11.**Medidas Angulares**

Em relação aos ângulos medidos em Topografia, pode-se classificá-los em:

11.1. **Ângulos Horizontais**

Os ângulos horizontais medidos em Topografia podem ser:

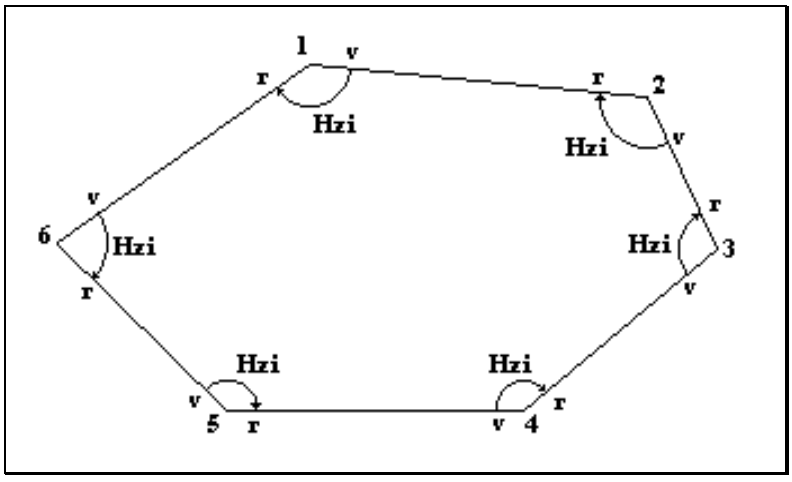
a)**Internos**

Para a medida de um *ângulo horizontal interno* a dois alinhamentos consecutivos de uma poligonal fechada, o aparelho deve ser estacionado, nivelado e centrado com perfeição, sobre um dos pontos que a definem (o prolongamento do eixo principal do aparelho deve coincidir com a tachinha sobre o piquete).

Assim, o método de leitura do referido ângulo, utilizando um teodolito eletrônico ou uma estação total, consiste em:

- Executar a pontaria (fina) sobre o *ponto a vante* (primeiro alinhamento);
- Zerar o círculo horizontal do aparelho nesta posição (procedimento padrão $\rightarrow$ Hz = 000°00'00");
- Liberar e girar o aparelho (sentido horário ou anti-horário), executando a pontaria (fina) sobre o *ponto a ré* (segundo alinhamento);
- Anotar ou registrar o ângulo (**Hz**) marcado no visor LCD que corresponde ao *ângulo horizontal interno* medido.

A figura a seguir ilustra os ângulos horizontais internos medidos em todos os pontos de uma poligonal fechada.



A relação entre os ângulos horizontais internos de uma poligonal fechada é dada por:

$$\Sigma Hz_i = 180°.(n-2)$$

Onde *n* representa o número de pontos ou estações da poligonal.

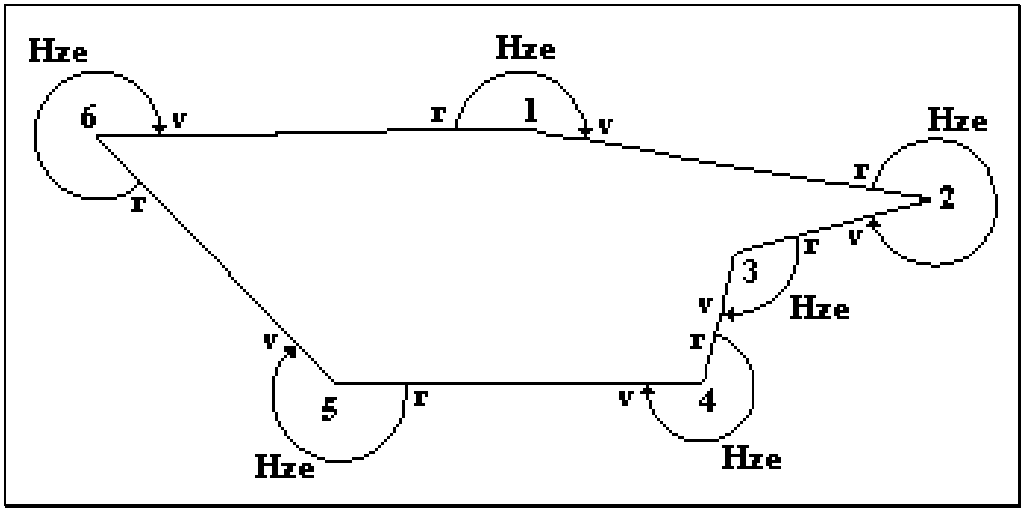
b)**Externos**

Para a medida de um *ângulo horizontal externo* a dois alinhamentos consecutivos de uma poligonal fechada, o aparelho deve ser estacionado, nivelado e centrado com perfeição, sobre um dos pontos que a definem (o prolongamento do eixo principal do aparelho deve coincidir com a tachinha sobre o piquete).

Assim, o método de leitura do referido ângulo, utilizando um teodolito eletrônico ou uma estação total, consiste em:

- Executar a pontaria (fina) sobre o *ponto a ré* (primeiro alinhamento);
- Zerar o círculo horizontal do aparelho nesta posição (procedimento padrão → Hz = 000°00'00");
- Liberar e girar o aparelho (sentido horário ou anti-horário), executando a pontaria (fina) sobre o *ponto a vante* (segundo alinhamento);
- Anotar ou registrar o ângulo (**Hz**) marcado no visor LCD que corresponde ao *ângulo horizontal externo* medido.

A figura a seguir ilustra os ângulos horizontais externos medidos em todos os pontos de uma poligonal fechada.



A relação entre os ângulos horizontais externos de uma poligonal fechada é dada por:

$$\Sigma Hz_e = 180°.(n+2)$$

Onde *n* representa o número de pontos ou estações da poligonal.

Os ângulos horizontais *internos* e *externos* variam de 0° a 360°.

c)**Deflexão**

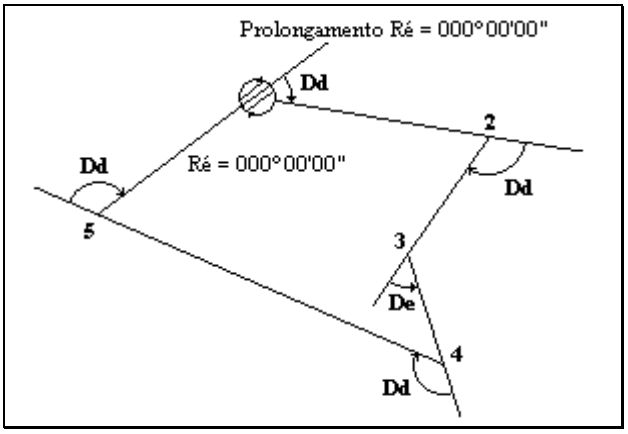
A *deflexão* é o *ângulo horizontal* que o alinhamento à vante forma com o prolongamento do alinhamento à ré, para um aparelho estacionado, nivelado e centrado com perfeição, em um determinado ponto de uma poligonal. Este ângulo varia de 0° a 180°. Pode ser *positivo*, ou *à direita*, se o sentido de giro for *horário*; *negativo*, ou *à esquerda*, se o sentido de giro for *anti-horário*.

Assim, para a medida da *deflexão*, utilizando um teodolito eletrônico ou uma estação total, procede-se da seguinte maneira:

Tombando a Luneta

- Executar a pontaria (fina) sobre o *ponto a ré* (primeiro alinhamento);
- Zerar o círculo horizontal do aparelho nesta posição (procedimento padrão → Hz = 000°00'00");
- Liberar somente a luneta do aparelho e tombá-la segundo o prolongamento do primeiro alinhamento;
- Liberar e girar o aparelho (sentido horário ou anti-horário), executando a pontaria (fina) sobre o *ponto a vante* (segundo alinhamento);
- Anotar ou registrar o ângulo (**Hz**) marcado no visor LCD que corresponde à *deflexão* medida.

A figura a seguir ilustra as deflexões medidas em todos os pontos de uma poligonal fechada, tombando a luneta.



A relação entre as deflexões de uma poligonal fechada é dada por:

$$\boxed{\Sigma D_d - \Sigma D_e = 360°}$$

A relação entre as deflexões e os ângulos horizontais internos de uma poligonal fechada é dada por:

$$\mathbf{D_e = H_{zi} - 180°}$$

para Hzi > 180°

e

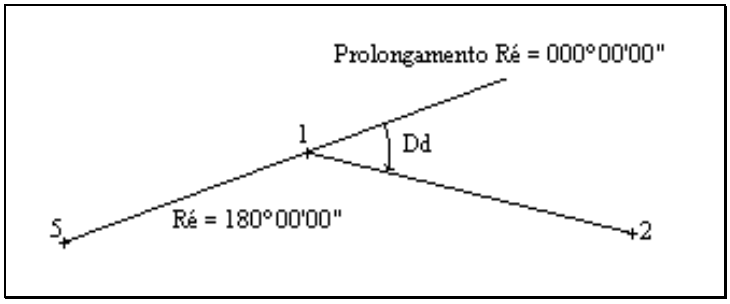
$$\mathbf{D_d = 180° - H_{zi}}$$

para Hzi < 180°

Girando o Aparelho

- Executar a pontaria (fina) sobre o *ponto a ré* (primeiro alinhamento);
- Imputar ao círculo horizontal do aparelho, nesta posição, um ângulo Hz = 180°00'00";
- Liberar e girar o aparelho (sentido horário ou anti-horário), executando a pontaria (fina) sobre o *ponto a vante* (segundo alinhamento);
- Anotar ou registrar o ângulo (**Hz**) marcado no visor LCD que corresponde à *deflexão* medida.

A figura a seguir ilustra a deflexão medida em um dos pontos de uma poligonal fechada, girando o aparelho.



Nos levantamentos topográficos, a escolha do tipo de ângulo horizontal que será medido depende do projeto e, a medida destes ângulos, constitui-se numa das suas maiores fontes de erro.

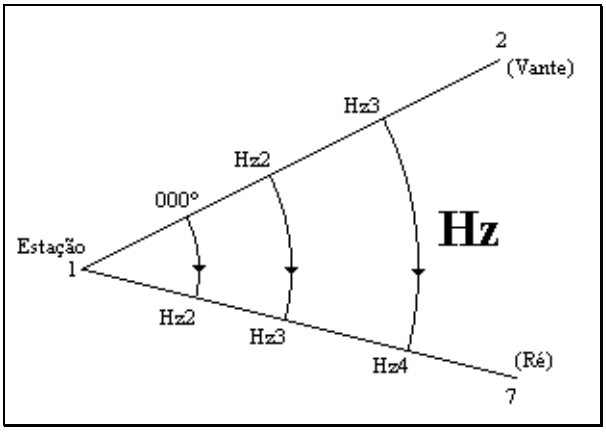
Assim, para evitar ou mesmo eliminar erros concernentes às *imperfeições do aparelho*, à *pontaria* e *leitura* daqueles ângulos, utilizam-se métodos em que se realizam mais de uma medição do ângulo horizontal para um mesmo ponto de poligonal. São eles:

a)**Método da Repetição**

Segundo ESPARTEL (1977) e DOMINGUES (1979) este método consiste em visar, sucessivamente, os alinhamentos a vante e a ré de um determinado ponto ou estação, fixando o ângulo horizontal lido e tomando-o como partida para a medida seguinte.

Assim como indicado na figura a seguir:

- A luneta do aparelho é apontada para o ponto a vante (pontaria fina) e o círculo horizontal do mesmo é zerado;
- Em seguida, o aparelho é liberado e a luneta é apontada (pontaria fina) para o ponto a ré;
- O ângulo horizontal resultante é anotado ou registrado;
- O aparelho é liberado e a luneta é novamente apontada para o ponto a vante;
- O ângulo de partida utilizado neste momento para a segunda medida do ângulo horizontal não é mais zero, e sim, o ângulo anotado ou registrado anteriormente;
- Libera-se novamente o aparelho e aponta-se para o ponto a ré;
- Um novo ângulo horizontal é anotado ou registrado.
- O processo se repete um certo número *n* de vezes.



A este processo de medir sucessivamente várias vezes o mesmo ângulo horizontal denomina-se *série de leituras*.

As *séries* são compostas, normalmente, de 3 a 8 leituras, dependendo da precisão exigida para o levantamento.

O valor final do ângulo horizontal, para os alinhamentos medidos, é dado pela seguinte relação:

$$\mathbf{Hz = \frac{Hz_n - Hz_1}{(n-1)}}$$

Onde:

Hz_n: é a última leitura do ângulo horizontal (na ré).

Hz_1: é a leitura do primeiro ângulo de partida utilizado (na vante).

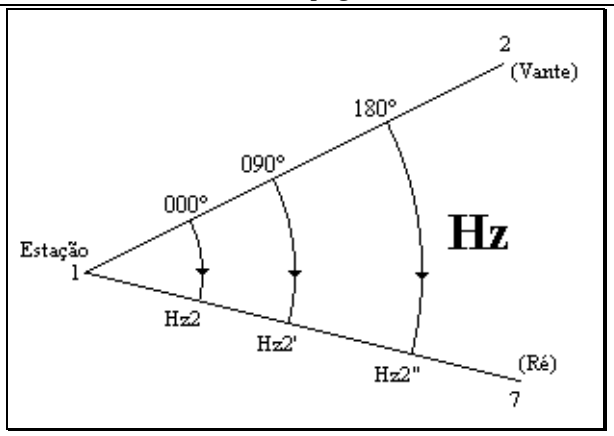
n: número de leituras efetuadas.

b)**Método da Reiteração**

Ainda segundo ESPARTEL (1977) e DOMINGUES (1979) este método consiste em visar, sucessivamente, os alinhamentos a vante e a ré de um determinado ponto ou estação, tomando como partida para a medida do ângulos horizontal intervalos regulares do círculo.

Assim como indicado na figura a seguir:

- A luneta do aparelho é apontada para o ponto a vante (pontaria fina) e o círculo horizontal do mesmo é zerado;
- Em seguida, o aparelho é liberado e a luneta é apontada (pontaria fina) para o ponto a ré;
- O ângulo horizontal resultante é anotado ou registrado;
- O aparelho é liberado e a luneta é novamente apontada para o ponto a vante;
- O ângulo de partida utilizado neste momento para a segunda medida do ângulo horizontal deve ser diferente de zero e inteiro. (ex.: 090°00’00”, 180°00’00”, 270°00’00”);
- Libera-se novamente o aparelho e aponta-se para o ponto a ré;
- Um novo ângulo horizontal é anotado ou registrado.
- O processo se repete um certo número *n* de vezes, até que o ângulo tenha sido medido em todos os quadrantes do círculo.



O valor final do ângulo horizontal, para os alinhamentos medidos, é dado pela seguinte relação:

$$\mathbf{Hz = \frac{\Sigma(Hz_2 - Hz_1)}{n}}$$

Onde:

Hz_2: é a leitura do ângulo horizontal (na ré).

Hz_1: é o ângulo horizontal de partida utilizado (na vante).

n: número de leituras efetuadas na vante.

11.2. **Ângulos Verticais**

Como descrito anteriormente, a medida dos ângulos verticais, em alguns aparelhos, poderá ser feita da seguinte maneira:

a)**Com Origem no Horizonte**

Quando recebe o nome de *ângulo vertical* ou *inclinação*, variando de 0° a 90° em direção *ascendente* (acima do horizonte) ou (abaixo do horizonte).

b)**Com Origem no Zênite ou no Nadir**

Quando recebe o nome de *ângulo zenital* ou *nadiral*, variando de 0° a 360°.

As relações entre o *ângulo zenital* e o *vertical* são as seguintes:

Ângulo Zenital	Inclinação	Direção
$000° < \mathbf{V} \leq 090°$	$\alpha = \mathbf{90° - V}$	Ascendente
$090° < \mathbf{V} \leq 180°$	$\alpha = \mathbf{V - 90°}$	Descendente
$180° < \mathbf{V} \leq 270°$	$\alpha = \mathbf{270° - V}$	Descendente
$270° < \mathbf{V} \leq 360°$	$\alpha = \mathbf{V - 270°}$	Ascendente

11.3. **Ângulos de Orientação**

Como já explicitado anteriormente, a linha que une o pólo Norte ao pólo Sul da Terra (aqueles representados nos mapas) é denominada *linha dos pólos* ou *eixo de rotação*. Estes pólos são denominados *geográficos* ou *verdadeiros* e, em função disso, a linha que os une, também é tida como *verdadeira*.

No entanto, sabe-se que a Terra, devido ao seu movimento de rotação, gera um campo magnético fazendo com que se comporte como um grande imã. Assim, uma bússola estacionada sobre a superfície terrestre, tem sua agulha atraída pelos pólos deste imã. Neste caso, porém, os pólos que atraem a agulha da bússola são denominados *magnéticos*.

O grande problema da Topografia no que diz respeito aos ângulos de orientação, está justamente na *não coincidência* dos pólos magnéticos com os geográficos e na *variação* da distância que os separa com o passar tempo.

Em função destas características, é necessário que se compreenda bem que, ao se orientar um alinhamento no campo em relação à direção Norte ou Sul, deve-se saber qual dos sistemas (verdadeiro ou magnético) está sendo utilizado como referência.

Para tanto, é importante saber que:

Meridiano Geográfico ou Verdadeiro: é a seção elíptica contida no plano definido pela *linha dos pólos verdadeira* e a vertical do lugar (observador).

Meridiano Magnético: é a seção elíptica contida no plano definido pela *linha dos pólos magnética* e a vertical do lugar (observador).

Declinação Magnética: é o ângulo formado entre o *meridiano verdadeiro* (norte/sul verdadeiro) e o *meridiano magnético* (norte/sul magnético) de um lugar. Este ângulo varia de lugar para lugar e também varia num mesmo lugar com o passar do tempo. Estas variações denominam-se *seculares*. Atualmente, para a determinação das *variações seculares* e da própria *declinação magnética*, utilizam-se fórmulas específicas (disponíveis em programas de computador específicos para Cartografia).

Segundo normas cartográficas, as cartas e mapas comercializados no país apresentam, em suas legendas, os valores da *declinação magnética* e da *variação secular* para o centro da região neles representada.

Os ângulos de orientação utilizados em Topografia são:

Azimute Geográfico ou Verdadeiro: definido como o ângulo horizontal que a direção de um alinhamento faz com o *meridiano geográfico*. Este ângulo pode ser determinado através de métodos astronômicos (observação ao sol, observação a estrelas, etc.) e, atualmente, através do uso de receptores GPS de precisão.

Azimute Magnético: definido como o ângulo horizontal que a direção de um alinhamento faz com o *meridiano magnético*. Este ângulo é obtido através de uma bússola, como mostra a figura a seguir.

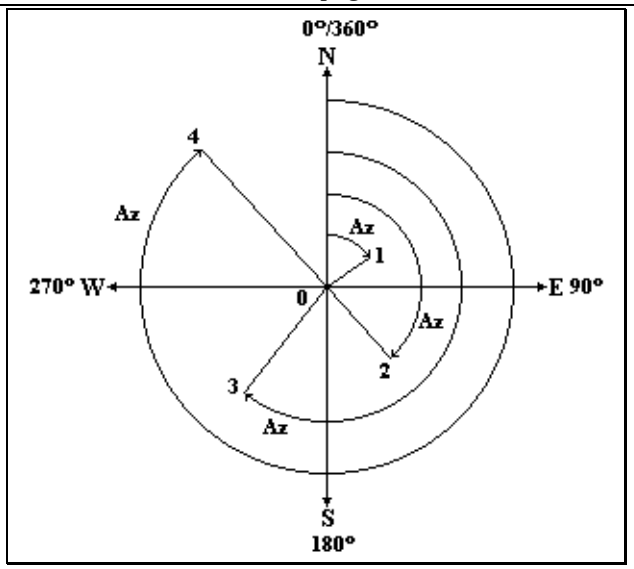
Os azimutes (verdadeiros ou magnéticos) são contados a partir da direção norte (**N**) ou sul (**S**) do meridiano, no sentido horário - *azimutes à direita*, ou, no sentido anti-horário - *azimutes à esquerda*, variando sempre de 0° a 360°.

Rumo Verdadeiro: é obtido em função do azimute verdadeiro através de relações matemáticas simples.

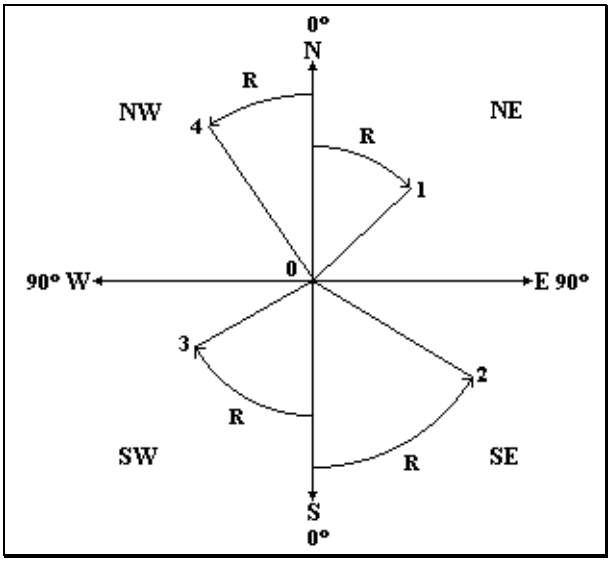
Rumo Magnético: é o menor ângulo horizontal que um alinhamento forma com a direção norte/sul definida pela agulha de uma bússola (meridiano magnético).

Os rumos (verdadeiros ou magnéticos) são contados a partir da direção norte (**N**) ou sul (**S**) do meridiano, no sentido horário ou anti-horário, variando de 0° a 90° e sempre acompanhados da direção ou quadrante em que se encontram (**NE**, **SE**, **SO**, **NO**).

A figura a seguir ilustra as orientações de quatro alinhamentos definidos sobre o terreno através de *Azimutes à Direita*, ou seja, dos ângulos contados a partir da direção norte do meridiano no sentido horário.



A figura a seguir ilustra as orientações de quatro alinhamentos definidos sobre o terreno através de *Rumos*, ou seja, dos ângulos contados a partir da direção norte ou sul do meridiano (aquele que for menor), no sentido horário ou anti-horário.



Observando as figuras acima, pode-se deduzir as relações entre *Azimutes à Direita* e *Rumos*:

Quadrante	Azimute → Rumo	Rumo → Azimute
1º	**R** = Az (NE)	**Az** = R
2º	**R** = 180° - Az (SE)	**Az** = 180° - R
3º	**R** = Az - 180° (SO)	**Az** = R + 180°
4º	**R** = 360° - Az (NO)	**Az** = 360° - R

Aviventação de Rumos e Azimutes Magnéticos: é o nome dado ao processo de *restabelecimento* dos alinhamentos e ângulos magnéticos marcados para uma poligonal, na época (dia, mês, ano) de sua medição, para os dias atuais. Este trabalho é necessário, uma vez que a posição dos pólos norte e sul magnéticos (que servem de referência para a medição dos rumos e azimutes magnéticos) varia com o passar tempo. Assim, para achar a posição correta de uma poligonal levantada em determinada época, é necessário que os valores resultantes deste levantamento sejam reconstituídos para a época atual. O mesmo processo é utilizado para locação, em campo, de linhas projetadas sobre plantas ou cartas (estradas, linhas de transmissão, gasodutos, oleodutos, etc.)

11.4. **Exercícios**

1.Determine o azimute, à direita e à esquerda, correspondente ao rumo de 27°38'40" SO?

2.Determine o rumo e a direção correspondente ao azimute à direita de 156°10'37"?

3.Supondo que as leituras do limbo horizontal de um teodolito, no sentido horário, de vante para ré, tenham sido:

$$Hz_1 = 34°45'20" \text{ e } Hz_2 = 78°23'00"$$

Determine o ângulo horizontal entre os alinhamentos medidos. Este é um ângulo externo ou interno à poligonal?

4.Com as mesmas leituras da questão anterior, determine qual seria o ângulo horizontal entre os alinhamentos se o sentido da leitura tivesse sido o anti-horário, ou seja, de ré para vante. Este é um ângulo externo ou interno à poligonal?

5.Para a leitura dos ângulos horizontais de uma poligonal foi aplicado o método da repetição e obteve-se a seguinte série de leituras (sentido horário, de vante para ré):

$$H_{z1} = 00°00'00"$$
$$H_{z2} = 33°45'10"$$
$$H_{z3} = 67°30'22"$$
$$H_{z4} = 101°15'36"$$

Determine o ângulo horizontal final entre os alinhamentos.

6.Para a leitura dos ângulos horizontais de uma poligonal foi aplicado o método da reiteração e obteve-se a seguinte série de leituras (sentido horário, de vante para ré):

$H_{z1} = 00°00'00"$	$H_{z2} = 33°45'10"$
$H_{z1} = 90°00'00"$	$H_{z2} = 123°45'08"$
$H_{z1} = 180°00'00"$	$H_{z2} = 213°45'12"$
$H_{z1} = 270°00'00"$	$H_{z2} = 303°45'14"$

Determine o ângulo horizontal final entre os alinhamentos.

7.O ângulo zenital lido em um teodolito foi de 257°28'30". Qual é o ângulo vertical que a ele corresponde? Qual é a direção da luneta para este ângulo vertical?

8.O valor do rumo de uma linha é de 31°45'NO. Encontre os azimutes à vante e à ré (ambos à direita), da linha em questão.

9.Determine a declinação magnética, para a cidade de Curitiba, em primeiro de julho de 1999.

10.Problema de aviventação de rumos e azimutes: o rumo magnético de uma linha, medido em 01/01/1970 foi de 32°30'SO. Calcule o valor do rumo desta mesma linha, para 01/06/1999.

11.Problema de aviventação de rumos e azimutes: com os dados do exercício anterior, calcule o rumo verdadeiro da linha.

11.5. **Exercícios Propostos**

1.Determine o azimute à direita para o rumo de 89°39’45”NO.

2.Determine o azimute à esquerda para o rumo de 39°35’36”SE.

3.Determine o rumo e a direção para o azimute de 197°35’43”.

4.Determine o rumo e a direção para o azimute de 277°45’01”.

5.Determine o ângulo zenital correspondente ao ângulo vertical de 2°04’07” ascendente.

6.Determine o ângulo zenital correspondente ao ângulo vertical de 3°15’27” descendente.

7.Determine o ângulo vertical e a direção da luneta correspondente ao ângulo zenital de 272°33’43”.

8.Determine o ângulo vertical e direção da luneta correspondente ao ângulo zenital de 89°21’17”.

9.Determine a deflexão correspondente ao ângulo horizontal interno de 133°45’06”. Esta deflexão é à direita ou à esquerda do alinhamento?

10.Determine a deflexão correspondente ao ângulo horizontal interno de 252°35’16”. Esta deflexão é à direita ou à esquerda do alinhamento?

11.Determine o ângulo externo ao vértice de uma poligonal correspondente à deflexão de 35°18’10” à esquerda.

12.Determine o ângulo externo ao vértice de uma poligonal correspondente à deflexão de 128°45’58” à direita.

12. **Métodos de Levantamentos Planimétricos**

Nos itens anteriores foram descritos os métodos e equipamentos utilizados na medição de distâncias e ângulos durante os levantamentos topográficos.

Estes levantamentos, porém, devem ser empregados obedecendo certos critérios e seguindo determinadas etapas que dependem do *tamanho da área*, do *relevo* e da *precisão* requerida pelo projeto que os comporta.

Na seqüência, portanto, serão descritos os *métodos de levantamentos planimétricos* que envolvem as fases de:

- Reconhecimento do Terreno
- Levantamento da Poligonal
- Levantamento das Feições Planimétricas
- Fechamentos, Área, Coordenadas
- Desenho da Planta e Memorial Descritivo

12.1. **Levantamento por Irradiação**

Segundo ESPARTEL (1977), o *Método da Irradiação* também é conhecido como método da *Decomposição em Triângulos* ou das *Coordenadas Polares*.

É empregado na avaliação de *pequenas superfícies* relativamente *planas*.

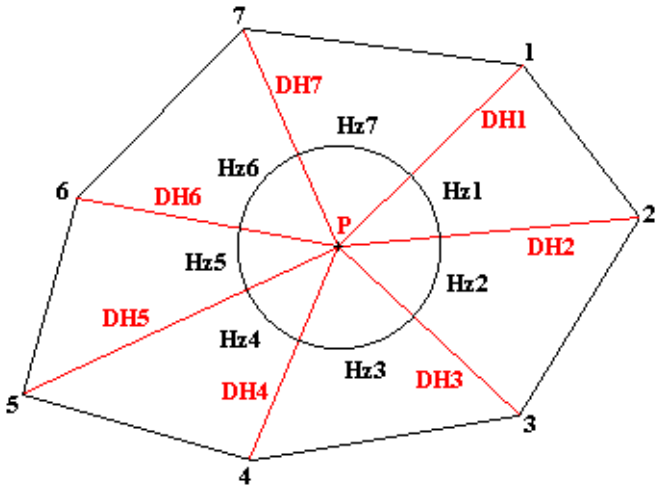
Uma vez demarcado o contorno da superfície a ser levantada, o método consiste em localizar, estrategicamente, um ponto (**P**), dentro ou fora da superfície demarcada, e de onde possam ser avistados todos os demais pontos que a definem.

Assim, deste ponto (**P**) são medidas as distâncias aos pontos definidores da referida superfície, bem como, os ângulos horizontais entre os alinhamentos que possuem (**P**) como vértice.

A medida das distâncias poderá ser realizada através de método direto, indireto ou eletrônico e a medida dos ângulos poderá ser realizada através do emprego de teodolitos óticos ou eletrônicos.

A precisão resultante do levantamento dependerá, evidentemente, do tipo de dispositivo ou equipamento utilizado.

A figura a seguir ilustra uma superfície demarcada por sete pontos com o ponto (**P**) estrategicamente localizado no interior da mesma. De (**P**) são medidos os ângulos horizontais (Hz1 a Hz7) e as distâncias horizontais (DH1 a DH7).



De cada triângulo (cujo vértice principal é **P**) são conhecidos dois lados e um ângulo. As demais distâncias e ângulos necessários à determinação da superfície em questão são determinados por relações trigonométricas.

Este método é muito empregado em projetos que envolvem *amarração de detalhes* e na *densificação do apoio terrestre para trabalhos topográficos e fotogramétricos*.

12.2. **Levantamento por Interseção**

Segundo ESPARTEL (1977), o *Método da Interseção* também é conhecido como método das *Coordenadas Bipolares*.

É empregado na avaliação de *pequenas superfícies* de relevo *acidentado*.

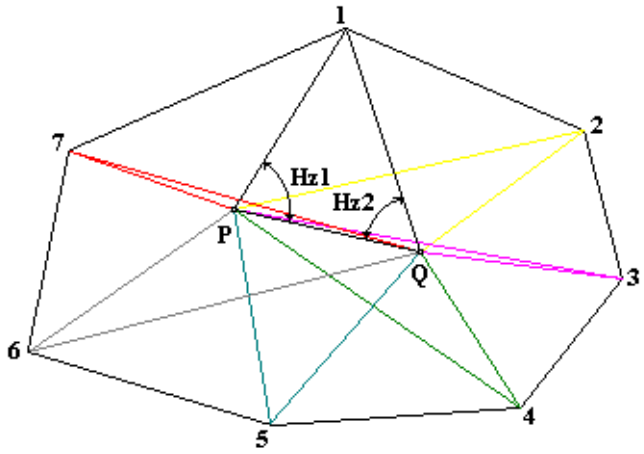
Uma vez demarcado o contorno da superfície a ser levantada, o método consiste em localizar, estrategicamente, dois pontos (**P**) e (**Q**), dentro ou fora da superfície demarcada, e de onde possam ser avistados todos os demais pontos que a definem.

Assim, mede-se a distância horizontal entre os pontos (**P**) e (**Q**), que constituirão uma *base de referência*, bem como, todos os ângulos horizontais formados entre a base e os demais pontos demarcados.

A medida da distância poderá ser realizada através de método direto, indireto ou eletrônico e a medida dos ângulos poderá ser realizada através do emprego de teodolitos óticos ou eletrônicos.

A precisão resultante do levantamento dependerá, evidentemente, do tipo de dispositivo ou equipamento utilizado.

A figura a seguir ilustra uma superfície demarcada por sete pontos com os pontos (**P**) e (**Q**) estrategicamente localizados no interior da mesma. De (**P**) e (**Q**) são medidos os ângulos horizontais entre a base e os pontos (1 a 7).



De cada triângulo são conhecidos dois ângulos e um lado (base definida por **PQ**). As demais distâncias e ângulos necessários à determinação da superfície em questão são determinados por relações trigonométricas.

12.3. **Levantamento por Caminhamento**

Segundo ESPARTEL (1977) este é o método utilizado no levantamento de superfícies *relativamente grandes* e de relevo *acidentado*. Requer uma quantidade maior de medidas que os descritos anteriormente, porém, oferece maior confiabilidade no que diz respeito aos resultados.

O método em questão inclui as seguintes etapas:

1♠.***Reconhecimento do Terreno***: durante esta fase, costuma-se fazer a implantação dos piquetes (também denominados *estações* ou *vértices*) para a delimitação da superfície a ser levantada. A figura geométrica gerada a partir desta delimitação recebe o nome de **POLIGONAL**.

As poligonais podem ser dos seguintes tipos:

a)**Aberta**: o ponto inicial (ponto de partida ou **PP**) não coincide com o ponto final (ponto de chegada ou **PC**).

b)**Fechada**: o ponto de partida coincide com o ponto de chegada (**PP** ≡ **PC**).

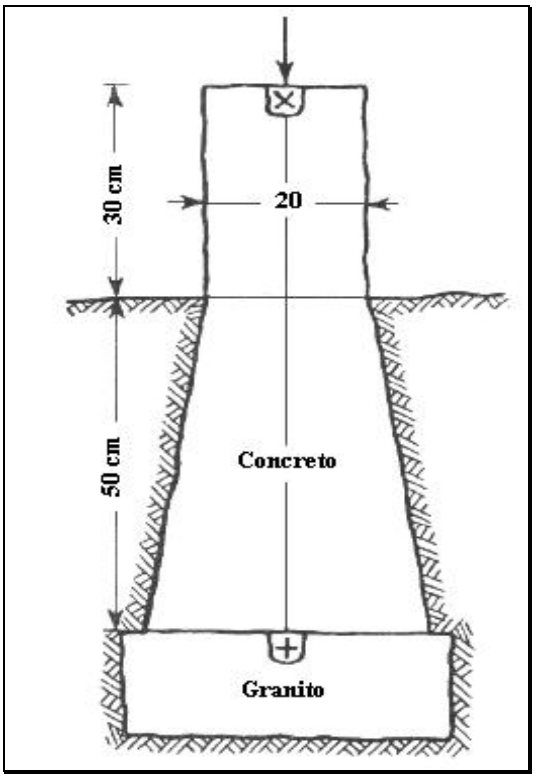
c)**Apoiada**: parte de um ponto conhecido e chega a um ponto também conhecido. Pode ser aberta ou fechada.

d)**Semi Apoiada**: parte de um ponto conhecido e chega a um ponto do qual se conhece somente o azimute. Só pode ser do tipo aberta.

e)**Não Apoiada**: parte de um ponto que pode ser conhecido ou não e chega a um ponto desconhecido. Pode ser aberta ou fechada.

Obs.: um ponto é *conhecido* quando suas coordenadas **UTM** (E,N) ou **Geográficas** (ϕ,λ) encontram-se determinadas. Estes pontos são implantados no terreno através de blocos de concreto (denominados *marcos*) e são protegidos por lei. Normalmente, fazem parte de uma *rede geodésica nacional*, de responsabilidade dos principais órgãos cartográficos do país (IBGE, DSG, DHN, entre outros). Quando destes pontos são conhecidas as altitudes (h), estes são denominados **RN - R**eferência de **N**ível.

A figura a seguir ilustra um marco de concreto e suas dimensões.



2♠.***Levantamento da Poligonal***: durante esta fase, percorre-se as estações da poligonal, uma a uma, no sentido horário, medindo-se *ângulos* e *distâncias horizontais*. Estes valores, bem como o croqui de cada ponto, são anotados em *cadernetas de campo* apropriadas ou registrados na *memória* do próprio aparelho. A escolha do método para a medida dos ângulos e distâncias, assim como dos equipamentos, se dá em função da precisão requerida para o trabalho e das exigências do contratante dos serviços (cliente).

3♠.***Levantamento dos Detalhes***: nesta fase, costuma-se empregar o método das perpendiculares ou da triangulação (quando o dispositivo utilizado para amarração é a trena), ou ainda, o método da irradiação (quando o dispositivo utilizado é o teodolito ou a estação total).

4♠.***Orientação da Poligonal***: é feita através da determinação do *rumo* ou *azimute* do primeiro alinhamento. Para tanto, é necessário utilizar uma bússola (rumo/azimute magnéticos) ou partir de uma base conhecida (rumo/azimute verdadeiros).

5♠.***Computação dos Dados***: terminadas as operações de campo, deve-se proceder a computação, em escritório, dos dados obtidos. Este é um processo que envolve o fechamento angular e linear, o transporte dos rumos/azimutes e das coordenadas e o cálculo da área.

6♠.*Desenho da Planta e Redação do Memorial Descritivo*: depois de determinadas as coordenadas (X, Y) dos pontos medidos, procede-se a confecção do desenho da planta da seguinte forma:

a)*Desenho Topográfico*: os vértices da poligonal e os pontos de referência mais importantes devem ser plotados segundo suas coordenadas (eixos X e Y), enquanto os pontos de detalhes comuns (feições), devem ser plotados com o auxílio de *escalímetro*, *compasso* e *transferidor* (para desenhos confeccionados manualmente).

No desenho devem constar:

- as feições naturais e/ou artificiais (representados através de símbolos padronizados ou convenções) e sua respectiva toponímia
- a orientação verdadeira ou magnética
- a data do levantamento
- a escala gráfica e numérica
- a legenda e convenções utilizadas
- o título (do trabalho)
- o número dos vértices, distância e azimute dos alinhamentos
- os eixos de coordenadas
- área e perímetro
- os responsáveis pela execução

O desenho pode ser:

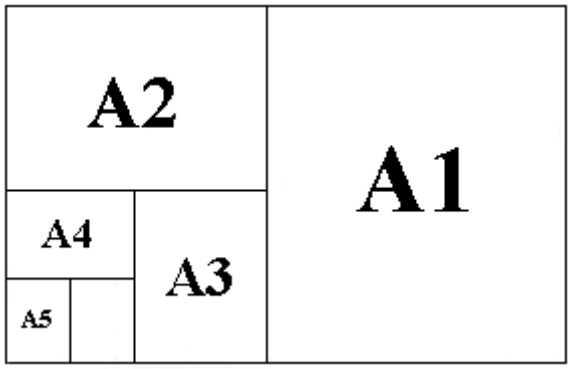
- monocromático: todo em tinta preta.
- policromático:
  azul → hidrografia
  vermelho → edificações, estradas, ruas, calçadas, caminhos ...
  verde → vegetação
  preto → legenda, malha e toponímia

b)*Escala*: a escolha da escala da planta se dá em função do tamanho da folha de papel a ser utilizado, do afastamento dos eixos coordenados, das folgas ou margens e da precisão requerida para o trabalho.

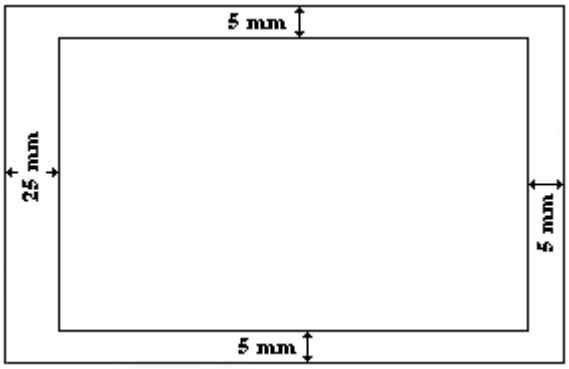
A tabela a seguir indica os formatos de papel utilizados para a confecção de plantas, segundo as normas da ABNT.

Formato	Tamanho(mm)	Área (m^2)
2xA0	1682x1682	2
A0	841x1189	1
A1	594x841	0,50
A2	420x594	0,25
A3	297x420	0,1250
A4	210x297	0,0625
A5	148x210	0,0313

Estes formatos correspondem à seguinte divisão de folhas, a partir do formato principal que é o A0:



As margens (ou folgas) normalmente aplicadas são de 25 a 30mm para a lateral esquerda e de 5 a 15mm para as outras laterais.



c)*Memorial Descritivo*: é um documento indispensável para o registro, em cartório, da superfície levantada. Deve conter a descrição *pormenorizada* desta superfície no que diz respeito à sua localização, confrontantes, área, perímetro, nome do proprietário, etc..

12.4. **Processamento dos Dados**

O processamento dos dados inclui o fechamento dos ângulos horizontais, o transporte dos azimutes, o fechamento das distâncias horizontais, o transporte das coordenadas e o cálculo da área.

A seguir apresenta-se a seqüência dos cálculos:

1. **Transformação dos ângulos horizontais externos em internos**

$$\mathbf{Hz_i = 360° - Hz_e}$$

2. **Erro de fechamento angular**

$$\mathbf{\Sigma Hz_i = 180°.(n-2)}$$

Se o somatório dos ângulos horizontais internos medidos não resultar no valor estipulado pela relação acima, haverá um erro de fechamento (**e**).

O erro encontrado não pode ser maior que a *tolerância angular* (ξ).

A *tolerância angular*, por sua vez, depende do aparelho utilizado.

Para a *estação total* TC500, a tolerância angular é dada por:

$$\mathbf{\xi = 5''\sqrt{n}}$$

Onde *n* representa o número de vértices da poligonal medida.

3. **Distribuição do erro angular**

A correção devido ao erro de fechamento angular é proporcional ao ângulo medido na estação e é dada pela seguinte relação:

$$\mathbf{C_n = \frac{Hz_i.e}{\sum Hz_i}}$$

Os valores de correção encontrados para cada ângulo devem ser somados ou subtraídos aos mesmos conforme o erro seja para menos ou para mais.

4. **Transporte do azimute**

De posse do azimute do primeiro alinhamento da poligonal (medido ou calculado), faz-se o transporte para os demais alinhamentos através da relação:

$$\boxed{Az(P) = Az(P-1) - Hz(P)}$$

Se o $Az(P) > 180° \rightarrow Az(P) = Az(P) - 180°$

Se o $Az(P) < 180° \rightarrow Az(P) = Az(P) + 180°$

Para checar se o transporte do azimute foi processado corretamente, o azimute de chegada encontrado deve ser igual ao azimute de saída.

5. **Variações em X e Y**

As variações em X e Y de cada estação da poligonal são calculadas através das seguintes relações:

$$\boxed{\Delta X(P) = DH(P).sen(Az(P))}$$

$$\boxed{\Delta Y(P) = DH(P).\cos(Az(P))}$$

6. **Fechamento linear**

O fechamento linear de uma poligonal é feito através das seguintes relações:

$$\boxed{\sum \Delta X = 0} \quad \text{e} \quad \boxed{\sum \Delta Y = 0}$$

Caso os somatórios não sejam iguais a zero, haverá um erro de fechamento linear em X (**ex**) e outro em Y (**ey**).

7. **Distribuição do erro linear**

As correções devido ao erro de fechamento linear são proporcionais às distâncias medidas e são dadas pelas seguintes relações:

$$\boxed{Cx(P) = \frac{ex}{P}.DH(P)} \quad \text{e} \quad \boxed{Cy(P) = \frac{ey}{P}.DH(P)}$$

Os valores de correção encontrados para cada variação em X e Y devem ser somados ou subtraídos às mesmas conforme os erros sejam para menos ou para mais.

8. **Precisão do levantamento**

A precisão (**M**) do levantamento é determinada pela relação:

$$\boxed{M = \frac{P}{\varepsilon}} \quad \text{onde} \quad \boxed{\varepsilon = \sqrt{ex^2 + ey^2}}$$

O valor de **M** deve ser superior a 1000 para que o levantamento seja considerado de topográfico (quarta ordem).

9. **Transporte das coordenadas**

De posse das coordenadas X e Y (locais ou UTM) do primeiro ponto da poligonal, faz-se o transporte para os demais pontos através das relações:

$$\boxed{X(P) = X(P-1) + \Delta X(P-1)} \quad \text{e} \quad \boxed{Y(P) = Y(P-1) + \Delta Y(P-1)}$$

Para checar se o transporte das coordenadas foi processado corretamente, os valores de X e Y de chegada encontrados devem ser iguais aos valores de X e Y de saída.

Com os valores de coordenadas encontrados procede-se o cálculo da escala e desenho da planta.

10. **Área**

O valor da área da poligonal medida é encontrado aplicando-se o *Método de Gauss*.

12.5. **Exercícios**

1.Dada a tabela de valores abaixo, determine as coordenadas dos pontos e a área da poligonal.

Estação	Hze	DH	Az
1	258°36'00”	1317,52 m	51°22'00”
2	210°47'00”	1253,94 m	
3	279°01'30”	1208,27 m	
4	243°41'00”	1899,70 m	
5	267°55'30”	1148,62 m	

As coordenadas do ponto 1 são: X(1) = 1000,00m e Y(1) = 1000,00m.

2.Com as coordenadas do exercício anterior, desenhar a poligonal sobre uma folha de papel tamanho A4 (deitada) descontando margens de 2 cm para cada lado da folha.