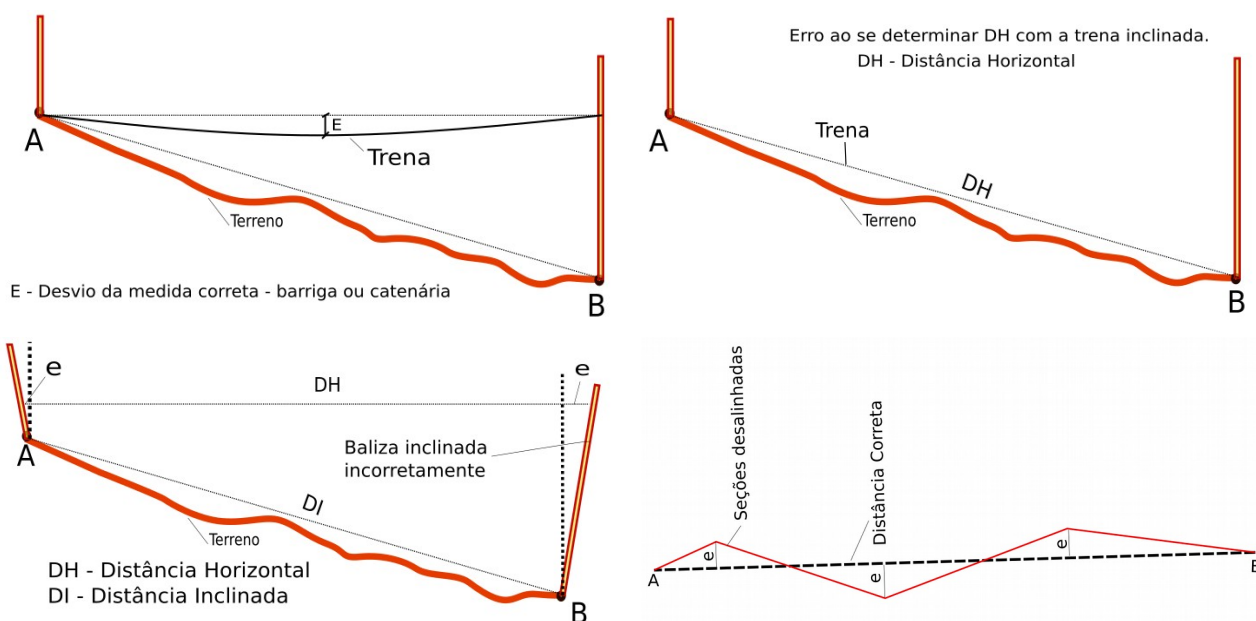


Figura 07 – Fontes de erros no processo direto de medição de distâncias

Processo indireto de medidas de distância.

Entre os processos indiretos para se medir a distância no caso da topografia, temos:

- Taqueometria - Resultado do uso de taqueômetros (teodolito + mira vertical);
- Distanciômetros eletrônicos – No caso da topografia as medidas de distâncias são realizadas geralmente com estação total;

No contexto da geodésia, pode-se utilizar outras técnicas como o GNSS.

Taqueometria.

Taqueometria é uma técnica rápida de medição de distância pelo processo indireto, ou seja, neste caso é necessário a leitura de ângulo e leitura de réguas para se obter a distância.

A leitura de réguas a partir de equipamentos topográficos é possível com os fios do retículo (Fio inferior, Fio Médio e Fio Superior) presentes nas lunetas dos teodolitos (Figura 08)

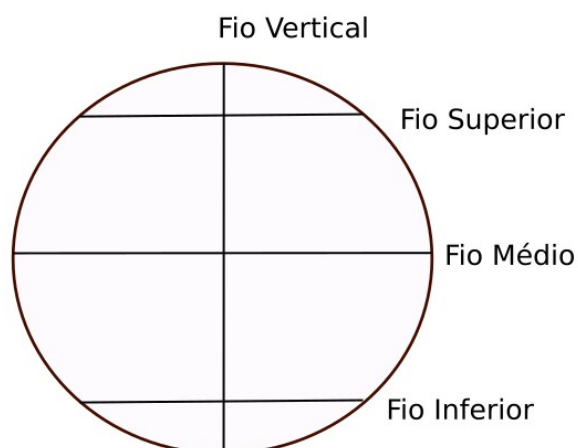


Figura 08 – Fios estadimétricos.

Constante estadimétrica

A constante estadimétrica (g) é fornecida pelo fabricante e é usada na equação para o cálculo das distâncias. A Figura 09 mostra as variáveis envolvidas na determinação da constante estadimétrica.

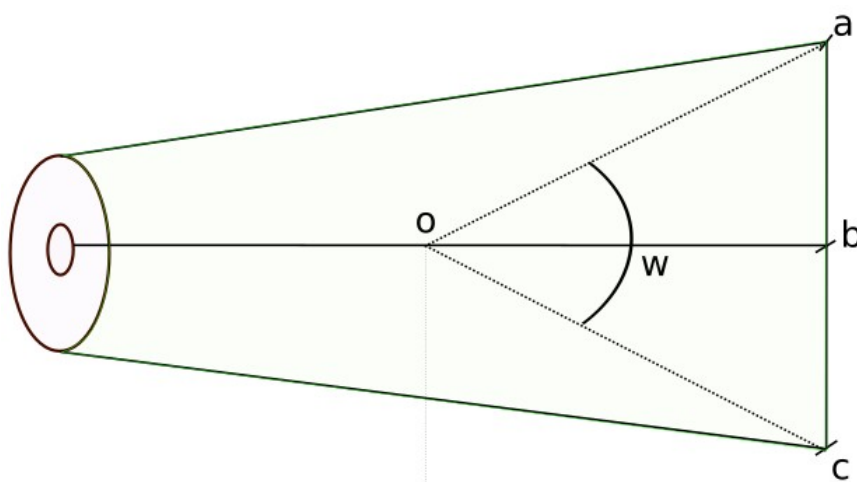


Figura 09 – Constante estadimétrica.

A constante estadimétrica é determinada com a seguinte relação:

$$\frac{ob}{ac} = g \quad (2)$$

Os fabricantes geralmente colocam os fios estadimétricos de forma que a relação da equação 02 forneça $g = 100$, com objetivo de facilitar os cálculos na determinação das distâncias.

Medição de distância pela taqueometria – luneta na horizontal.

Para se determinar a distância por taqueometria com a luneta do equipamento na horizontal utiliza-se semelhança de triângulo (Figura 10).

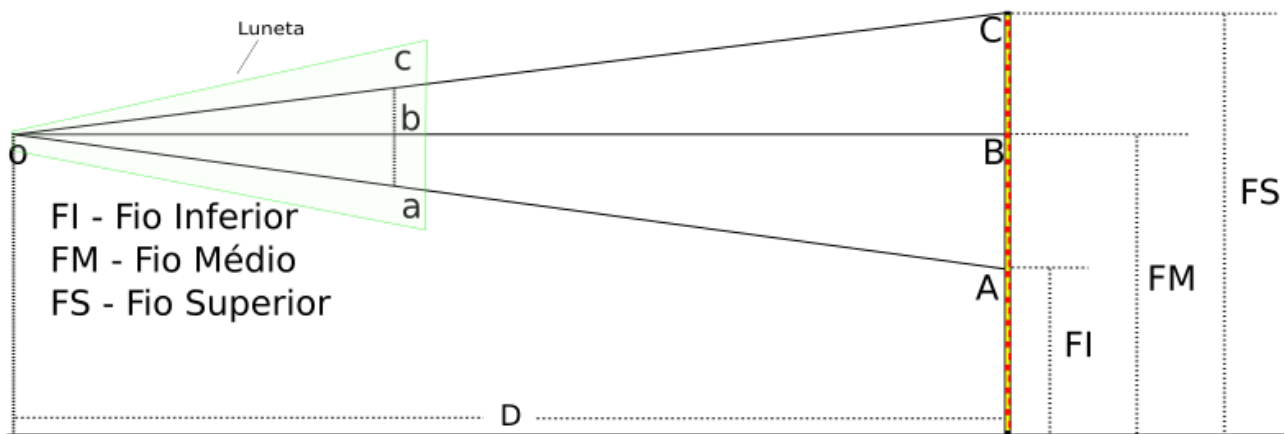


Figura 10 – Determinação de distâncias por taqueometria com a luneta na horizontal.

Conforme pode ser observado na Figura 10 a distância oB (distância entre o equipamento e o local da régua topográfica) é dada por:

$$\frac{oB}{AC} = \frac{ob}{ac}, \text{ mas } \frac{ob}{ac} = g \text{ então } \frac{oB}{AC} = g \rightarrow oB = D = AC * g$$

Como $AC = FS - FI$ então $D = g * (FS - FI)$ (3)

Lembrando que FS é a leitura do fio superior e FI é a leitura do fio inferior. A Figura 11 ilustra uma leitura de régua topográfica.

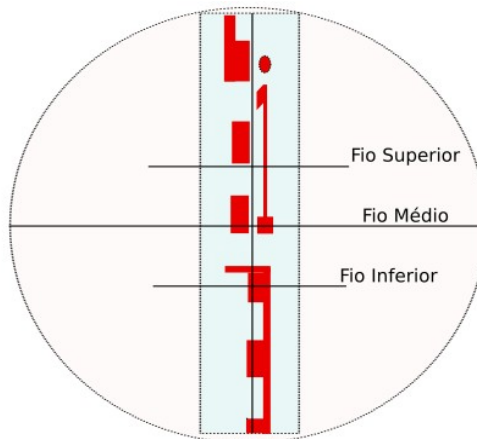


Figura 11 – Leitura de régua topográfica.

No exemplo da Figura 11 as leituras são: 0,95 m, 1,12 m e 1,29 m para os fios inferior, médio e superior respectivamente. Com estes valores a distância entre o equipamento e o local da régua, considerando $g = 100$ é: $D = 100 * (1,29 - 0,95) = 3,40 \text{ metros}$

As fontes de erros neste processo são:

- Leitura na régua topográfica;
- Refração atmosférica;
- Defeitos na mira e possíveis erros sistemáticos no equipamento topográfico;
- Imprecisão na constante estadimétrica;
- Não verticalidade da mira.

Medição de distância pela taqueometria – luneta Inclinada.

Para se determinar a distância por taqueometria com a luneta do equipamento inclinada utilizaremos relações trigonométricas com as variáveis mostradas na Figura 12.

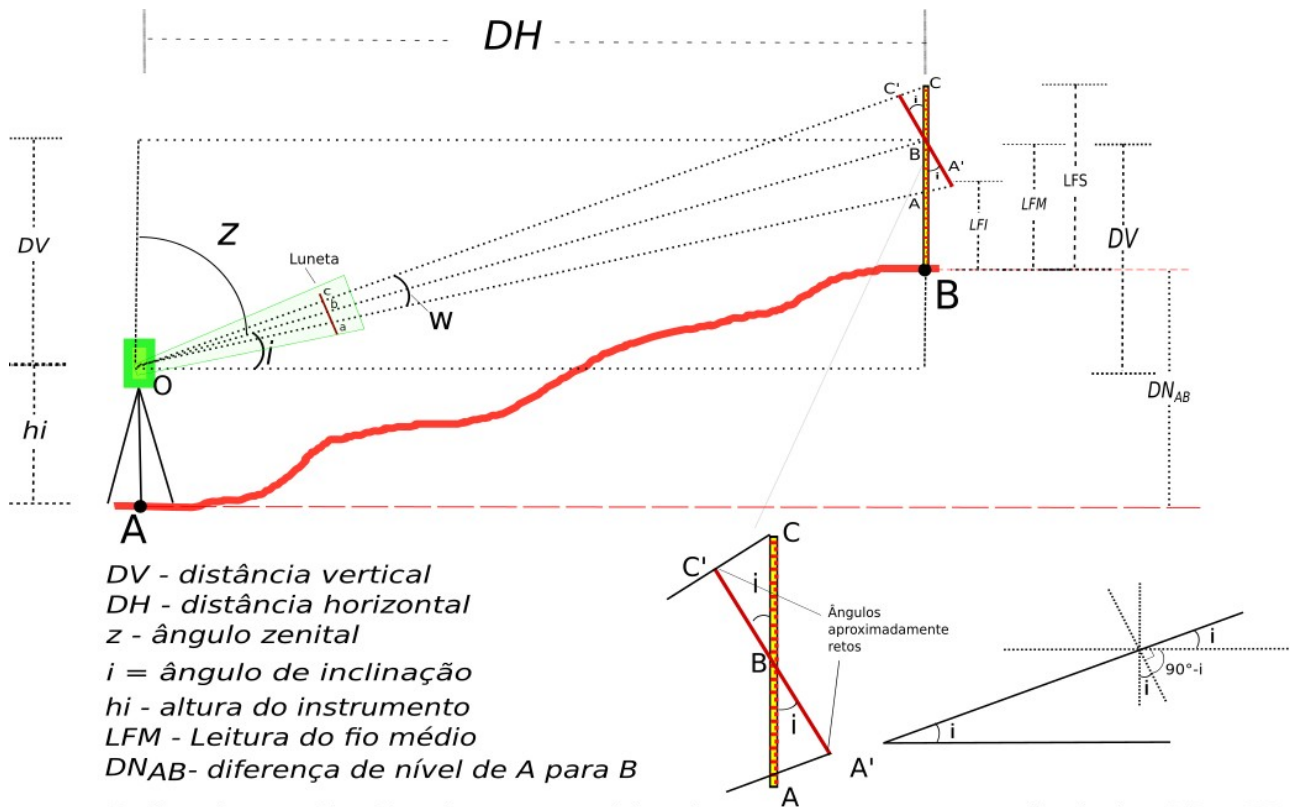


Figura 12 – Medição de distância por taqueometria com luneta inclinada.

Como pode ser observado na Figura 12 a distância DH é dada por:

$$DH = OB * \cos(i) \quad (4)$$

Por semelhança de triângulos temos a relação:

$$\frac{OB}{Ob} = \frac{A'C'}{ac} \text{ mas } \frac{Ob}{ac} = g \text{ então } OB = (A'C') * g \quad (5)$$

Também podem obter as seguintes relações:

$$AB * \cos(i) = A'B \quad (6)$$

$$BC * \cos(i) = BC' \quad (7)$$

Somando as equações (6) e (7):

$$\cos(i) * (AB + BC) = A'B + BC' \quad (8)$$

Sabendo que $A'B + BC' = A'C'$ e $AB + BC = AC$ podemos reescrever a equação (8):

$\cos(i) * AC = A'C'$ mas $AC = FS - FI$, sabendo que $LFS = FS$ (Leitura do Fio Superior) e $LFI = FI$ (Leitura do Fio Inferior), então:

$$A'C' = (FS - FI) * \cos(i) \quad (9)$$

Substituindo a equação (9) na equação (5):

$$OB = ((FS - FI) * \cos(i)) * g \quad (10)$$

Por fim, substituindo a equação (10) na equação (4):

$$\begin{aligned} DH &= ((FS - FI) * \cos(i) * g) * \cos(i) \rightarrow \\ DH &= g * (FS - FI) * \cos^2(i) \end{aligned} \quad (11)$$

Considerando $m = FS - FI$ e substituindo na equação (11)

$$DH = g * m * \cos^2(i) \quad (12)$$

Sugestão de exercício: Provar que ao se medir o ângulo zenital (z) a equação para distância horizontal (DH) é $DH = g * m * \sin^2(z)$

As fontes de erros são as mesmas apontadas na determinação de distâncias com a luneta na horizontal. Quando a distância horizontal é determinada com nível (cujas lunetas estão sempre na horizontal) não há erros na leitura do ângulo vertical, entretanto no caso da luneta estar inclinada também há o erro na medida do ângulo vertical.

Medição de distância com distanciômetro eletrônico

As estações totais possuem distanciômetro eletrônico, o que facilita muito os procedimentos de campo em Topografia. Atualmente existem equipamentos que conseguem medir a distância entre o equipamento e superfícies, dispensando a necessidade de prismas refletores.

O funcionamento do distanciômetro eletrônico fundamenta-se na determinação do tempo em que uma onda eletromagnética (com velocidade de propagação da luz no vácuo de aproximadamente 300.000 km/s) percorre na ida e volta entre o equipamento e o ponto de interesse (refletor). A Figura 13 ilustra a medição de distância por distanciômetro eletrônico.

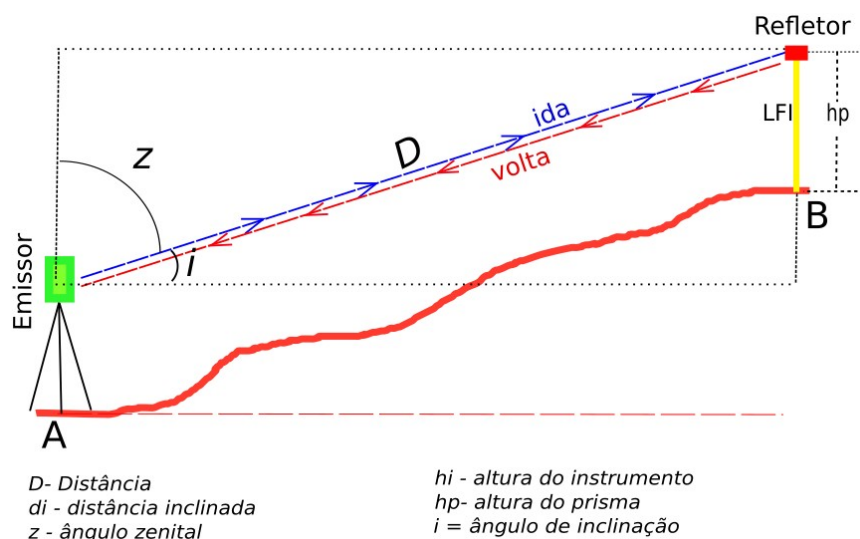


Figura 13 – Medição de distância por distanciômetro eletrônico

A precisão da medida da distância depende da precisão da medida do tempo que a onda percorre. Para exemplificar, um distanciômetro eletrônico que possui a precisão de $10^{(-7)}$ segundos na medida de tempo, sabendo que a velocidade da luz é de $3 \cdot 10^8$ m/s, o erro na distância (E) é:

$$E = \frac{(3 \cdot 10^8) \cdot 10^{(-7)}}{2} = 15 \text{ m}$$

ou seja, esta precisão inviabiliza o uso do distanciômetro para fins de Topografia.

Considerando a dificuldade de se medir o tempo com a precisão requerida, uma vez que não se tem cronômetro com a precisão necessária, adota-se a técnica de medição da variação da fase do sinal, cujo método pode ser visto em VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2012 nas páginas 58 a 70.

Exercício.

1) Com os dados da tabela abaixo determine as distâncias horizontais. O ângulo vertical é zenital.

PONTOS		FIOS			Ângulo
Estaca	Ponto	Inferior	Médio	Superior	ângulo Vertical
F	G	0,4	0,725	1,05	92°30'00"
G	H	0,1	0,3	0,495	90°55'50"
H	A	0,33	1,025	2	90°06'30"
A	B	0,4	0,909	1,406	88°55'10"
B	C	0,3	0,74	1,18	92°18'50"
C	D	0,6	1,169	1,731	88°34'35"
D	E	0,5	0,814	1,128	90°03'40"
E	F	0,287	0,57	0,712	94°48'40"

Resposta.

ESTACA	PONTO	DISTÂNCIA
F	E	64,876327687981
G	E	39,489581666584
H	E	166,99940297176
A	E	100,56422369964
B	E	87,856554710361
C	E	113,03019111444
D	E	62,799928557843
E	F	42,201039731911

Bibliografia

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas: NBR 13133: Execução de levantamento topográfico – procedimento. Rio de Janeiro, 1994.

RODRIGUES, D. D. Topografia: planimetria para engenheiros Agrimensores e Cartógrafos (em desenvolvimento). UFV, 2008. Disponível em http://www.eam.ufv.br/?page_id=384

VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L. Fundamentos de Topografia. Engenharia Cartográfica e de Agrimensura Universidade Federal do Paraná. UFPR. 2012.