1. **Topografia**

1.1. **Conceitos**

Definição: a palavra "Topografia" deriva das palavras gregas "topos" (lugar) e "graphen" (descrever), o que significa, *a descrição exata e minuciosa de um lugar*. (DOMINGUES, 1979).

Finalidade: determinar o *contorno*, *dimensão* e *posição relativa* de uma *porção limitada* da superfície terrestre, do fundo dos mares ou do interior de minas, *desconsiderando* a curvatura resultante da esfericidade da Terra. Compete ainda à Topografia, a locação, no terreno, de projetos elaborados de Engenharia. (DOMINGUES, 1979).

Importância: ela é a *base* de qualquer projeto e de qualquer obra realizada por engenheiros ou arquitetos. Por exemplo, os trabalhos de *obras viárias*, *núcleos habitacionais*, *edifícios*, *aeroportos*, *hidrografia*, *usinas hidrelétricas*, *telecomunicações*, *sistemas de água e esgoto*, *planejamento*, *urbanismo*, *paisagismo*, *irrigação*, *drenagem*, *cultura*, *reflorestamento* etc., se desenvolvem em função do terreno sobre o qual se assentam. (DOMINGUES, 1979). Portanto, é fundamental o conhecimento pormenorizado deste terreno, tanto na etapa do projeto, quanto da sua construção ou execução; e, a Topografia, fornece os métodos e os instrumentos que permitem este conhecimento do terreno e asseguram uma correta implantação da obra ou serviço.

Diferença entre Geodésia e Topografia: a Topografia é muitas vezes confundida com a Geodésia pois se utilizam dos mesmos equipamentos e praticamente dos mesmos métodos para o mapeamento da superfície terrestre. Porém, enquanto a **Topografia** tem por finalidade mapear uma *pequena porção* daquela superfície (área de raio até 30km), a **Geodésia**, tem por finalidade, mapear *grandes porções* desta mesma superfície, levando em consideração as *deformações* devido à sua esfericidade. Portanto, pode-se afirmar que a Topografia, menos complexa e restrita, é apenas um *capítulo* da Geodésia, ciência muito mais abrangente.

1.2. **Representação**

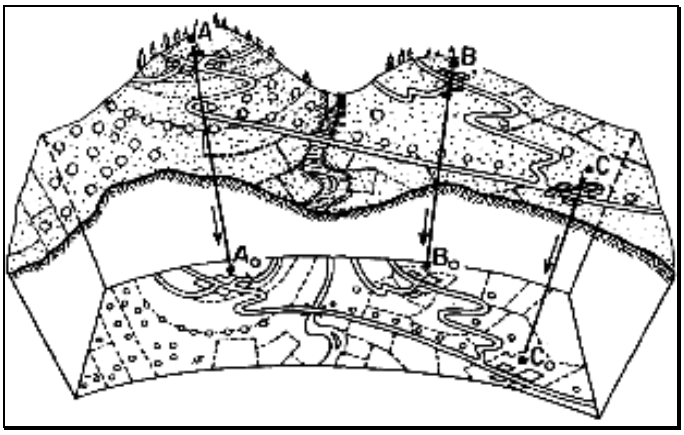
A porção da superfície terrestre, levantada topograficamente, é representada através de uma *Projeção Ortogonal Cotada* e denomina-se *Superfície Topográfica*.

Isto eqüivale dizer que, não só os limites desta superfície, bem como todas as suas particularidades naturais ou artificiais, serão projetadas sobre um plano considerado horizontal.

A esta projeção ou imagem figurada do terreno dá-se o nome de *Planta ou Plano Topográfico*. (ESPARTEL, 1987).

A figura abaixo (ESPARTEL, 1987) representa exatamente a relação da superfície terrestre e de sua projeção sobre o papel.

SUPERFÍCIE TOPOGRÁFICA - PLANTA TOPOGRÁFICA



1.3. **Divisão**

O levantamento topográfico pode ser dividido em :

- Levantamento topográfico **PLANIMÉTRICO**, compreendendo o conjunto de operações necessárias para a determinação de pontos e feições do terreno que serão projetados sobre um plano horizontal de referência através de suas coordenadas X e Y (representação bidimensional), e,

- Levantamento topográfico **ALTIMÉTRICO**, compreendendo o conjunto de operações necessárias para a determinação de pontos e feições do terreno que, além de serem projetados sobre um plano horizontal de referência, terão sua representação em relação a um plano de referência vertical ou de nível através de suas coordenadas X, Y e Z (representação tridimensional).

Ao conjunto de métodos abrangidos pela *planimetria* e pela *altimetria* dá-se o nome de **TOPOMETRIA** (mais conhecida como Planialtimetria).

A **TOPOLOGIA**, por sua vez, utilizando-se dos dados obtidos através da *topometria*, tem por objetivo o estudo das formas da superfície terrestre e das leis que regem o seu modelado.

É conveniente ressaltar que os levantamentos planimétricos e/ou altimétricos são definidos e executados em função das especificações dos projetos. Assim, um projeto poderá exigir somente levantamentos planimétricos, ou, somente levantamentos altimétricos, ou ainda, ambos os levantamentos.

2. **Modelos Terrestres**

No estudo da forma e dimensão da Terra, podemos considerar quatro tipos de *superfície ou modelo* para a sua representação. São eles:

a)**Modelo Real**

Este modelo permitiria a representação da Terra tal qual ela se apresenta na realidade, ou seja, sem as deformações que os outros modelos apresentam.

No entanto, devido à irregularidade da superfície terrestre, o *modelo real* não dispõe, até o momento, de *definições matemáticas* adequadas à sua representação. Em função disso, outros *modelos* menos complexos foram desenvolvidos.

b)**Modelo Geoidal**

Permite que a superfície terrestre seja representada por uma *superfície fictícia* definida pelo prolongamento do nível médio dos mares (**NMM**) por sobre os continentes. Este modelo, evidentemente, irá apresentar a superfície do terreno deformada em relação à sua forma e posição reais.

O modelo geoidal é determinado, matematicamente, através de medidas gravimétricas (força da gravidade) realizadas sobre a superfície terrestre. Os levantamentos gravimétricos, por sua vez, são específicos da Geodésia e, portanto, não serão abordados por esta disciplina.

c)**Modelo Elipsoidal**

É o mais usual de todos os modelos que serão apresentados. Nele, a Terra é representada por uma superfície gerada a partir de um elipsóide de revolução, com deformações relativamente maiores que o modelo geoidal.

Entre os elipsóides mais utilizados para a representação da superfície terrestre estão os de Bessel (1841), Clarke (1858), Helmet (1907), Hayford (1909) e o Internacional 67 (1967).

No Brasil, as cartas produzidas no período de 1924 até meados da década de 80 utilizaram como referência os parâmetros de *Hayford*. A partir desta época, as cartas produzidas passaram a adotar como referência os *parâmetros* definidos pelo *Geodetic Reference System* - **GRS 67**, mais conhecido como *Internacional 67*. São eles:

DATUM = SAD 69 (CHUÁ); a = 6.378.160 m; f = 1 - b/a = 1 / 298,25

Onde:

DATUM: é um sistema de referência utilizado para o cômputo ou correlação dos resultados de um levantamento. Existem dois tipos de *datums*: o vertical e o horizontal. O *datum vertical* é uma superfície de nível utilizada no referenciamento das *altitudes* tomadas sobre a superfície terrestre. O *datum horizontal*, por sua vez, é utilizado no referenciamento

das *posições* tomadas sobre a superfície terrestre. Este último é definido: pelas coordenadas geográficas de um ponto inicial, pela direção da linha entre este ponto inicial e um segundo ponto especificado, e pelas duas dimensões (**a** e **b**) que definem o elipsóide utilizado para representação da superfície terrestre.

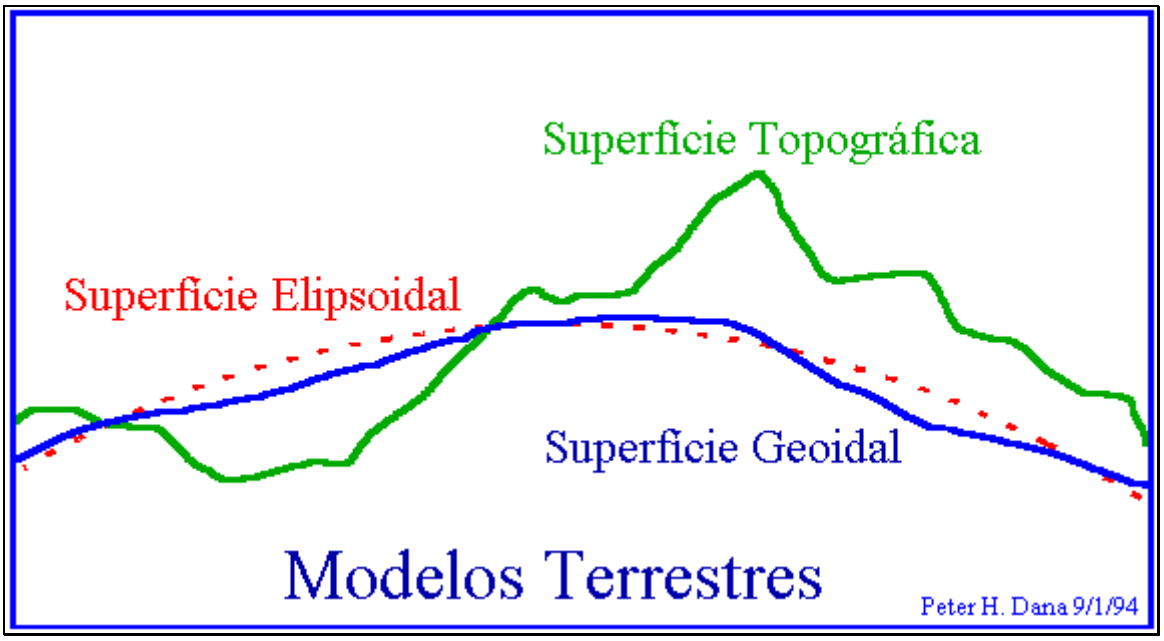
SAD: **S**outh **A**merican **D**atum, oficializado para uso no Brasil em 1969, é representado pelo vértice Chuá, situado próximo à cidade de Uberaba-MG.

a: é a dimensão que representa o semi-eixo maior do elipsóide (em metros).

b: é a dimensão que representa o semi-eixo menor do elipsóide (em metros).

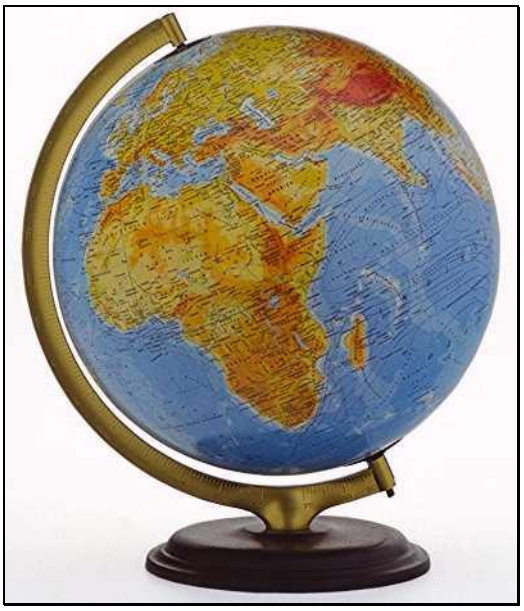
f: é a relação entre o semi-eixo menor e o semi-eixo maior do elipsóide, ou seja, o seu achatamento.

A figura abaixo mostra a relação existente entre a superfície topográfica ou real, o elipsóide e o geóide para uma mesma porção da superfície terrestre.



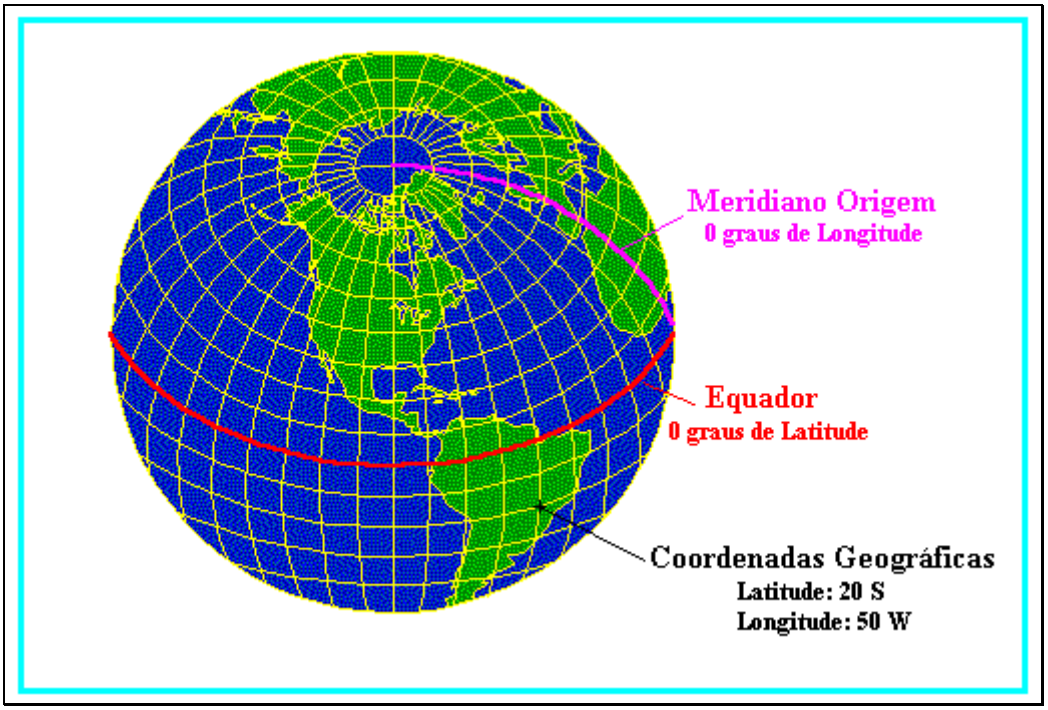
d)**Modelo Esférico**

Este é um modelo bastante simples, onde a Terra é representada como se fosse uma esfera. O produto desta representação, no entanto, é o mais distante da realidade, ou seja, o terreno representado segundo este modelo apresenta-se bastante deformado no que diz respeito à forma das suas feições e à posição relativa das mesmas. Um exemplo deste tipo de representação são os globos encontrados em livrarias e papelarias.



Uma vez analisados os modelos utilizados para representação da superfície terrestre e tendo como princípio que o *Elipsóide de Revolução* é o modelo que mais se assemelha à figura da Terra, é importante conhecer os seus elementos básicos.

A figura abaixo permite reconhecer os seguintes elementos:



Linha dos Pólos ou Eixo da Terra: é a reta que une o pólo Norte ao pólo Sul e em torno do qual a Terra gira. (Movimento de Rotação)

Equador: é o *círculo máximo* da Terra, cujo plano é normal à linha dos pólos.

Paralelos: são os *círculos* cujos planos são paralelos ao plano do equador. Os Paralelos mais importantes são: Trópico de Capricórnio (ϕ = 23°23'S) e Trópico de Câncer (ϕ = 23°23'N).

Meridianos: são as *seções elípticas* cujos planos contém a linha dos pólos e que são normais aos paralelos.

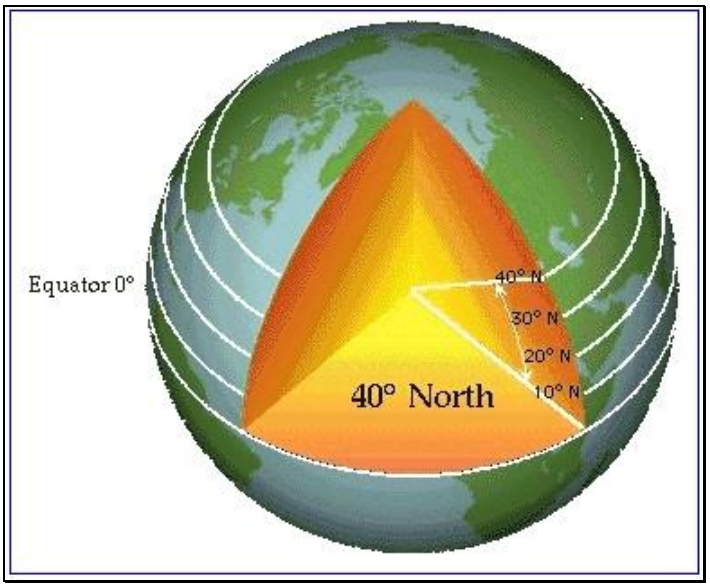
Vertical do Lugar: é a linha que passa por um ponto da superfície terrestre (em direção ao centro do planeta) e que é normal à superfície representada pelo Geóide naquele ponto. Esta linha é materializada pelo "*fio de prumo*" dos equipamentos de medição (teodolito, estação, nível, etc.), ou seja, é a direção na qual atua a força da gravidade.

Normal ao Elipsóide: é toda linha reta perpendicular à superfície do elipsóide de referência. Esta linha possui um *desvio* em relação à *vertical do lugar*.

Pontos da Vertical do Lugar: o ponto (**Z = ZÊNITE**) se encontra no infinito superior, e o ponto (**Z' = NADIR**) no infinito inferior da vertical do lugar. Estes pontos são importantes na definição de alguns equipamentos topográficos (teodolitos) que têm a medida dos ângulos verticais com origem em **Z** ou em **Z'**.

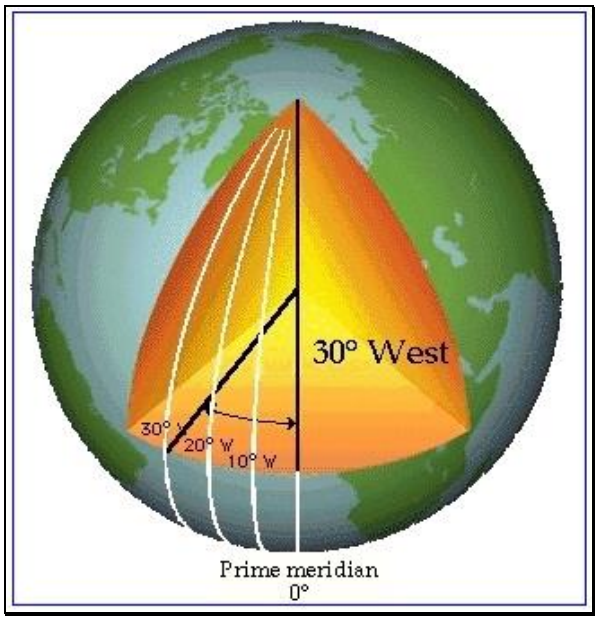
Plano Horizontal do Observador: é o plano tangente à superfície terrestre ou topográfica num ponto qualquer desta superfície.

Latitude(ϕ): de um ponto da superfície terrestre é o ângulo formado entre o paralelo deste ponto e o plano do equador. Sua contagem é feita com origem no equador e varia de 0° a 90°, positivamente para o norte (N) e negativamente para o sul (S).



Longitude(λ): de um ponto da superfície terrestre é o ângulo formado entre o meridiano de origem, conhecido por Meridiano de Greenwich (na Inglaterra), e o meridiano

do lugar (aquele que passa pelo ponto em questão). Sua contagem é feita de 0° a 180°, positivamente para oeste (W ou O) e negativamente para leste (E ou L).



Coordenadas Geográficas (ϕ,λ): é o nome dado aos valores de latitude e longitude que definem a posição de um ponto na superfície terrestre. Estes valores dependem do elipsóide de referência utilizado para a projeção do ponto em questão.

As cartas normalmente utilizadas por engenheiros em diversos projetos ou obras apresentam, além do sistema que expressa as *coordenadas geográficas* referidas anteriormente, um outro sistema de projeção conhecido por **UTM** – *Universal Transversa de Mercator*.

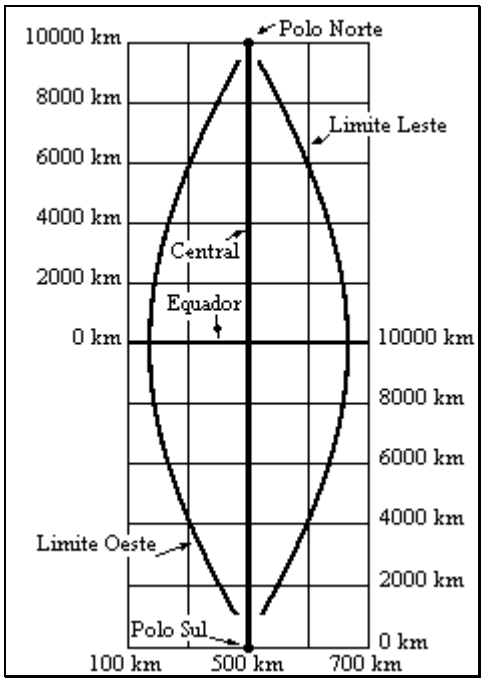
Coordenadas UTM (**E**,**N**): é o nome dado aos valores de abcissa (E) e ordenada (N) de um ponto sobre a superfície da Terra, quando este é projetado sobre um cilindro tangente ao elipsóide de referência. O cilindro tangencia o Equador, assim dividido em 60 arcos de 6° (60 x 6° = 360°). Cada arco representa um fuso UTM e um sistema de coordenadas com origem no meridiano central ao fuso, que para o hemisfério sul, constitui-se dos valores de 500.000m para (E) e 10.000.000m para (N).

A figura a seguir mostra um fuso de 6°, o seu meridiano central e o *grid* de coordenadas UTM.

A origem do sistema UTM se encontra no centro do fuso.

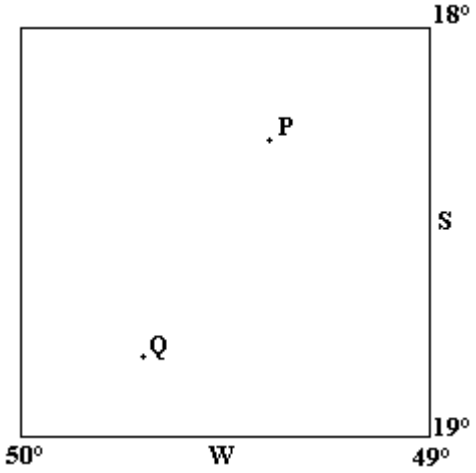
Para o Hemisfério Norte as ordenadas variam de 0 a 10.000 km enquanto para o Hemisfério Sul variam de 10.000 a 0 km.

As abscissas variam de 500 a 100 km à Oeste do Meridiano Central e de 500 a 700 km a Leste do mesmo.

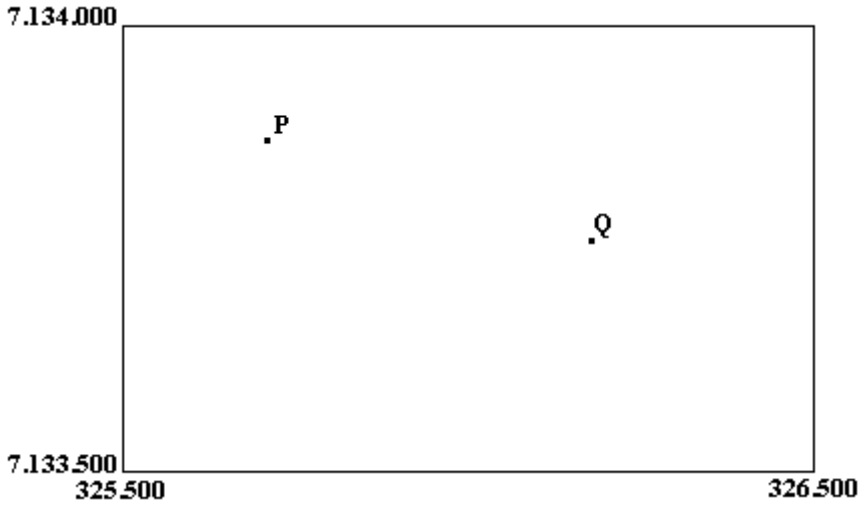


2.1. **Exercícios**

1.Se as cidades de "São João Batista" e "Imbuzinho" encontram-se representadas pelos pontos **P** e **Q**, respectivamente, determine as coordenadas geográficas (ϕ,λ) destes pontos, marcados na quadrícula a seguir, utilizando o método da interpolação numérica.



2.Determine as coordenadas planas UTM (E,N) dos pontos **P** e **Q** marcados na quadrícula a seguir, utilizando o método da interpolação numérica. Note que a quadrícula UTM difere da quadrícula geográfica em tamanho e na unidade de representação (uma está em metros e a outra em valores de ângulo).



3. **Erros em Topografia**

Por melhores que sejam os equipamentos e por mais cuidado que se tome ao proceder um levantamento topográfico, as medidas obtidas jamais estarão isentas de erros.

Assim, os erros pertinentes às medições topográficas podem ser classificados como:

a)**Naturais:** são aqueles ocasionados por fatores ambientais, ou seja, temperatura, vento, refração e pressão atmosféricas, ação da gravidade, etc.. Alguns destes erros são classificados como *erros sistemáticos* e dificilmente podem ser evitados. São passíveis de correção desde que sejam tomadas as devidas precauções durante a medição.

b)**Instrumentais**: são aqueles ocasionados por defeitos ou imperfeições dos instrumentos ou aparelhos utilizados nas medições. Alguns destes erros são classificados como *erros acidentais* e ocorrem ocasionalmente, podendo ser evitados e/ou corrigidos com a aferição e calibragem constante dos aparelhos.

c)**Pessoais**: são aqueles ocasionados pela falta de cuidado do operador. Os mais comuns são: erro na leitura dos ângulos, erro na leitura da régua graduada, na contagem do número de trenadas, ponto visado errado, aparelho fora de prumo, aparelho fora de nível, etc.. São classificados como *erros grosseiros* e não devem ocorrer jamais pois não são passíveis de correção.

É importante ressaltar que alguns erros se anulam durante a medição ou durante o processo de cálculo. Portanto, um levantamento que aparentemente não apresenta erros, não significa estar necessariamente correto.

4. **Grandezas Medidas num Levantamento Topográfico**

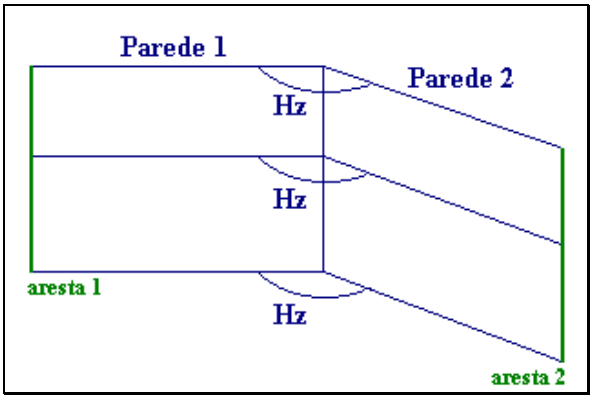
Segundo GARCIA e PIEDADE (1984) as grandezas medidas em um levantamento topográfico podem ser de dois tipos: angulares e lineares.

4.1. **Grandezas Angulares**

São elas:

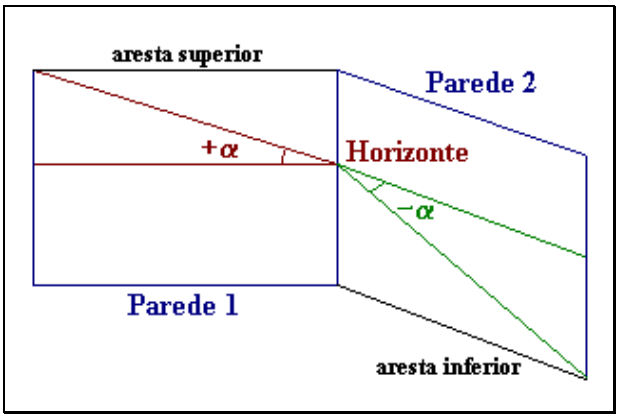
- **Ângulo Horizontal** (**Hz**): é medido entre as projeções de dois alinhamentos do terreno, no plano horizontal.

A figura a seguir exemplifica um ângulo horizontal medido entre as arestas (1 e 2) de duas paredes de uma edificação. O ângulo horizontal é o mesmo para os três planos horizontais mostrados.



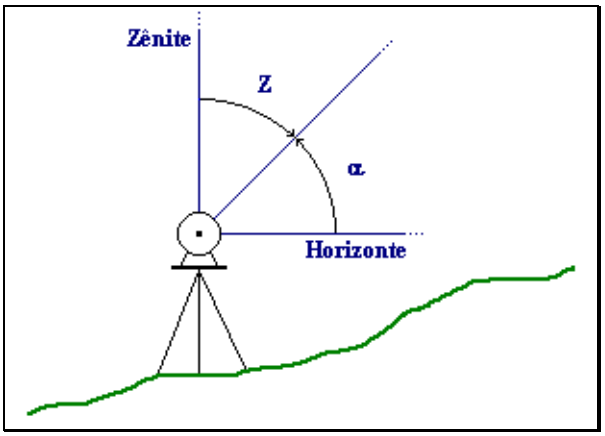
- **Ângulo Vertical** (α): é medido entre um alinhamento do terreno e o plano do horizonte. Pode ser *ascendente* (+) ou *descendente* (-), conforme se encontre acima (aclive) ou abaixo (declive) deste plano.

A figura a seguir exemplifica ângulos verticais medidos entre a aresta superior (Parede 1) e inferior (Parede 2) das paredes de uma edificação e o plano do horizonte. Os ângulos medidos não são iguais e dependem da posição (altura) do plano do horizonte em relação às arestas em questão.



O ângulo vertical, nos equipamentos topográficos modernos (teodolito e estação total), pode também ser medido a partir da *vertical do lugar* (com origem no Zênite ou Nadir), daí o ângulo denominar-se **Ângulo Zenital** (**V** ou **Z**) ou **Nadiral** (**V'** ou **Z'**).

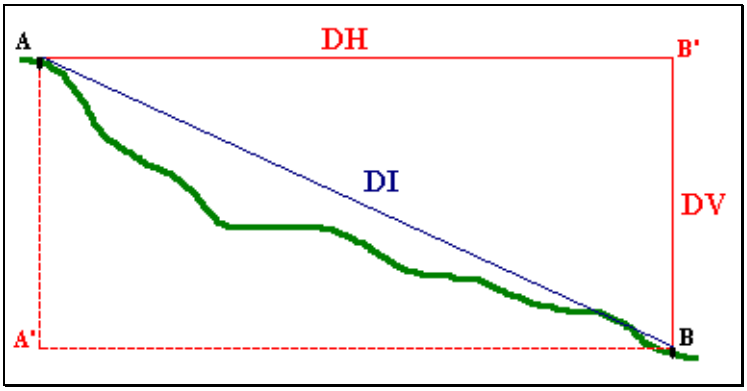
A figura abaixo (RODRIGUES, 1979) mostra a relação entre ângulos verticais e zenitais. Os processos de transformação entre eles serão estudados mais adiante.



4.2. **Grandezas Lineares**

São elas:

- **Distância Horizontal** (**DH**): é a distância medida entre dois pontos, no plano horizontal. Este plano pode, conforme indicado na figura a seguir (GARCIA, 1984), passar tanto pelo ponto **A**, quanto pelo ponto **B** em questão.



- **Distância Vertical ou Diferença de Nível** (**DV** ou **DN**): é a distância medida entre dois pontos, num plano vertical que é perpendicular ao plano horizontal. Este plano vertical pode passar por qualquer um dos pontos **A/A'** ou **B/B'** já mencionados.

- **Distância Inclinada** (**DI**): é a distância medida entre dois pontos, em planos que seguem a inclinação da superfície do terreno.

É importante relembrar que as grandezas representadas pela *planimetria* são: *distância e ângulo horizontais* (planta); enquanto as grandezas representadas pela *altimetria* são: *distância e ângulo verticais*, representados em planta através das curvas de nível, ou, através de um perfil.

5. **Unidades de Medida**

Em Topografia, são medidas duas espécies de grandezas, as *lineares* e as *angulares*, mas, na verdade, outras duas espécies de grandezas são também trabalhadas, as de *superfície* e as de *volume*.

A seguir encontram-se as *unidades* mais comumente utilizadas para expressar cada uma das grandezas mencionadas.

O sistema de unidades utilizado no Brasil é o *Métrico Decimal*, porém, em função dos equipamentos e da bibliografia utilizada, na sua grande maioria importada, algumas unidades relacionadas abaixo apresentarão seus valores correspondentes no sistema *Americano*, ou seja, em *Pés/Polegadas*.

5.1. **Unidades de Medida Linear**

μm(E-06), mm(E-03), cm(E-02), dm(E-01), m e Km(E+03)

polegada = 2,75 cm = 0,0275 m

polegada inglesa = 2,54 cm = 0,0254 m

pé = 30,48cm = 0,3048 m

jarda = 91,44cm = 0,9144m

milha brasileira = 2200 m

milha terrestre/inglesa = 1609,31 m

5.2. **Unidades de Medida Angular**

Para as medidas angulares têm-se a seguinte relação:

$$\boxed{\mathbf{360° = 400g = 2\pi}}$$

onde π = 3,141592.

Atenção: As unidades angulares devem ser trabalhadas sempre com seis (6) casas decimais. As demais unidades, com duas (2) casas decimais.

5.3. **Unidades de Medida de Superfície**

cm^2(E-04), m^2 e Km^2(E+06)

are = 100 m^2

acre = 4.046,86 m^2

hectare (ha) = 10.000 m^2

alqueire paulista (menor) = 2,42 ha = 24.200 m^2

alqueire mineiro (geométrico) = 4,84 ha = 48.400 m^2

5.4. **Unidades de Medida de Volume**

m^3

litro = 0,001 m^3

5.5. **Exercícios**

a)**Conversão entre Unidades Lineares**

1.Tem-se para a medida da distância horizontal entre dois pontos o valor de 1.290,9078 *polegadas*. Qual seria o valor desta mesma medida em *quilômetros*?

2.O lado de um terreno mede 26,50 *metros*. Qual seria o valor deste mesmo lado em *polegadas inglesas*?

3.Determine o valor em *milhas inglesas*, para uma distância horizontal entre dois pontos de 74,9 *milhas brasileiras*.

b)**Conversão entre Unidades de Superfície**

1.Determine o valor em *alqueires menor*, para um terreno de área igual a 1224,567 *metros quadrados*.

2.Determine o valor em *hectares*, para um terreno de área igual a 58.675,5678 *metros quadrados*.

3.Determine o valor em *acres*, para um terreno de área igual a 18,15 *alqueires paulista*.

c)**Conversão entre Unidades Angulares**

1.Determine o valor em *grados centesimais* (centésimos e milésimos de grado) e em *radianos* para o ângulo de 157°17'30,65".

2.Para um ângulo de 1,145678 *radianos*, determine qual seria o valor correspondente em *graus sexagesimais*.

3.Para um ângulo de 203,456789 *grados decimais*, determine qual seria o valor correspondente em *graus decimais*.

d)**Conversão entre Unidades de Volume**

1.Determine o valor em *litros*, para um volume de 12,34 m^3.

2.Determine o valor em m^3, para um volume de 15.362,56 *litros*.

5.6. **Exercícios Propostos**

1.Dado o ângulo de 1,573498 radianos, determine o valor correspondente em grados decimais.

2.Sabendo-se que um alqueire geométrico eqüivale a um terreno de 220mx220m; que um acre eqüivale a 4046,86m^2; e que uma porção da superfície do terreno medida possui 3,8 alqueires geométrico de área, determine a área desta mesma porção, em acres.

3.Dado o ângulo de 120°35′48″, determine o valor correspondente em grados centesimais.

6. **Desenho Topográfico e Escala**

Segundo ESPARTEL (1987) o *desenho topográfico* nada mais é do que a projeção de todas as medidas obtidas no terreno sobre o plano do papel.

Neste desenho, os **ângulos** são representados em **verdadeira grandeza** (VG) e as **distâncias** são **reduzidas** segundo uma razão constante.

A esta razão constante denomina-se *ESCALA*.

A escala de uma planta ou desenho é definida pela seguinte relação:

$$\boxed{\mathbf{E} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{M}} = \frac{\ell}{\mathbf{L}}}$$

Onde:

"**L**" representa qualquer comprimento *linear real*, medido sobre o terreno.

"ℓ" representa um comprimento *linear gráfico* qualquer, medido sobre o papel, e que correspondente ao comprimento medido sobre o terreno.

"**M**" é denominado *Título* ou *Módulo* da escala e representa o inverso de (ℓ / **L**).

A escala pode ser apresentada sob a forma de:

- **fração** : 1/100, 1/2000 etc. ou
- **proporção** : 1:100, 1:2000 etc.

Podemos dizer ainda que a escala é:

- de **ampliação** : quando $\ell > L$ (Ex.: 2:1)
- **natural** : quando $\ell = L$ (Ex.: 1:1)
- de **redução** : quando $\ell < L$ (Ex.: 1:50)

7. **Critérios para a Escolha da Escala de uma Planta**

Se, ao se levantar uma determinada *porção* da superfície terrestre, deste levantamento, resultarem algumas medidas de distâncias e ângulos, estas medidas poderão ser representadas sobre o papel segundo:

7.1. **O Tamanho da Folha Utilizada**

Para a representação de uma porção *bidimensional* (área) do terreno, terão que ser levadas em consideração as dimensões reais desta (em largura e comprimento), bem como, as dimensões *x* e *y* do papel onde ela (a porção) será projetada. Assim, ao aplicar a relação fundamental de escala, ter-se-á como resultado duas escalas, uma para cada eixo. A escala escolhida para melhor representar a porção em questão deve ser aquela de maior módulo, ou seja, cuja razão seja menor.

É importante ressaltar que os tamanhos de folha mais utilizados para a representação da superfície terrestre seguem as normas da ABNT, que variam do tamanho A0 (máximo) ao A5 (mínimo).

7.2. **O Tamanho da Porção de Terreno Levantado**

Quando a porção levantada e a ser projetada é bastante extensa e, se quer representar convenientemente todos os detalhes naturais e artificiais a ela pertinentes, procura-se, ao invés de reduzir a escala para que toda a porção caiba numa única folha de papel, dividir esta porção em partes e representar cada parte em uma folha. É o que se denomina *representação parcial*.

A escolha da escala para estas representações parciais deve seguir os critérios abordados no item anterior.

7.3. **O Erro de Graficismo ou Precisão do Levantamento**

Segundo DOMINGUES (1979) o *Erro de Graficismo* (ε), também chamado de ***Precisão Gráfica***, é o nome dado ao raio do menor círculo no interior do qual se pode marcar um ponto com os recursos do desenho técnico.

O valor de (ε), para os levantamentos topográficos desenhados manualmente, é da ordem de 0,2mm (1/5mm). Para desenhos efetuados por plotadores automáticos, este erro, em função da resolução do plotador, poderá ser maior ou menor.

Assim, a escala escolhida para representar a porção do terreno levantada, levando em consideração o erro de graficismo, pode ser definida pela relação:

$$\boxed{\mathbf{E} \leq \frac{\boldsymbol{\varepsilon}}{\mathbf{P}}}$$

Onde:

P: é a incerteza, erro ou *precisão* do levantamento topográfico, medida em metros, e que não deve aparecer no desenho.

Por exemplo: a representação de uma região na escala 1:50.000, considerando o erro de graficismo igual a 0,2mm, permite que a posição de um ponto do terreno possa ser determinada com um erro relativo de até 10m sem que isto afete a precisão da carta.

Analogamente, para a escala 1:5.000, o erro relativo permitido em um levantamento seria de apenas 1m.

Desta forma, pode-se concluir que o erro admissível na determinação de um ponto do terreno diminui à medida em que a escala aumenta.

7.4. **Escala Gráfica**

Segundo DOMINGUES (1979), a *escala gráfica* é a representação gráfica de uma escala nominal ou numérica.

Esta forma de representação da escala é utilizada, principalmente, para fins de acompanhamento de ampliações ou reduções de plantas ou cartas topográficas, em processos fotográficos comuns ou xerox, cujos produtos finais não correspondem à escala nominal neles registrada.

A escala gráfica é também utilizada no acompanhamento da dilatação ou retração do papel no qual o desenho da planta ou carta foi realizado. Esta dilatação ou retração se deve,

normalmente, a alterações ambientais ou climáticas do tipo: variações de temperatura, variações de umidade, manuseio, armazenamento, etc..

Ainda segundo DOMINGUES (1979) a escala gráfica fornece, rapidamente e sem cálculos, o valor real das medidas executadas sobre o desenho, qualquer que tenha sido a redução ou ampliação sofrida por este.

A construção de uma escala gráfica deve obedecer os seguintes critérios:

1) Conhecer a escala nominal da planta.
2) Conhecer a unidade e o intervalo de representação desta escala.
3) Traçar uma linha reta **AB** de comprimento igual ao intervalo na escala da planta.
4) Dividir esta linha em 5 ou 10 partes iguais.
5) Traçar à esquerda de **A** um segmento de reta de comprimento igual a 1 (um) intervalo.
6) Dividir este segmento em 5 ou 10 partes iguais.
7) Determinar a precisão gráfica da escala.

Exemplo: supondo que a escala de uma planta seja 1:100 e que o intervalo de representação seja de 1m, a escala gráfica correspondente terá o seguinte aspecto:

ESCALA 1:100

A figura a seguir mostra outros tipos de representação da escala gráfica.

7.5. **Principais Escalas e suas Aplicações**

A seguir encontra-se um quadro com as principais escalas utilizadas por engenheiros e as suas respectivas aplicações.

É importante perceber que, dependendo da escala, a denominação da representação muda para *planta*, *carta* ou *mapa*.

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 1:1.000

Planta de propriedades rurais	1:1.000 1:2.000 1:5.000
Planta cadastral de cidades e grandes propriedades rurais ou industriais	1:5.000 1:10.000 1:25.000
Cartas de municípios	1:50.000 1:100.000
Mapas de estados, países, continentes etc.	1:200.000 a 1:10.000.000

7.6. **Exercícios**

1.Para representar, no papel, uma linha reta que no terreno mede 45m, utilizando-se a escala 1:450, pergunta-se: qual será o valor desta linha em cm?

2.A distância entre dois pontos, medida sobre uma planta topográfica, é de 520mm. Sabendo-se que, no terreno, estes pontos estão distantes 215,5m, determine qual seria a escala da planta.

3.A distância entre dois pontos, medida sobre uma planta topográfica, é de 55cm. Para uma escala igual a 1:250, qual será o valor real desta distância?

4.Se a avaliação de uma área resultou em 2575cm^2 na escala 1:500, a quantos m^2 corresponderá esta mesma área, no terreno?

5.A área limite de um projeto de Engenharia corresponde a 25 km^2. Determine a escala do projeto em questão, se a área representada equivale a 5000 cm^2.

6.Construa uma escala gráfica para a escala nominal 1:600.

7.Construa uma escala gráfica para a escala nominal 1:25.000.

8.Construa uma escala gráfica para a escala numérica 1:1.000.000.

9.Quantas folhas de papel tamanho A4 serão necessárias para representar uma superfície de 350m x 280m, na escala 1:500?

10.Quantas folhas seriam necessárias se, para o exercício anterior, fossem descontadas margens de 20mm para cada lado da folha?

11.Quantas folhas seriam necessárias se, para o exercício anterior, a folha utilizada fosse a A4 deitada?

12.Pesquise em plantas, cartas e mapas de várias escalas, as características de construção e representação das escalas gráficas utilizadas (intervalo, unidade, comprimento).

8. **Medida de Distâncias**

Como já foi visto, a distância horizontal (**DH**) entre dois pontos, em Topografia, é o comprimento do segmento de reta entre estes pontos, projetado sobre um plano horizontal.

Para a obtenção desta distância, existem alguns processos, os quais veremos a seguir.

8.1. **Medida Direta de Distâncias**

Alguns autores afirmam que o processo de medida de distâncias é direto, quando esta distância é determinada em *comparação a uma grandeza padrão* previamente estabelecida; outros autores, porém, afirmam que a medição é direta quando o instrumento de medida utilizado é aplicado diretamente sobre o terreno.

Segundo ESPARTEL (1987) os principais *dispositivos* utilizados na medida direta de distâncias, também conhecidos por **DIASTÍMETROS**, são os seguintes:

a)**Fita e Trena de Aço**

- são feitas de uma lâmina de aço inoxidável;
- a trena é graduada em metros, centímetros e milímetros só de um lado;
- a fita é graduada a cada metro; o meio metro (0,5m) é marcado com um furo e somente o início e o final da fita são graduados em decímetros e centímetros;
- a largura destas fitas ou trenas varia de 10 a 12mm;
- o comprimento das utilizadas em levantamentos topográficos é de 30, 60, 100 e 150 metros;
- o comprimento das de bolso varia de 1 a 7,50 metros (as de 5 metros são as mais utilizadas);
- normalmente apresentam-se enroladas em um tambor (figura a seguir) ou cruzeta, com cabos distensores nas extremidades;
- por serem leves e praticamente indeformáveis, os levantamentos realizados com este tipo de dispositivo nos fornecem uma maior precisão nas medidas, ou seja, estas medidas são mais confiáveis;
- desvantagens: as de fabricação mais antiga, enferrujam com facilidade e, quando esticadas com nós, se rompem facilmente. Além disso, em caso de contato com a rede elétrica, podem causar choques;
- as mais modernas, no entanto, são revestidas de *nylon* ou *epoxy* e, portanto, são resistentes à umidade, à produtos químicos, à produtos oleosos e à temperaturas extremas. São duráveis e inquebráveis.

b)**Trena de Lona**

- é feita de pano oleado ao qual estão ligados fios de arame muito finos que lhe dão alguma consistência e invariabilidade de comprimento;
- é graduada em metros, centímetros e milímetros em um ou ambos os lados e com indicação dos decímetros;
- o comprimento varia de 20 a 50 metros;
- não é um dispositivo preciso pois deforma com a temperatura, tensão e umidade (encolhe e mofa);
- pouquíssimo utilizada atualmente.

c)**Trena de Fibra de Vidro**

- é feita de material bastante resistente (produto inorgânico obtido do próprio vidro por processos especiais);
- conforme figura a seguir, pode ser encontrada com ou sem envólucro e, este, se presente, tem o formato de uma cruzeta; sempre apresentam distensores (manoplas) nas suas extremidades;
- seu comprimento varia de 20 a 50m (com envólucro) e de 20 a 100m (sem envólucro);
- comparada à trena de lona, deforma menos com a temperatura e a tensão;
- não se deteriora facilmente;
- é resistente à umidade e à produtos químicos;
- é bastante prática e segura.

Apesar da qualidade e da grande variedade de diastímetros disponíveis no mercado, toda medida direta de distância só poderá ser realizada se for feito uso de alguns **ACESSÓRIOS** especiais.

Segundo ESPARTEL (1987) os principais são:

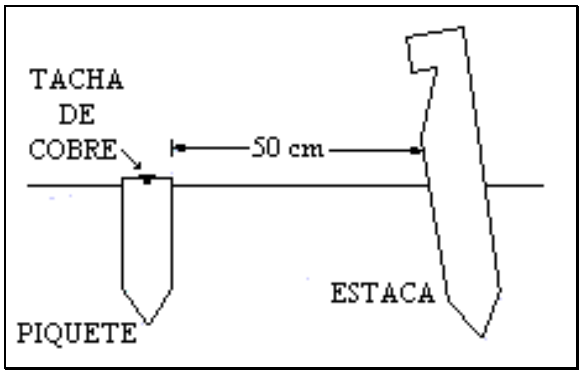
a)**Piquetes**

- são necessários para marcar, convenientemente, os extremos do alinhamento a ser medido;
- são feitos de madeira roliça ou de seção quadrada com a superfície no topo plana;
- são assinalados (marcados) por tachinhas de cobre;
- seu comprimento varia de 15 a 30cm;
- seu diâmetro varia de 3 a 5cm;
- é cravado no solo, porém, parte dele (cerca de 3 a 5cm) deve permanecer visível;
- sua principal função é a materialização de um ponto topográfico no terreno.

Obs.: Nos EUA, em lugar do tradicional piquete de madeira, os pontos topográficos são materializados por *pinos de metal*, bem mais resistentes e com a vantagem de poderem ser cravados em qualquer tipo de solo ou superfície.

b)**Estacas**

- conforme figura abaixo (PINTO, 1988), são utilizadas como *testemunhas* da posição do piquete;
- são cravadas próximas ao piquete cerca de 30 a 50cm;
- seu comprimento varia de 15 a 40cm;
- seu diâmetro varia de 3 a 5cm;
- são chanfradas na parte superior para permitir uma inscrição numérica ou alfabética, que pertence ao piquete testemunhado.



c)**Fichas**

- são utilizadas na marcação dos lances efetuados com o diastímetro quando a distância a ser medida é superior ao comprimento deste;
- são hastes de ferro ou aço;
- seu comprimento é de 35 ou 55cm;
- seu diâmetro é de 6mm;
- conforme figura a seguir, uma das extremidades é pontiaguda e a outra é em formato de argola, cujo diâmetro varia de 5 a 8cm.

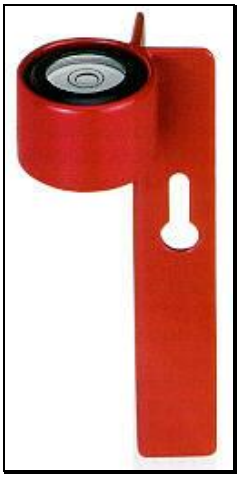
d)**Balizas**

- são utilizadas para manter o alinhamento, na medição entre pontos, quando há necessidade de se executar vários lances com o diastímetro;
- conforme figura a seguir, são feitas de madeira ou ferro; arredondado, sextavado ou oitavado;

- são terminadas em ponta guarnecida de ferro;
- seu comprimento é de 2 metros;
- seu diâmetro varia de 16 a 20mm;
- são pintadas em cores contrastantes (branco e vermelho ou branco e preto) para permitir que sejam facilmente visualizadas à distância;
- devem ser mantidas na posição vertical, sobre a tachinha do piquete, com auxílio de um **nível de cantoneira**.

e)**Nível de Cantoneira**

- aparelho em forma de cantoneira e dotado de bolha circular que permite à pessoa que segura a baliza posicioná-la corretamente (verticalmente) sobre o piquete ou sobre o alinhamento a medir.



f)**Barômetro de Bolso**

- aparelho que se destina à medição da pressão atmosférica (em mb = milibares) para fins de correção dos valores obtidos no levantamento;
- atualmente estes aparelhos são digitais e, além de fornecerem valores de pressão, fornecem valores de altitude com precisão de 0,10m (figura a seguir).

g)**Dinamômetro**

- aparelho que se destina à medição das tensões que são aplicadas aos diastímetros para fins de correção dos valores obtidos no levantamento;
- as correções são efetuadas em função do *coeficiente de elasticidade* do material com que o diastímetro foi fabricado.

h)**Termômetro**

- aparelho que se destina à medição da temperatura do ar (°C) no momento da medição para fins de correção dos valores obtidos no levantamento;
- as correções são efetuadas em função do *coeficiente de dilatação* do material com que o diastímetro foi fabricado.

i)**Nível de Mangueira**

- é uma mangueira d'água transparente que permite, em função do nível de água das extremidades, proceder a medida de distâncias com o diastímetro na posição horizontal. Este tipo de mangueira é também muito utilizado na construção civil em serviços de nivelamento (piso, teto, etc.).

j)**Cadernetas de Campo**

- é um documento onde são registrados todos os elementos levantados no campo (leituras de distâncias, ângulos, régua, croquis dos pontos, etc.);
- normalmente são padronizadas, porém, nada impede que a empresa responsável pelo levantamento topográfico adote cadernetas que melhor atendam suas necessidades.

Com relação aos seguintes acessórios mencionados: *barômetro*, *termômetro* e *dinamômetro*; pode-se afirmar que os mesmos são raramente utilizados atualmente para correções das medidas efetuadas com diastímetros. Isto se deve ao fato destes dispositivos terem sido substituídos, com o passar dos anos, pelos equipamentos eletrônicos, muito mais precisos e fáceis de operar. Contudo, os diastímetros são ainda largamente empregados em

levantamentos que não exigem muita precisão, ou, simplesmente, em missões de reconhecimento.

8.2. **Precisão e Cuidados na Medida Direta de Distâncias**

Segundo DOMINGUES (1979) a precisão com que as distâncias são obtidas depende, principalmente:

- do dispositivo de medição utilizado,
- dos acessórios, e
- dos cuidados tomados durante a operação.

E, segundo RODRIGUES (1979), os cuidados que se deve tomar quando da realização de medidas de distâncias com diastímetros são:

- que os operadores se mantenham no alinhamento a medir,
- que se assegurem da horizontalidade do diastímetro, e
- que mantenham tensão uniforme nas extremidades.

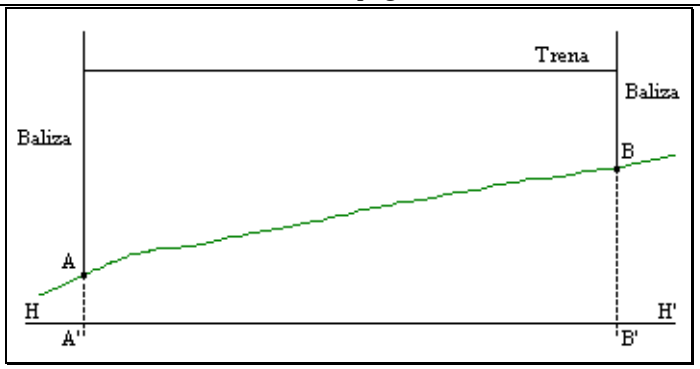
A tabela abaixo fornece a precisão que é conseguida quando se utilizam diastímetros em um levantamento, levando-se em consideração os efeitos da tensão, da temperatura, da horizontalidade e do alinhamento.

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

8.3. **Métodos de Medida com Diastímetros**

8.3.1. **Lance Único - Pontos Visíveis**

Segundo GARCIA (1984) e analisando a figura a seguir, na medição da distância horizontal entre os pontos **A** e **B**, procura-se, na realidade, medir a projeção de **AB** no plano topográfico horizontal **HH'**. Isto resulta na medição de **A'B'**, paralela a **AB**.



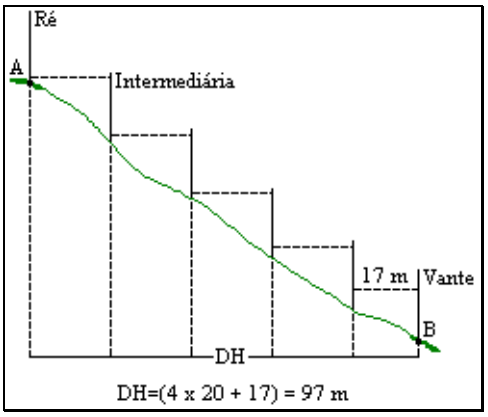
Para realizar esta medição recomenda-se uma equipe de trabalho com:

- duas pessoas para tensionar o diastímetro (uma em cada extremidade);
- uma pessoa para fazer as anotações (dispensável).

A distância **DH** (entre os pontos **A'** e **B'**) é igual à fração indicada pelo diastímetro.

8.3.2. **Vários Lances - Pontos Visíveis**

Segundo GARCIA (1984) e analisando a figura a seguir, o balizeiro de ré (posicionado em A) orienta o balizeiro intermediário, cuja posição coincide com o final do diastímetro, para que este se mantenha no alinhamento.



Depois de executado o lance, o balizeiro intermediário marca o final do diastímetro com uma ficha. O balizeiro de ré, então, ocupa a posição do balizeiro intermediário, e este, por sua vez, ocupará nova posição ao final do diastímetro. Repete-se o processo de deslocamento das balizas (ré e intermediária) e de marcação dos lances até que se chegue ao ponto B.

É de máxima importância que, durante a medição, os balizeiros se mantenham sobre o alinhamento **AB**.

Para realizar esta medição recomenda-se uma equipe de trabalho com:

- duas pessoas para tensionar o diastímetro (uma em cada extremidade).
- um balizeiro de ré (móvel).
- um balizeiro intermediário (móvel).
- um balizeiro de vante (fixo).
- uma pessoa para fazer as anotações (dispensável).

A distância **DH** será dada pelo somatório das distâncias parciais (contagem do número de fichas pelo comprimento do diastímetro) mais a fração do último lance.

Observações Importantes

1. Ao ponto inicial de um alinhamento, percorrido no *sentido horário*, dá-se o nome de *Ponto a Ré* e, ao ponto final deste mesmo alinhamento, dá-se o nome de *Ponto a Vante*. *Balizeiro de Ré* e *Balizeiro de Vante* são os nomes dados às pessoas que, de posse de uma baliza, ocupam, respectivamente, os pontos a ré e a vante do alinhamento em questão.
2. Os balizeiros de ré e intermediário podem acumular a função de tensionar o diastímetro.
3. Para terrenos inclinados, os cuidados na medição devem ser redobrados no que se refere à horizontalidade do diastímetro.

8.3.3. **Traçado de Perpendiculares**

Segundo GARCIA (1984) o traçado de perpendiculares é necessário:

a) À amarração de detalhes em qualquer levantamento topográfico, e
b) Na determinação de um alinhamento perpendicular em função de um outro já existente. Ex.: locação de uma obra.

a) **Amarração de Detalhes**

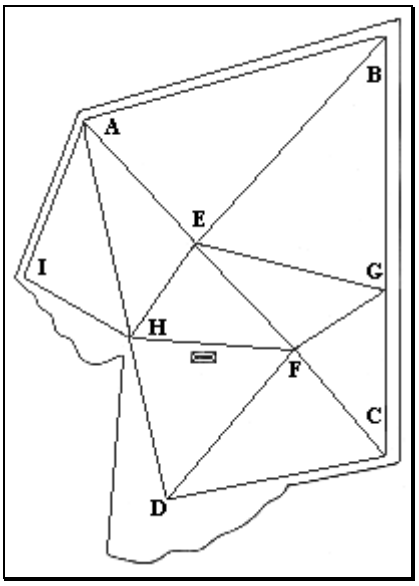
A amarração de detalhes (feições naturais e artificiais do terreno) é realizada utilizando-se somente diastímetros. Para tanto, é necessário a montagem, no campo, de uma rede de linhas, distribuídas em triângulos principais e secundários, às quais os detalhes serão amarrados.

A esta rede de linhas denomina-se *triangulação*.

A figura a seguir (BORGES, 1988) ilustra uma determinada superfície já triangulada.

Nesta triangulação, observa-se que os triângulos maiores englobam os menores.

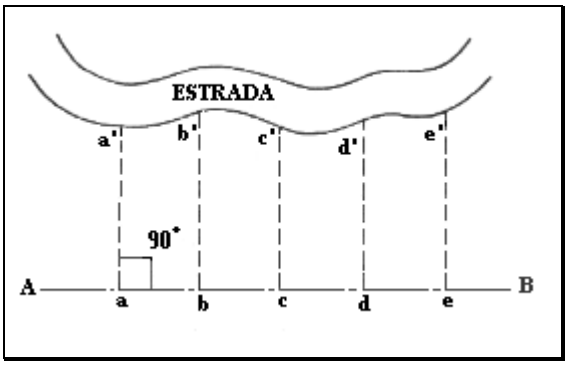
O objetivo da formação de triângulos principais (**ABC** e **ACD**) e secundários (**ABE**, **BEG**, **EGF**, **EFH**, **FCD**, **GCF**, **DFH**, **AEH** e **AHI**) é atingir mais facilmente todos os detalhes que se queira levantar.



Segundo BORGES (1988) a amarração dos detalhes pode ser feita:

- *Por perpendiculares tomadas a olho*

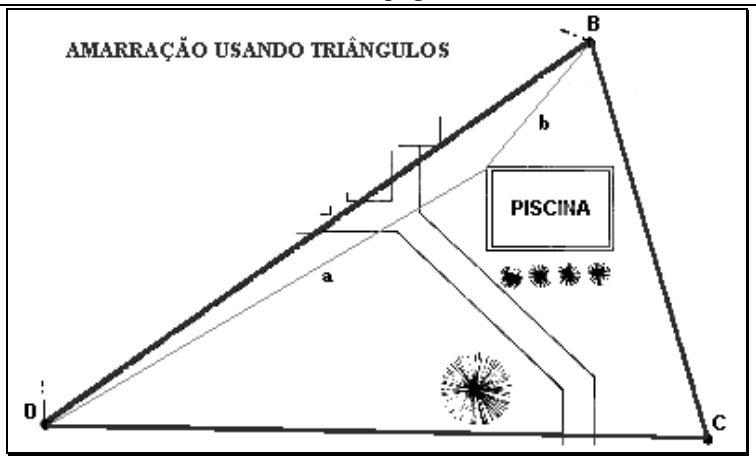
É o caso da figura abaixo, onde se deve medir os alinhamentos **Aa**, **ab**, **bc**, **cd**, **de**, **eB** e, também, os alinhamentos **aa'**, **bb'**, **cc'**, **dd'** e **ee'** para que o contorno da estrada fique determinado.



- *Por triangulação*

Devendo-se medir os alinhamentos **a** e **b**, além do alinhamento principal **DB**, para que o canto superior esquerdo da piscina representada na figura a seguir (BORGES, 1988) fique determinado.

A referida piscina só estará completamente *amarrada* se os outros cantos também forem triangulados.



Obs.: para que a amarração não resulte errada, a base do triângulo amarrado deve coincidir com um dos lados do triângulo principal ou secundário, e, o vértice daquele triângulo será sempre um dos pontos definidores do detalhe levantado.

b)**Alinhamentos Perpendiculares**

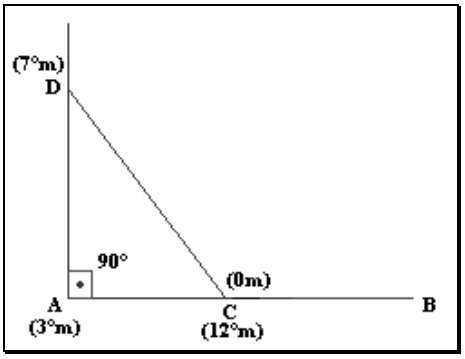
Segundo ESPARTEL (1987) é possível levantar uma perpendicular a um alinhamento, utilizando-se um diastímetro, através dos seguintes métodos:

b.1)**Triângulo Retângulo**

Este método consiste em passar por um ponto **A**, de um alinhamento **AB** conhecido, uma perpendicular.

Utilizando-se os doze (12) primeiros metros de uma trena, dispõe-se, respectivamente, dos lados 3, 4 e 5 metros de um triângulo retângulo.

Como indicado na figura abaixo (GARCIA, 1984), o 0 e 12º metros estariam coincidentes em **C**, situado a 3 metros do ponto **A**. O 7º metro (soma dos lados 3 e 4) e representado pelo ponto **D**, se ajusta facilmente em função dos pontos **A** e **C** já marcados.



Obs.: para locar as paredes de uma casa, o mestre de obras normalmente se utiliza de uma linha com nós. Esta linha representa um triângulo retângulo de

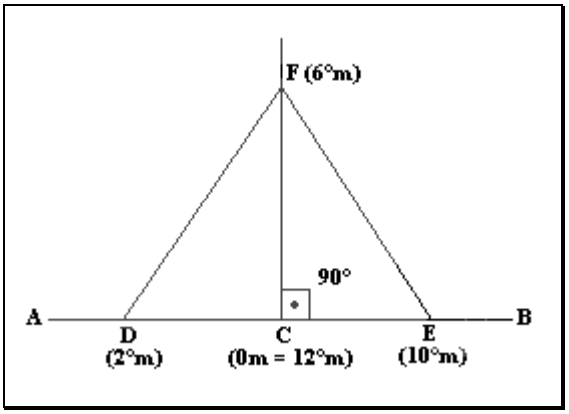
lados 0,6m : 0,8m : 1,0m; equivalente ao triângulo retângulo de 3m : 4m : 5m mencionado anteriormente.

b.2)**Triângulo Equilátero**

Diferentemente do anterior, este método consiste em passar uma perpendicular a um alinhamento **AB** conhecido, por um ponto **C** qualquer deste alinhamento. Deste modo, marca-se, no campo, um triângulo equilátero ao invés de um triângulo retângulo.

Assim, utilizando-se os doze (12) primeiros metros de uma trena, dispõe-se, para o triângulo equilátero, de três lados de 4 metros cada.

Como indicado na figura abaixo (GARCIA, 1984), o 0 e 12º metros estariam coincidentes em **C**. O 2º metro estaria sobre o alinhamento **AB** à esquerda de **C**, definindo o ponto **D**. O 10º metro estaria sobre o alinhamento **AB** à direita de **C**, definindo o ponto **E**. O ponto **F**, definido pelo 6º metro, se ajusta facilmente em função dos pontos **D** e **E** já marcados.



Obs.: para a marcação de triângulos no campo, normalmente utilizam-se comprimentos menores equivalentes aos citados ou esquadros de madeira.

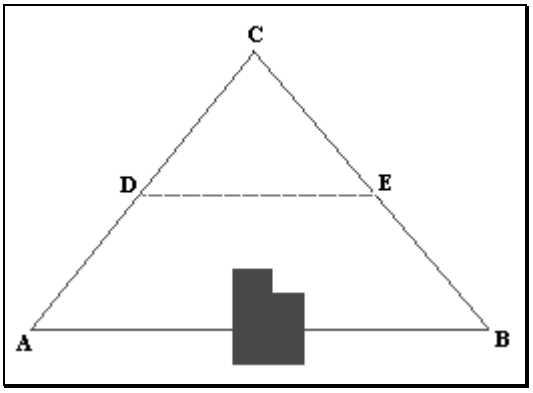
8.3.4. **Transposição de Obstáculos**

Segundo GARCIA (1984), para a medida de distâncias entre pontos não intervisíveis, ou seja, em que a mesma não possa ser obtida pela existência de algum obstáculo (edificação, lago, alagado, mata, árvore etc.), costuma-se fazer uso da marcação, em campo, de triângulos semelhantes.

Como indicado na figura a seguir (GARCIA, 1984), existe uma edificação sobre o alinhamento **AB**, o que impede a determinação do seu comprimento pelos métodos explicitados anteriormente.

Assim, para que a distância **AB** possa ser determinada, escolhe-se um ponto **C** qualquer do terreno de onde possam ser avistados os pontos **A** e **B**. Medem-se as distâncias

CA e **CB** e, a meio caminho de **CA** e de **CB** são marcados os pontos **D** e **E**. A distância **DE** também deve ser medida.



Após estabelecer a relação de semelhança entre os triângulos **CAB** e **CDE**, a distância **AB** será dada por:

$$\mathbf{AB} = \frac{\mathbf{CA.DE}}{\mathbf{CD}}$$

8.3.5. **Erros na Medida Direta de Distâncias**

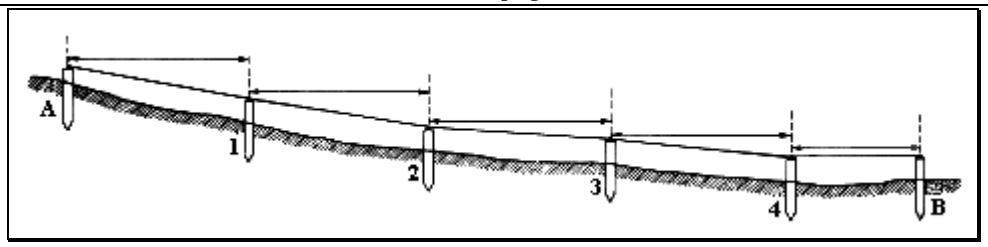
Os erros cometidos, voluntária ou involuntariamente, durante a medida direta de distâncias, devem-se:

⌊ao *comprimento do diastímetro*: afetado pela tensão aplicada em suas extremidades e também pela temperatura ambiente. A correção depende dos coeficientes de elasticidade e de dilatação do material com que o mesmo é fabricado. Portanto, deve-se utilizar dinamômetro e termômetro durante as medições para que estas correções possam ser efetuadas ou, proceder a aferição do diastímetro de tempos em tempos.

A *distância horizontal correta* (**DH_c**) entre dois pontos será dada dividindo-se o *comprimento aferido do diastímetro* (ℓ_a) pelo seu *comprimento nominal* (ℓ) e multiplicando-se pela *distância horizontal medida* (**DH_m**):

$$\mathbf{DH_c} = \frac{\ell_a}{\ell}.\mathbf{DH_m}$$

⌊ao *desvio vertical* ou *falta de horizontalidade*: ocorre quando o terreno é muito inclinado. Assim, mede-se uma série de linhas inclinadas em vez de medir as projeções destas linhas sobre o plano horizontal, como na figura a seguir (BORGES, 1988).



O erro devido ao *desvio vertical* (**C_{dv}**), para um único lance, pode ser encontrado através da relação entre o *desnível do terreno* (**DN**) e o *comprimento do diastímetro* (ℓ):

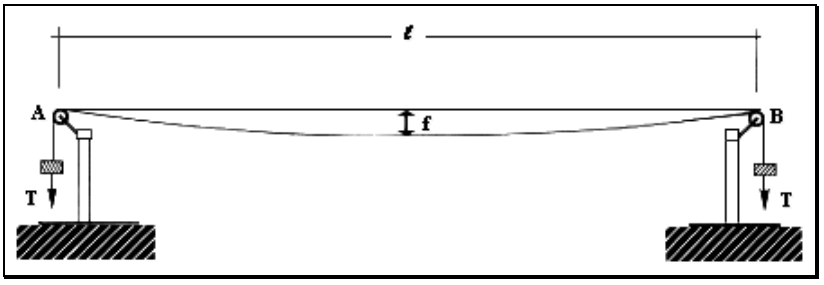
$$\mathbf{C_{dv} = \frac{DN^2}{2.\ell}}$$

Este erro é cumulativo e sempre positivo. Assim, a *distância horizontal correta* (**DH_c**) entre dois pontos será encontrada subtraindo-se da *distância horizontal medida* (**DH_m**), o *desvio vertical* (**C_{dv}**) multiplicado pelo *número de lances* (**N_ℓ**) dado com o diastímetro:

$$\mathbf{DH_c = DH_m - (N_\ell . C_{dv})}$$

à *catenária*: curvatura ou *barriga* que se forma ao tensionar o diastímetro e que é função do seu peso e do seu comprimento. Para evitá-la, é necessário utilizar diastímetros leves, não muito longos e aplicar tensão apropriada (segundo normas do fabricante) às suas extremidades.

A figura a seguir (DOMINGUES, 1979) indica a flecha (**f**) do arco formado pelo comprimento (ℓ) do diastímetro com tensão (**T**) aplicada nas extremidades.



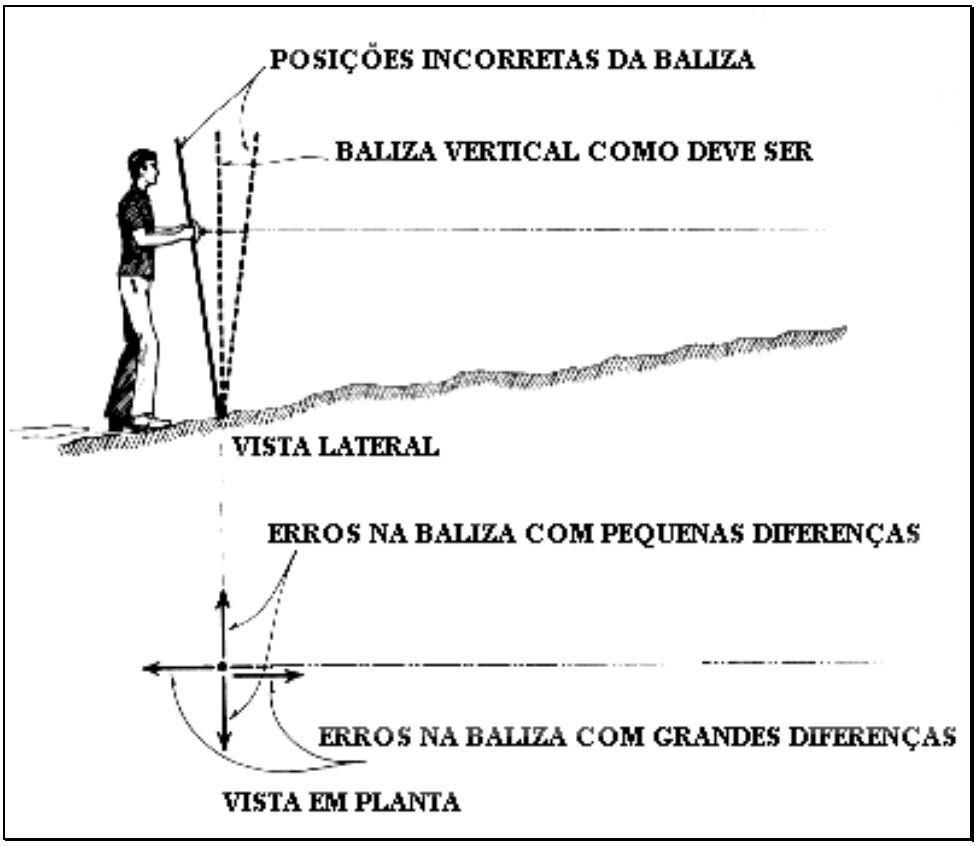
O erro devido à *catenária*, para um único lance, pode ser encontrado através da relação:

$$\mathbf{C_c = \frac{8.f^2}{3.\ell}}$$

Este erro é cumulativo, provoca uma redução do diastímetro e, consequentemente, resulta numa medida de distância maior que a real. Assim, a *distância horizontal correta* (**DH_c**) entre dois pontos será encontrada subtraindo-se da *distância horizontal medida* (**DH_m**), o *erro da catenária* (**C_c**) multiplicado pelo *número de lances* (**N_ℓ**) dado com o diastímetro:

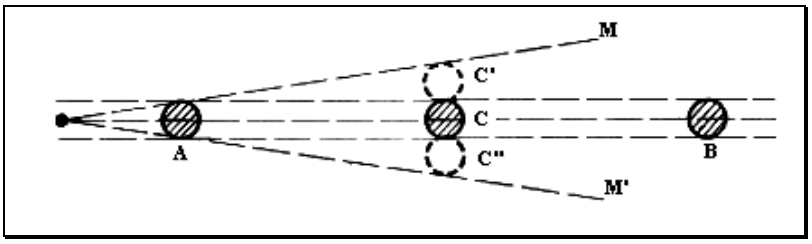
$$\boxed{DH_c = DH_m - (N_\ell . C_c)}$$

à *verticalidade da baliza*: como indicado na figura abaixo (BORGES, 1988), é ocasionado por uma inclinação da baliza quando esta se encontra posicionada sobre o alinhamento a medir. Provoca o encurtamento ou alongamento deste alinhamento caso esteja incorretamente posicionada para trás ou para frente respectivamente. Este tipo de erro só poderá ser evitado se for feito uso do nível de cantoneira.



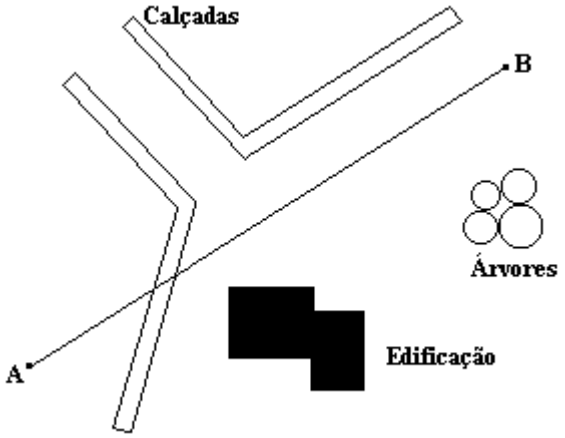
ao *desvio lateral do alinhamento*: ocasionado por um descuido no balizamento intermediário, mede-se uma linha cheia de quebras em vez de uma linha reta. Para evitar este tipo de erro é necessário maior atenção por parte dos balizeiros.

A figura a seguir (ESPARTEL, 1987), indica como o balizeiro intermediário (**C**) deve se posicionar em relação aos balizeiros de ré (**A**) e vante (**B**) para que não haja desvio lateral do alinhamento.



8.3.6. **Exercícios**

1.Amarre a posição das árvores, da edificação e das calçadas em relação ao lado **AB** de um triângulo marcado no campo, como mostra a figura abaixo. Utilize o método da triangulação, das perpendiculares, ou ambos.



2.Qual será o erro no comprimento de um alinhamento, em mm, devido ao *desvio vertical* do diastímetro, sabendo-se que: o desnível do terreno, para cada lance, é de 0,25m e que o comprimento do alinhamento medido resultou em 50,00m? O comprimento do diastímetro é de 25,00m. O erro encontrado é desprezível?

3.Em relação ao exercício anterior, qual será o erro para um desnível do terreno igual a 1,00m para cada lance? O erro encontrado é desprezível?

4.Qual será o erro provocado por uma flecha de 30cm em uma trena de 20m de comprimento? Este tipo de erro provoca uma redução ou uma ampliação da trena? O erro encontrado é desprezível? O erro cresce ou decresce com o comprimento da trena? Qual o valor da distância correta, para uma distância medida de 127,44m?

5.Uma linha AB foi medida com uma trena de comprimento nominal igual a 20m, obtendo-se, após vários lances, o valor de 92,12m. Qual o comprimento real da linha, ao constatar-se que a trena se encontrava dilatada de 6cm?

6.Uma linha medida com uma trena de lona resultou em 284,40m. Mas, a trena, cujo comprimento nominal é de 20m, encontra-se com um comprimento aferido de 19,95m. Determine o comprimento correto da linha medida.

7.Deve-se marcar, sobre o terreno, um alinhamento de 193,54m. Mas, a trena de plástico a ser usada está dilatada em 35mm. Em função disso, determine qual seria o comprimento aparente a marcar, se o comprimento nominal desta trena é 25m.

8.4. **Medida Indireta de Distâncias**

Segundo DOMINGUES (1979) diz-se que o processo de medida de distâncias é *indireto* quando estas distâncias são calculadas em função da medida de outras grandezas, não havendo, portanto, necessidade de percorrê-las para compará-las com a grandeza padrão.

Os equipamentos utilizados na medida indireta de distâncias são, principalmente:

- *Teodolito e/ou Nível*: o *teodolito* é utilizado na leitura de ângulos horizontais e verticais e da régua graduada; o *nível* é utilizado somente para a leitura da régua.

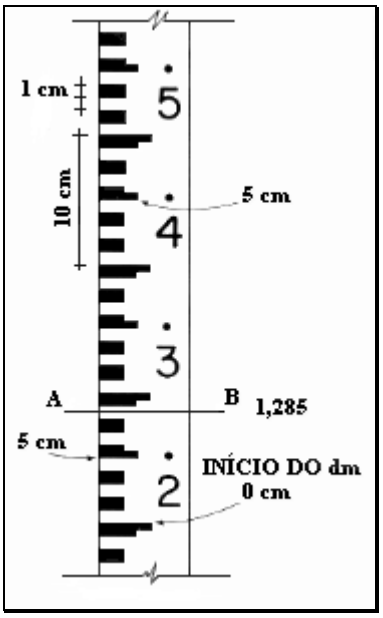
A figura a seguir ilustra três gerações de teodolitos: o *trânsito* (mecânico e de leitura externa); o *ótico* (prismático e com leitura interna); e o eletrônico (leitura digital).

- *Acessórios*: entre os acessórios mais comuns de um teodolito ou nível estão: o *tripé* (serve para estacionar o aparelho); o *fio de prumo* (serve para posicionar o aparelho exatamente sobre o ponto no terreno); e a *lupa* (para leitura dos ângulos).

A figura a seguir ilustra um tripé de alumínio, normalmente utilizado com o trânsito; e um de madeira, utilizado com teodolitos óticos ou eletrônicos. É interessante salientar que para cada equipamento de medição existe um tripé apropriado.

• *Mira ou Régua graduada*: é uma régua de madeira, alumínio ou PVC, graduada em **m**, **dm**, **cm** e **mm**; utilizada na determinação de distâncias horizontais e verticais entre pontos.

A figura a seguir (BORGES, 1988), ilustra parte de uma régua de quatro metros de comprimento e as respectivas divisões do metro: dm, cm e mm.



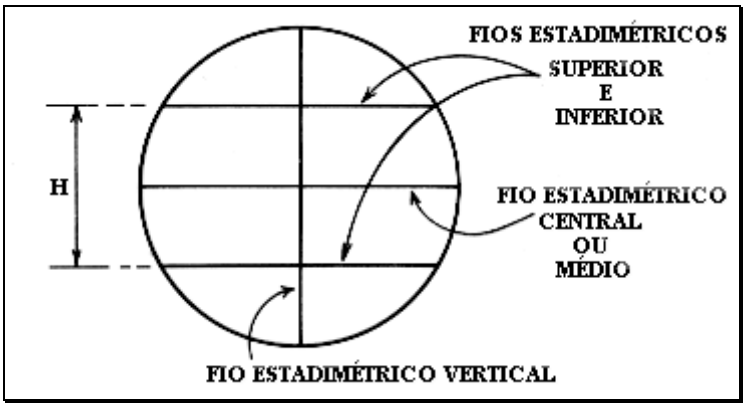
• *Nível de cantoneira*: já mencionado na medida direta de distâncias, tem a função de tornar vertical a posição da régua graduada.

• *Baliza*: já mencionada na medida direta de distâncias, é utilizada com o teodolito para a localização dos pontos no terreno e a medida de ângulos horizontais.

Ao processo de medida indireta denomina-se **ESTADIMETRIA** ou **TAQUEOMETRIA**, pois é através do *retículo* ou *estádia* do teodolito que são obtidas as leituras dos ângulos verticais e horizontais e da régua graduada, para o posterior cálculo das distâncias horizontais e verticais.

Como indicado na figura abaixo (BORGES, 1988), a estádia do teodolito é composta de:

- 3 fios estadimétricos horizontais (**FS**, **FM** e **FI**)
- 1 fio estadimétrico vertical

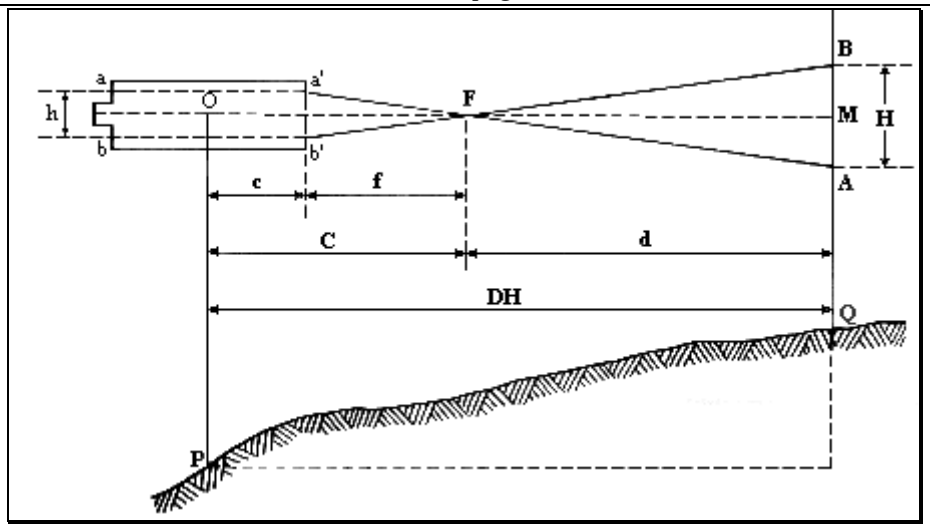


8.5. **Métodos de Medida Indireta**

Segundo GARCIA e PIEDADE (1984) os métodos indiretos de medida de distâncias são:

8.5.1. **Distância Horizontal - Visada Horizontal**

A figura a seguir (GARCIA, 1984) ilustra um teodolito estacionado no ponto **P** e a régua graduada no ponto **Q**. Do ponto **P** visa-se o ponto **Q** com o círculo vertical do teodolito *zerado*, ou seja, com a luneta na posição horizontal. Procede-se a leitura dos fios estadimétricos inferior (**FI**), médio (**FM**) e superior (**FS**). A distância horizontal entre os pontos será deduzida da relação existente entre os triângulos **a'b'F** e **ABF**, que são semelhantes e opostos pelo vértice.



Da figura tem-se:

f = distância focal da objetiva

F = foco exterior à objetiva

c = distância do centro ótico do aparelho à objetiva

C = c + f = constante do instrumento

d = distância do foco à régua graduada

H = AB = B - A **= FS - FI** = diferença entre as leituras

M = FM = leitura do retículo médio

Pelas regras de semelhança pode-se escrever que:

$$\frac{a'b'}{f} = \frac{AB}{d}$$

$$d = \frac{AB}{a'b'}.f$$

$$a'b' = \frac{f}{100} \quad \rightarrow \quad \text{fornecido pelo fabricante}$$

$$d = \frac{AB.f}{f/100}$$

$$d = 100 \,.\, H$$

$$DH = d + C$$

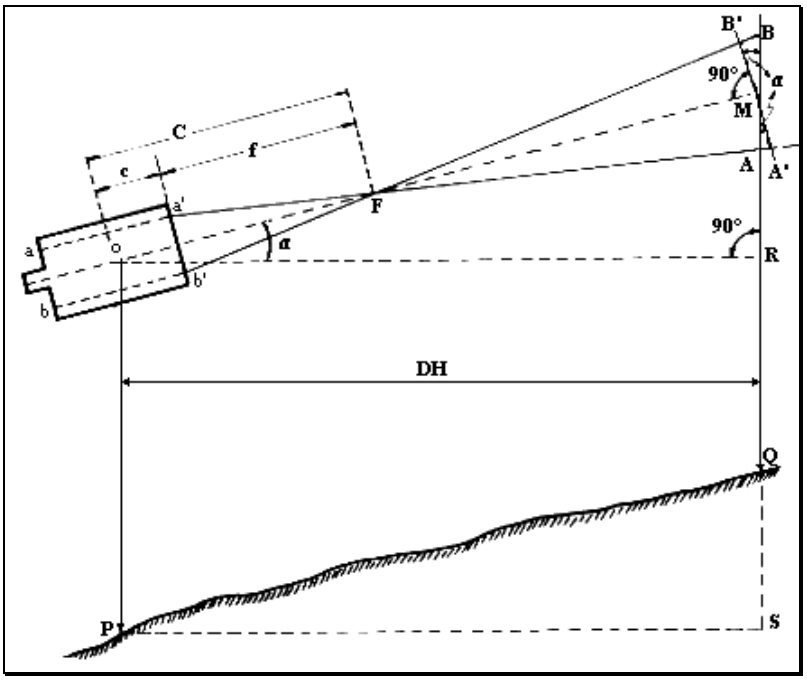
Portanto,

$$\boxed{DH = 100 . H + C}$$

C é a constante de Reichembach, que assume valor 0cm para equipamentos com lunetas analáticas e valores que variam de 25cm a 50cm para equipamentos com lunetas aláticas.

8.5.2. **Distância Horizontal - Visada Inclinada**

Neste caso, para visar a régua graduada no ponto **Q** há necessidade de se inclinar a luneta, para cima ou para baixo, de um ângulo (α) em relação ao plano horizontal. Como indicado na figura abaixo (GARCIA, 1984), a distância horizontal poderá ser deduzida através:



Do triângulo **AA'M** $\rightarrow$ MA' = MA . cos α

Do triângulo **BB'M** $\rightarrow$ MB' = MB . cos α

MA' + MB' = (MA + MB) . cos α

MA' + MB' = A'B'

MA + MB = AB = H

portanto,

$$A'B' = H \cdot \cos \alpha$$

Do triângulo **OMR** $\rightarrow$ $OR = OM \cdot \cos \alpha$

$$OM = 100 \cdot A'B' + C$$

$$OM = 100 \cdot H \cdot \cos \alpha + C$$

$$OR = (100 \cdot H \cdot \cos \alpha + C) \cdot \cos \alpha$$

$$DH = OR$$

portanto,

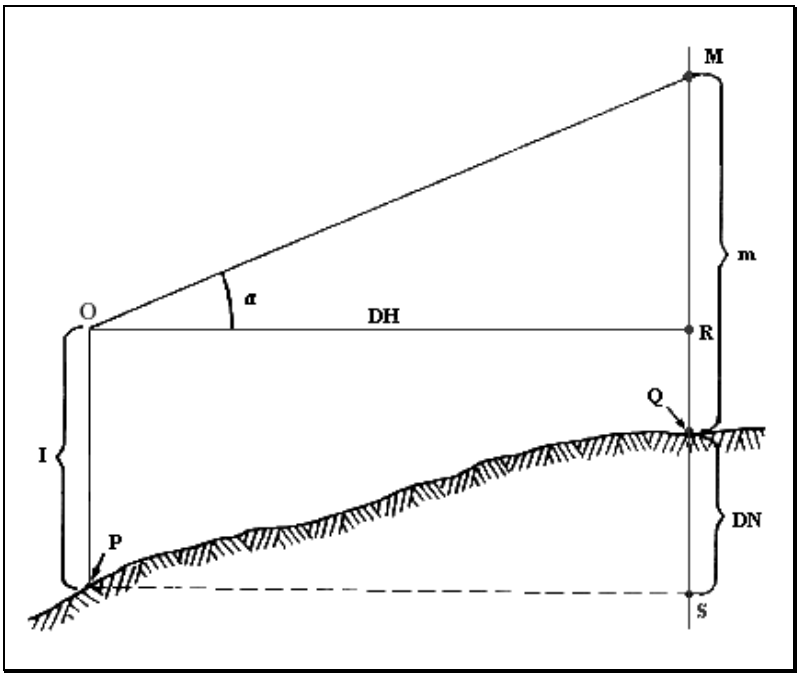
$$DH = 100 \cdot H \cdot \cos^2 \alpha + C \cdot \cos \alpha$$

Desprezando-se o termo ($\cos \alpha$) na segunda parcela da expressão tem-se:

$$\boxed{\mathbf{DH = 100 \cdot H \cdot \cos^2 \alpha + C}}$$

8.5.3. **Distância Vertical - Visada Ascendente**

A figura a seguir (GARCIA, 1984) ilustra a luneta de um teodolito inclinada no sentido ascendente (para cima). Assim, a diferença de nível ou distância vertical entre dois pontos será deduzida da relação:



$$\mathbf{QS = RS + RM - MQ}$$

onde,

QS = DN = diferença de nível

RS = I = altura do instrumento

MQ = M = FM = leitura do retículo médio

$$\mathbf{FM = \frac{FS + FI}{2}}$$

Do triângulo **ORM**, tem-se que

$$RM = OR \cdot tg\,\alpha$$

$$RM = DH \cdot tg\,\alpha$$

$$RM = (100 \cdot H \cdot \cos^2 \alpha + C) \cdot tg\,\alpha$$

$$RM = (100 \cdot H \cdot \cos^2 \alpha \cdot tg\,\alpha + C \cdot tg\,\alpha$$

$$RM = 100 \cdot H \cdot \cos^2 \alpha \cdot sen\,\alpha / \cos \alpha + C \cdot tg\,\alpha$$

$$RM = 100 \cdot H \cdot \cos \alpha \cdot sen\,\alpha + C \cdot tg\,\alpha$$

ora,

$$\cos \alpha \cdot sen\,\alpha = (sen\,2\alpha) / 2$$

então,

$$RM = 100 \cdot H \cdot (sen\,2\alpha) / 2 + C \cdot tg\,\alpha$$

desprezando-se a última parcela tem-se,

$$RM = 50 \cdot H \cdot sen\,2\alpha$$

substituindo na equação inicial, resulta

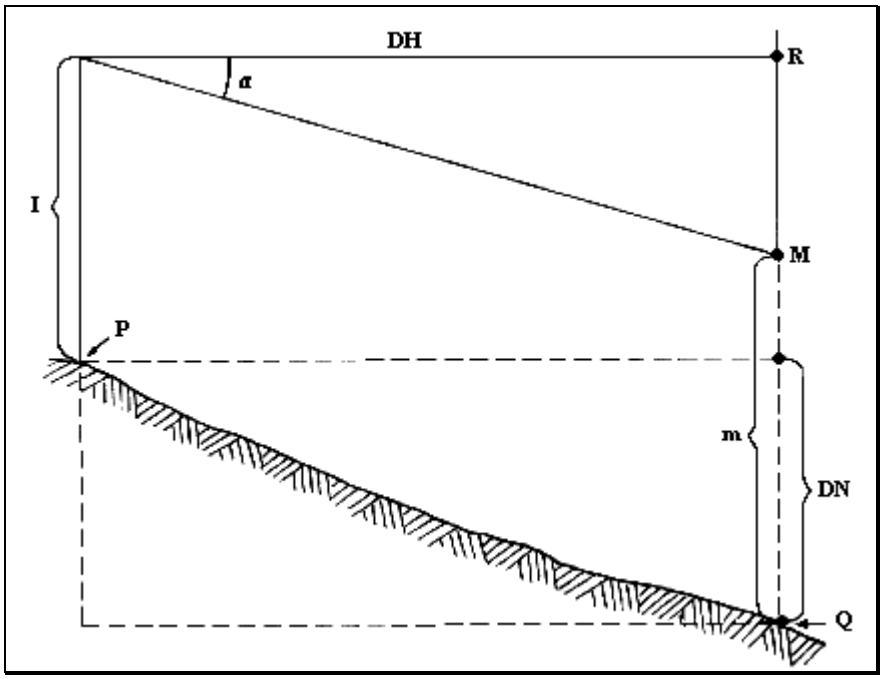
$$\mathbf{DN = 50 \cdot H \cdot sen\,2\alpha - FM + I}$$

A interpretação do resultado desta relação se faz da seguinte forma:

- se **DN** for positivo (+) significa que o terreno, no sentido da medição, está em **ACLIVE**.
- se **DN** for negativo (-) significa que o terreno, no sentido da medição, está em **DECLIVE**.

8.5.4. **Distância Vertical - Visada Descendente**

A figura a seguir (GARCIA, 1984) ilustra a luneta de um teodolito inclinada no sentido descendente (para baixo). Assim, a diferença de nível entre dois pontos será deduzida da mesma forma que para o item 8.5.3., porém, com os sinais trocados.



Logo:

$$\mathbf{DN = 50 \,.\, H \,.\, sen\, 2\alpha + FM - I}$$

A interpretação do resultado desta relação se faz da seguinte forma:

- se **DN** for positivo (+) significa que o terreno, no sentido da medição, está em **DECLIVE**.
- se **DN** for negativo (-) significa que o terreno, no sentido da medição, está em **ACLIVE**.

8.5.5. **Erros nas Medidas Indiretas de Distâncias**

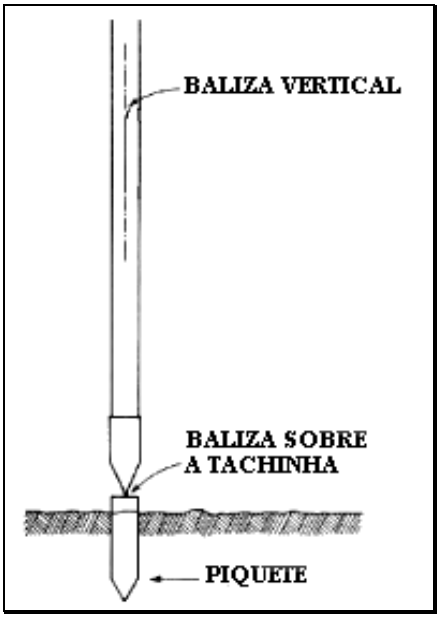
Os erros cometidos durante a determinação indireta de distâncias podem ser devidos aos seguintes fatores:

- *leitura da régua*: relativo à leitura errônea dos fios estadimétricos inferior, médio e superior provocados:

a)Pela distância entre o teodolito e a régua (muito longa ou muito curta).
b)Pela falta de capacidade de aproximação da luneta.
c)Pela espessura dos traços do retículo.
d)Pelo meio ambiente (refração atmosférica, ventos, má iluminação).
e)Pela maneira como a régua está dividida e pela variação do seu comprimento.
f)Pela falta de experiência do operador.

⎩*leitura de ângulos*: ocorre quando se faz a leitura dos círculos vertical e/ou horizontal de forma errada, por falha ou falta de experiência do operador.

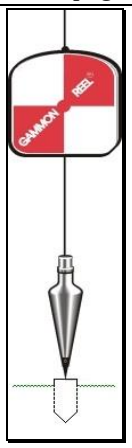
⎩*verticalidade da baliza*: ocorre quando não se faz uso do nível de cantoneira. A figura abaixo (BORGES, 1988) ilustra a maneira correta de posicionamento da baliza nos levantamentos, ou seja, na vertical e sobre a tachinha do piquete.



⎩*verticalidade da mira*: assim como para a baliza, ocorre quando não se faz uso do nível de cantoneira.

⎩*pontaria*: no caso de leitura dos ângulos horizontais, ocorre quando o fio estadimétrico vertical do teodolito não coincide com a baliza (centro).

⎩*erro linear de centragem do teodolito*: segundo ESPARTEL (1987), este erro se verifica quando a projeção do centro do instrumento não coincide exatamente com o vértice do ângulo a medir, ou seja, o prumo do aparelho não coincide com o ponto sobre o qual se encontra estacionado.



erro de calagem ou nivelamento do teodolito: ocorre quando o operador, por falta de experiência, não nivela o aparelho corretamente.

8.5.6. **Exercícios**

1.De um piquete (**A**) foi visada uma mira colocada em um outro piquete (**B**). Foram feitas as seguintes leituras:

fio inferior = 0,417m
fio médio = 1,518m
ângulo vertical = 5°30' em visada descendente (A → B)
altura do instrumento (A) = 1,500m

Calcule a distância horizontal entre os pontos (**AB**) sabendo-se que a luneta é do tipo analática.

2.Considerando os dados do exercício anterior, calcule a distância vertical ou diferença de nível entre os pontos e determine o sentido de inclinação do terreno.

3.Ainda em relação ao exercício anterior, determine qual é a altitude (**h**) do ponto (**B**), sabendo-se que a altitude do ponto (**A**) é de 584,025m.

4.Um teodolito acha-se estacionado na estaca número (**1**) de uma poligonal e a cota, deste ponto, é 200,000m. O eixo da luneta de um teodolito encontra-se a 1,700m do solo. Para a estaca de número (**2**), de cota 224,385; foram feitas as seguintes leituras:

retículo inferior = 0,325m
retículo superior = 2,675m

Calcule a distância horizontal entre as estacas.

5.De um ponto com altitude 314,010m foi visada uma régua, situada em um segundo ponto de altitude 345,710m. Com as leituras: α = 12° em visada ascendente; I = 1,620m; e sabendo-se que a distância horizontal entre estes pontos é de 157,100m; calcule H, FM, FI, FS.

6.Para uma poligonal triangular, calcule a cota de um ponto (**C**) sabendo-se que:

$$DH(AB) = 100{,}320m$$
$$H_z(CAB) = 66°10'$$
$$H_z(CBA) = 41°42'$$
$$h(A) = 151{,}444m$$
$$\alpha(A \rightarrow C) = 12°40'$$

7.Em relação ao exercício anterior, qual será a cota do ponto (**C**) se a altura do instrumento no ponto (**A**) for igual a 1,342m?

8.O quadro abaixo indica valores para a diferença dos fios superior e inferior (H) e ângulos verticais tomados de uma estação para localizar pontos de um curso d'água em um levantamento. A altura do aparelho foi de 1,83m e a altitude da estação de 143,78m. Nos pontos em que não houve a possibilidade de projetar a altura do aparelho sobre a régua, a leitura do fio médio está anotada junto ao ângulo vertical. Determine as distâncias horizontais entre a estação e os pontos, bem como, as altitudes dos mesmos.

Ponto	**H (m)**	**α**
1	0,041	+2°19'
2	0,072	+1°57' em 1,43m
3	0,555	+0°00' em 2,71m
4	1,313	-2°13'
5	1,111	-4°55' em 1,93m
6	0,316	+0°30'

Determine as distâncias horizontais entre a estação e os pontos, bem como, as altitudes dos mesmos.

8.6. **Medida Eletrônica**

De acordo com alguns autores, a medida eletrônica de distâncias não pode ser considerada um tipo de medida *direta* pois não necessita percorrer o alinhamento a medir para obter o seu comprimento.

Nem por isso deve ser considerada um tipo de medida *indireta*, pois não envolve a leitura de réguas e cálculos posteriores para a obtenção das distâncias.

Na verdade, durante uma medição eletrônica, o operador intervém muito pouco na obtenção das medidas, pois todas são obtidas automaticamente através de um simples pressionar de botão.

Este tipo de medição, no entanto, não isenta o operador das etapas de *estacionamento*, *nivelamento* e *pontaria* dos instrumentos utilizados, qualquer que seja a tecnologia envolvida no processo comum de medição.

Segundo LOCH e CORDINI (1995) os instrumentos eletrônicos apresentam inúmeras vantagens em relação aos tradicionais processos de medida, tais como: economia de tempo, facilidade de operação e, principalmente, precisão adequada aos vários tipos de trabalhos topográficos, cartográficos e geodésicos.

A medida eletrônica de distâncias baseia-se na emissão/recepção de sinais luminosos (visíveis ou não) ou de microondas que atingem um anteparo ou refletor. A distância entre o emissor/receptor e o anteparo ou refletor é calculada eletronicamente e, segundo KAVANAGH e BIRD (1996), baseia-se no comprimento de onda, na freqüência e velocidade de propagação do sinal.

Embora o tópico em discussão seja o da medida eletrônica de distâncias, alguns dos equipamentos que serão descritos em seguida também medem ângulos eletronicamente.

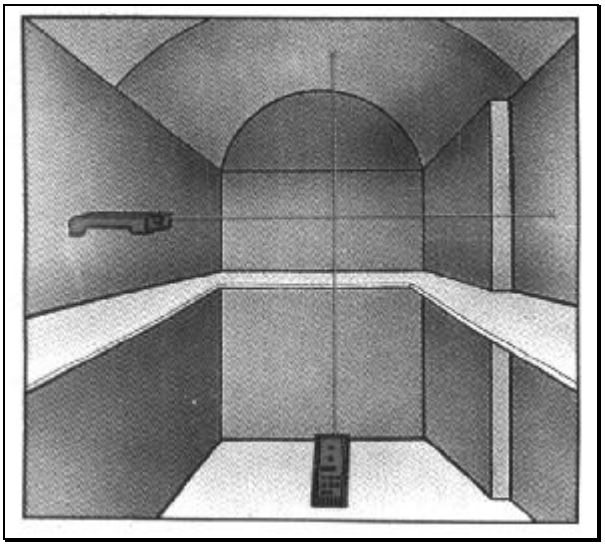
Assim, entre os principais equipamentos utilizados atualmente na medida eletrônica de distâncias e/ou ângulos, pode-se citar:

a)**Trena Eletrônica**

- dispositivo eletrônico composto de um emissor/receptor de sinais que podem ser pulsações ultra-sônicas ou feixe de luz infravermelho;
- o alcance depende do dispositivo;
- normalmente, para a determinação de distâncias acima de 50 metros, é necessário utilizar um *alvo eletrônico* para a correta devolução do sinal emitido;
- como explicitado anteriormente, o cálculo da distância é feito em função do tempo que o sinal emitido leva para atingir o alvo, ser refletido e recebido de volta; a freqüência e o comprimento do sinal são conhecidos pelo dispositivo;
- o sinal é então recebido e processado e a distância calculada é mostrada num visor de cristal líquido (LCD);
- alguns destes dispositivos são capazes de processar, entre outras coisas, áreas, volumes, adição e subtração de distâncias, etc.;
- funciona com pilhas ou bateria, do tipo encontrado em supermercado;
- o custo deste dispositivo, bem como, dos demais dispositivos que serão descritos mais adiante, varia muito e depende da tecnologia envolvida, das funções que disponibiliza e do fabricante.

As figuras a seguir ilustram trenas eletrônicas de diferentes fabricantes (SOKKIA e LEICA), selecionadas a partir de páginas da INTERNET.

A figura a seguir ilustra uma medição interna utilizando trena eletrônica onde a parede é o anteparo que reflete o sinal emitido. No caso, estão sendo tomadas a *altura* e *largura* de um aposento.



b)**Teodolito Eletrônico**

- é um dispositivo com ótica de alto rendimento, mecânica de precisão, facilidade de utilização e altíssima confiabilidade;
- normalmente faz parte de um sistema modular que permite adaptar outros equipamentos de medição (distanciômetro ou trena eletrônica) que se adeqüem às suas novas necessidades a um custo reduzido;

A figura a seguir ilustra um teodolito eletrônico da marca LEICA (modelo T460d) e uma trena eletrônica, também da LEICA, a ele acoplada para a medição das distâncias.

- não utiliza, necessariamente, sinais refletores para a *identificação* do ponto a medir, pois é um equipamento específico para a medição eletrônica de *ângulos* e não de distâncias;
- assim, possibilita a leitura de ângulos (**Hz** e **V**) contínuos em intervalos que variam de 20”, 10”, 7”, 5”, 3”, 2”, 1.5”, 1” e 0.5", dependendo da aplicação e do fabricante;
- dispõe de prumo ótico ou a laser, como indica a figura a seguir, e com magnitude (focal) de até 2X;

- possui visor de cristal líquido (LCD) com teclado de funções e símbolos específicos que têm por finalidade guiar o operador durante o levantamento;
- o teclado, bem como o equipamento, são relativamente resistentes a intempéries;
- alguns fabricantes já disponibilizam teodolitos à prova d'água;
- funciona com bateria específica, porém, recarregável;
- a luneta tem uma magnitude (focal) que varia de 26X a 30X;
- permite medições sob temperaturas que variam de -20°C a +50°C, dependendo das especificações do fabricante;
- pode ser utilizado em trabalhos de engenharia que envolvam medição de deformações em grandes obras (barragens, hidrelétricas, pontes, estruturas metálicas, etc.), medição industrial, exploração de minérios, em levantamentos topográficos e geodésicos, etc..

A figura a seguir ilustra um teodolito eletrônico da marca ZEISS (modelo eth2lrg). Percebem-se os visores LCD correspondentes ao ângulo vertical e horizontal medidos pelo aparelho.

c)**Distanciômetro Eletrônico**

- é um equipamento exclusivo para medição de distâncias (**DH**, **DV** e **DI**);
- a tecnologia utilizada na medição destas distâncias é a do infravermelho;
- a precisão das medidas depende do modelo de equipamento utilizado;

A figura a seguir ilustra a vista posterior (teclado e visor) e anterior (emissor e receptor do infravermelho) de um distanciômetro da marca LEICA, modelo DI3000s.

- é normalmente utilizado acoplado a um teodolito ótico-prismático convencional ou a um teodolito eletrônico;
- o alcance deste equipamento varia entre 500m a 20.000m e depende da quantidade de *prismas* utilizados para a reflexão do sinal, bem como, das condições atmosféricas;
- o *prisma* é um espelho circular, de faces cúbicas, utilizado acoplado a uma haste de metal ou bastão e que tem por finalidade refletir o sinal emitido pelo aparelho precisamente na mesma direção em que foi recebido;
- o *sinal refletor* (bastão + prismas) deve ser posicionado sobre o ponto a medir, na posição vertical, com a ajuda de um nível de bolha circular ou de um bipé; e, em trabalhos de maior precisão, deverá ser montado sobre um tripé com prumo ótico ou a laser;

A figura a seguir ilustra um bastão, um prisma e um tripé específico para bastão, todos da marca SOKKIA.

- quanto maior a quantidade de prismas acoplados ao bastão, maior é o alcance do equipamento;

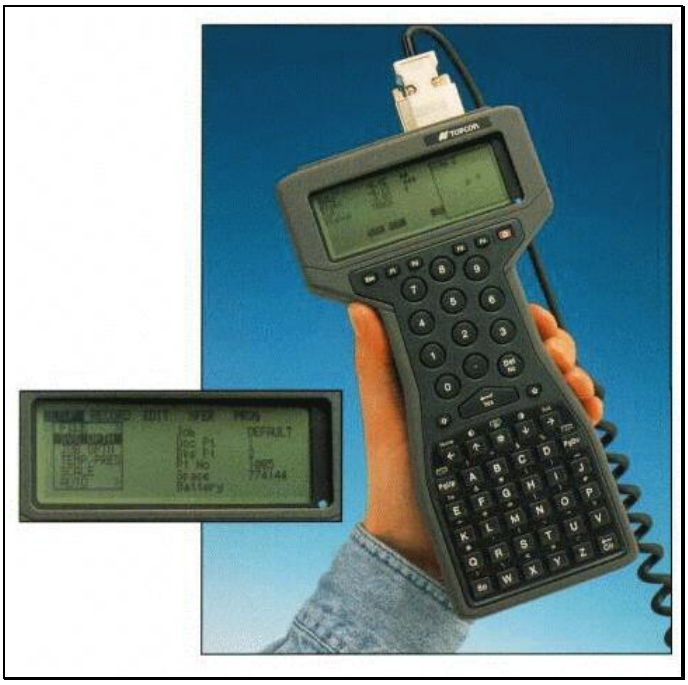
As figuras a seguir ilustram dois tipos de conjunto de prismas: o primeiro, com três prismas e alvo; o segundo, com nove prismas. Percebe-se que ambos estão acoplados a uma base triangular que pode ser nivelada e que pode ser apoiada sobre tripé apropriado.

- quando se utiliza o prisma acoplado a um bastão, é possível ajustar a altura do mesmo, que é graduado em centímetros e polegadas;
- a determinação das distâncias é feita em poucos segundos e os resultados são visualizados através de um visor LCD;
- funciona com bateria específica, porém, recarregável;
- pode ser utilizado em levantamentos geodésicos pois as distâncias reduzidas são corrigidas automaticamente dos efeitos da curvatura terrestre e da refração atmosférica.

d)**Estação Total**

- de acordo com KAVANAGH e BIRD (1996), uma *estação total* é o conjunto definido por um *teodolito eletrônico*, um *distanciômetro* a ele incorporado e um *microprocessador* que automaticamente monitora o estado de operação do instrumento;
- portanto, este tipo de equipamento é capaz de medir ângulos horizontais e verticais (teodolito) e distâncias horizontais, verticais e inclinadas (distanciômetro), além de poder processar e mostrar ao operador uma série de outras informações, tais como: condições do nivelamento do aparelho, número do ponto medido, as coordenadas UTM ou geográficas e a altitude do ponto, a altura do aparelho, a altura do bastão, etc.;
- a tecnologia utilizada na medição das distâncias é a do infravermelho;
- as medidas obtidas com o levantamento podem ser registradas em *cadernetas de campo* convencionais, através de *coletores de dados*, ou, como no caso dos equipamentos mais modernos, através de *módulos* específicos (tipo cartão PCMCIA) incorporados ao próprio aparelho;
- o *coletor de dados* é normalmente um dispositivo externo (que pode ser uma máquina de calcular), conectado ao aparelho através de um cabo e capaz de realizar as etapas de *fechamento* e *ajustamento* do levantamento;

A figura a seguir ilustra um coletor de dados TOPCON, o cabo pelo qual está conectado à estação total e uma ampliação do visor LCD com informações sobre a medição.



- na maioria das estações, os dados registrados pelo *coletor* podem ser transferidos para um computador através de uma interface RS 232 padrão (mesma utilizada nos computadores para ligação de scanners, plotters, etc.);
- a utilização de módulos ou cartões especiais (tipo PMCIA), quando cheios, podem ser removidos e transferidos para um computador (com *slot* PCMCIA ou com leitor externo) para processamento posterior.

A figura a seguir ilustra um cartão PCMCIA com capacidade de armazenamento entre 512 Kb a 4 Mb.

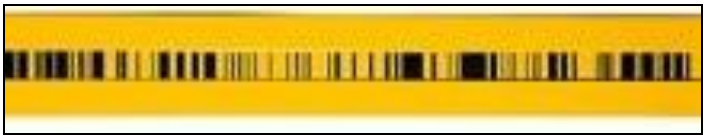
- as estações são relativamente resistentes a intempéries e alguns fabricantes dispõem de modelos a prova d'água;
- funcionam com bateria específica, porém, recarregável;

- são muito utilizadas atualmente em qualquer tipo de levantamento, topográfico ou geodésico.

A figura a seguir ilustra uma estação total da LEICA, modelo TC600, com intervalo angular de 3”, precisão linear de 1,5mm e alcance de 2 km com um único prisma.

e)**Nível Digital**

- é um nível para medição eletrônica e registro automático de distâncias horizontais e verticais ou diferenças de nível, portanto, não mede ângulos;
- o seu funcionamento está baseado no processo digital de leitura, ou seja, num sistema eletrônico de varredura e interpretação de padrões codificados;
- para a determinação das distâncias o aparelho deve ser apontado e focalizado sobre uma régua graduada cujas divisões estão impressas em código de barras (escala binária), como mostra a figura a seguir;



- este tipo de régua, que pode ser de alumínio, metal ínvar ou fibra de vidro, é resistente à umidade e bastante precisa quanto à divisão da graduação;
- os valores medidos podem ser armazenados internamente pelo próprio equipamento ou em coletores de dados. Estes dados podem ser transmitidos para um computador através de uma interface RS 232 padrão;

- a régua é mantida na posição vertical, sobre o ponto a medir, com a ajuda de um nível de bolha circular, como mostra a figura a seguir;

- o alcance deste aparelho depende do modelo utilizado, da régua e das condições ambientais (luz, calor, vibrações, sombra, etc.);
- funciona com bateria específica, porém, recarregável;
- é utilizado essencialmente em nivelamentos convencionais e na construção civil.

As figuras a seguir ilustram dois modelos de nível digital de diferentes fabricantes. O primeiro é da LEICA, modelo NA3000. O segundo é da SOKKIA, modelo SDL30.

f)**Nível a Laser**

- é um nível automático cujo funcionamento está baseado na tecnologia do infravermelho;
- assim como o nível digital, é utilizado na obtenção de distâncias verticais ou diferenças de nível e também não mede ângulos;
- para a medida destas distâncias é necessário o uso conjunto de um *detetor laser* que deve ser montado sobre uma régua de alumínio, metal ínvar ou fibra de vidro;

A figura a seguir ilustra uma régua metálica com *detetor laser* adaptado, ambos da marca SOKKIA.

- este tipo de nível é um aparelho peculiar pois não apresenta luneta nem visor LCD; a leitura da altura da régua (**FM**), utilizada no cálculo das distâncias por estadimetria, é efetuada diretamente sobre a mesma, com o auxílio do *detetor laser*, pela pessoa encarregada de segurá-la;
- os *detetores* são dotados de visor LCD que automaticamente se iluminam e soam uma campainha ao detectar o raio laser emitido pelo nível;
- alguns modelos de nível e detetores funcionam com pilha alcalina comum; outros, com bateria específica recarregável;
- o alcance deste tipo de nível depende do modelo e marca, enquanto a precisão, depende da sensibilidade do detetor e da régua utilizada;
- assim como para o nível digital, a régua deve ser mantida na posição vertical, sobre o ponto a medir, com a ajuda de um nível de bolha circular;
- é utilizado em serviços de nivelamento convencional e na construção civil.

As figuras a seguir ilustram dois níveis a laser de diferentes fabricantes. O primeiro é um nível WILD LNA10 e, o segundo, um SOKKIA LP31. Estes níveis se auto nivelam (após ajuste grosseiro da bolha circular) e possuem um sistema giratório de emissão do infravermelho. O LNA10 tem um alcance de 80m e o LP31 de 120m.

g)**Equipamentos Motorizados, Automáticos e Robotizados**

- podem ser *teodolitos* ou *estações total*;
- são aparelhos destinados a medições de precisão em Geodésia;
- os *motorizados* são indicados para medição em que não há necessidade de contato com o objeto a ser medido e em tarefas que requerem valores medidos a intervalos regulares de tempo;
- têm como principal característica o auto-nivelamento (eletrônico) e o alinhamento automático;
- os *automáticos* combinam a tecnologia dos motorizados com o reconhecimento automático do alvo (estático ou dinâmico);
- os *robotizados* combinam a tecnologia dos automáticos com o acionamento por controle remoto;

A seqüência de figuras a seguir ilustra como é o procedimento, em campo, para:

a) Um levantamento utilizando uma *estação total convencional* com um operador realizando as etapas de *estacionamento, nivelamento, prumo, pontaria e registro das leituras* e um auxiliar para *segurar o sinal refletor na posição vertical*.

b) Um levantamento utilizando uma *estação total com reconhecimento automático do alvo* com um operador realizando as etapas de *estacionamento, nivelamento, prumo, pontaria grosseira e registro das leituras* e um auxiliar para *segurar o sinal refletor*.

c) Um levantamento utilizando uma *estação total robotizada* com um operador realizando as etapas de *estacionamento, nivelamento* e *prumo* e um auxiliar para *segurar o sinal refletor e controlar remotamente a estação*. Neste caso, uma única pessoa poderia comandar o serviço sozinha.

- os equipamentos mais modernos dispensam o sinal refletor para distâncias inferiores a 80m. Acima desta distância e com um alcance de 300m, ao invés de um sinal refletor, pode ser utilizada uma *fita adesiva reflexiva*. Com um prisma somente, o alcance destes equipamentos pode chegar a 5.000m;
- como a base de funcionamento destes aparelhos é o infravermelho e a comunicação é por telemetria, o sistema pode ser utilizado, com eficiência, durante a noite e por uma única pessoa;
- alguns destes aparelhos funcionam com tecnologia de microondas, o que permite um alcance superior a 50.000m;
- são aplicados, principalmente, em trabalhos de controle e monitoramento de obras, medição de deformações e deslocamentos de terras.

Obs.: segundo alguns fabricantes, o raio infravermelho emitido pelos equipamentos eletrônicos de medição, visível ou não, é inofensivo e enviado por um diodo que pertence à classe dos laser 1. Este raio é normalmente afetado pelas variações bruscas de temperatura, pressão atmosférica e umidade. Portanto, é aconselhável que os levantamentos sejam efetuados em dias de boas condições atmosféricas.

8.7. **Erros na Medida Eletrônica**

Os erros que ocorrem durante a medida eletrônica de ângulos e distâncias não diferem muito dos que ocorrem com a medida indireta. São eles:

- *erro linear de centragem do instrumento*: já descrito anteriormente.

- *erro linear de centragem do sinal-refletor*: ocorre quando a projeção do centro do sinal não coincide com a posição do ponto sobre o qual está estacionado. Uma das maneiras de se evitar este tipo de erro é utilizar um *bipé* para o correto posicionamento do sinal sobre o ponto.

- *erro de calagem ou nivelamento do instrumento*: já descrito anteriormente.

- *erro de pontaria*: ocorre quando o centro do retículo do aparelho (cruzeta) não coincide com o centro do prisma que compõe o sinal refletor.

⎩*erro de operação do instrumento*: ocorre quando o operador não está familiarizado com as funções, programas e acessórios informatizados (coletores) que acompanham o instrumento.

9. **Posicionamento por Satélites**

O posicionamento por satélites se dá através da utilização de um equipamento denominado **GPS** – **G**lobal **P**ositioning **S**ystem.

O GPS não é um equipamento utilizado na medida de ângulos e/ou de distâncias, porém, é muito empregado atualmente em serviços de Topografia e Geodésia pois possibilita a *localização espacial* de um ponto no terreno em tempo real.

Esta localização espacial do ponto inclui a sua determinação através de coordenadas planas UTM (E, N) ou através de coordenadas Geográficas (ϕ, λ), além da altura ou altitude (h).

O sistema GPS foi originalmente idealizado pelo Departamento de Defesa (DOD) dos Estados Unidos da América e, embora esteja sendo utilizado por milhares de civis em todo o mundo, é operado exclusivamente pelos militares americanos.

Segundo P. H. DANA (1998) este sistema consiste de três segmentos distintos, são eles:

9.1. **Sistema Espacial**

É composto de 24 satélites artificiais (21 operacionais e 3 reservas) que orbitam ao redor da Terra distribuídos em 6 planos orbitais (4 satélites por plano) espaçados de 60º e inclinados, em relação ao plano do Equador, de 55º.

Cada satélite completa uma órbita ao redor da Terra em aproximadamente 12 horas, a uma altitude de 20.200 km.

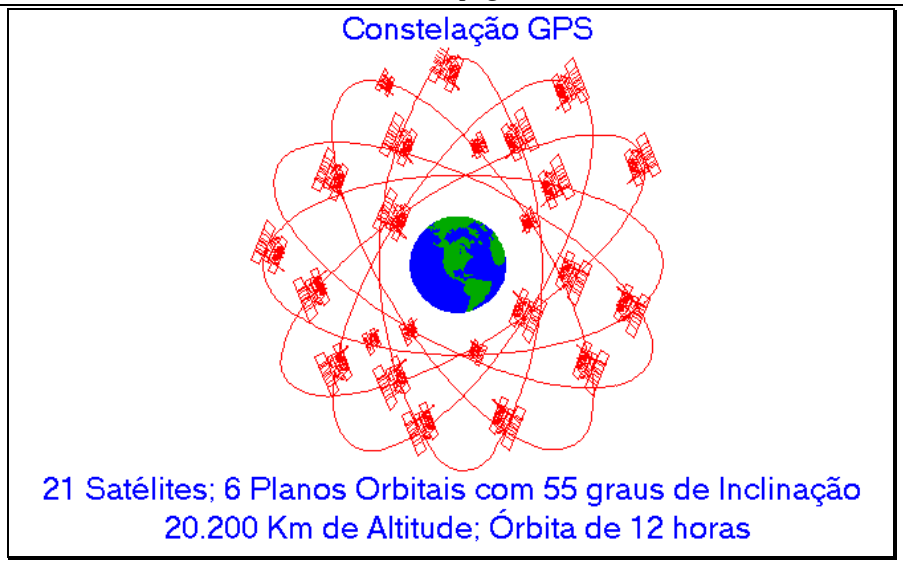
Esta distribuição e cobertura permite que um observador localizado em qualquer ponto da superfície terrestre tenha sempre disponível entre 5 a 8 satélites visíveis para a determinação da sua posição.

O primeiro satélite GPS foi lançado em fevereiro de 1978 e todos eles funcionam através de painéis solares, transmitindo informações em três freqüências distintas.

A freqüência rastreada pelos receptores GPS civis é conhecida como "**L1**" e é da ordem de 1575,42 MHz.

Cada satélite tem uma vida útil de 10 anos e o programa americano prevê a constante substituição dos mesmos até o ano de 2006.

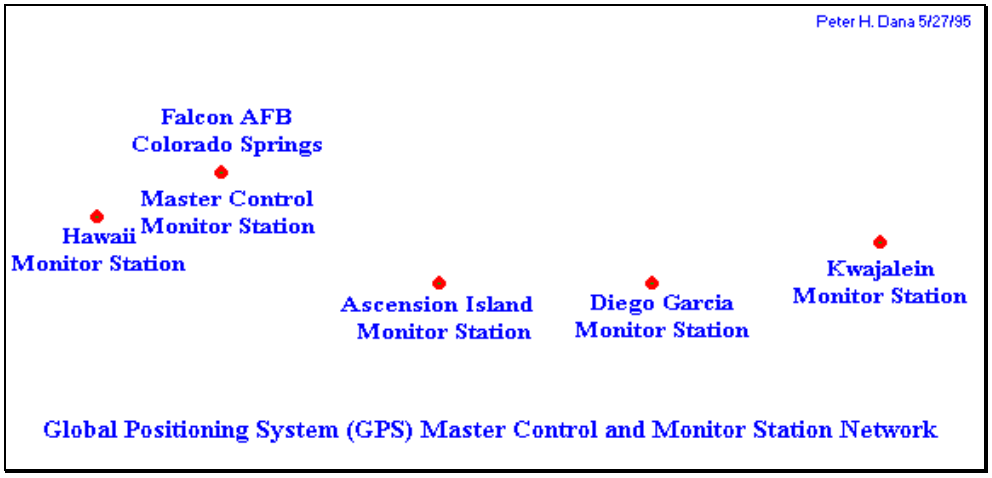
A figura a seguir ilustra a constelação de satélites disponíveis e sua respectiva distribuição nos planos orbitais.



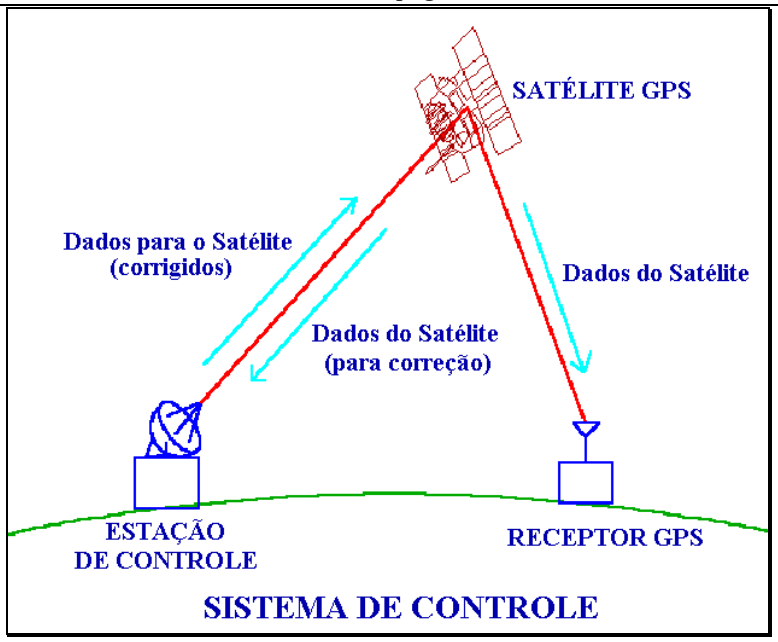
9.2. **Sistema de Controle**

Consiste de estações de rastreamento espalhadas pelo mundo. Estas têm a função de computar os dados orbitais e corrigir o relógio de cada satélite.

A figura a seguir ilustra a distribuição das estações de rastreamento no mundo.



A figura a seguir ilustra como a estação de rastreamento ou controle, o satélite e o receptor GPS interagem entre si.



9.3. **Sistema do Usuário**

Consiste dos receptores GPS e da comunidade de usuários.

Cada satélite emite uma mensagem que, a grosso modo, significa: "Eu sou o satélite X, minha posição atual é Y e esta mensagem foi enviada no tempo Z".

Os receptores GPS estacionados sobre a superfície terrestre recebem estas mensagens e, em função da diferença de tempo entre a emissão e a recepção das mesmas, calculam as distâncias de cada satélite em relação aos receptores.

Desta forma, é possível determinar, com um mínimo de três satélites, a *posição* 2D (E,N ou ϕ,λ) dos receptores GPS. Com quatro ou mais satélites, também é possível determinar a altitude (h), ou seja, a sua *posição* 3D.

Se a atualização da posição dos receptores GPS é contínua, é possível determinar a sua *velocidade de deslocamento* e sua *direção*.

Além do posicionamento, os receptores GPS são também muito utilizados na navegação (aviões, barcos, veículos terrestres e pedestres).

A precisão alcançada na determinação da *posição* depende do receptor GPS utilizado, bem como, do método empregado (Estático, Dinâmico, etc.).

O custo de um levantamento utilizando receptores GPS é diretamente proporcional à precisão requerida. Assim, receptores de baixo custo (≈U$500.00) proporcionam precisão de 100m a 150m, enquanto receptores de alto custo (≈U$40,000.00) proporcionam precisão de 1mm a 1cm.

É importante salientar que o receptor GPS não pode ser empregado para determinar *posições* onde não é possível detectar o sinal emitido pelos satélites, ou seja, no interior da maioria dos edifícios, em áreas urbanas muito densas, em túneis, minas e embaixo d'água; e o funcionamento destes aparelhos independe das condições atmosféricas.

As figuras a seguir ilustram um dos satélites GPS e um receptor GPS da GARMIN com precisão de 100m.

10. **Dispositivos de Segurança**

Durante todo e qualquer levantamento topográfico ou geodésico os cuidados com o equipamento e com o pessoal envolvido são fundamentais para o bom andamento dos serviços.

Assim, em alguns países, é obrigatório a utilização de certos dispositivos de segurança que permitem a visualização e o reconhecimento de equipamentos e pessoas à distância, bem como, de controle e desvio do tráfego em áreas urbanas ou em estradas.

As figuras a seguir ilustram alguns destes dispositivos.