

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL
ÁREA DE TOPOGRAFIA E GEOPROCESSAMENTO

TOPOGRAFIA – NOTAS DE AULAS



Professor Luis Veras Junior

RECIFE
2003

TOPOGRAFIA A - PLANIMETRIA**AULA TEÓRICA**

1º PONTO: TOPOGRAFIA: Definições; Divisão e importância para as ciências agrícolas.

As sementes que me destes e que não eram prá guardar,
Pus no chão da minha vida, quis fazer frutificar.
Pelos campos deste mundo, quero sempre semear.
Quanto mais eu for plantando, mais terei para colher.
Quanto mais eu for colhendo, mais terei a oferecer.

A TOPOGRAFIA é a ciência que tem por objeto conhecer, descrever e representar graficamente sobre uma superfície plana, partes da superfície da Terra, desconsiderando a curvatura da mesma. Tem portanto como produto final, uma planta ou uma carta topográfica, que vem a ser a projeção ortogonal cotada do terreno sobre um plano horizontal, denominado de plano topográfico ou superfície topográfica.

Compreende pois, o conjunto dos princípios, métodos, instrumentos e convenções utilizados para a determinação do contorno, das dimensões e da posição relativa de uma porção limitada da superfície da Terra, do fundo de áreas submersas ou do interior das minas. Compete ainda à topografia, a locação no terreno de projetos elaborados a partir de plantas ou cartas topográficas.

Qualquer trabalho de engenharia civil, arquitetura, urbanismo, agrícola, etc., se desenvolve em função do terreno sobre o qual se assenta como por exemplo, obras viárias, núcleos habitacionais, hidrografia, projetos de irrigação, reflorestamentos, práticas conservacionistas de solos, etc. Aí reside a importância da topografia: ela é a base inicial de qualquer projeto racional dos ramos das engenharias.

Portanto, os conhecimentos da TOPOGRAFIA poderão ser utilizados nas mais diversas áreas, como por exemplo:

Engenharia de Agrimensura – Cadastros, serviços de perícias, divisões e demarcações de terras, loteamentos, etc.

Agronomia – Planejamento agro - pecuário, práticas conservacionistas de solos, etc.

Engenharia Agrícola – Projetos de irrigação e drenagem, construção de barragens, construção de estradas, eletrificação rural, sistematização de terrenos, etc.

Engenharia Florestal – Planejamento florestal, inventário florestal, urbanismo, paisagismo, etc.

Engenharia Civil – Elaboração de projetos de grandes obras, construção de rodovias e ferrovias, construção de pontes e viadutos, implantação de redes de drenagem urbanas, aeroportos, usinas hidrelétricas, etc.

Engenharia de Pesca – Construção de tanques para criação de peixes e camarões; construção de barragens, etc.

Zootecnia – Planejamento das propriedades rurais para um correto manejo agrícola e pecuário.

Diferença entre Topografia e Geodésia: a Topografia é muitas vezes confundida com a Geodésia, pois se utiliza dos mesmos equipamentos e praticamente dos mesmos métodos para o mapeamento de superfícies terrestres. Porém, enquanto a **Topografia** tem por finalidade mapear *uma pequena porção* daquela superfície, a **Geodésia** tem por finalidade mapear *grandes porções* desta mesma superfície, levando em consideração a curvatura da Terra e suas deformações, devido à esfericidade que a mesma apresenta. (BRANDALIZE,2003).

MAPA DA PROPRIEDADE – *O certo é que na elaboração de qualquer projeto agropecuário ou mesmo para defesa de uma fiscalização do Incra, Bancos oficiais, etc. com o objetivo de saber se uma propriedade é produtiva, é preciso ter em mãos o mapa da propriedade, que possibilita o levantamento de todos os dados e permite definir com o proprietário as metas que ele deseja alcançar ao longo dos anos.*

Para se chegar aos seus objetivos na topografia, faz-se uso constante das grandezas angulares e lineares. Assim, é de fundamental importância o estudo minucioso de métodos e instrumentos utilizados na obtenção destas.

Dependendo da natureza do trabalho topográfico a ser executado, podemos dividir a topografia em:



A topometria é a parte da topografia que se encarrega das medições dos elementos característicos de um terreno, sobretudo quando se visa representá-lo graficamente em uma superfície plana.

Já a topologia é a parte da topografia que se preocupa com as formas exteriores da superfície da Terra e as “leis” que regem o seu modelado. Interessa sobremaneira aos estudos de geologia e, como tal, foge à natureza do nosso curso.

Planimetria é a parte da topometria que estuda os instrumentos, processos e métodos usados na representação gráfica de uma porção qualquer de terreno sobre uma superfície plana, sem dar idéia do relevo do solo (representação bidimensional). Tem como resultado final, uma carta ou planta planimétrica.

Já a altimetria é a parte da topometria que estuda os instrumentos, processos e métodos usados na representação gráfica de uma porção qualquer de terreno sobre uma superfície plana, dando idéia do relevo do solo. Tem como resultado final, uma carta ou planta planialtimétrica (representação tridimensional). No nivelamento de perfis, o resultado final é a representação desses perfis, sob forma de seções transversais ou longitudinais. Outras

representações de natureza altimétrica ainda existem, dependendo do tipo de trabalho executado.

Normalmente ainda acompanha a documentação que faz parte do trabalho topográfico o MEMORIAL DESCRITIVO, conforme exemplo abaixo:

Anexo VIII – Memorial Descritivo
Ministério do Desenvolvimento Agrário
INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA - INCRA
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DO INCRA NO ESTADO DO PARANÁ –
SR(09)
DIVISÃO TÉCNICA
MEMORIAL DESCRITIVO

IMÓVEL : P.A Bela Vista ÁREA(ha): 14,4975
LOTE: 24 PERÍMETRO(m): 1763,85
MUNICÍPIO: Ventania U.F: Paraná

Inicia-se a descrição deste perímetro no marco M-0123 , de coordenadas geográficas, latitude 24°03'50.33545" S e longitude 50°16'38.52344" W e coordenadas UTM N 7.338.491,614 e E 573.464,906 MC 51 WGr., Datum SAD-69, situado na bifurcação de duas Estradas Municipais; Deste segue por Estrada Municipal, confrontando com a mesma, com a distância de 233,15 m até o ponto E-3055; deste segue por linha seca confrontando com a Estrada Municipal com o azimute de 168°01'13 e distância de 20,80 m até o marco M-0068; deste segue por linha seca, confrontando com o lote - 25 com o azimute de 190°56'50" e a distância de 184,12 m até o marco M-0050; deste segue pelo Ribeirão Água da Ponta da Pedra a montante, confrontando com lote - 12 com a distância de 189,84 m até o marco M-0051; deste segue pelo Ribeirão Água da Ponta da Pedra a montante, cruzando a Estrada Municipal, confrontando com reserva - R-3 com a distância de 248,51 m até o marco M-0052; deste segue por linha seca, confrontando com lote - 21 com o azimute de 346°09'06" e a distância de 316,82 m até o marco M-0077; deste segue pela Estrada Municipal, confrontando com a mesma com a distância de 591,41 m até o marco M-0123; ponto inicial da descrição do perímetro.

OBS: Foram deduzidos 0,4654 ha referente a área de estrada.

Curitiba, aos tanto dias do mês tal do ano tal.

RESPONSÁVEL TÉCNICO

CONFERE

VISTO

No estudo da forma e dimensão da Terra, podemos considerar quatro tipos de *superfície ou modelo* para a sua representação (BRANDALIZE, 2003). 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 em repouso 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 por meio de trabalhos geodésicos.

GEÓIDE: É a superfície de nível, única, dos mares em repouso em sua altura média, prolongada através dos continentes.

O nível médio dos mares, em uma determinada região ou país, se consegue determinar por meio de instrumentos denominados mareógrafos ou marégrafos, que registram as variações das alturas do fluxo e refluxo das águas dos oceanos(marés alta e baixa).

MARCO ZERO OU MARCO HIPSOMÉTRICO DE UM PAÍS OU REGIÃO: É o local de origem das medições altimétricas desse país ou região.É um ponto perfeitamente materializado no terreno, a partir da altura média determinada pelo mareógrafo.

O marco zero da cidade do Recife, fica ao lado da Capitânia dos Portos, e tem o valor de 3,62 metros. Esta altitude, é transportada para todo o interior do Estado e de outras regiões, através do nivelamento geométrico duplamente nivelado, onde são perfeitamente materializados em pontos estratégicos e bem protegidos, chamados de Referências de Nível (R.N.).São pontos protegidos por Lei Federal.

MARÉGRAFOS E SENSORES DE PRESSÃO

Registram a variação do peso da coluna d'água provocada pela ação das marés, sendo também classificados como mecânicos e eletrônicos. Os sensores eletrônicos são capazes de registrar oscilações do nível d'água (pressão hidrostática) de alta frequência ($< 0,5$ Hz), e por isso são utilizados como ondógrafos não direcionais (fornecem a altura mas não a direção de propagação da onda).

1 - MECÂNICOS

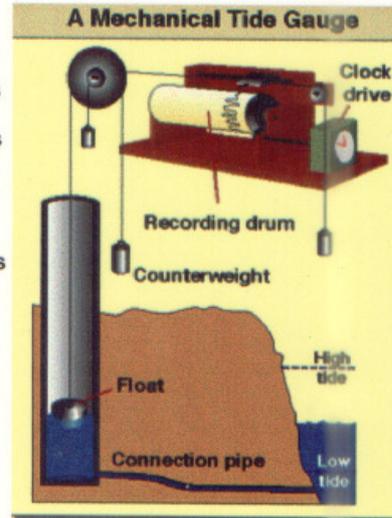
O mais simples de todos os marégrafos mecânicos consiste de um poço escavado acima da zona de supamaré (nunca inundada) e conectado com o mar por um tubo, de forma que o nível da água no poço e no mar sejam os mesmos (princípio dos vasos comunicantes) (Figura 1). O tubo de comunicação deve ser de diâmetro pequeno o suficiente para eliminar as oscilações de curto período produzidas pelas ondas. Dentro do poço é montada uma bóia que move-se verticalmente com a maré, e sendo essa conectada a uma caneta, as oscilações da bóia são registradas em papel gráfico preso a um cilindro, que se movimenta junto a um mecanismo de relógio. Outros marégrafos mecânicos registram a pressão da coluna d'água sobre uma câmara de ar submersa.

Figura 1 - Mecanismo de funcionamento de um marégrafo mecânico

2 - ELETRÔNICOS

2.1 - Sensores de Pressão

Marégrafos eletrônicos são equipados com um sensor de pressão constituído por uma membrana com resistências elétricas que é deformada pelo peso da coluna d'água. Esta deformação é eletricamente medida, amplificada e transmitida para um contador. Permitem o registro da média da altura da coluna d'água em diferentes intervalos de tempo, sendo que o efeito da altura das ondas é eliminado com o tratamento matemático do conjunto de dados. Suas principais especificações são:



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 parâmetros matemáticos perfeitamente definidos, como: $a = \text{semi-eixo maior}$; $b = \text{semi-eixo menor}$; $f = \text{achatamento}$.

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

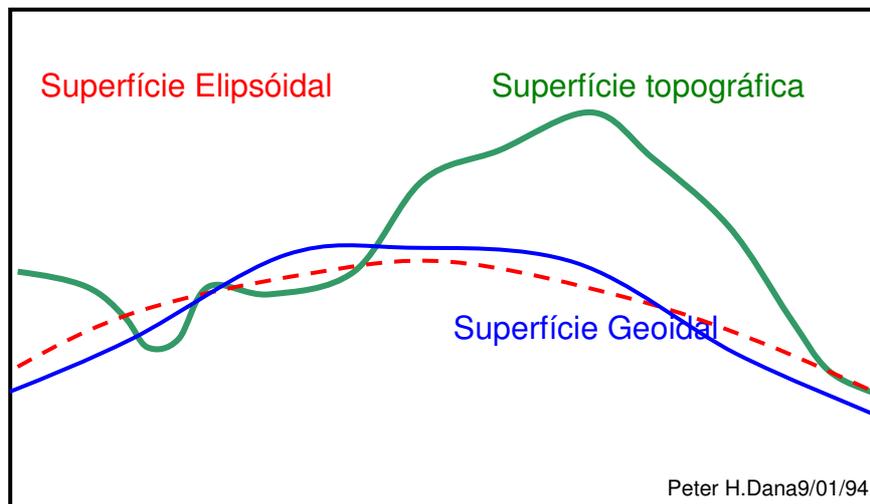
No Brasil, as cartas produzidas até meados de 1980 utilizaram como referência os parâmetros de *Heyford*. A partir desta época, as cartas produzidas passaram a adotar como referência o elipsóide *Internacional 67*.

DATUM = SAD 69 (CHUÁ); $a = 6.378.160 \text{ m}$; $f = (1 - b) / a = 1/298,25$

Datum \Rightarrow Sistema de referência.

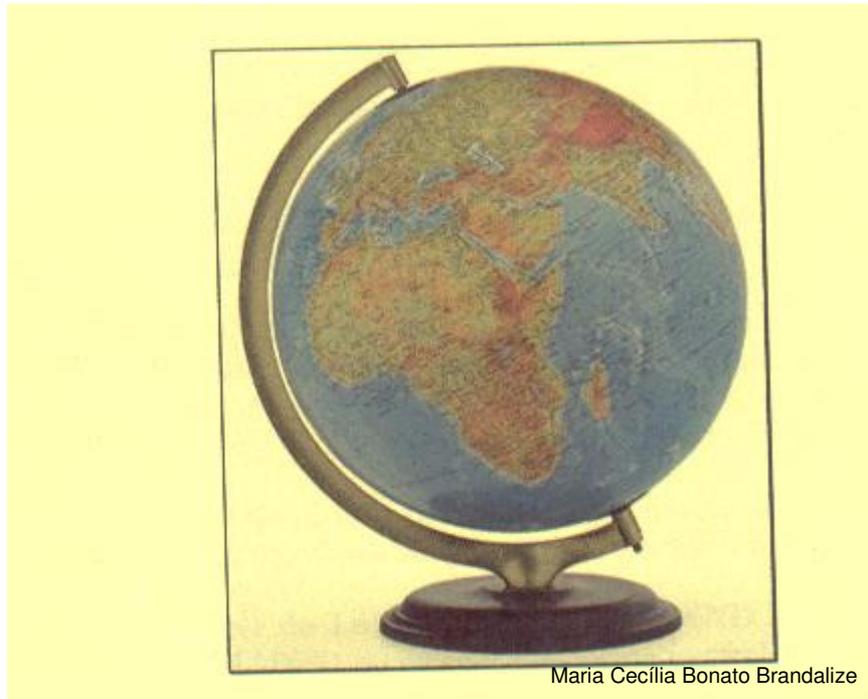
SAD \Rightarrow South American Datum, oficializado para uso no Brasil em 1969, é representado pelo vértice Chuá, situado próximo a cidade mineira de Uberaba.

A figura seguinte mostra a relação existente entre a superfície topográfica 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.



Maria Cecília Bonato Brandalize

Nos trabalhos geodésicos, o modelo que mais se assemelha à figura da Terra e o que é usado é o *elipsóide de Revolução*.

TOPOGRAFIA A

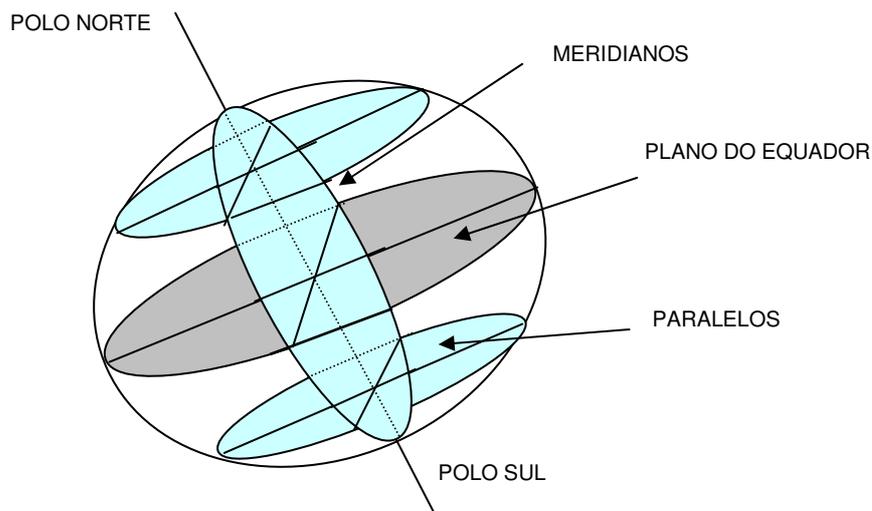
AULA TEÓRICA

2ºPONTO: PLANIMETRIA: Objetos da planimetria: conceito de plano topográfico; conceito de ponto topográfico; conceito de alinhamentos; distâncias que interessam à topografia; medição direta de alinhamentos; instrumentos utilizados e modo correto de usá-los.

Como já vimos anteriormente, a planimetria é a parte da topometria que estuda os instrumentos, processos e métodos usados na representação gráfica de uma porção qualquer de terreno sobre uma superfície plana, sem dar idéia do relevo do terreno.

O resultado final de um levantamento topográfico planimétrico é uma planta planimétrica, que nada mais é do que a projeção ortogonal da superfície do terreno levantado sobre um plano horizontal (plano topográfico), onde temos somente a idéia do contorno do terreno, dos detalhes interiores (edificações, estradas, linhas de transmissão, córregos, riachos, barragens, etc.) e das dimensões dos lados dessa poligonal.

A figura abaixo permite reconhecer os seguintes elementos:



Coordenadas geográficas de um ponto - As coordenadas de um ponto são os elementos necessários para a determinação da posição de um ponto na superfície terrestre;

Eixo terrestre : é a reta que une os polos Norte e Sul e em torno do qual a Terra gira (movimento de rotação) (BRANDALIZE,2003);

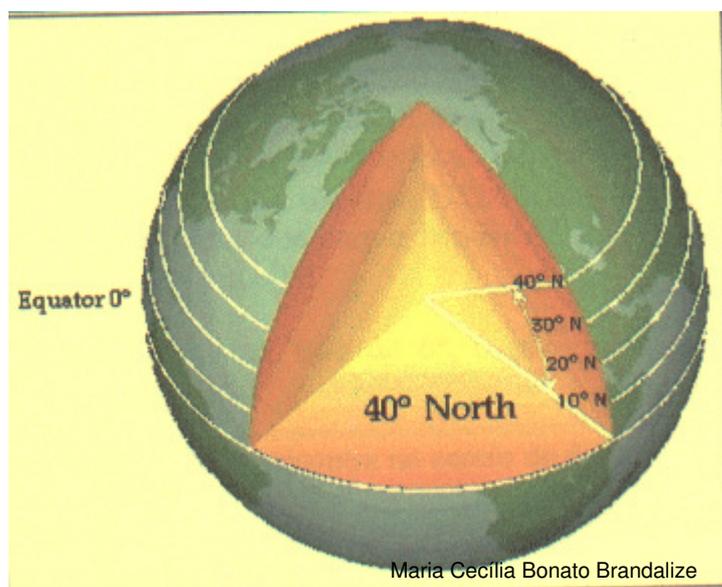
Plano equatorial : Plano perpendicular ao eixo terrestre que passa pelo centro da terra(BRANDALIZE,2003);

Plano meridiano : É todo plano que passa pelo eixo da terra e intercepta sua superfície segundo uma curva , supondo-a esférica(BRANDALIZE,2003);

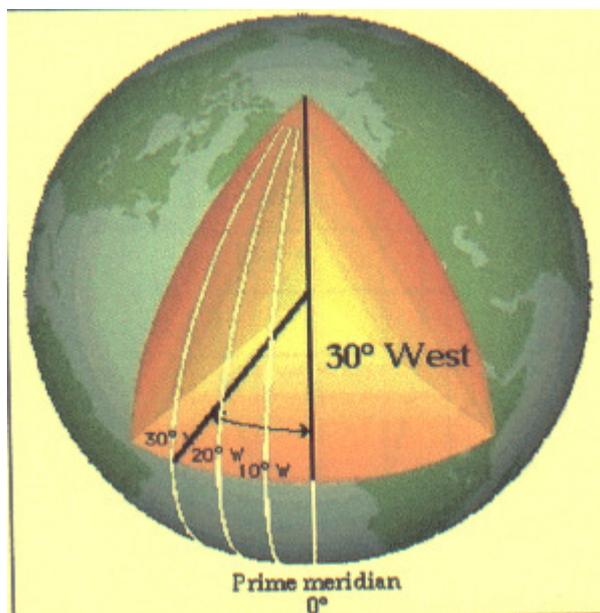
Paralelos : são os círculos cujos planos são paralelos ao plano do Equador. Os paralelos mais importantes são: Trópico de Capricórnio (latitude $23^{\circ} 23'$ S) e o Trópico de Câncer (latitude $23^{\circ} 23'$ Norte) (BRANDALIZE,2003);

Vertical de um lugar: é a linha que passa por um ponto da superfície da Terra e vai ter ao centro da mesma. Esta linha é materializada pelo “*fio de prumo*” dos equipamentos de medição (teodolitos, estações totais, níveis de precisão , etc), ou seja é a direção na qual atua a força da gravidade(BRANDALIZE,2003);

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 e negativamente para o Sul(BRANDALIZE,2003);



Longitude (λ): de um ponto da superfície terrestre é o ângulo formado entre o meridiano de origem, conhecido como 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) (BRANDALIZE,2003);



Coordenadas geográficas (ϕ, λ): é o nome dado aos valores de *latitude e longitude* que definem a posição de um ponto na superfície terrestre.

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**(BRANDALIZE,2003);

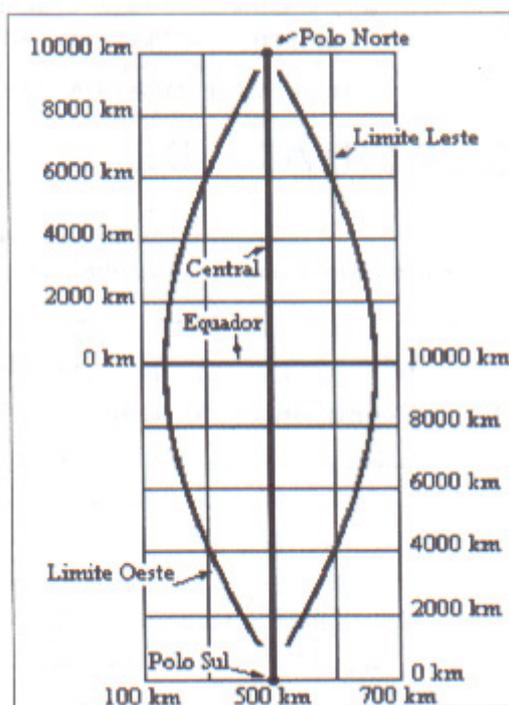
Coordenadas UTM (E,N): é o nome dado aos valores de abcissa (E) e ordenada(N) de um ponto sobre a superfície da Terra, quando este é projetado sobre um cilindro tangente ao elipsóide de referência. O cilindro tangencia o Equador, assim dividido em 60 arcos de 6° ($60 \times 6^\circ = 360^\circ$). Cada 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 500.000 metros para (E) e 10.000.000 metros 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.

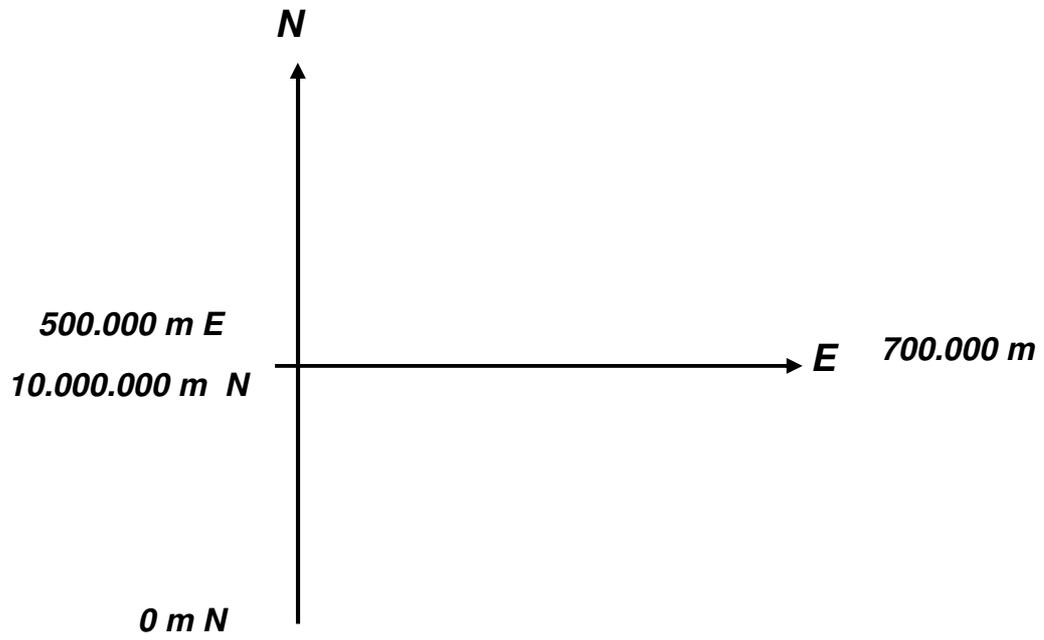
Para o hemisfério Norte, as ordenadas variam de 0 km a 10.000 km enquanto para o hemisfério Sul de 10.000 km a 0 km.

As abscissas variam de 500 km a 100 km à Oeste do Meridiano Central e de 500 km a 700 km a Leste do mesmo(BRANDALIZE,2003).



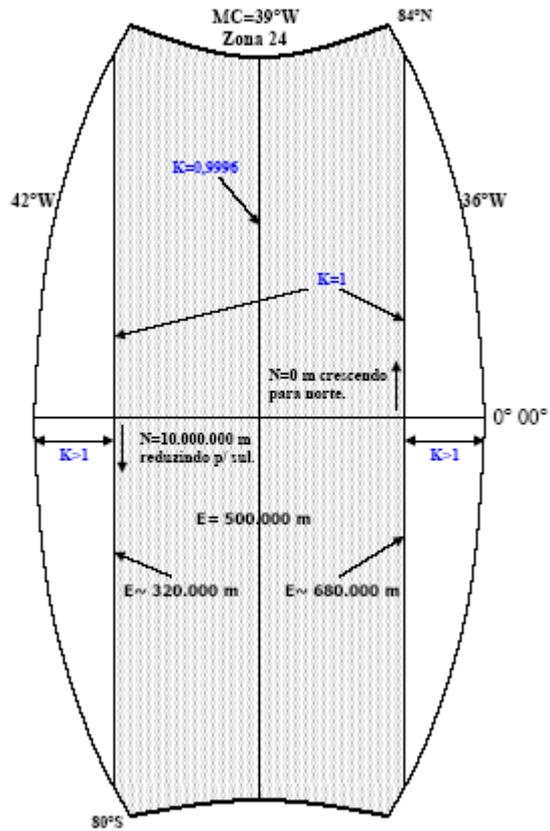
Maria Cecília Bonato Brandalize

COORDENADAS UTM



Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA
 Normas Técnicas para Levantamentos Topográficos

Figura A1 – Zona UTM 24, abrangendo a região entre as longitudes 36° W e 42° W.



Coordenadas geográficas médias da cidade do Recife:

Coordenadas de Recife : Latitude: 08° 04' 03" S ou - 08° 04' 03"
Longitude: 34° 53' 00" Oeste ou - 34° 53' 00"
Altitude: ± 8,0 m.

RECIFE - Aspectos físicos de uma cidade anfíbia:

Limites: Morros com altitudes variadas que se prolongam desde Olinda, ao norte, até Jaboatão dos Guararapes, ao sul. A leste o litoral é guarnecido por extensos cordões de arenito (arrecifes): a oeste os municípios de Camaragibe e São Lourenço da Mata.

Percentual territorial referente ao estado de Pernambuco: 0,22 %

Área territorial: cerca de 218,7 km², sendo 67,43 % morros; 23,26 % planícies e 9,31 % aquáticas.

Áreas verdes (Zona especial de preservação ambiental): 5,50 %

Extensão da praia: 8,60 km.

Média pluviométrica anual: 1500,00 mm.

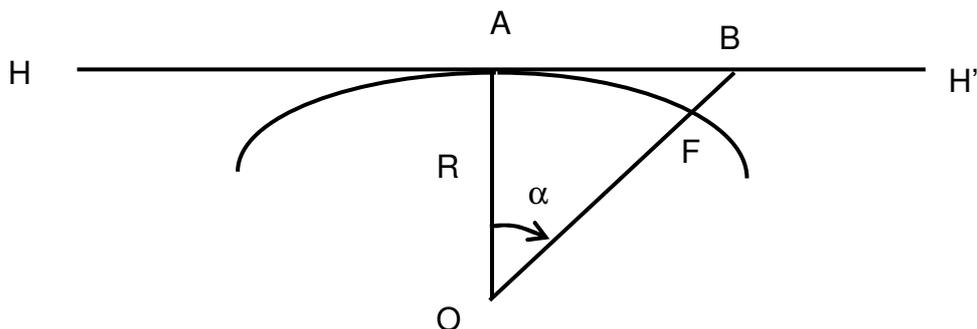
Clima: tropical quente e úmido, com chuvas de outono - inverno. Alteram-se estações chuvosas e secas.

Temperatura média: 25° C. O regime térmico possui relativa uniformidade, devido a proximidade do mar, com variação na ordem aproximada de 4° C.

População: 1,34 milhão de habitantes (IBGE – 1996), sendo 460.000 em morros.

Plano Topográfico: Em Topografia, como as áreas são relativamente pequenas as projeções dos pontos são feitas no plano topográfico. O plano topográfico é um plano horizontal tangente à superfície terrestre, num ponto que esteja situado dentro da área a ser levantada.

Erro de esfericidade: Ao substituímos a forma da terra, considerada esférica, pelo plano topográfico cometemos um erro denominado “erro de esfericidade”.

Determinação do erro de esfericidade:

O erro de esfericidade corresponde à diferença entre os comprimentos do segmento AB e do arco AF.

$$e = AB - AF \quad (1)$$

$$AB = R \operatorname{tg} \alpha \quad (2)$$

Determinação de AF

$$\frac{2\pi R}{AF} = \frac{360^\circ}{\alpha}$$

$$AF = \frac{\pi R \alpha}{180^\circ} \quad (3) \quad \text{substituindo-se (2) e (3) em (1), teremos:}$$

$$e = R \operatorname{tg} \alpha - \frac{\pi R \alpha}{180^\circ}$$

Se partirmos de um ângulo central $\alpha = 1^\circ$ e utilizando um raio médio de 6.366.193 m teremos:

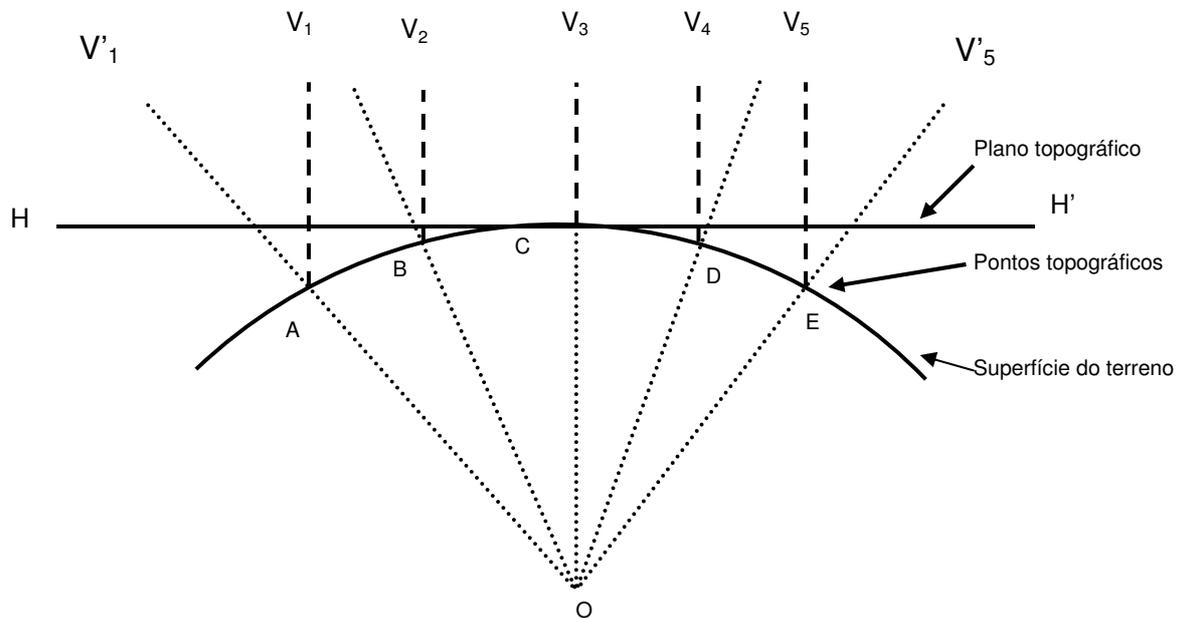
$$AB = 111.122 \text{ m} \quad e \quad AF = 111.111 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad \text{erro de esfericidade} = 11 \text{ m}$$

Fazendo os mesmos cálculos para $\alpha = 30'$, teremos:

$$AB = 55.556,9 \text{ m} \quad e \quad AF = 55.555,5 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad \text{erro de esfericidade} = 1,4 \text{ m}$$

Em Topografia, o erro de 1,4 m para uma distância em torno de 55 km pode ser considerado insignificante. Por essa razão, em vez de se corrigir o erro ocasionado pela esfericidade terrestre, procura-se limitar a extensão do terreno a ser levantado pelos recursos da Topografia a um círculo de raio inferior a 50 km. Isso corresponde a uma área em torno de 785.000 ha. As propriedades agrícolas geralmente são bem menores.

Consequência do Plano topográfico: A principal consequência do plano topográfico, é o paralelismo das verticais topográficas .



Na hipótese do plano topográfico, as verticais verdadeiras A, B, C, D e E são substituídas pelas verticais V_1 , V_2 , V_3 , V_4 e V_5 , que são perpendiculares ao plano HH' (plano topográfico) e consideradas paralelas entre si dentro da área a representar.

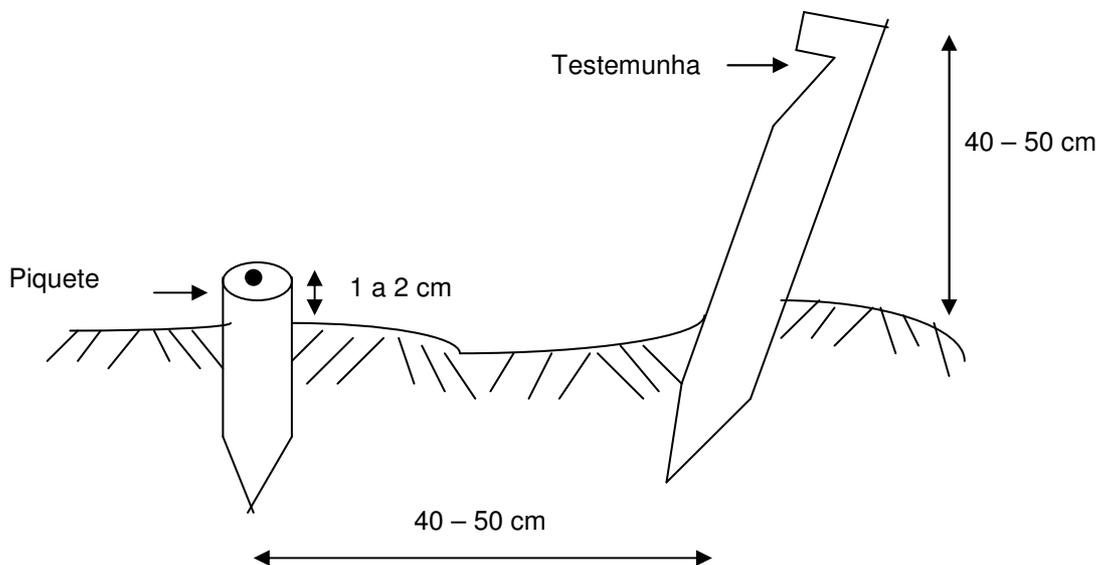
Não custa lembrar, que considera-se vertical de um lugar, uma reta que une um ponto qualquer da superfície ao centro da Terra, considerada coincidente com a direção do fio de prumo (V'_1 ; V'_5)

Ponto topográfico – Os acidentes que devem figurar na planta são levantados por meio de pontos que possam representá-los convenientemente

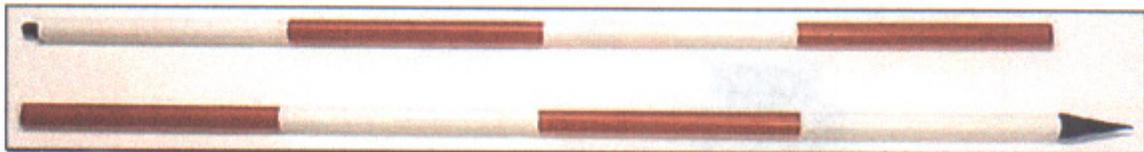
Cada um desses pontos chama-se “ponto topográfico”, que é um ponto concreto, materializado no terreno sobre a cabeça de um piquete e de uma estaca, geralmente de madeira.

Após ser cravado no terreno, a parte superior do piquete deve ficar a uma altura de 1 a 2 cm em relação à superfície e o ponto topográfico perfeitamente definido por uma marca apropriada qualquer, como por exemplo uma brocha ou taxa, uma marca de tinta, etc.

A estaca, também chamada de testemunha, é utilizada para identificação do ponto.



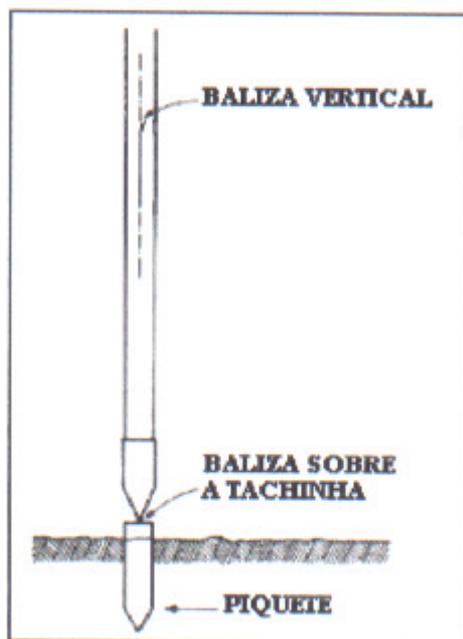
Para facilitar a visualização dos pontos topográficos materializados sobre a cabeça dos piquetes, auxilia-se de uma baliza, que é uma haste de madeira, ferro ou alumínio, de forma cilíndrica ou oitavada, com 2,0 metros de comprimento e diâmetro de 1,5 a 2,0 cm, que tem na sua extremidade inferior um cone de ferro.



Maria Cecília Bonato Brandalize

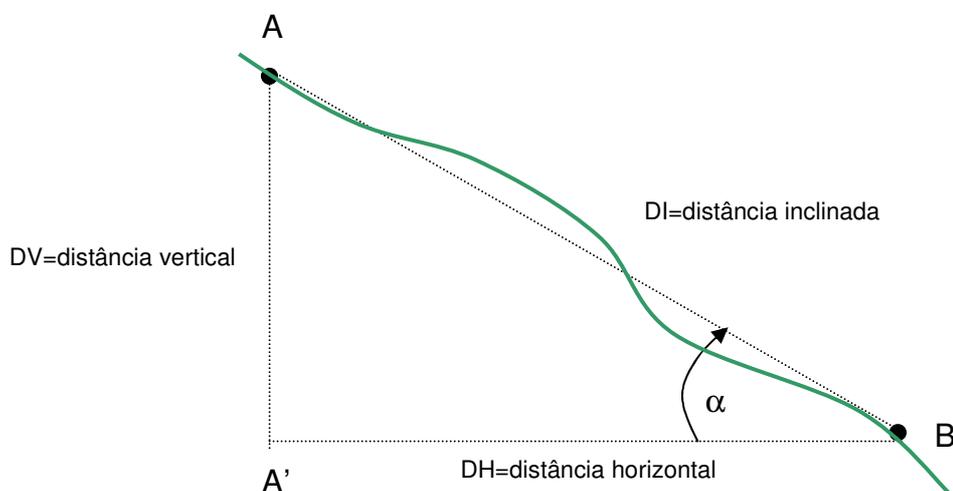
Para maior comodidade de trabalho e melhor visão, a baliza é pintada alternadamente de vermelho e branco (é portanto alvirubra), por serem as cores que mais facilmente se distinguem no meio da mata ou em pleno campo.

No momento da visualização para o ponto topográfico, o operador deverá, sempre que possível, visar o pé da baliza, para evitar erros de má verticalização.



Maria Cecília Bonato Brandalize

Medição de distâncias - Num levantamento topográfico, além de ângulos horizontais e verticais é necessário obter a distância que separa os pontos que caracterizam a superfície do terreno. Considere a figura abaixo:



AB = distância natural entre os pontos A e B;

A'B = distância horizontal ou reduzida;

AA' = distância vertical ou diferença de nível.

α = ângulo de inclinação

Na representação planimétrica dos pontos A e B utiliza-se, apenas, a distância horizontal. Tanto a distância horizontal como a vertical podem ser obtidas a partir da distância inclinada (natural) e do ângulo de inclinação do terreno (ângulo α) como veremos mais adiante.

Processos de medição de distâncias:

Os processos de determinação de distâncias podem ser diretos e indiretos.

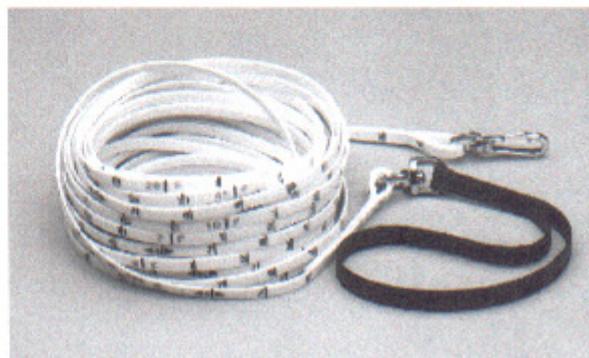
A) Processo direto: A distância é obtida por meio de unidades retilíneas aplicadas no terreno, denominadas diastímetros. Os diastímetros mais comuns são as trenas, que podem ser de lona, aço ou fibra de vidro.

TRENA DE LONA



Maria Cecília Bonato Brandalize

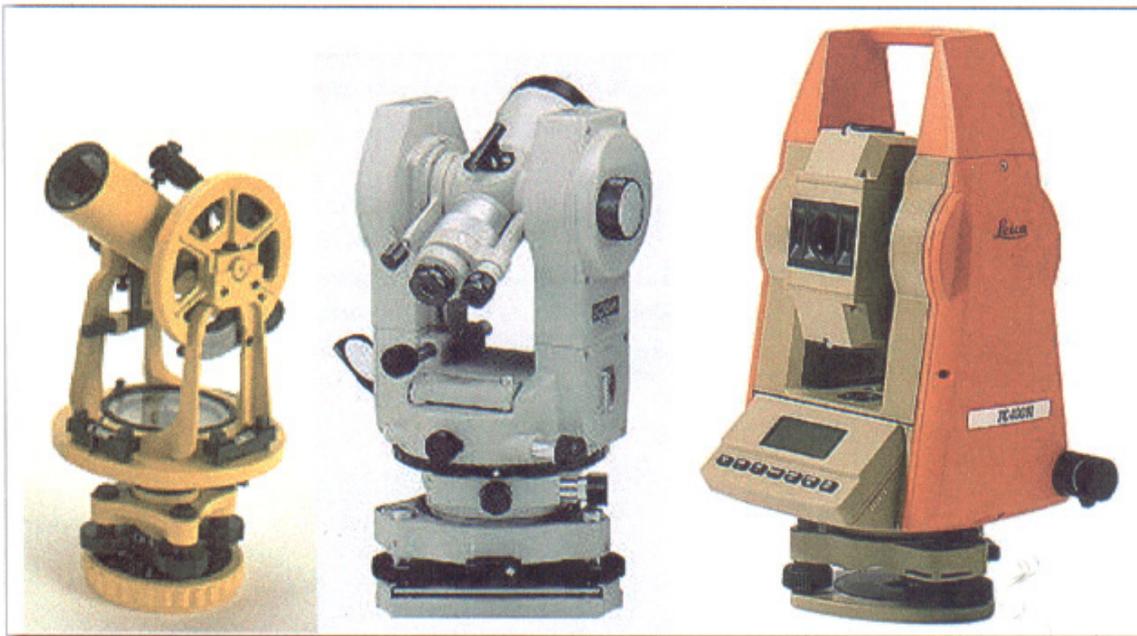
TRENA DE FIBRA DE VIDRO



Maria Cecília Bonato Brandalize

B) Processo indireto: Nos processos indiretos não é necessário percorrer os alinhamentos. Um instrumento é instalado num extremo do alinhamento e um complemento noutro extremo. A distância pode ser obtida por princípio ótico (estadimetria) ou princípio físico (propagação de ondas eletromagnéticas). Será estudado mais adiante.

A figura abaixo ilustra três gerações de teodolitos: o *trânsito* (mecânico e de leitura externa); o *ótico* (prismático e com leitura interna); e o *eletrônico* (estação total e com leitura digital) (BRANDALIZE, 2003).

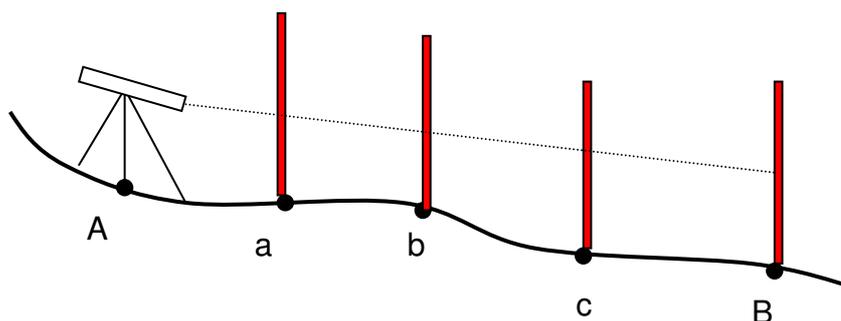


Maria Cecília Bonato Brandalize

PROCESSO DIRETO DE MEDIÇÃO DE DISTÂNCIAS:

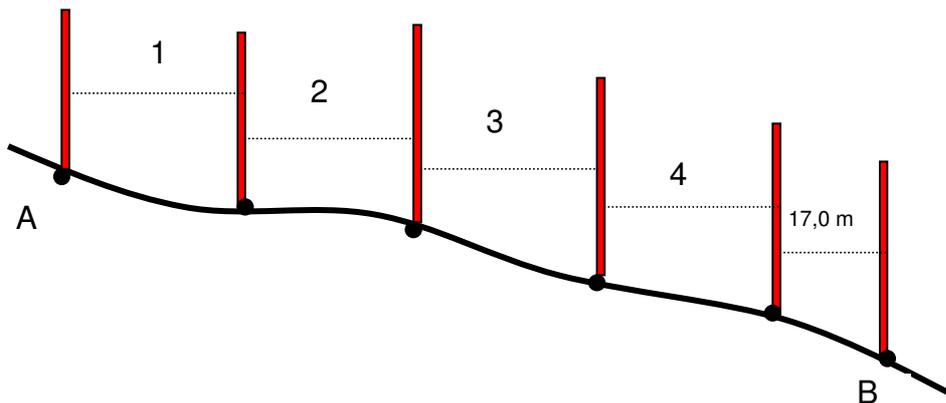
Materialização do alinhamento a ser medido:

Quando a distância a ser medida é maior que o comprimento da trena que se dispõe a primeira providência é a materialização do alinhamento no terreno. O alinhamento a ser medido deve ser subdividido em trechos de comprimento menor ou inferior ao comprimento da trena. Os extremos de cada trecho devem ser alinhados com auxílio de um teodolito.



O operador posicionado em A visa uma baliza colocada em B. Em seguida prende o movimento horizontal. Movimentando a luneta verticalmente orienta o balizeiro para marcar o ponto a que deverá estar a uma distância inferior ao comprimento da trena utilizada. Procedimento idêntico é feito para os pontos b e c.

OBS: Pode-se também marcar as trenadas inteiras e medir-se a última trenada, como podemos ver na figura abaixo:



$$DH(A - B) = (4 * 20 \text{ m} + 17,0 \text{ m}) = 97,0 \text{ m}$$

Com relação à precisão das medidas, os dispositivos utilizados no processo de medição de distâncias podem ser agrupados em 02 categorias:

Expeditos - possuem baixa precisão, sendo utilizados em levantamentos rápidos, quando se deseja uma avaliação com baixa precisão.

- Estimativa visual
- Passo médio
- Odômetro
- Cadeia de agrimensor

Precisos - nesta categoria estão inseridos os equipamentos de precisão usuais de Topografia:

- Taqueometria
- Trena
- Distânciômetro eletrônico(MED)

A estimativa visual é uma característica inata do ser humano, sendo fundamentada na capacidade de avaliação de comprimentos, facilitada sobretudo, quando o objetivo da medição é estabelecer a comparação entre alinhamentos próximos,

O passo médio está fundamentado no fato de que cada pessoa ao andar percorre um comprimento mais ou menos constante. Este comprimento quando conhecido pode ser usado para avaliação de distâncias. Ou seja, percorre-se o alinhamento a ser medido, determinando-se o número de passos que foram dados para se percorrer o alinhamento. O comprimento do alinhamento será dado pelo número de passos vezes o valor do passo médio.

O valor do passo médio pode ser determinado percorrendo-se uma distância conhecida materializada no terreno. Por exemplo, marca-se 100m no terreno e percorre-se esta distância no mínimo umas 03 vezes, contando-se em cada uma delas o número de passos dados. O passo médio será obtido pela divisão da distância percorrida pela média do número de passos dados nas vezes em que a distância foi percorrida ou seja:

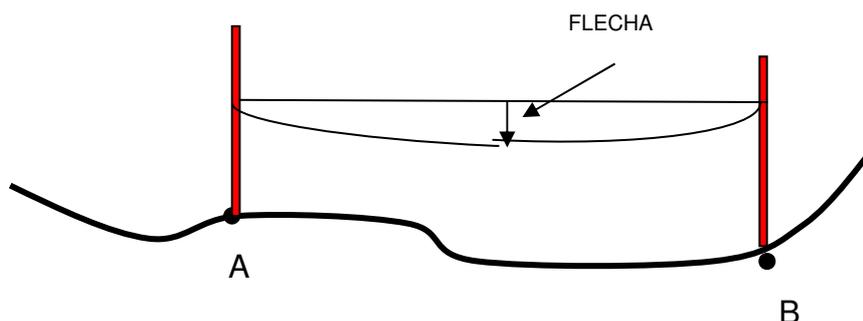
$$P_m = \frac{d}{n}$$

Onde :
 P_m = passo médio
 d = distância percorrida
 n = média do número de passos dados

O odômetro é um instrumento que faz o registro do número de voltas dado por uma roda. O mais conhecido é aquele utilizado nos veículos automotores. Conhecido o raio da roda e conseqüentemente o seu arco, o odômetro acumula mecanicamente ou digitalmente este comprimento de arco a cada volta dada num percurso, medindo o comprimento do alinhamento percorrido. O erro nas medidas depende das irregularidades do terreno. Nos veículos automotores a precisão nominal varia de 100 a 1000m mas existem odômetros adaptáveis a outros tipos de rodas com leituras de decímetros.

Principais fontes de erro na medição com trenas:

a) - Erro de catenária - ocasionado pelo peso da trena. Em virtude do peso do material da trena, a mesma tende a formar uma curva com concavidade voltada para cima. Mede-se nesse caso, um arco em vez de uma corda. Para evitá-lo, deve-se aplicar maiores tensões nas extremidades do diastímetro.



b) - Falta de horizontalidade da trena: Em terrenos com declive a tendência do operador é segurar a trena mais próxima do piquete. Esta é uma das maiores fontes de erro. Nesse caso as distâncias ficam superestimadas.

c) - Falta de verticalidade da baliza: O operador pode inclinar a baliza no ato da medição ocasionando erro na medição. A distância pode ser sub ou superestimada.



d) - Desvio lateral da trena



e) - Erro ocasionado pela dilatação das trenas. Comum em trenas de aço. A temperatura durante a medição pode ser diferente daquela de aferição da trena.

TOPOGRAFIA A - PLANIMETRIA

AULA TEÓRICA

3º PONTO: ESCALAS: Conceito e utilização; tipos de escalas: numérica e gráfica; precisão gráfica; convenções topográficas.

ESCALA- É uma razão constante entre duas figuras homólogas e semelhantes entre si.

Condições para que duas figuras geométricas sejam semelhantes entre si:

- 1) Os lados correspondentes devem ter a mesma razão de semelhança;
- 2) Os ângulos correspondentes devem ser iguais.

Portanto: $E = \frac{\ell}{L}$ onde: $\ell \rightarrow$ desenho
 $L \rightarrow$ campo

Tipos de escalas em função da relação ℓ / L :

$\ell / L > 1 \Rightarrow$ escala de ampliação

$\ell / L = 1 \Rightarrow$ escala de cópia ou “ao par “

$\ell / L < 1 \Rightarrow$ escala de redução

1. ESCALA NUMÉRICA

$E = \frac{\ell}{L}$ dividindo-se o numerador e o denominador pelo numerador, teremos:

$E = \frac{\ell/\ell}{L/\ell} = \frac{1}{L/\ell}$ (1) chamando-se L / ℓ de M (Módulo, título ou razão de semelhança da escala) e substituindo-se em (1), teremos:

$$E = \frac{1}{M}$$

$$E = 1 : M$$

$$M = \frac{L}{\ell}$$

$$L = \ell \cdot M$$

$$\ell = \frac{L}{M}$$

Em se tratando de áreas, teremos:

$M = \frac{L}{\ell}$ \Rightarrow elevando-se ambos os membros da equação ao quadrado, teremos:

$\frac{M^2}{1^2} = \frac{L^2}{\ell^2}$ (1) chamando-se L^2 de S (área real ou de campo) e ℓ^2 de s (área gráfica ou de desenho) e substituindo-se em (1), teremos:

$\frac{M^2}{1^2} = \frac{S}{s}$ \Rightarrow $S = s \cdot M^2$ onde: S = área real ou de campo
 s = área gráfica ou de desenho
 M = módulo ou título da escala

2. ESCALA GRÁFICA

A escala gráfica é construída a partir da escala numérica. Elege-se a divisão principal da escala gráfica e desenha-se na planta esta escala.

Exemplo: Construir uma escala gráfica a partir da escala numérica de 1:1000, sabendo-se que sua divisão principal é igual a 1,0 cm.

Na escala de 1:1000 \Rightarrow 1,0 cm corresponde a 1000 cm = 10,0 metros.



Escala da planta topográfica:

Para a escolha da escala do desenho da planta topográfica, teremos que levar em consideração alguns fatores, tais como o tamanho do papel a ser utilizado, o tamanho da propriedade a ser representada e os motivos técnicos. Este assunto será melhor abordado mais adiante do nosso curso.

Folha de exercícios

1. Uma planta topográfica está desenhada na escala de 1:25.000. Calcule o comprimento de uma estrada que nesta carta possui 15,40 cm.
2. Ao medirmos em um mapa cuja escala é ao milionésimo, isto é, 1:1.000.000, encontramos para uma estrada de 180 km de extensão, um comprimento gráfico equivalente a
3. Uma planta está representada numa folha de papel de tal maneira, que um canal com 0,9 km de extensão está representado por um segmento de reta de 0,45 metros. Ache a escala desta planta.
4. Um loteamento de forma triangular está representado em uma planta na escala de 1:5000 por um triângulo de perímetro igual a 240,00 cm e cujos dois de seus lados medem 80,00 e 60,00 cm. Calcule a área real do loteamento em metros quadrados e em hectares.
5. Construa uma escala gráfica correspondente a uma escala numérica de 1:5000, sabendo-se que sua divisão principal deve ser igual a 4,00 cm.
6. Uma propriedade rural está representada em uma planta na escala de 1:2000. Sabendo-se que ao medirmos sua área gráfica encontrou-se para a mesma 0,128 m², pede-se:
 - a) a sua área real em hectares
 - b) sabendo-se ainda que sua forma é quadrada e o seu relevo é plano, calcule o comprimento da cerca que a limita.
7. Em uma planta topográfica projetou-se um loteamento de forma retangular cujas dimensões são de 1,8 km e 1,35 km de lados. Sabendo-se que o mesmo deve ser representado numa folha de papel cujas dimensões úteis são 0,40 m e 0,30 m, pede-se a escala mais conveniente para o melhor aproveitamento do papel.
8. Um loteamento de forma circular está desenhado numa escala de 1:1000. Ao medirmos a sua área gráfica encontrou-se para a mesma 0,2295 m². Pede-se:
 - a) a sua área real em hectares;
 - b) supondo-se que este terreno fosse plano, qual o comprimento da cerca que a limita.
9. Temos o perfil de uma adutora representado por um desenho em duas escalas, uma horizontal e outra vertical. A escala horizontal é igual a 1:5000 e a vertical 1:500. Qual das duas escalas é maior ? Justifique sua resposta.
10. Chamando-se de precisão gráfica (δ) a menor distância que podemos desenhar em uma planta topográfica e, admitindo-se que este valor seja igual a 0,2 mm (desenho feito com lápis grafite), pergunta-se: será que um acidente geográfico com as dimensões de 20 x 20 metros pode ser representado em escala em uma planta desenhada na escala de 1:10.000 ? Justifique sua resposta.

Folha de respostas (exercícios sobre escalas)

1. Resposta: $L = \ell \cdot M \Rightarrow L = 15,40 \text{ cm} \cdot 25.000 = 3.850,00 \text{ metros.}$

2. Resposta: $\ell = \frac{L}{M} = \frac{18.000.000 \text{ cm}}{1.000.000} = 18,00 \text{ cm}$

3. Resposta: $M = \frac{L}{\ell} = \frac{900 \text{ m}}{0,45 \text{ m}} = 2.000 \Rightarrow E = 1:2.000$

4. Resposta: $P = \text{perímetro do triângulo} = 240,00 \text{ cm}$
 $a = 100,00 \text{ cm}$
 $b = 80,00 \text{ cm}$ lados do triângulo
 $c = 60,00 \text{ cm}$
 $p = \text{semi-perímetro} = 120,00 \text{ cm}$

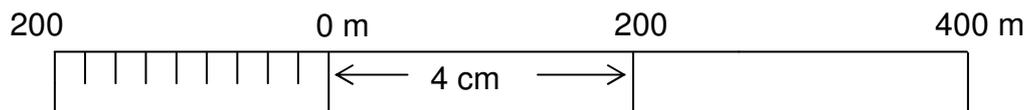
$$s = \sqrt{p(p-a) \cdot p(p-b) \cdot p(p-c)} \quad * \text{ (área gráfica)}$$

* Fórmula de Heron ou do semi-perímetro para cálculo da área de um triângulo qualquer.

$$s = \sqrt{120(120-100) \cdot 120(120-80) \cdot 120(120-60)} = 24 \cdot 10^2 \text{ cm}^2$$

$$S = s \cdot M^2 = 24 \cdot 10^2 \text{ cm}^2 \cdot 25 \cdot 10^6 = 600 \cdot 10^4 \text{ m}^2 = 600 \text{ ha}$$

5. Resposta: $E = 1:5000$
 $\ell = 4,00 \text{ cm}$ (divisão principal)
 $L = 200,00 \text{ metros}$ (campo)



6. Resposta: a) cálculo da área:

$$S = s \cdot M^2 = 0,128 \text{ m} \cdot 2000^2 = 512 \cdot 10^3 \text{ m}^2 = 51,2 \text{ ha.}$$

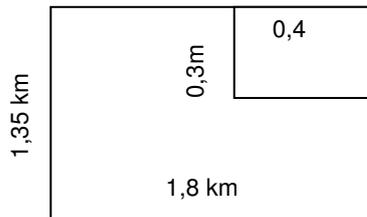
b) cálculo do perímetro

$$S = \ell^2 \text{ (área do quadrado)}$$

$$\ell = \sqrt{S} = \sqrt{512 \cdot 10^3 \text{ m}^2} = 715,54 \text{ m}$$

$$P = 4 \cdot \ell = 4 \cdot 715,54 \text{ m} = 2862,17 \text{ metros.}$$

7. Resposta: Cálculo da escala ideal:



$$M = \frac{L}{\ell} = \frac{1.800 \text{ m}}{0.4 \text{ m}} = 4.500$$

Escala ideal: 1:5.000

8. Resposta: a) cálculo da área:

$$S = s \cdot M^2 = 0,2295 \text{ m}^2 \cdot 1000^2 = 2295 \cdot 10^2 \text{ m}^2 = 22,95 \text{ ha}$$

b) cálculo do comprimento da cerca:

$$S = \pi \cdot r^2 \Rightarrow r = \sqrt{\frac{S}{\pi}} = \sqrt{\frac{229500 \text{ m}^2}{3,14}} = 270,28 \text{ m (raio)}$$

$$\text{Comprimento} = 2 \cdot \pi \cdot r = 2 \cdot 3,14 \cdot 270,28 \text{ m} = 1698,22 \text{ metros}$$

9. Resposta: A escala maior é a vertical, que é igual a 1:500

10. Resposta: E = 1:10.000

L = 20 x 20 metros (valor de campo)

$$\ell = \frac{L}{M} = \frac{20000 \text{ mm}}{10.000} = 2 \text{ mm} > \delta = \text{precisão gráfica} = 0,2 \text{ mm},$$

portanto podemos representar graficamente este acidente geográfico na escala de 10.000.

TOPOGRAFIA A - PLANIMETRIA**AULA TEÓRICA**

4º PONTO: Ângulos que interessam à topografia: medição de ângulos no campo; instrumentos utilizados; traçado de ângulos no campo; instrumentos utilizados; transferência e medição de ângulos no campo.

Como já vimos anteriormente, para se chegar aos seus objetivos, a topografia, faz uso constante das grandezas geométricas **ÂNGULOS e DISTÂNCIAS**. Assim, é de fundamental importância o estudo minucioso de métodos e instrumentos utilizados na obtenção destes.

2 – GONIOLOGIA:

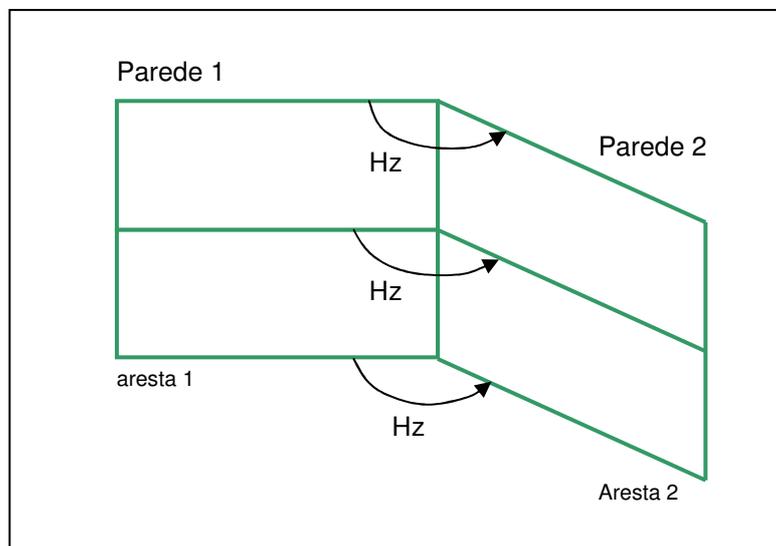
É a parte da topografia em que se estuda, de modo geral, os ângulos por esta utilizados.

Em topografia, os ângulos são medidos num plano horizontal e num plano vertical.

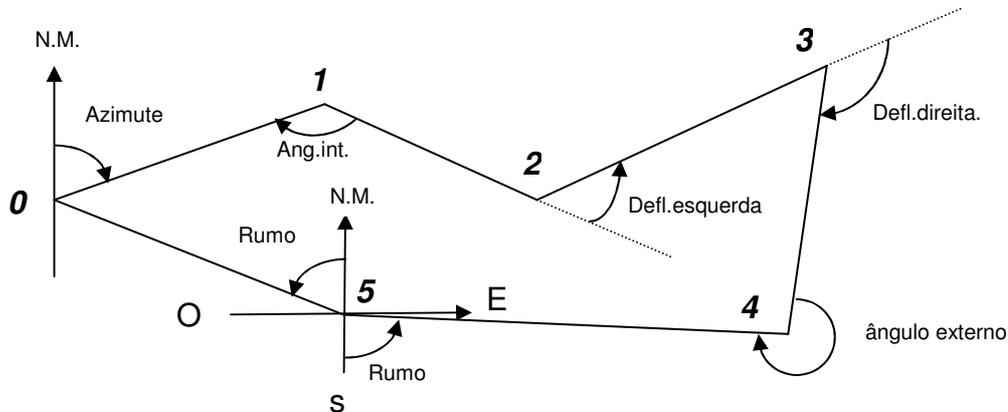
2.1 – ÂNGULOS HORIZONTAIS:

No **Plano horizontal** os ângulos são medidos a partir de uma *origem arbitrada de acordo com o método a ser empregado* e, são denominados numa forma geral de **ângulos horizontais**, que correspondem aos ângulos diedros formados por dois planos verticais. É medido entre as projeções de dois alinhamentos do terreno, projetado 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 (Hz) é o mesmo para os três planos horizontais mostrados (BRANDALIZE,2003)



Dependendo das direções tomadas para mensuração, os ângulos horizontais podem ser de diferentes tipos: azimutes, rumos, ângulo de deflexão e ângulo interno e externo (também chamados de ângulos poligonais).

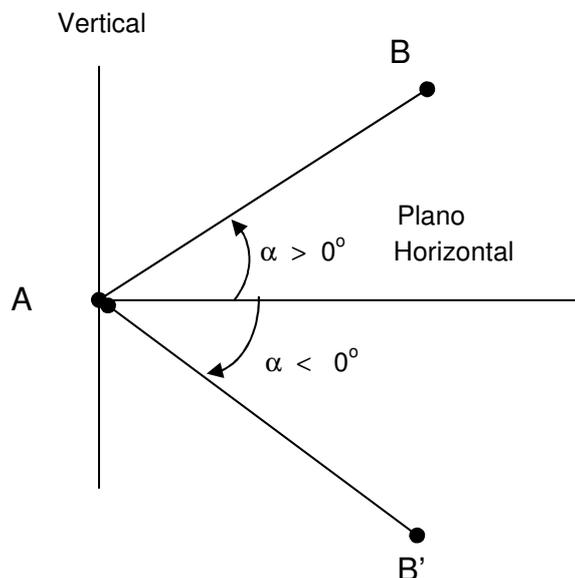


2.2 – ÂNGULOS VERTICAIS:

No **Plano Vertical** os ângulos são medidos a partir de uma *origem que normalmente é fixada por quem confecciona o equipamento a ser usado* e, são denominados numa forma geral de **ângulos verticais**. De acordo com esta origem são denominados de ângulos de inclinação, ângulos zenitais e ângulos nadirais.

ÂNGULO DE INCLINAÇÃO (α) :

O ângulo de inclinação α de uma direção espacial AB é o ângulo que esta direção faz com a projeção dessa direção no plano horizontal. Ele é considerado positivo quando é contado para cima e negativo quando contado para baixo do plano horizontal, portanto varia de 0° a $+90^\circ$ ou de 0° a -90° .

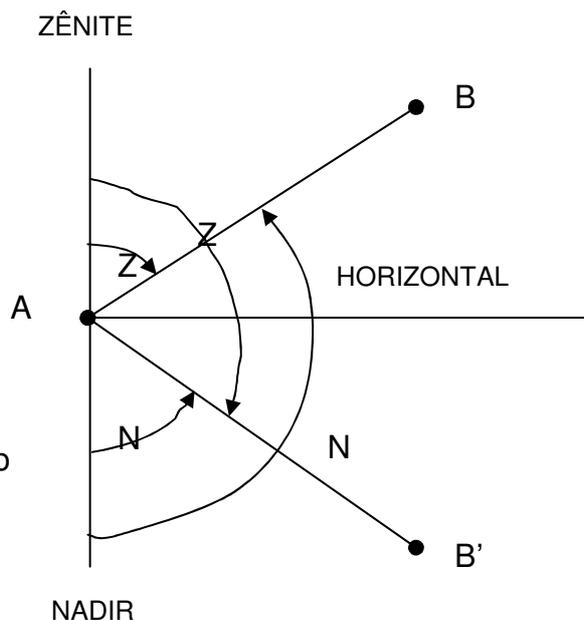


ÂNGULO ZENITAL (Z):

O ângulo zenital Z é aquele medido no plano vertical e que vai do zênite até a direção espacial AB ou AB'.

ÂNGULO NADIRAL (N):

O ângulo nadiral N é aquele medido no plano vertical e que vai do nadir até a direção espacial AB ou AB'.



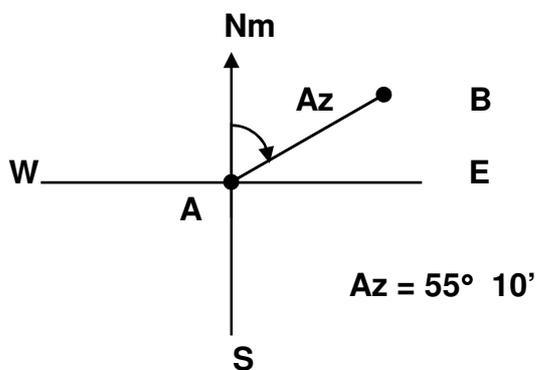
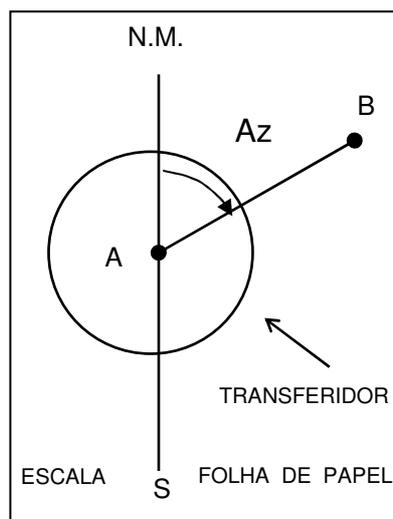
3 -GONIOLOGIA - É a parte da Topografia que se encarrega do estudo dos ângulos que esta utiliza para execução de seus trabalhos.

GONIOLOGIA - Pode ser dividida em:

- 1) *Goniometria*
- 2) *Goniografia*

Goniometria - É a parte da goniologia que estuda os instrumentos, processos e métodos usados na medição dos ângulos topográficos no campo.

Goniografia -É a parte da Goniologia que estuda os instrumentos, processos e métodos usados na representação gráfica ou geométrica (traçado) dos ângulos no desenho.

**GONIOMETRIA****GONIOGRAFIA**

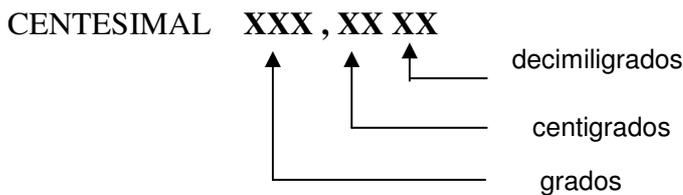
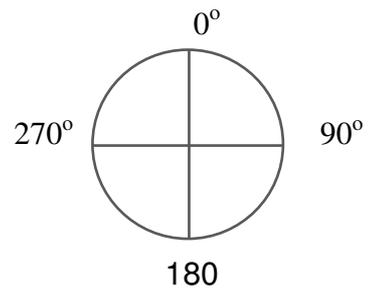
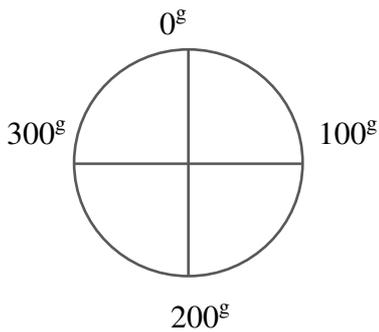
Goniômetro - Todo aparelho usado para medir ângulos.

Limbo - Círculo ou coroa horizontal ou vertical graduados, onde fazemos as leituras dos ângulos horizontais e verticais. É a parte especializada dos goniômetros.

3.1 - CLASSIFICAÇÃO DOS LIMBOS QUANTO AO SISTEMA DE GRADUAÇÃO :

Centesimal - limbo dividido em 400 partes (grado) (g)

Sexagesimal - limbo dividido em 360 partes (graus) (°)

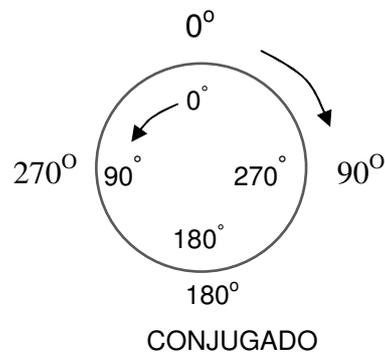
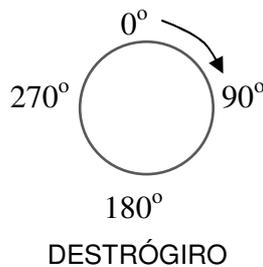
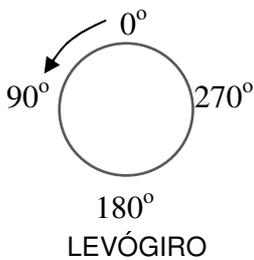


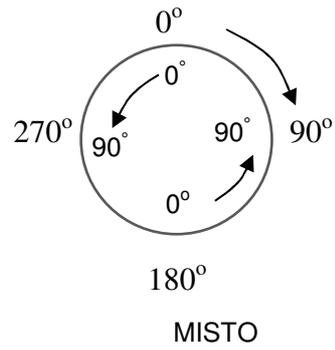
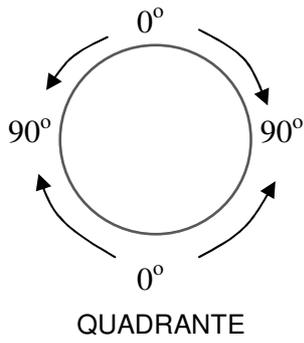
SEXAGESIMAL $1^{\circ} = 60'$
 $1' = 60''$

3.2 - CLASSIFICAÇÃO DOS LIMBOS QUANTO AO SENTIDO DE GRADUAÇÃO:

Para limbos horizontais:

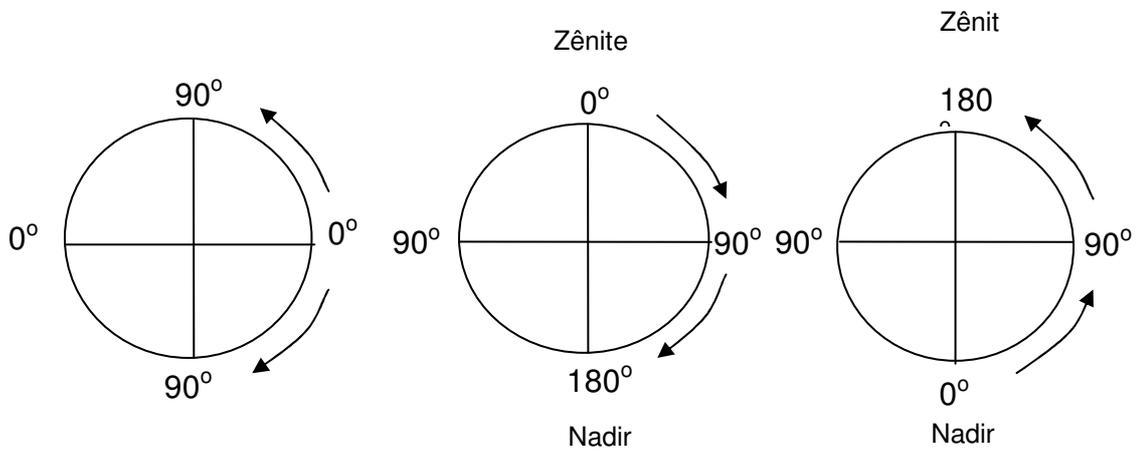
- Levógiro (anti - horário)
- Destrógiro (horário)
- Conjugado (anti - horário e horário)
- Quadrantes
- Misto



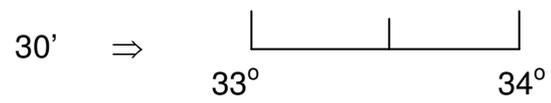
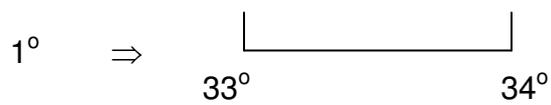


Para limbos verticais:

- Ângulo de inclinação (α)
- Ângulo zenital (z)
- Ângulo nadiral (n)



3.3 - CLASSIFICAÇÃO DOS LIMBOS QUANTO AO VALOR ANGULAR

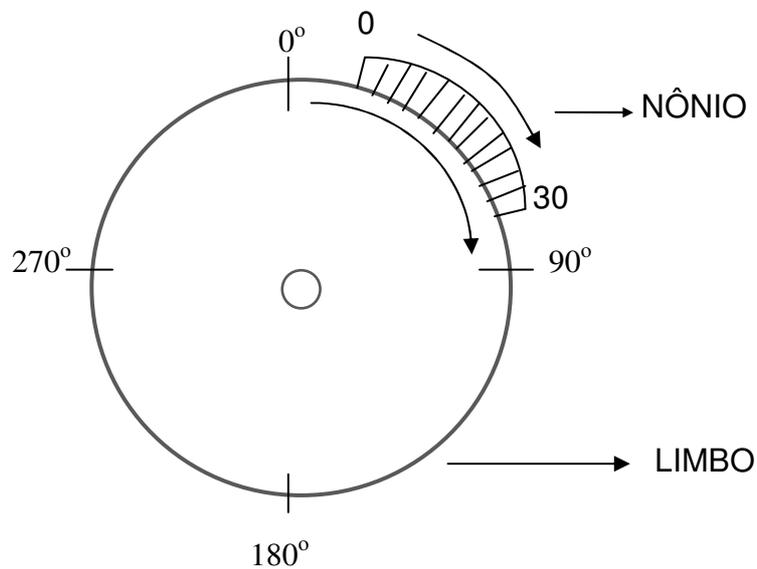


Efetuar uma graduação simplesmente em um limbo de modo que se possa fazer leituras de ângulos muito pequenos, é impraticável.

Assim, diferentes dispositivos foram projetados de forma a permitir que se faça leituras de até o centésimo de segundo.

Estes dispositivos podem ser **mecânicos, óticos ou eletrônicos**. O dispositivo mais antigo que se tem notícia é o **NÔNIO ou VERNIER**.

NÔNIO OU VERNIER: É um arco adicionado ao limbo, de mesma curvatura e graduado de modo especial, que permite fazer leituras menores que o menor valor angular do limbo.



OBS : 1) O mesmo sentido de graduação do *limbo*, é também o mesmo sentido de graduação do *Nônio ou Vernier*.

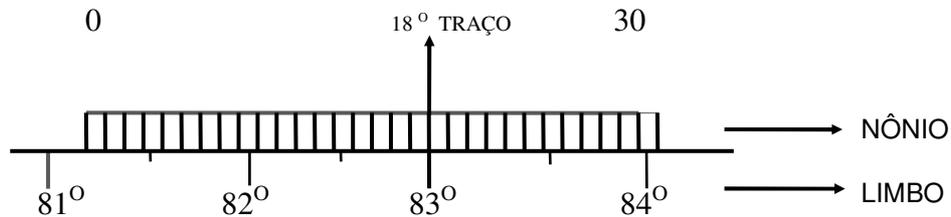
2) Em instrumentos que utilizam *nônio e limbo* , o índice de leitura é o zero do nônio.

EXEMPLOS DE ESQUEMAS DE LEITURAS

$$1) \ell = 30' \quad \Rightarrow \quad d = \frac{\ell}{n} = \frac{30'}{30} = 1' \text{ (Menor valor que podemos medir).}$$

$$n = 30$$

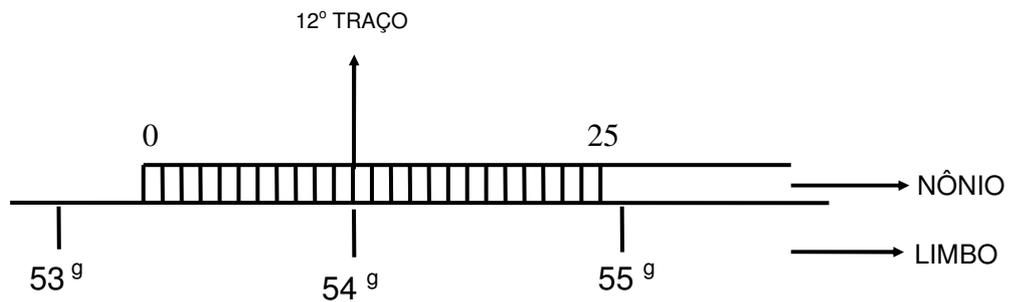
$$\text{LEITURA} = 81^\circ 18'$$



$$2) \ell = 1^g \quad \Rightarrow \quad d = \frac{\ell}{n} = \frac{1}{25} = 0,04$$

$$n = 25$$

$$\text{LEITURA} = 53,48^g$$

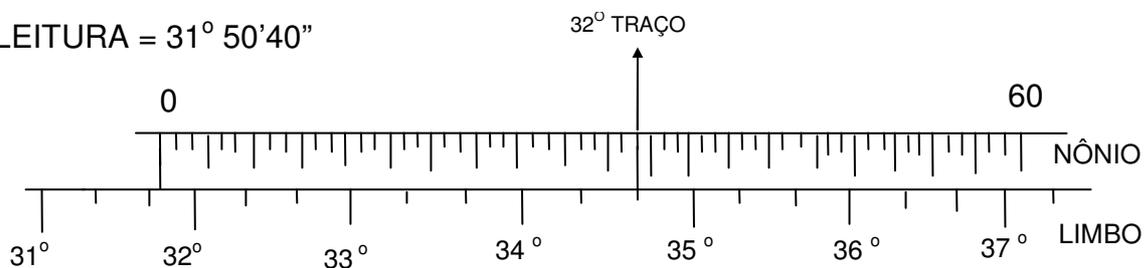


$$3) \ell = 20'$$

$$n = 60$$

$$\Rightarrow \quad d = \frac{\ell}{n} = \frac{20'' \times 60''}{60} = 20''$$

$$\text{LEITURA} = 31^\circ 50'40''$$



$$31^\circ 40'00''$$

$$+ 10'40''$$

$$31^\circ 50'40''$$

INSTRUMENTOS DOTADOS DE LIMBO E NÔNIO

EXERCÍCIOS: Executar os seguintes esquemas de leituras:

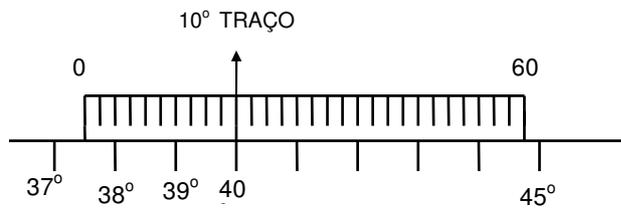
a) LEITURA = $37^{\circ} 20'$ $\ell = 60'$
n = 30

b) LEITURA = $82^{\circ} 35' 30''$ $\ell = 30'$
n = 60

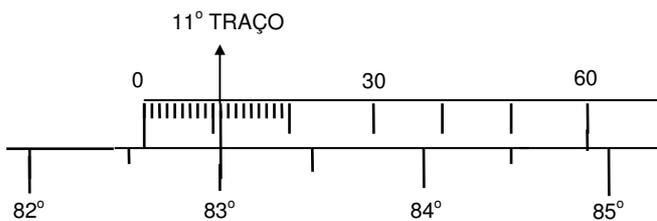
c) LEITURA = $37,32^{\circ}$ $\ell = 0,50^{\circ}$
n = 50

ESQUEMAS DE LEITURAS (RESPOSTAS DOS EXERCÍCIOS)

$$1) \text{ LEITURA} = 37^{\circ} 20' \quad \begin{array}{l} \ell = 60' \\ n = 30 \end{array} \Rightarrow \quad \mathbf{d = \ell / n = 60' / 30 = 2'}$$

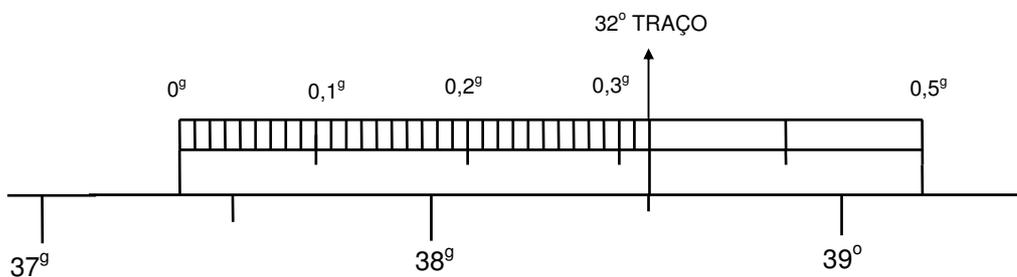


$$2) \text{ LEITURA} = 82^{\circ} 35' 30'' \quad \begin{array}{l} \ell = 30' \\ n = 60 \end{array} \Rightarrow \quad \mathbf{d = \ell / n = 1800'' / 60 = 30''}$$



$$\begin{array}{r} 82^{\circ} 30' \\ + \quad 5' 30'' \\ \hline 82^{\circ} 35' 30'' \end{array}$$

$$3) \text{ LEITURA} = 37,32^{\circ} \quad \begin{array}{l} \ell = 0,50^{\circ} \\ n = 50 \end{array} \Rightarrow \quad \mathbf{d = \ell / n = 0,5^{\circ} / 50 = 0,01^{\circ}}$$



4 - TRANSFORMAÇÃO DE ÂNGULOS DE UM SISTEMA PARA OUTRO:

4.1 – DO SISTEMA SEXAGESIMAL PARA O CENTESIMAL E VICE-VERSA:

Uma circunferência no sistema sexagesimal tem 360° e no centesimal 400^g . Para fazer a conversão de um sistema para outro, sabendo-se da afirmação anterior, monta-se uma regra de três simples, ou seja:

$$\begin{array}{ccc} 360^\circ & \text{———} & 400^g \\ X^\circ & \text{———} & Y^g \end{array} \quad \text{ou} \quad \boxed{\begin{array}{l} X^\circ = Y^g * 9/10 \\ Y^g = X^\circ * 10/9 \end{array}}$$

EXEMPLOS NUMÉRICOS:

a) Converter $20^\circ 10' 53''$ para as unidades do sistema centesimal.

O primeiro passo é a transformação dos minutos e segundos em decimal de grau. Para isto basta fazer:

$$X^\circ = 20^\circ + 10' / 60 + 53'' / 3600 \quad \Rightarrow \quad X^\circ = 20,181388889^\circ$$

$$Y^g = 20,181388889^\circ \cdot 10 / 9 = 22,423765^g \text{ (ou 22 grados,42 centigrados e 37,65 decimigrados).}$$

b) Converter $18,46662^g$ para unidades do sistema sexagesimal.

$$X^\circ = 18,46662^g \cdot 9 / 10 = 16,619958^\circ = 16^\circ 37' 11,85''$$

4.2 – DO SISTEMA SEXAGESIMAL PARA RADIANS E VICE-VERSA:

Uma circunferência no sistema sexagesimal tem 360° e corresponde a 2π radianos. Também aqui pode-se fazer uma regra de três simples:

$$\begin{array}{ccc} 360^\circ & \text{———} & 2\pi \\ \alpha^\circ & \text{———} & \alpha_{\text{rad}} \end{array} \quad \text{logo:} \quad \alpha_{\text{rad}} = (\alpha^\circ \cdot 2\pi) / 360^\circ \quad \Rightarrow \quad \boxed{\alpha_{\text{rad}} = \alpha^\circ (\pi / 180^\circ)}$$

$$\text{e no caso inverso:} \quad \Rightarrow \quad \boxed{\alpha^\circ = \alpha_{\text{rad}} (180^\circ / \pi)}$$

4.3 – DO CENTESIMAL PARA RADIANS E VICE-VERSA:

Faz-se de forma análoga à situação anterior, porém, no sistema centesimal 400^g correspondem a 2π radianos, assim sendo:

$$\begin{array}{ccc} 400^g & \text{———} & 2\pi \\ \alpha^g & \text{———} & \alpha_{\text{rad}} \end{array} \quad \text{logo:} \quad \alpha_{\text{rad}} = (\alpha^g \cdot 2\pi) / 400^g \quad \Rightarrow \quad \boxed{\alpha_{\text{rad}} = \alpha^g (\pi / 200^g)}$$

$$\text{e no caso inverso:} \quad \Rightarrow \quad \boxed{\alpha^g = \alpha_{\text{rad}} (200 / \pi)}$$

AULA TEÓRICA

5º PONTO: TEODOLITOS: Definição; descrição; classificação; utilização e cuidados que devemos ter com os teodolitos.

São goniômetros apropriados para a medição de ângulos horizontais e verticais. Quando acumulam a função de medir ópticamente as distâncias, são denominados taqueômetros.

Conforme a fabricação, classificam-se em cinco tipos:

- a) teodolitos de leitura direta
- b) teodolitos prismáticos ou óticos
- c) teodolitos auto redutores
- d) teodolitos digitais e
- e) estações totais

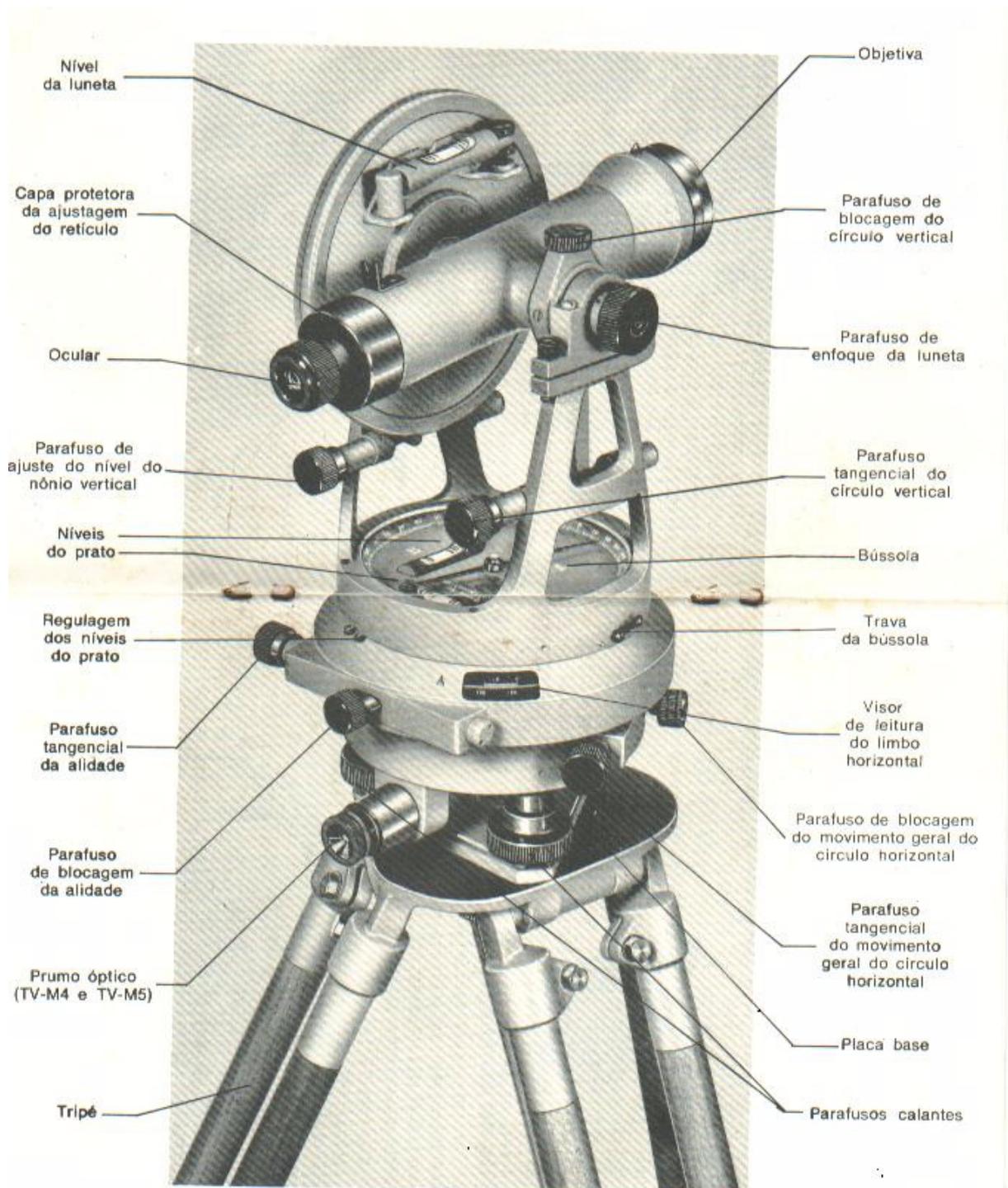
Nos teodolitos de leitura direta, o círculo horizontal é localizado na periferia do aparelho, sendo que as leituras são efetuadas através de duas janelas A e B, estando a janela A no lado da ocular e a janela B no lado da objetiva, portanto 180° em relação a A.

Nos teodolitos prismáticos ou óticos, os aparelhos apresentam-se blindados e as leituras dos círculos horizontal e vertical são feitas por meio de pequena luneta situada ao lado da principal, onde um sistema de prismas iluminados por um espelho localizado em um dos lados do suporte reflete as graduações dos graus e suas frações(minutos e segundos). Estes aparelhos dispensam nônio ou vernier, pois as aproximações são obtidas por meio de micrômetros de leituras

Os teodolitos auto - redutores, como o próprio nome diz, são aqueles que dão leituras diretas de distâncias horizontal e vertical.

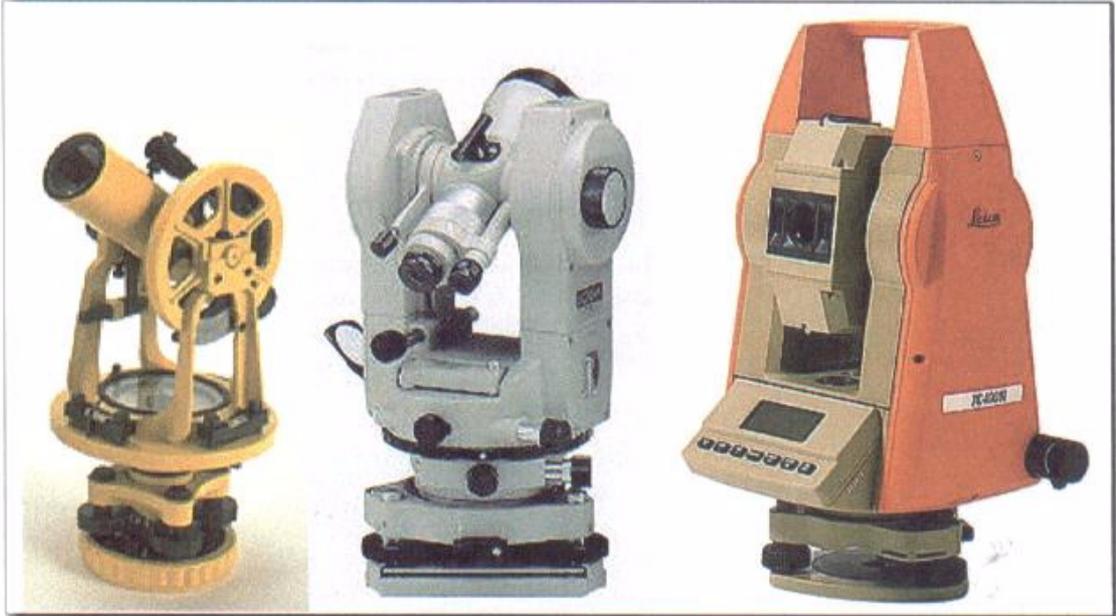
Os teodolitos digitais, de penúltima geração, registram as leituras angulares em janelas digitais, facilitando sobremaneira estas leituras. Para a obtenção das distâncias indiretamente no terreno, baseiam-se no fenômeno da propagação de ondas eletromagnéticas, que são emitidas pelo aparelho e refletidas por prismas refletivos verticalizados nos vários pontos topográficos. Pela velocidade em que são refletidas, são processadas no interior do aparelho e transformadas em distâncias. São também chamados de distanciômetros eletrônicos.

Também podem medir as distâncias oticamente (taqueômetros)



TEODOLITO VASCONCELOS – TV – M3

MODELOS DE TEODOLITOS



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 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.



BASTÃO

TRIPÉ

PRISMAS ELETRÔNICOS

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

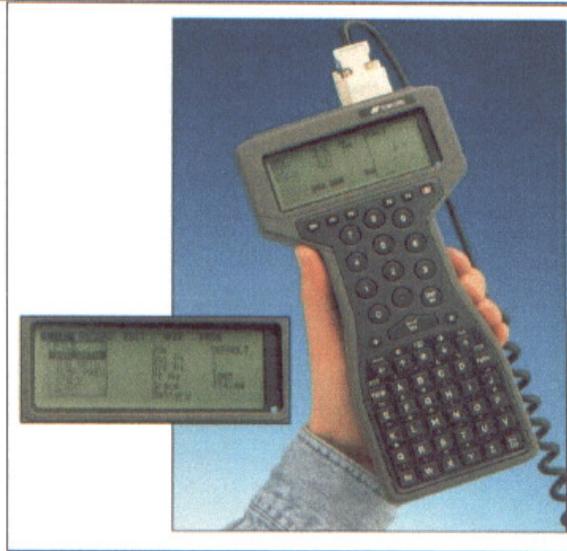
COLETOR DE DADOS

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.

Maria Cecília Bonato Brandalize

Topografia

PUC/PR



- ⇨ 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 PCMCIA), quando cheios, podem ser removidos e transferidos para um computador (com *slot* PCMCIA ou com leitor externo) para processamento posterior.

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.

Maria Cecília Bonato Brandalize

Topografia

PUC/PR



- ⇨ 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;

POSICIONAMENTO POR SATÉLITES (NOÇÕES)

O posicionamento por satélites se dá através da utilização de um equipamento denominado **GPS** – **Global Positioning System**.

O **GPS** não é um equipamento utilizado na medida de ângulos e / ou 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 EEUU da América e, embora esteja sendo utilizado por civis em todo o mundo, é operado exclusivamente pelos militares americanos.

Segundo P.H.DANA (1998) este sistema consiste de três segmentos distintos a saber:

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 60° e inclinados em relação ao plano do Equador de 55° .

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 determinação da sua posição.

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

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

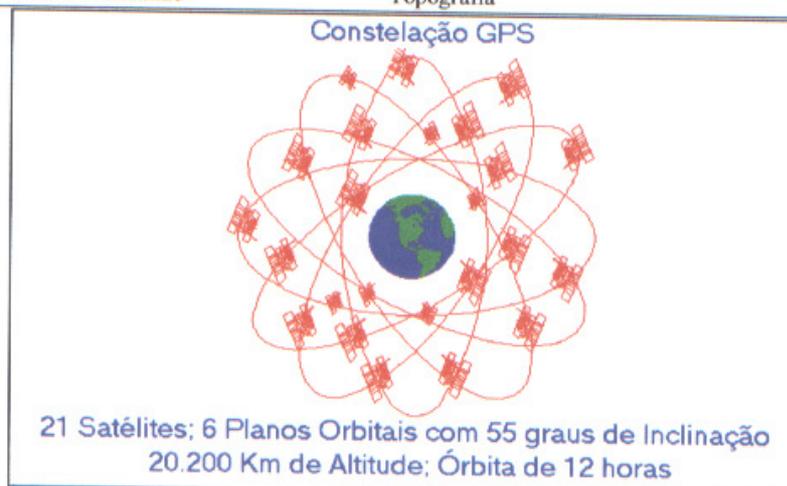
Cada satélite tem uma vida útil de 10 anos e o programa americano prevê a constante substituição dos mesmos até o ano de 2006.

CONSTELAÇÃO DE SATÉLITES DISPONÍVEIS E SUA RESPECTIVA DISTRIBUIÇÃO NOS PLANOS ORBITAIS

Maria Cecília Bonato Brandalize

Topografia

PUC/PR



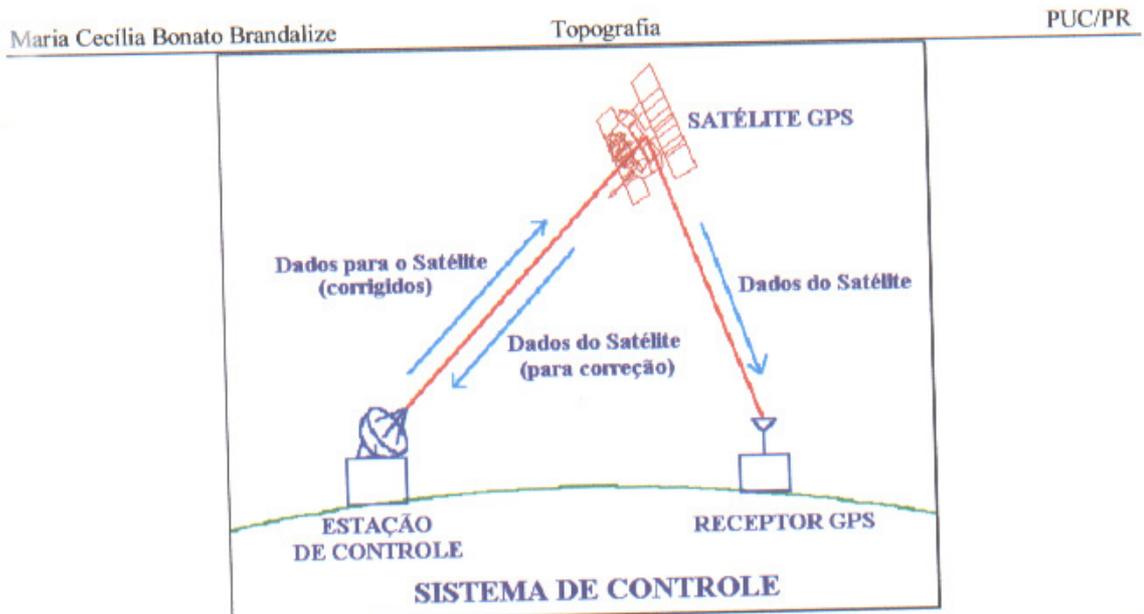
SISTEMA DE CONTROLE:

O 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.

DISTRIBUIÇÃO DAS ESTAÇÕES DE RASTREAMENTO NO MUNDO



INTERAÇÃO ENTRE A ESTAÇÃO DE RASTREAMENTO OU CONTROLE, O SATÉLITE E O RECEPTOR GPS.



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 2 D (E , N ou ϕ , λ), respectivamente coordenadas UTM e coordenadas geográficas latitude e longitude, 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, etc.).

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

O custo de um levantamento utilizando receptores GPS é diretamente proporcional à precisão requerida. Assim, receptores de baixo custo (\approx U \$ 500,00) proporcionam precisão de 10 m a 150 m, enquanto receptores de alto custo (\approx U \$ 40,000.00) proporcionam precisão de 1 mm a 1 cm.

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.

Já as estações totais, de última geração, são semelhantes aos teodolitos digitais, porém apresentam dispositivos coletores de informações, que acoplados a computadores, descarregam estas informações junto a um software topográfico e daí transformadas em mapas, cartas, etc.

PARTES COMPONENTES E ÓRGÃOS DOS GONIÔMETROS (Teodolitos)

Instrumentos a serem estudados: Teodolito TV - M 3

1) ÓRGÃOS DE SUSTENTAÇÃO :

- Tripés ⇒ Fixos
 Telescópicos, móveis ou reguláveis
- Pratos * ⇒ Circulares
 Triangulares
- Parafuso de fixação do instrumento no prato.

* Servem para se fixar o teodolito ao tripé, juntamente com o parafuso de fixação do instrumento ao tripé.

2) ÓRGÃOS DE MANOBRA :

- Parafuso de fixação do movimento geral
- Parafuso de fixação do limbo horizontal
- Parafuso de fixação do limbo vertical e da luneta
- Alavanca de fixação da agulha da bússola.

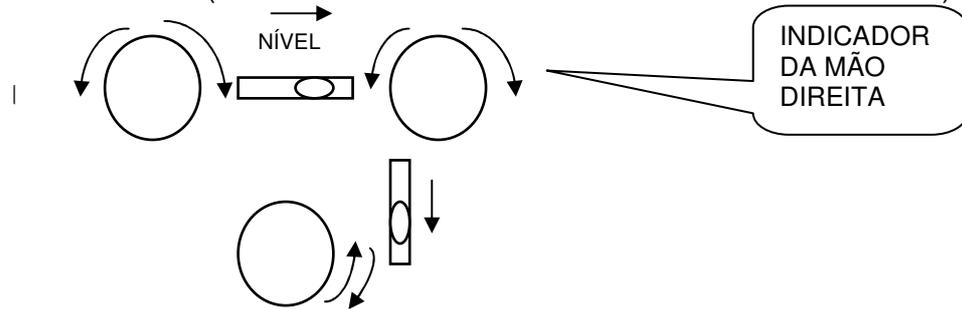
3) ÓRGÃOS DE AJUSTE:

- Parafuso de chamada do movimento geral do instrumento
- Parafuso de chamada do movimento do limbo horizontal
- Parafuso de chamada do movimento da luneta e limbo vertical
- Parafuso de chamada do vernier do limbo vertical
- Parafuso de enfoque do objeto visado
- Parafuso de enfoque dos fios reticulares (Ocular)
- Parafusos calantes ou niveladores

* Os parafusos de chamada também podem ser chamados de parafusos tangenciais ou parafusos micrométricos”

* Os parafusos calantes são em número de três nos instrumentos novos e em número de quatro nos instrumentos antigos.

INSTRUMENTOS NOVOS (3 PARAFUSOS CALANTES OU NIVELADORES)

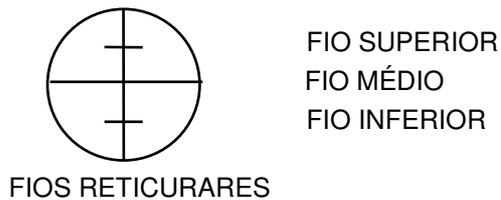


4) ÓRGÃOS DE VISADA :

- Luneta ⇒ Terrestre - imagem direta
Astronômica - imagem invertida

5) ÓRGÃOS DE LEITURA :

- Limbo horizontal e Vernier
- Limbo vertical e Vernier
- Fios reticulares e estadimétricos



6) ÓRGÃOS ACCESSÓRIOS :

- Prumos ⇒ Fio de Prumo (Teodolito TV M 3)
- Bastão (Teodolito Kern)
- Prumo ótico (Teodolito Fuji)

- Níveis de Bolha de ar ⇒ Tubulares ou cilíndricos
- Esféricos ou circulares

- Bússolas ⇒ Circulares (TV M 3)
- Declinatórias (Fuji)

- Lupas ⇒ Fixas (Fuji)
- Separadas (TV M 3)

- Alça e massa de mira

RECOMENDAÇÕES SOBRE O USO DOS GONIÔMETROS:

1) Quando adquirir um goniômetro, exija do revendedor um catálogo completo de instruções sobre a construção e os processos de retificação do mesmo;

2) Estudar cuidadosamente estas instruções;

3) Quando operar com um goniômetro, lembrar-se de que tem nas mãos um aparelho delicado e qualquer acidente poderá inutilizá-lo;

4) Ao retirar o aparelho da caixa, deve-se verificar cuidadosamente a posição das diferentes partes para facilitar a colocação posterior, evitando sempre forçar o instrumento;

5) Não apertar demasiadamente nenhum parafuso de fixação ou de retificação. Sempre que se notar resistência ao movimento de um órgão, não forcá-lo e verificar a causa;

6) Uma vez centralizado o aparelho e fixados todos os seus movimentos, verificar se aparece algum jogo no aparelho ou tripé; caso positivo, proceda aos devidos reparos;

7) Verificar sempre o estado de retificação do aparelho;

8) Estacionar o instrumento sempre em terreno firme, longe de fios de alta tensão ou massas magnéticas consideráveis;

9) Quando em trabalho, não confiar a centralização do instrumento aos auxiliares. Não abandonar nunca o aparelho, visto que curiosos podem tocar no instrumento, inutilizando o serviço;

10) Não se sentar sobre a caixa do instrumento, principalmente com ele dentro;

11) Evitar que o aparelho sofra choques mecânicos durante o transporte;

12) Não se esquecer de prender sempre a agulha da bússola ou declinatória antes de transportar o aparelho ou quando não estiver em uso;

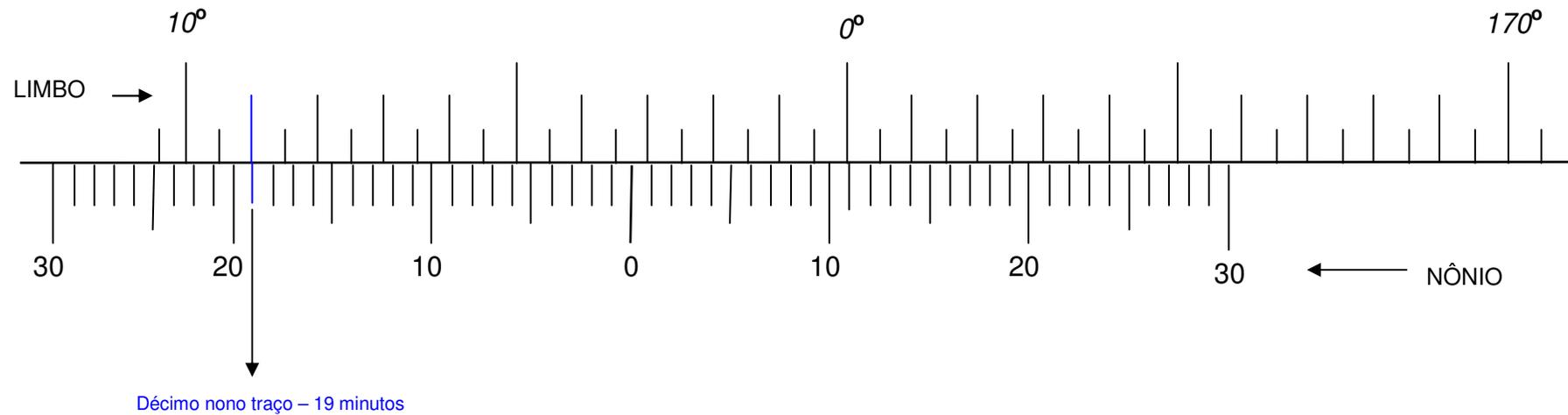
13) Na centralização do aparelho colocar o tripé de maneira que a base fique quase nivelada, pois caso contrário, os parafusos calantes não compensarão uma grande inclinação da mesa. Em terreno inclinado, colocar um dos pés do tripé voltado para o lado mais alto, para se ter maior estabilidade;

14) Proteger sempre o aparelho contra sol, chuva e poeira. Deve-se limpar o teodolito antes e depois do trabalho de campo;

15) Consertos e retificações sempre em oficinas idôneas e especializadas.

LEITURA ANGULAR EM TEODOLITOS DOTADOS DE LIMBO E NÔNIO (Limbo vertical)
(*caso 1*)

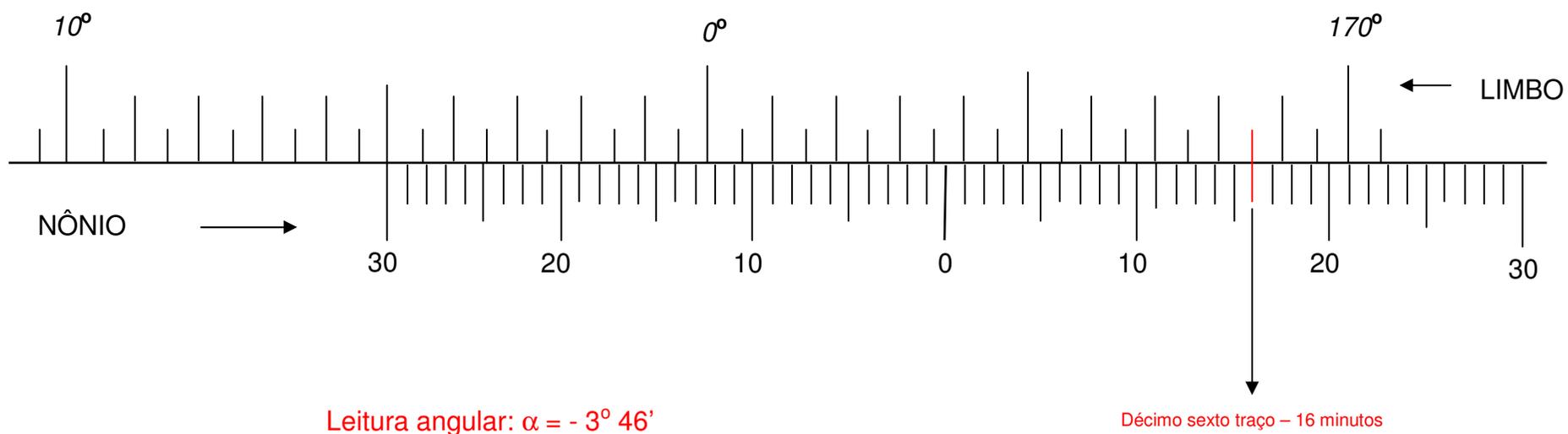
ACLIVE - α positivo



Leitura angular: $\alpha = + 3^{\circ} 19'$

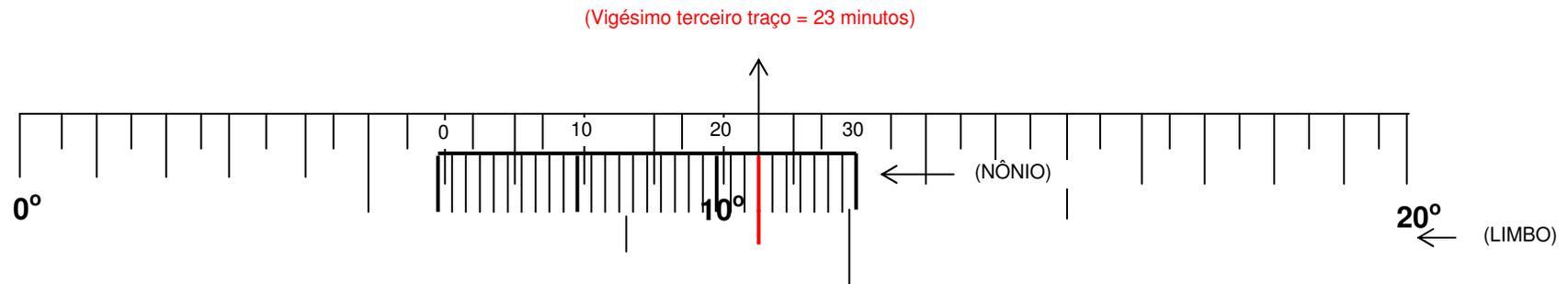
LEITURA ANGULAR EM TEODOLITOS DOTADOS DE LIMBO E NÔNIO (Limbo vertical)
(caso 2)

DECLIVE - α negativo



LEITURA ANGULAR EM TEODOLITOS DOTADOS DE LIMBO E NÔNIO (Limbo horizontal)

(caso 2)



Leitura angular: 5° 53'

$$d = \frac{\ell}{n}$$

d = aproximação efetiva

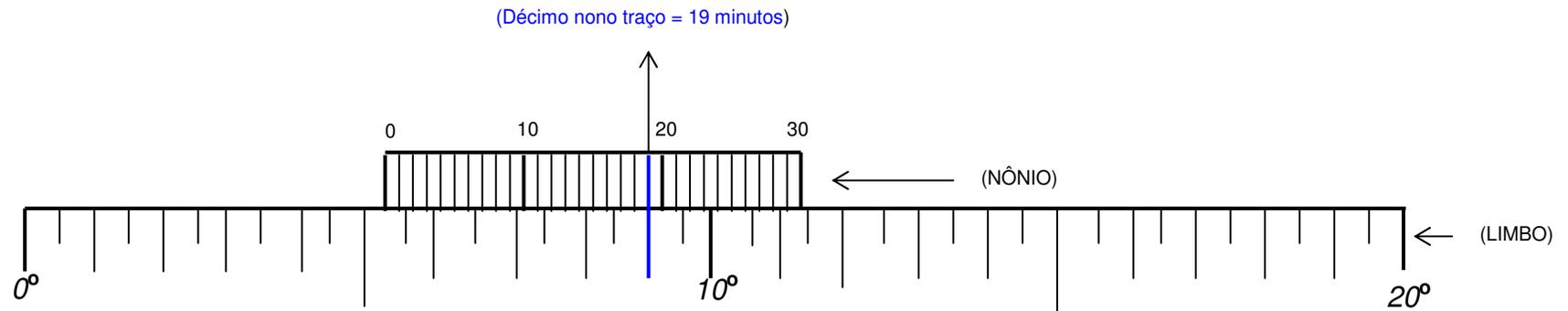
ℓ = menor divisão do limbo = 30'

n = número de divisões do nônio = 30

$$d = \frac{\ell}{n} = \frac{30'}{30} = 1' \text{ (um minuto)}$$

LEITURA ANGULAR EM TEODOLITOS DOTADOS DE LIMBO E NÔNIO (Limbo horizontal)

(caso 1)



Leitura angular: 5° 19'

$d = \text{aproximação efetiva}$

$$d = \frac{\ell}{n}$$

$\ell = \text{menor divisão do limbo} = 30'$

$n = \text{número de divisões do nônio}$

$$d = \frac{\ell}{n} = \frac{30'}{30} = 1' \quad (\text{um minuto})$$

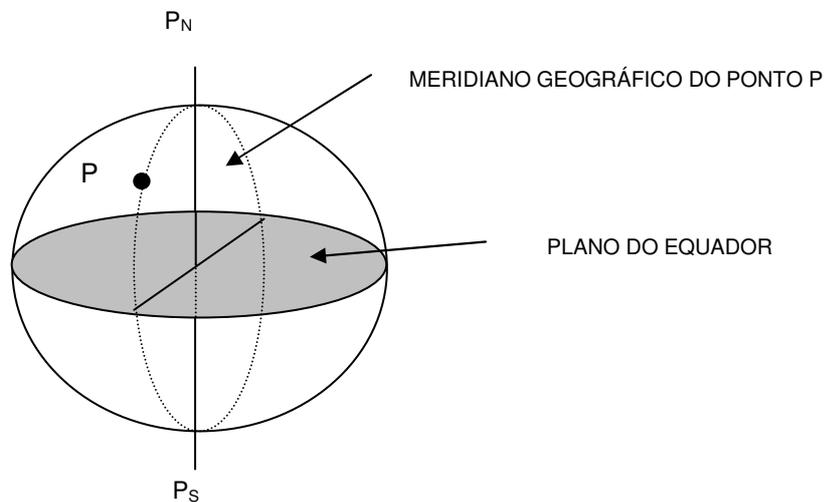
TOPOGRAFIA A - PLANIMETRIA

AULA TEÓRICA

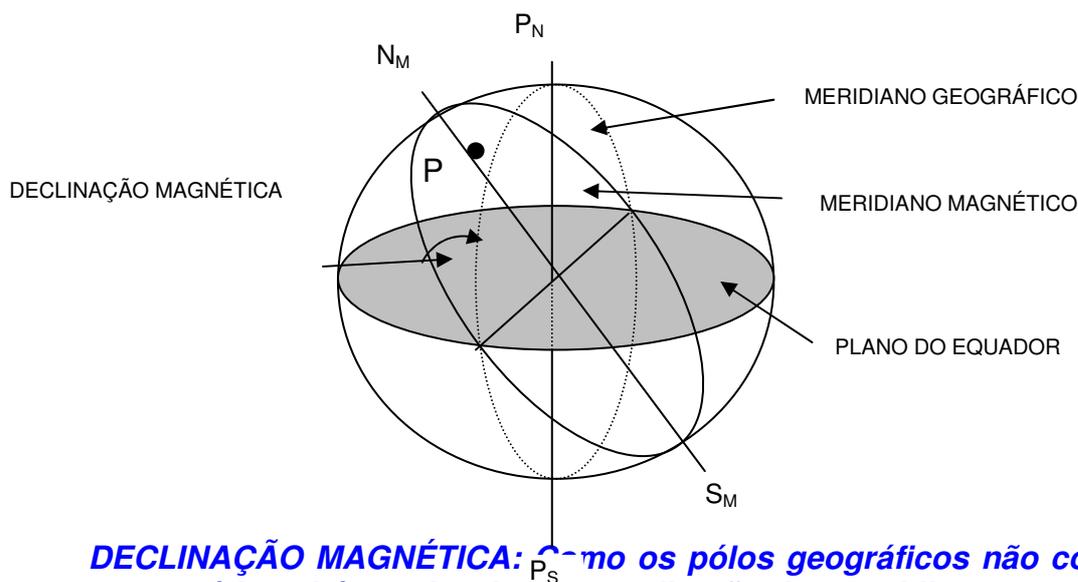
6º PONTO:ORIENTAÇÃO TOPOGRÁFICA: Meridiano verdadeiro ou geográfico de um lugar; Meridiano magnético de um lugar; Declinação magnética; Bússolas, declinatórias e tubos magnéticos.

ORIENTAÇÃO TOPOGRÁFICA: Chamamos de orientação em topografia, a vinculação ou amarração da direção e do sentido de um alinhamento qualquer, a uma direção pré – estabelecida. Escolhe-se para a direção pré – estabelecida a do meridiano verdadeiro ou geográfico e (ou) a direção do meridiano magnético.

MERIDIANO VERDADEIRO OU GEOGRÁFICO de um lugar, é o plano que passa por esse lugar e contém o eixo da Terra e conseqüentemente, os pólos norte e sul geográficos.



MERIDIANO MAGNÉTICO; *O meridiano magnético de um lugar é o plano que passa por esse lugar e contém a direção dada pela agulha da bússola.*



DECLINAÇÃO MAGNÉTICA: *Como os polos geográficos não coincidem com os magnéticos há um desvio entre a direção dos meridianos geográfico e magnético. O ângulo formado entre esses dois meridianos é denominado declinação magnética.*

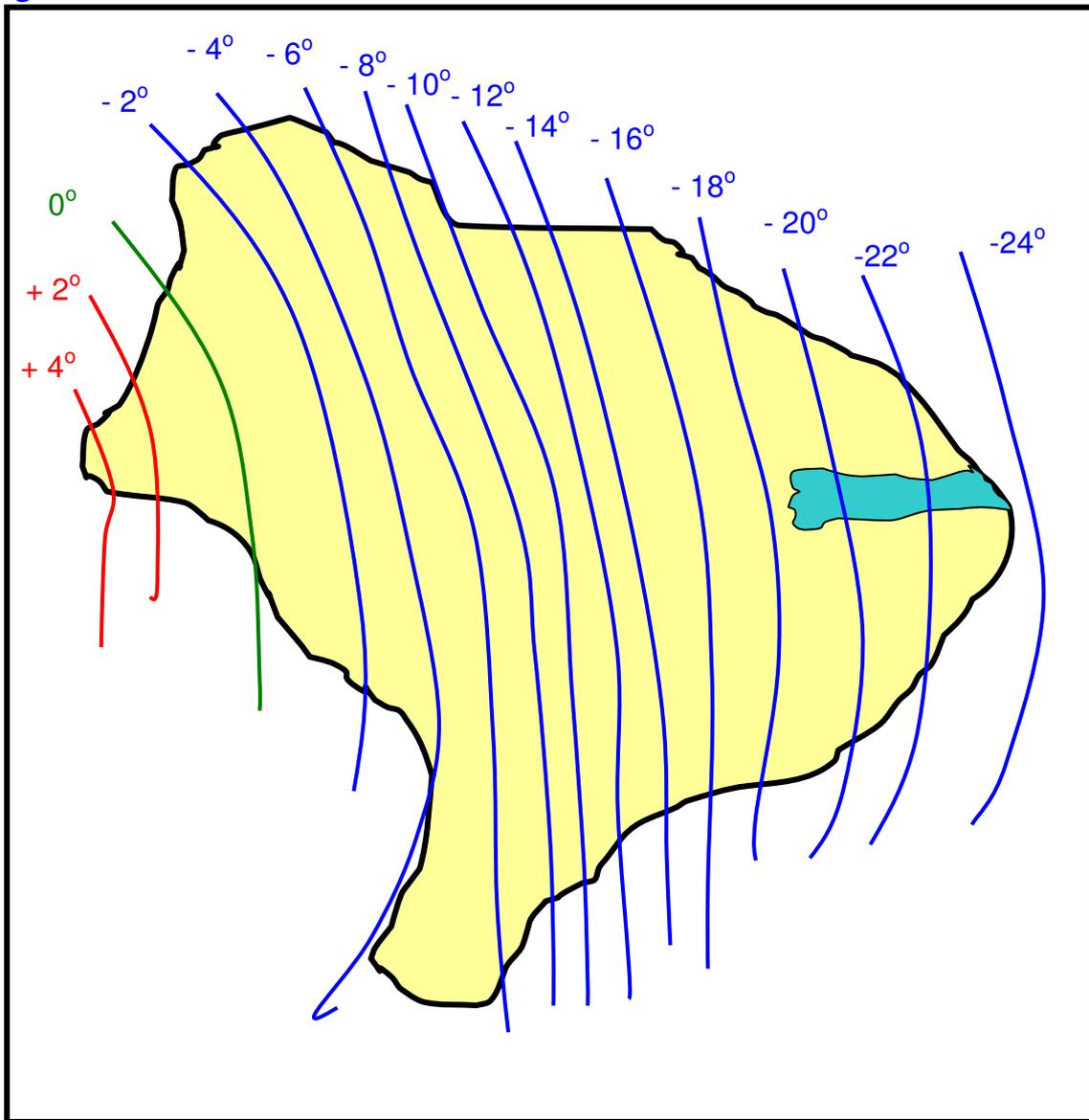
Esta direção do norte magnético está sempre variando em relação ao norte geográfico, que é imutável (dentro da precisão da topografia). São variações de natureza local (latitude e longitude) e de natureza relacionadas ao tempo (mensais, anuais e seculares).

É por esta razão, que quando orientamos uma planta topográfica pelo meridiano magnético, devemos colocar a data em que foi feito o levantamento, pois quando precisarmos aviventar uma direção materializada na planta anos após, teremos condições de corrigir a antiga declinação magnética e reorientar a planta no campo (locação).

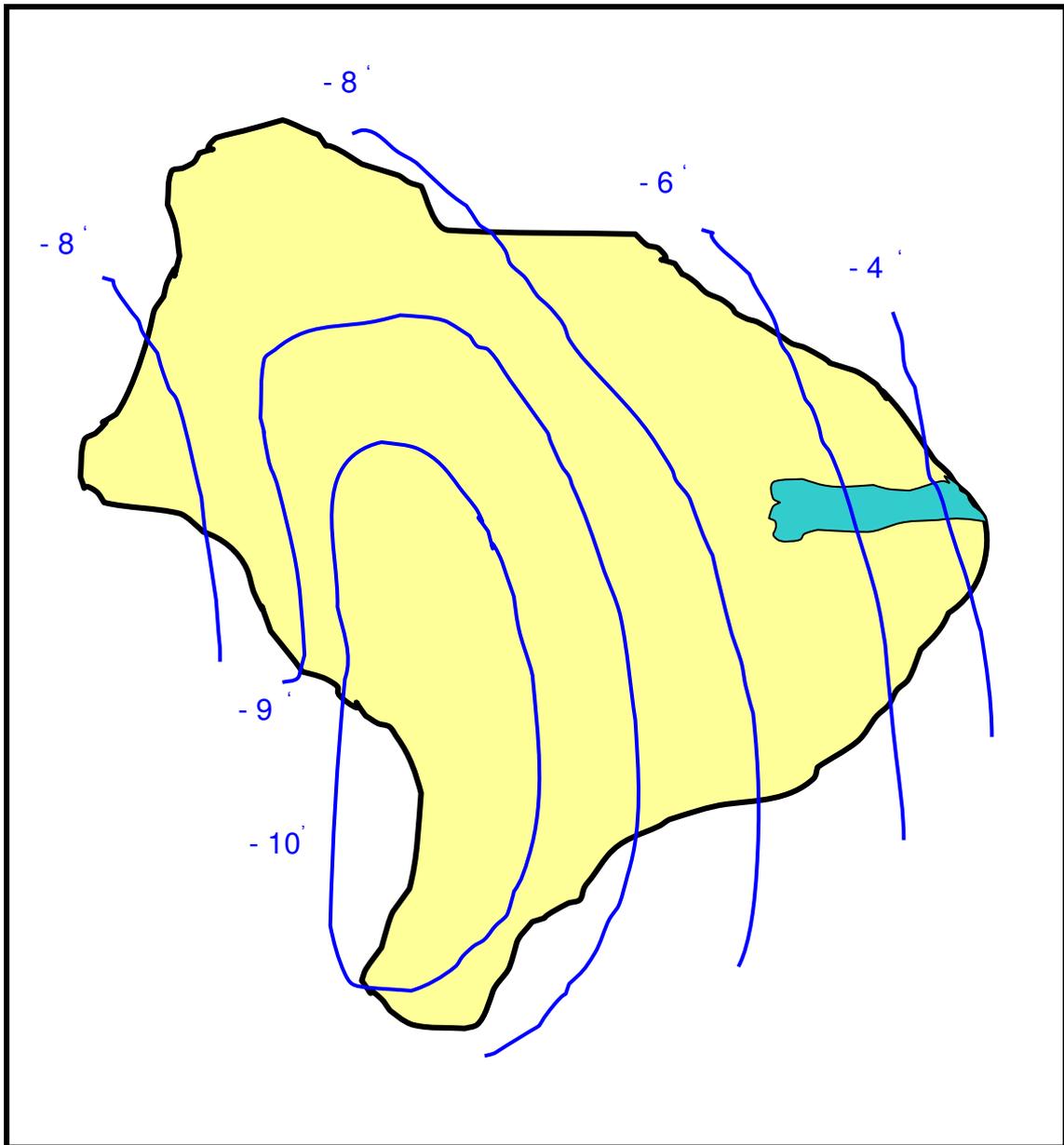
MAPAS ISOGÔNICOS: *São mapas constituídos de linhas ou curvas isogônicas e linhas ou curvas isopóricas.*

LINHAS ISOGÔNICAS: *São linhas que unem pontos da superfície da Terra que num dado instante têm a mesma declinação magnética.*

LINHAS ISOPÓRICAS: São linhas ou curvas que unem pontos da superfície da Terra que têm a mesma variação média anual da declinação magnética.



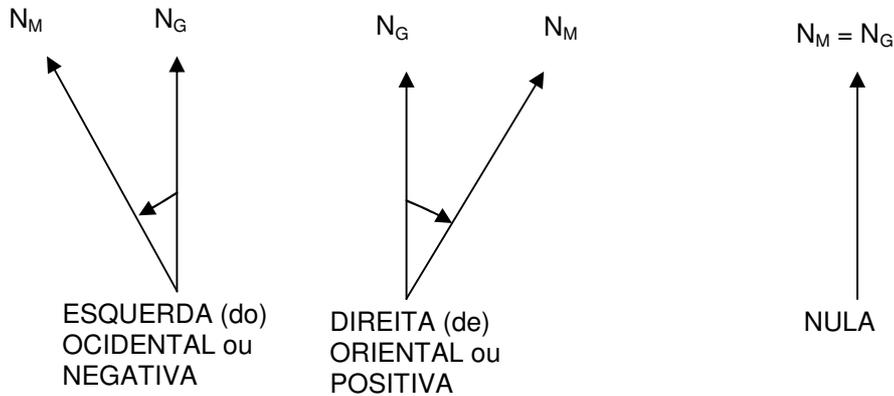
MAPA ISOGÔNICO DO BRASIL
(Esbôço)



MAPA ISOPÓRICO DO BRASIL
(Esbôço)

1) Tipos de declinação:

A posição do norte magnético pode estar à esquerda, à direita ou mesmo coincidir com a posição do norte geográfico. Dessa forma, tem-se três tipos de declinação magnética, exemplificados na Figura 12



Atualmente (ano 2000) em grande parte do território brasileiro a direção norte dada pela agulha imantada se encontra à esquerda da direção do norte verdadeiro, ou seja, a declinação é ocidental. Em Recife atualmente o valor da declinação está em torno de 23° para o ocidente.

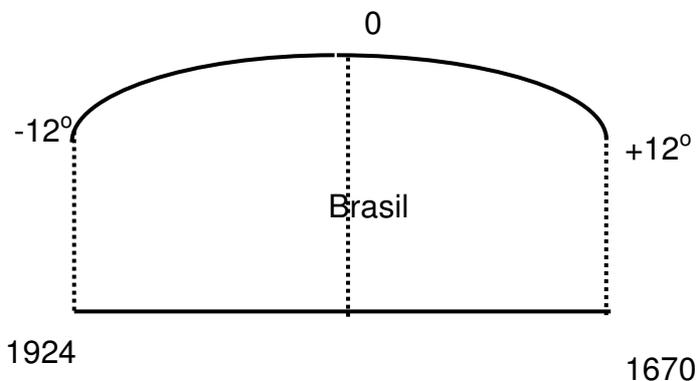
2) Variação da declinação magnética:

a) Geográficas:

Como já vimos anteriormente, a declinação magnética varia com a posição geográfica em que é observada. Para cada lugar existirá uma declinação diferente para cada época do ano. Os pontos da superfície que têm o mesmo valor de declinação num determinado instante, se unidos formam as linhas isogônicas, originando os mapas isogônicos. Os pontos da superfície que têm a mesma variação anual de declinação são mostrados em mapas denominados isopóricos. Os mapas isogônicos e isopóricos são publicados periodicamente pelos observatórios astronômicos(vide mapa anexo).

b) Seculares:

Ao longo do tempo já foram observadas variações de 25° oriental até 25° ocidental.

c) Locais:

São perturbações ocasionadas por circunstâncias locais como presença ou proximidade de minério de ferro; linhas de transmissão etc.

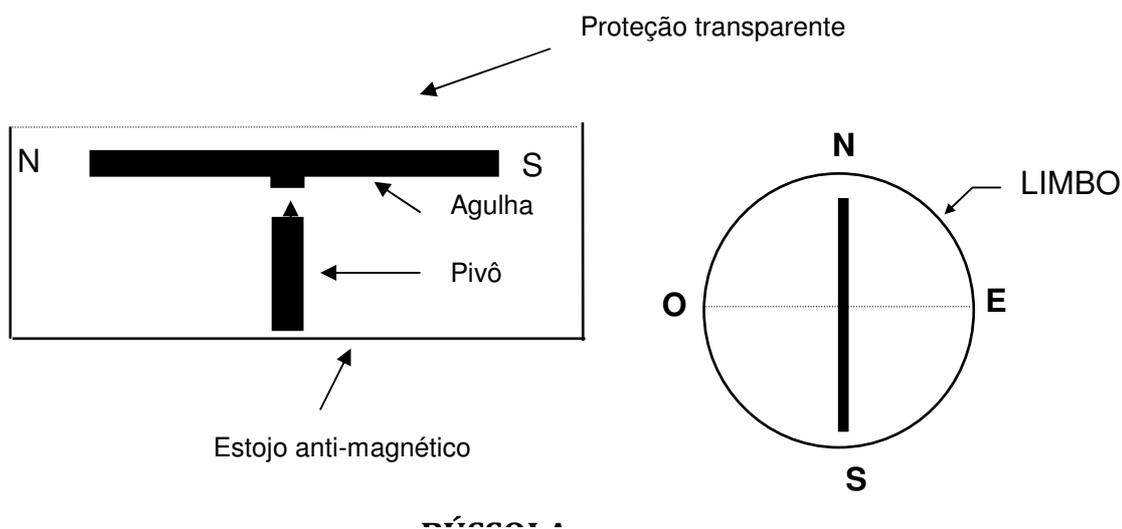
Distâncias mínimas a serem observadas nas operações com bússolas:

- linha de alta tensão -----> 140 m
- linha telefônica ----- > 40 m
- cerca de arame farpado -----> 10 m
- baliza de aço ----- -> 15 cm
- relógio de aço ----- -> 5 a 10 cm

BÚSSOLAS: São instrumentos que possibilitam a medição do ângulo horizontal formado entre a direção de um determinado alinhamento e a direção do meridiano magnético.

Constituição: As bússolas são constituídas de uma agulha imantada que tem sua parte central repousada sobre um pivô localizado no centro de um limbo graduado. Esse conjunto vem acondicionado em uma caixa anti-magnética.

Obs.: Recomenda-se que, quando o instrumento não estiver em serviço, o movimento da agulha imantada seja bloqueado, evitando danificar tanto a parte central da agulha quanto a ponta do pivô.



Por influência do magnetismo terrestre, a agulha magnética, quando se encontra na posição de equilíbrio, se orienta sempre na direção dos polos magnéticos. O prolongamento de uma linha imaginária que passa pelo eixo longitudinal da agulha imantada recebe o nome de meridiano magnético.

DECLINATÓRIAS: A declinatória consta de uma agulha magnética suspensa por um pino, no interior de um pequeno tubo, como nas bússolas. Numa extremidade desse tubo há pequena graduação que serve de referência para indicar a posição de equilíbrio natural da agulha, quando o tubo está dirigido para a direção e sentido no campo magnético terrestre do local. Esse dispositivo serve para orientar convenientemente a graduação do círculo azimutal (círculo horizontal), substituindo de certa forma, a bússola.

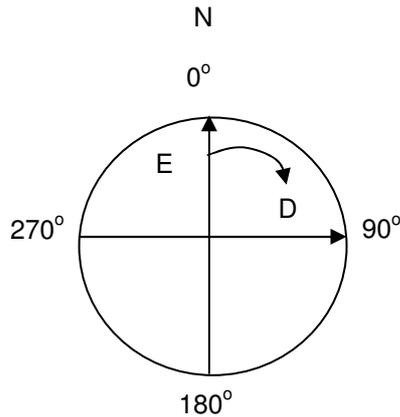


TOPOGRAFIA A - PLANIMETRIA

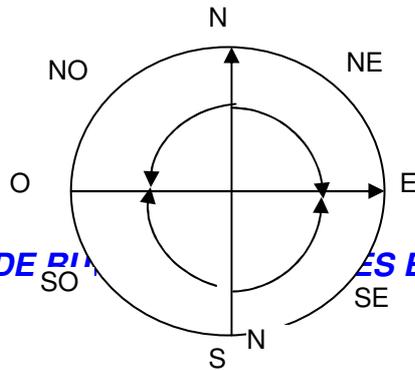
AULA TEÓRICA

7º PONTO: ÂNGULOS DE ORIENTAÇÃO: Azimutes e rumos; definições e transformações; aviventação de rumos e de azimutes.

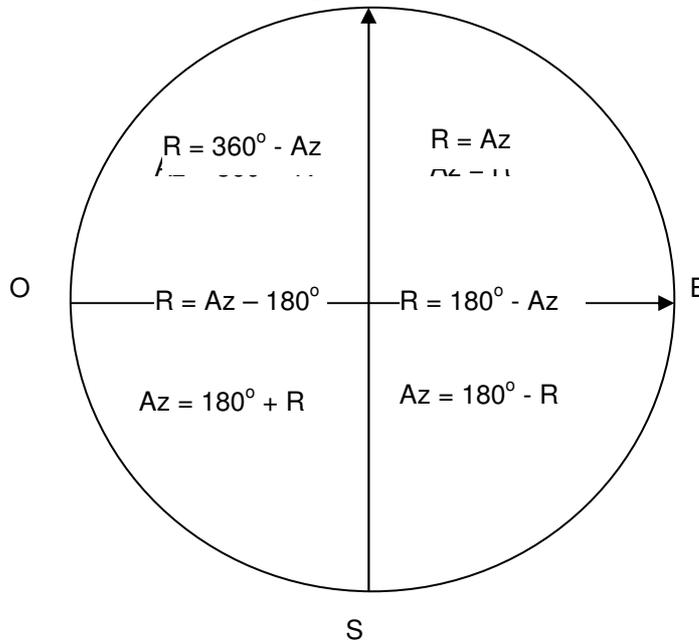
AZIMUTE de um alinhamento é o ângulo diedro, formado pelo plano vertical que contém o alinhamento e o meridiano considerado; se meridiano geográfico, temos azimute geográfico; se meridiano magnético, temos azimute magnético. O azimute é contado sempre a partir do norte, da esquerda para a direita e, varia de 0° a 360°.



RUMO de um alinhamento é o ângulo formado pelo plano vertical que contém o alinhamento e a linha norte - sul (verdadeira ou magnética). Contado sempre a partir do Norte ou do Sul, da esquerda para a direita, ou da direita para a esquerda, de 0° a 90° e toma o nome do quadrante a que pertence.

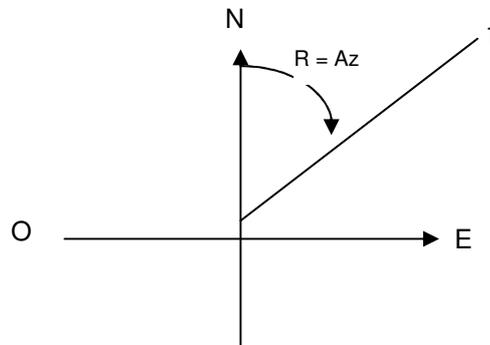


TRANSFORMAÇÃO DE RUMOS EM AZIMUTES E VICE-VERSA

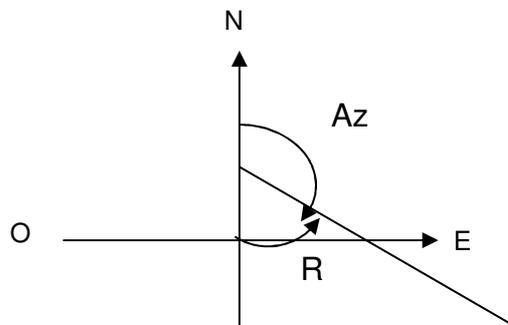


TRANSFORMAÇÃO DE AZIMUTES EM RUMOS:

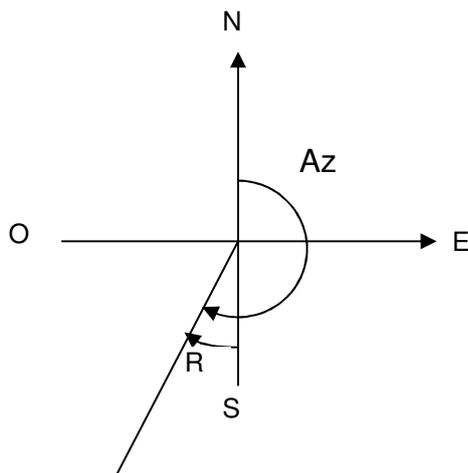
1) Transformar: $Az(0-1) = 60^{\circ} 10'$
 $R(0-1) = ? = 60^{\circ} 10' NE$



2) Transformar: $Az(0-1) = 100^{\circ} 30'$
 $R(0-1) = ? = 179^{\circ} S - 100^{\circ} 30' = 79^{\circ} 30' SE$

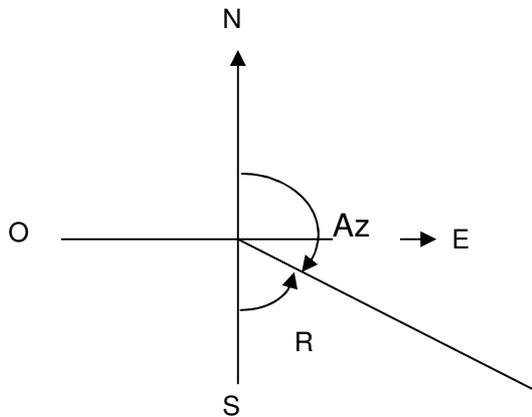


3) Transformar: $Az(0-1) = 200^{\circ} 00'$
 $R(0-1) = ? - 200^{\circ} 00' - 180^{\circ} = 20^{\circ} 00' SO$



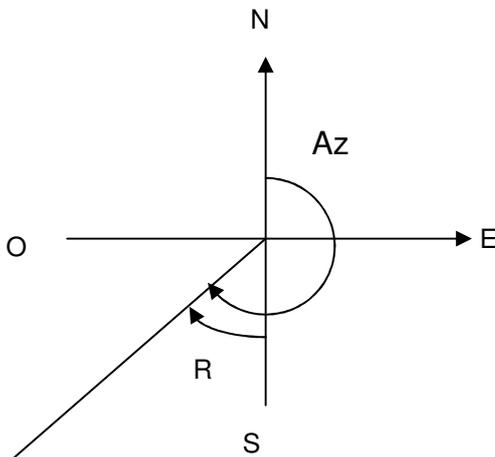
4) Transformar: $R_{90 - 1} = 50^\circ 30' SE$

$$Az(0 - 1) = ? = 180^\circ 00' - 50^\circ 30' = 129^\circ 30'$$



6) Transformar : $R(0 - 1) = 45^\circ 00' SO$

$$Az(0 - 1) = ? = 45^\circ 00' + 180^\circ 00' = 225^\circ 00'$$



AVIVENTAÇÃO DE RUMOS E AZIMUTES: Na prática, várias situações podem ocorrer, tais como:

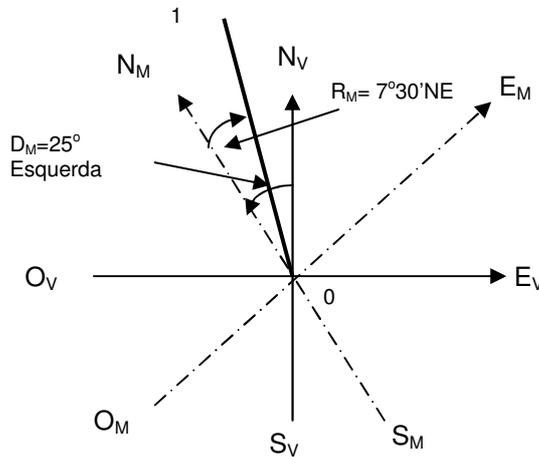
1) a planta apresenta rumos magnéticos e deseja-se calcular o rumo verdadeiro, sendo que se dispõe da declinação magnética;

2) a planta apresenta rumos magnéticos em uma data qualquer e, para aviventá-lo, dispõe de valores de declinação magnética em épocas diferentes;

3) a planta apresenta o azimuth verdadeiro e deseja-se aviventar o magnético, conhecendo-se a declinação em determinada data e a sua variação anual, etc.

EXERCÍCIOS:

1) O rumo magnético do alinhamento (0 – 1) é de $7^{\circ} 30' NE$ e, sabendo-se que a declinação magnética local é de 25° esquerda, pede-se: a) azimute verdadeiro; b) rumo verdadeiro.

**CÁLCULOS:**

a) Cálculo do R verdadeiro: Dados: $R_M = 7^{\circ} 30' NE$

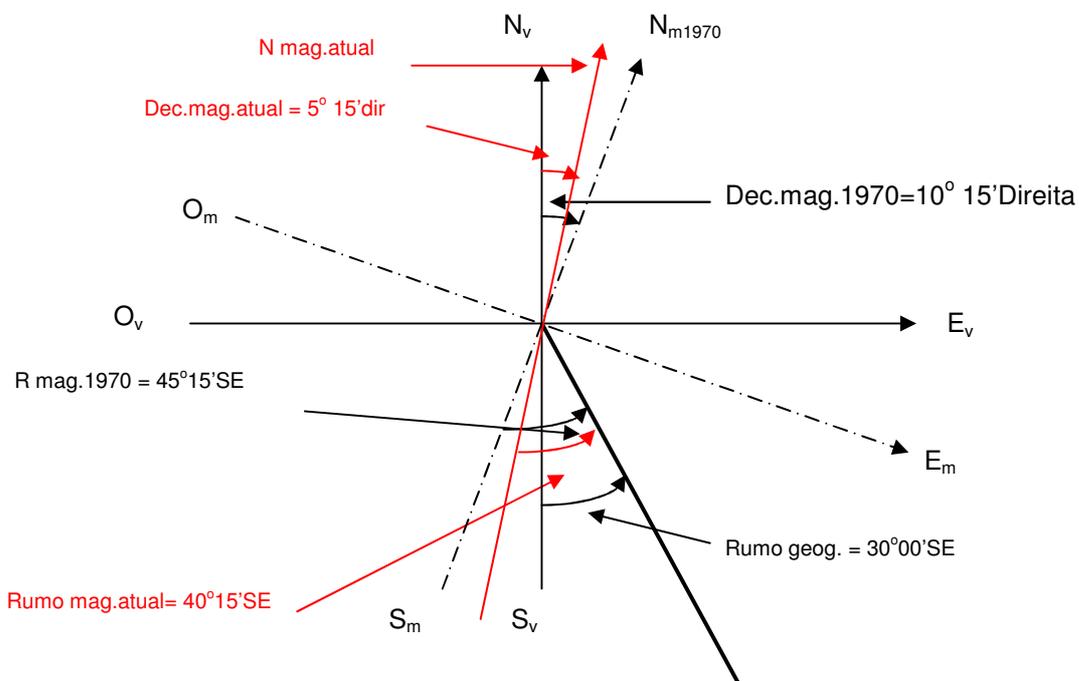
$DM = 25^{\circ} 00' esquerda$

$R \text{ verdadeiro} = 25^{\circ} 00' - 7^{\circ} 30' = 17^{\circ} 30' NO$

b) Cálculo do Az verdadeiro:

$Az \text{ verdadeiro} = 359^{\circ} 60' - 17^{\circ} 30' = 342^{\circ} 30'$

2) O rumo magnético do alinhamento (0 – 1) era de $45^{\circ} 15' SE$ em fevereiro de 1970. Sabendo-se que a Declinação magnética local é de $10^{\circ} 15'$ direita e a variação média anual da declinação magnética ($vmadm$) é de $10'$ esquerda, pede-se: a) declinação magnética atual; b) rumo magnético atual; c) rumo geográfico;

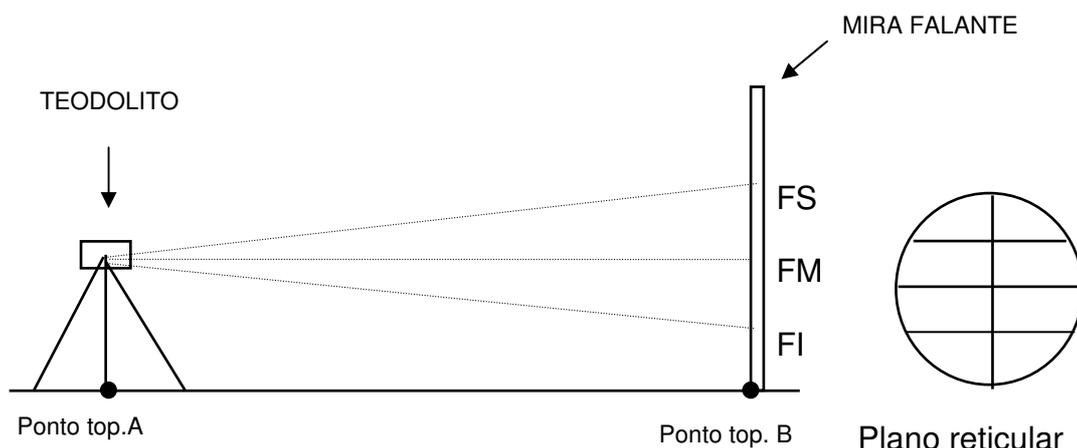


AULA TEÓRICA

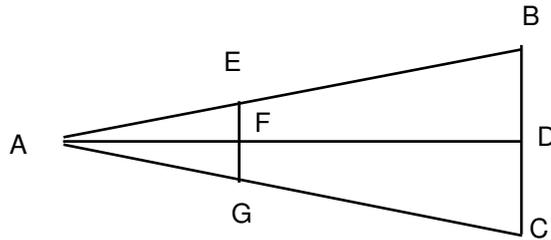
8º PONTO: TAQUEOMETRIA: Medição indireta de distâncias; instrumentos utilizados e modo correto de usá-los.

Processo indireto de determinação de distâncias

TAQUEOMETRIA OU ESTADIMETRIA : É um processo de medição de distâncias onde os alinhamentos são medidos sem a necessidade de percorrê-los. Os instrumentos utilizados são denominados taqueômetros. Existem taqueômetros denominados estadimétricos e auto-redutores. Trataremos dos taqueômetros estadimétricos. Estes taqueômetros estadimétricos são assim chamados, por possuírem dentro da luneta, entre a ocular e a objetiva, uma placa de cristal, onde são gravados fios denominados de estadimétricos: fio estadimétrico superior(F.S.), fio estadimétrico inferior (F.I.) e um intermediário, chamado de fio médio(F.M.) Estes fios são projetados a uma régua graduada (mira falante), verticalizada sobre os pontos topográficos que se deseja medir as distâncias entre estes e o instrumento.



Qualquer que seja o artifício empregado, todos os taqueômetros estadimétricos normais, baseiam-se no seguinte:

Princípio de funcionamento:

Dos triângulos ABC, AEF, ACD e AFG, pode-se tirar as seguintes relações:

$$\frac{AC}{AF} = \frac{BC}{EF} \text{ e } \frac{AC}{AF} = \frac{CD}{FG} \text{ portanto } \frac{AC}{AF} = \frac{BC + CD}{EF + FG}$$

$$\text{que acarreta : } \frac{AC}{AF} = \frac{BD}{EG} \quad (1)$$

Considerando o conjunto taqueômetro e estadia ou mira, pode-se dizer:

AC = distância que separa o instrumento da mira, isto é, medida a determinar = D.H.;

AF = distância focal = f;

BC = distância entre os fios FS e FI na mira, denominada leitura estadimétrica = m; e

EG = distância entre os fios do retículo no interior da luneta = h.

Substituindo-se estes valores em (1):

$$\frac{\text{D.H.}}{f} = \frac{m}{h} \Rightarrow \text{D.H.} = m \frac{f}{h}$$

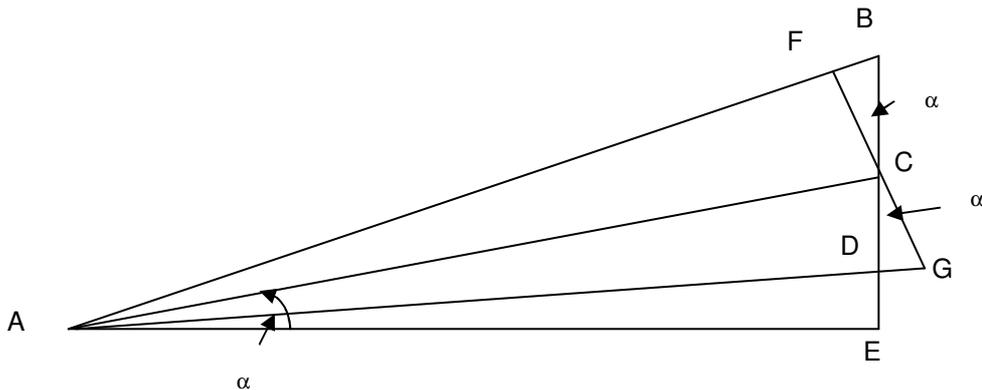
Tanto a distância focal como a distância entre fios do retículo na luneta são constantes instrumentais, então a relação f/h também é uma constante. Esta constante é denominada número gerador do instrumento, representada por g. Na maioria dos instrumentos é igual a 100. Portanto, a equação estadimétrica para terrenos planos ($\alpha = 0^\circ$), fica:

D.H. = m.g

Equações estadimétricas para terrenos inclinados

1) Distância reduzida:

Na equação $D.H. = mg$ considera-se que o FM faz um ângulo reto com a mira, entretanto isto não ocorre na prática, quando o terreno é inclinado. Torna-se necessário, portanto, fazer uma correção. Considere a figura abaixo:



Os fios do retículo deveriam interceptar a mira em F, C e G, no entanto, a leitura é feita em B, C e D. É necessário verificar a relação entre os comprimentos FG e BD.

$FG = n$
 $BD = m$
 $AC = \text{distância natural (inclinada)}$
 $AE = \text{distância horizontal (reduzida)} = DH$

$$\boxed{D.H. = AC \cos \alpha}$$

$$AC = n g$$

$$\boxed{D.H. = n g \cos \alpha}$$

Na prática não se lê n e sim m , portanto torna-se necessário obter a relação entre eles. Considerando os triângulos FBC e CDG e os ângulos FCB e DCG iguais a α , tem-se:

$$\cos \alpha = \frac{FC}{BC} \quad e \quad \cos \alpha = \frac{FG}{CD}$$

$$\cos \alpha = \frac{FC + CG}{BC + CD} = \frac{FG}{BD}$$

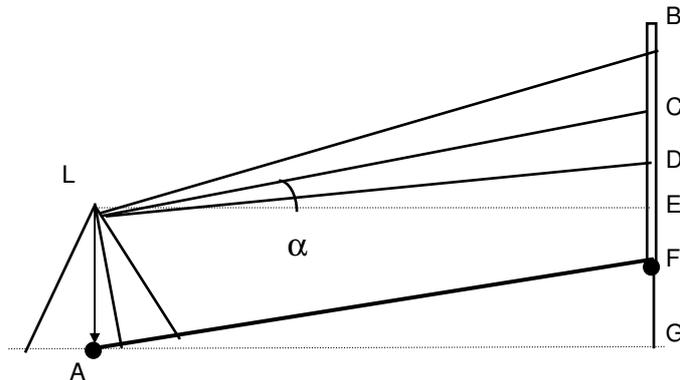
$$\cos \alpha = \frac{n}{m} \quad \Rightarrow \quad n = m \cos \alpha$$

$$\text{D.H.} = m \cos \alpha \cdot \cos \alpha$$

$$\boxed{\text{DH} = m \cdot g \cdot \cos^2 \alpha = \text{D.H.}}$$

= Distância reduzida ou
Distância horizontal

2) Diferença de nível:



A e F = pontos topográficos estação instrumento e mira falante
respectivamente

$$FG = DV \text{ (AF) (diferença de nível) (1)}$$

$$DH = AG = m \cdot g \cdot \cos^2 \alpha \quad \text{(distância reduzida)(2)}$$

$$EG = LA = i = \text{altura do instrumento (3)}$$

$$BD = m = \text{leitura estadimétrica (4)}$$

$$CF = \ell = \text{leitura do FM (5)}$$

$$FG = CG - CF \text{ (6)}$$

$$CG = CE + EG \text{ (7)}$$

substituindo (7) em (6)

$$FG = CE + EG - CF \quad (8)$$

$$CE = LE \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (9)$$

substituindo (9) em (8):

$$FG = LE \cdot \operatorname{tg} \alpha + EG - CF \quad (10)$$

recordando que $LE = DR = D.H. = m.g.\cos^2 \alpha$ (11)

$$FG = DN = m.g.\cos^2 \alpha \cdot \operatorname{tg} \alpha + i - \ell = \text{diferença de nível} = \text{distância vertical} \quad (12)$$

sabe-se que: $\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{sen} \alpha / \cos \alpha$ (13):

substituindo-se (13) em (12):

$$FG = m g \cos^2 \alpha \cdot \operatorname{sen} \alpha / \cos \alpha + i - \ell \quad (14):$$

$$FG = m g \cos \alpha \operatorname{sen} \alpha + i - \ell \quad (15):$$

sabe-se também que $\operatorname{sen} 2 \alpha = 2 \operatorname{sen} \alpha \cos \alpha$ ou $\cos \alpha \operatorname{sen} \alpha = \operatorname{sen} 2 \alpha / 2$ (16):

substituindo-se (16) em (15):

$$FG = m g \operatorname{sen} 2 \alpha / 2 + i - \ell \quad (17)$$

$$DN = mg \frac{\operatorname{sen} 2 \alpha}{2} + i - \ell$$

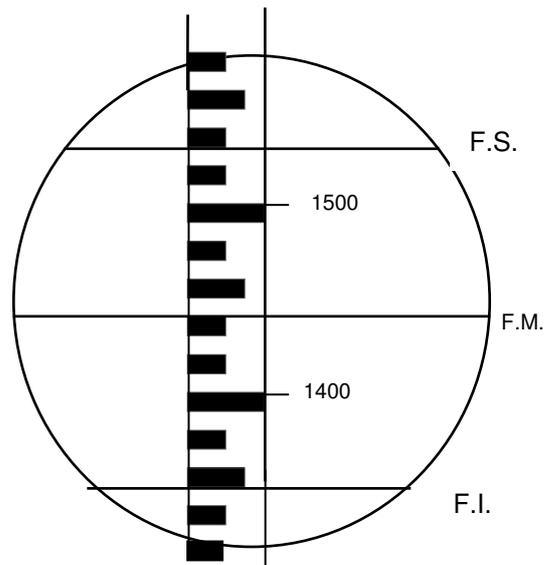
= **diferença de nível ou
distância vertical**

MIRAS FALANTES: As miras são réguas graduadas pelo sistema métrico decimal e aplicadas em topografia para medir distâncias horizontais e verticais.

Classificação das Miras Falantes:

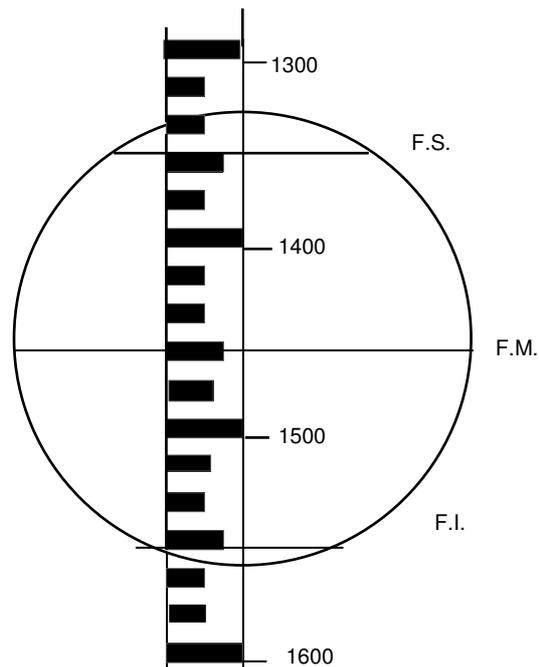
TIPO	MATERIAL	
Encaixe Dobrável	Madeira Plástico Alumínio	
GRADUAÇÃO	COMPRIMENTO	SUBDIVISÕES
Direta	3,00 metros	1,00 cm x 1,00 cm
Invertida	4,00 metros	0,50 cm x 0,50 cm

1- LEITURA DE MIRA a) IMAGEM DIRETA



Fio Superior (FS) = 1530 mm
 Fio Médio (FM) = 1440 mm
 Fio Inferior (FI) = 1350 mm

b) IMAGEM INVERTIDA



Fio Superior = 1350 mm
 Fio Médio = 1455 mm
 Fio Inferior = 1560 mm

5) Leitura de Ângulo Vertical

OBS: Antes de se proceder a leitura do ângulo vertical, centrar o nível do vernier do limbo vertical.

TOPOGRAFIA A - PLANIMETRIA**AULA TEÓRICA**

9º PONTO: LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS PLANIMÉTRICOS: Principais métodos utilizados: ordenadas; irradiação; interseção e caminhamento.

Feitos os estudos dos métodos e instrumentos empregados na medição dos ângulos e das distâncias, é necessário, agora, que sejam bem utilizados nos levantamentos topográficos.

Fazer o levantamento topográfico de uma determinada região consiste em obter com precisão os elementos necessários e suficientes ao desenho de sua planta, em escala conveniente. Esses elementos são as coordenadas (ângulos e distâncias) que definirão, no desenho, as posições, tanto planimétricas como altimétricas, dos pontos altimétricos levantados.

Assim, deve-se entender por levantamento topográfico o conjunto de operações realizadas no campo e no escritório, a fim de se obter os dados necessários à reprodução geométrica de determinada área de terreno estudada topograficamente.

A execução do levantamento de uma determinada área de terreno, cuja forma e detalhes são desenhados, leva à utilização de métodos e instrumentos apropriados que conduzam a resultados satisfatórios, de acordo com os objetivos do referido trabalho.

Para maior precisão dos detalhes, é imprescindível determinar, no campo, a posição dos pontos topográficos que irão definir em desenho a planta do terreno e também daqueles pontos característicos que permitam representar o seu relevo. A escolha desses pontos, bem como a escolha de seu número, dependerá evidentemente das condições topográficas do terreno, como também da escala que será adotada no desenho.

Na execução de um levantamento topográfico, podemos considerar as seguintes fases:

1) *Reconhecimento da área*: percorre-se a região a ser levantada elegendo-se os principais vértices da poligonal básica do levantamento, escolhendo e determinando o ponto de partida do levantamento. Se necessário, determinar neste ponto, o valor da declinação magnética para a devida orientação da planta. Este ponto deverá ficar fora de qualquer influência magnética local. Nesta fase do

levantamento, deverá ser providenciado a confecção dos piquetes e estacas testemunhas como também pedir ao interessado no levantamento, a abertura das piquetas e dos rumos divisórios. Com os elementos colhidos, o topógrafo poderá organizar um “croquis” da área a ser levantada, que servirá de subsídio tanto nos trabalhos de campo como de escritório.

2) *levantamento da poligonal básica*: do ponto de partida devidamente escolhido, inicia-se o levantamento da poligonal básica, percorrendo-se todo o seu perímetro até seu fechamento, fazendo-se leituras de ângulos e distâncias, como também observações e levantamentos dos elementos característicos do terreno que irão servir de base para as poligonais internas (levantamento dos detalhes).

Todos os dados obtidos serão devidamente registrados em caderneta apropriada (caderneta de campo), que deverá constar, também, o desenho do “croquis”, onde se anota cuidadosamente os nomes dos proprietários confinantes.

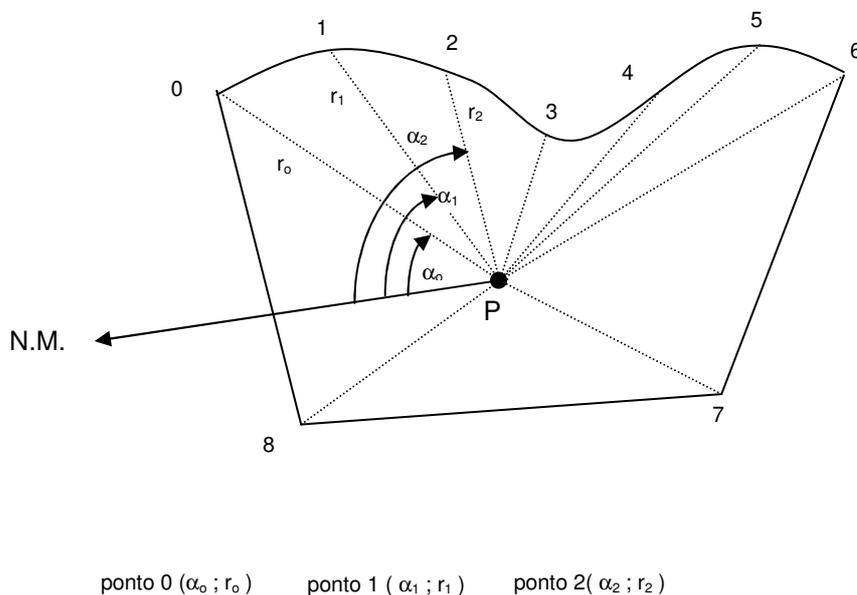
3) *levantamento de detalhes*: feito o fechamento da poligonal básica, passa o topógrafo a lançar poligonais abertas no interior da área, partindo de vértices escolhidos no perímetro. Estas poligonais serão lançadas no terreno, acompanhando as estradas, os cursos d'água, as grotas e as linhas de cumeada internas, fazendo-se amarrações em todas as benfeitorias existentes, bem como outros detalhes importantes, com a finalidade de se obter os elementos necessário à representação dos acidentes naturais e artificiais, possibilitando, deste modo, definir convenientemente a planimetria e a altimetria do terreno.

Deste modo, feito um estudo dos trabalhos necessários ao levantamento topográfico, é imprescindível saber coordenar o que se aprendeu no manejo e na leitura dos instrumentos, para obtenção rápida e perfeita do objetivo. Desta combinação resultam diversos métodos de levantamento topográfico, tais como:

- 1) *levantamento por irradiação*;
- 2) *levantamento por ordenadas*;
- 3) *levantamento por interseção e*
- 4) *levantamento por caminhamento ou poligonação*.

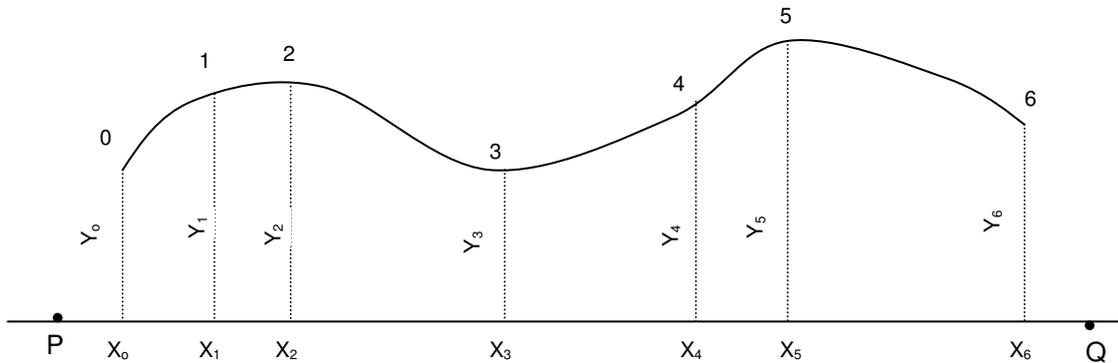
1)levantamento por irradiação: É um método de levantamento empregado para pequenas áreas e relativamente planas. É também chamado método das coordenadas polares e tem sua maior aplicação como auxiliar nos levantamentos por caminhamento. É bastante utilizado para poligonais mistas ou de perímetros

curvos. É um método simples, de precisão relativamente boa, mas considerando que não permite controle de erros que possam ocorrer, fica da dependência da experiência e cuidados do operador. O método consiste em se escolher um ponto de situação dominante, bastante estratégico, de onde se visam a maioria dos pontos que melhor definem as linhas de divisa ou detalhes de interesse. Hoje, com o advento da estação total, é o método mais empregado, já que quando se trabalha com estes instrumentos, teoricamente, as medições com ele efetuadas estão isentas de erros (erros existem, mas dentro das tolerâncias exigidas pelos trabalhos topográficos).



2) levantamento por ordenadas:

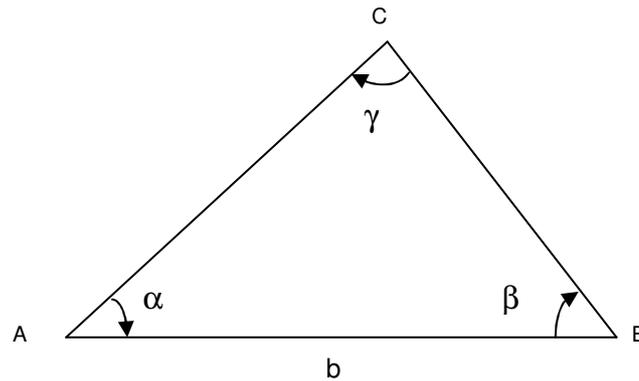
É um método também usado para o levantamento de alinhamentos curvos e como auxiliar no método de caminhamento ou poligonação. Consiste em se traçar um alinhamento auxiliar e desse levantar-se tantas ordenadas quantas forem necessárias para a representação do alinhamento que se está levantando.



Ponto 0 $\left\{ \begin{array}{l} P \ X_0 \\ Y_0 \end{array} \right.$ Ponto 1 $\left\{ \begin{array}{l} P \ X_1 \\ Y_1 \end{array} \right.$ Ponto 2 $\left\{ \begin{array}{l} P \ X_2 \\ Y_2 \end{array} \right.$ etc.

3) levantamento por interseção:

O método de interseção ou de coordenadas bipolares, também só pode ser usado para pequenas áreas. É o único método que se pode utilizar quando alguns vértices da área são inacessíveis, como por exemplo no caso de um brejo ou pontos bastante íngremes. É um método simples e rápido, e que, como o de irradiação, depende de cuidados do operador, pois também não apresenta a possibilidade de controle de erro. O método tem seu princípio de funcionamento baseado na construção de um triângulo em que se conhecem um lado e seus dois ângulos adjacentes. A representação da posição do ponto é determinada pela interseção das direções determinadas pelos dois ângulos formados. Para a medição dos dois outros lados do triângulo, aplica-se a lei dos senos.



D.H. (A-B) = b = base medida com todo rigor

α e β = ângulos horizontais, medidos com teodolito

C = ponto inacessível

$$\gamma = 180^\circ (\alpha + \beta)$$

$$\frac{\text{D.H.}(A-B)}{\text{sen } \gamma} = \frac{\text{D.H.}(B-C)}{\text{sen } \alpha} = \frac{\text{D.H.}(C-A)}{\text{sen } \beta} \quad (\text{Lei dos senos})$$

$$\text{D.H.}(A-C) = \frac{\text{D.H.}(A-B) \times \text{sen } \beta}{\text{sen } \gamma}$$

$$\text{D.H.}(B-C) = \frac{\text{D.H.}(A-B) \times \text{sen } \alpha}{\text{sen } \gamma}$$

5) *caminhamento ou poligonação:*

O método consiste em se caminhar ao longo da poligonal que se quer levantar, medindo-se os ângulos e as distâncias entre os vários alinhamentos que compõem a poligonal topográfica. Utilizado para o levantamento de áreas pequenas e grandes. É o método mais utilizado e também aquele em que temos o controle dos erros de fechamento angular e linear. Na verdade, os métodos vistos anteriormente complementam o método de caminhamento. Será estudado mais adiante.

TOPOGRAFIA A - PLANIMETRIA**AULAS TEÓRICAS**

10º PONTO: CAMINHAMENTO OU POLIGONAÇÃO: cadernetas de campo: preenchimento, conferências e cálculos. Desenho da planta pelos valores goniométricos

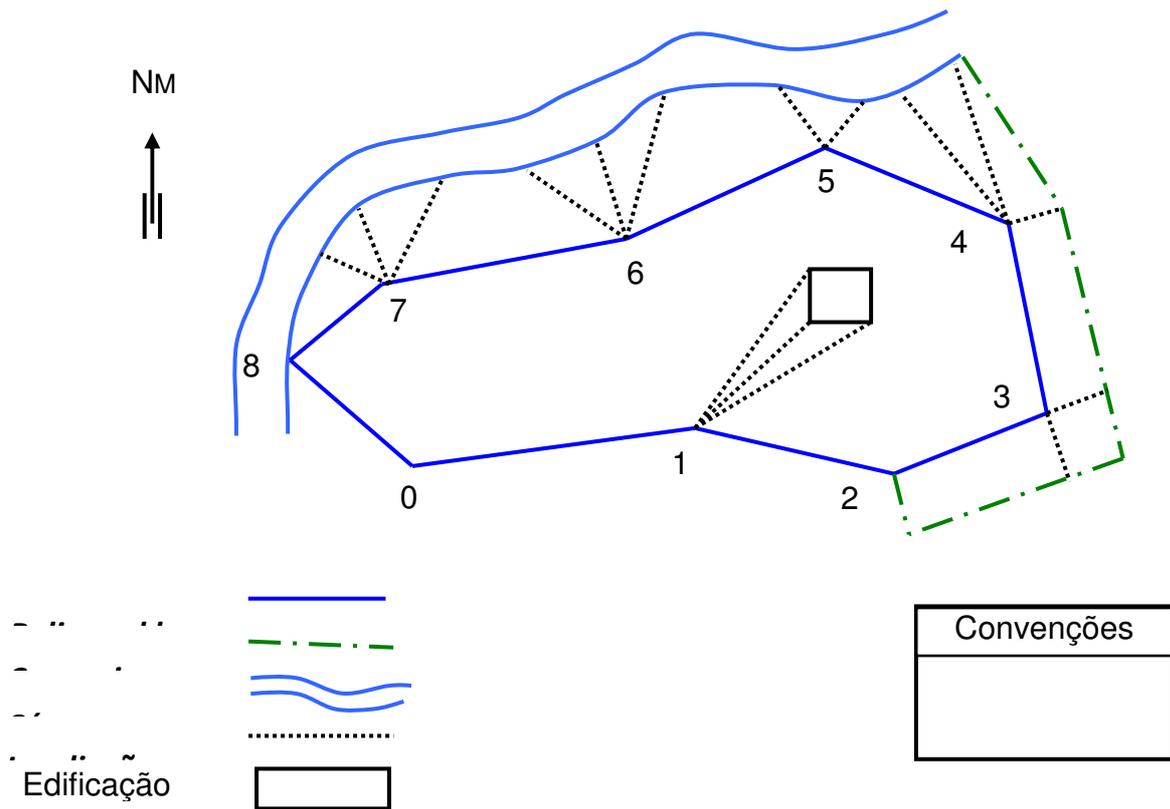
Conforme vimos anteriormente, o método do caminhamento consiste em se caminhar ao longo da poligonal topográfica, medindo-se ângulos e distâncias e anotando-se os valores angulares e lineares em uma caderneta previamente escolhida, denominada de caderneta de campo.

À medida que o trabalho vai se desenvolvendo, faz-se um desenho esquemático de todos os detalhes que se está levantando, denominado de "croquis".

É uma operação relativamente trabalhosa e cansativa, que requer uma equipe formada por várias pessoas, onde cada um exerce uma função específica (carregadores, foiceiros, balizeiros de ré e de vante, auxiliares de topografia, etc.), porém muito bom quanto à precisão.

Na prática, quando as divisas são formadas por rios, córregos, cercas ou estradas, efetua-se o levantamento por caminhamento de uma poligonal de base que mais se aproxime das linhas de divisa.

Amarram-se a esta poligonal de base por irradiação, interseção, coordenadas ou outro processo qualquer, as linhas que definem o perímetro, bem como todos os detalhes interiores, tais como edificações, cercas, redes de eletrificação, cursos d' água temporários e perenes, açudes e barragens, piquetes, área de culturas, etc.



Os ângulos horizontais devem ser medidos sempre no sentido horário (internos, externos, azimutes, etc.), daí, o sentido do caminhamento vai ser função de qual ângulo vamos medir. Já as distâncias horizontais e verticais serão obtidas indiretamente por estadimetria, taqueometria, medição eletrônica, etc.

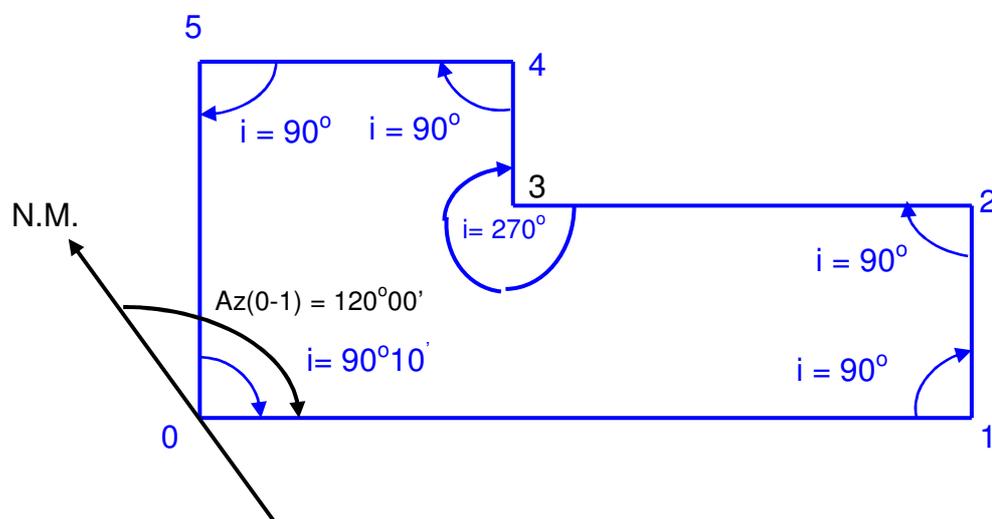
Terminadas as operações de campo, a fase seguinte será o trabalho de escritório, onde se desenvolvem cálculos, compensações angulares e lineares e o coroamento do trabalho, que culmina com o desenho da planta, cálculo da área e a confecção do memorial descritivo, este quando necessário tecnicamente falando.

Este método é caracterizado pela natureza dos ângulos que se medem, daí classificar-se em:

- **caminhamento pelos ângulos internos ou externos;**
- **caminhamento pelos ângulos de deflexão;**
- **caminhamento à bússola.**

CAMINHAMENTO PELOS ÂNGULOS INTERNOS E AZIMUTES:

O sentido do caminhamento deve ser, sempre, da direita para a esquerda ou seja, anti-horário.



OBS: Sentido do caminhamento D \rightarrow E

CADERNETA DE CAMPO

Estações	Pontos visados	Ângulo interno	AZIMUTES		Distância (metros)
			LIDO	CALCULADOS	
0	1	-	120°		-
1	2	$90^{\circ} 00'$		$30^{\circ} 00'$	30,00
2	3	$90^{\circ} 00'$		$300^{\circ} 00'$	35,00
3	4	$270^{\circ} 00'$		$30^{\circ} 00'$	20,00
4	5	$90^{\circ} 00'$		$300^{\circ} 00'$	85,00
5	0	$90^{\circ} 00'$		$210^{\circ} 00'$	65,00
0	1	$90^{\circ} 10'$	-	$120^{\circ} 10'$	120,00

CÁLCULO DOS AZIMUTES:

Azimute calculado = (Azimute anterior + ângulo horário):

$$\begin{aligned} < 180^\circ &\Rightarrow 180^\circ \\ > 180^\circ < 540^\circ &\Rightarrow -180^\circ \\ > 540^\circ &\Rightarrow -540^\circ \end{aligned}$$

CÁLCULO DOS AZIMUTES

$$Az(1-2) = Az(0-1) + i(1-2) = 120^\circ + 90^\circ = 210^\circ - 180^\circ = 30^\circ$$

$$Az(2-3) = Az(1-2) + i(2-3) = 30^\circ + 90^\circ = 120^\circ + 180^\circ = 300^\circ$$

$$Az(3-4) = Az(2-3) + i(3-4) = 300^\circ + 270^\circ = 570^\circ - 540^\circ = 30^\circ$$

$$Az(4-5) = Az(3-4) + i(4-5) = 30^\circ + 90^\circ = 120^\circ + 180^\circ = 300^\circ$$

$$Az(5-0) = Az(4-5) + i(5-0) = 300^\circ + 90^\circ = 390^\circ - 180^\circ = 210^\circ$$

$$Az(0-1) = Az(5-0) + i(0-1) = 210^\circ + 90^\circ 10' = 300^\circ 10' - 180^\circ = 120^\circ 10'$$

CÁLCULO DO ERRO DE FECHAMENTO ANGULAR:

$$\sum \text{ ângulos internos} = 180^\circ (n - 2) = 180^\circ * (6 - 2) = 720^\circ 00'$$

$$\sum \text{ ângulo internos} = 720^\circ 10'$$

Erro de fechamento angular de + 10'

LIMITE DE TOLERÂNCIA DO ERRO DE FECHAMENTO ANGULAR:

$T = \pm 5' \sqrt{n}$ onde n = número de vértices da poligonal.

Tolerância do erro angular = $T = \pm 5' \sqrt{n} = \pm \sqrt{6} = \pm 12'$ → erro angular permitido

CORREÇÃO DO ERRO ANGULAR DE FECHAMENTO:

O erro angular de fechamento do polígono igual a + 10' deverá ser distribuído nos últimos lados, isto é, 2' para cada um dos quatro últimos lados e 2' no primeiro lado.

OBS: *O erro de fechamento angular deverá ser distribuído nos últimos lados e esta correção é cumulativa, sendo somada ou subtraída aos azimutes calculados, em função do erro ter sido para mais ou para menos.*

OBS: *Não se corrigem os azimutes dos pontos levantados por processos auxiliares.*

OBS: *Caso o erro de fechamento angular extrapolar o limite de tolerância, deve-se repetir o trabalho no campo.*

CÁLCULO DAS DISTÂNCIAS HORIZONTAIS:

Para a confecção da planta é necessário obter-se a distância horizontal dos alinhamentos medidos no campo que juntamente com a direção dos mesmos permitirá a representação planimétrica do terreno.

A distância horizontal ou reduzida é calculada pela fórmula:

$DH = m \cdot g \cdot \cos^2 \alpha$ (no caso de medição estadimétrica).

$DH = m \cdot g \cdot \sin^2 z$

DESENHO DA PLANTA TOPOGRÁFICA:

Desenho topográfico é a reprodução geométrica dos dados de campo, em projeção ortogonal, no plano do papel.

Tipos de desenho: Planimétrico — planta planimétrica
Altimétrico *desenho dos perfís*
 Plani-altimétrico → planta topográfica
 planialtimétrica

PROCESSOS DE EXECUÇÃO DO DESENHO:

- 1) *Coordenadas Polares - Há transferência de ângulos e distâncias para o papel;*
- 2) *Coordenadas retangulares - Transferência de distâncias apenas. (será mostrado à frente).*

DESENHO DA PLANTA PELAS COORDENADAS POLARES:

TRANSFERÊNCIA DE ÂNGULOS - transferidores comuns, tecnígrafos, processo das cordas, etc.

TRANSFERÊNCIA DE DISTÂNCIAS - é feita por meio de réguas comuns ou escalímetros. Quando se utilizam réguas comuns, torna-se necessário reduzir as distâncias conforme a escala do desenho (visto anteriormente no 3º Ponto).

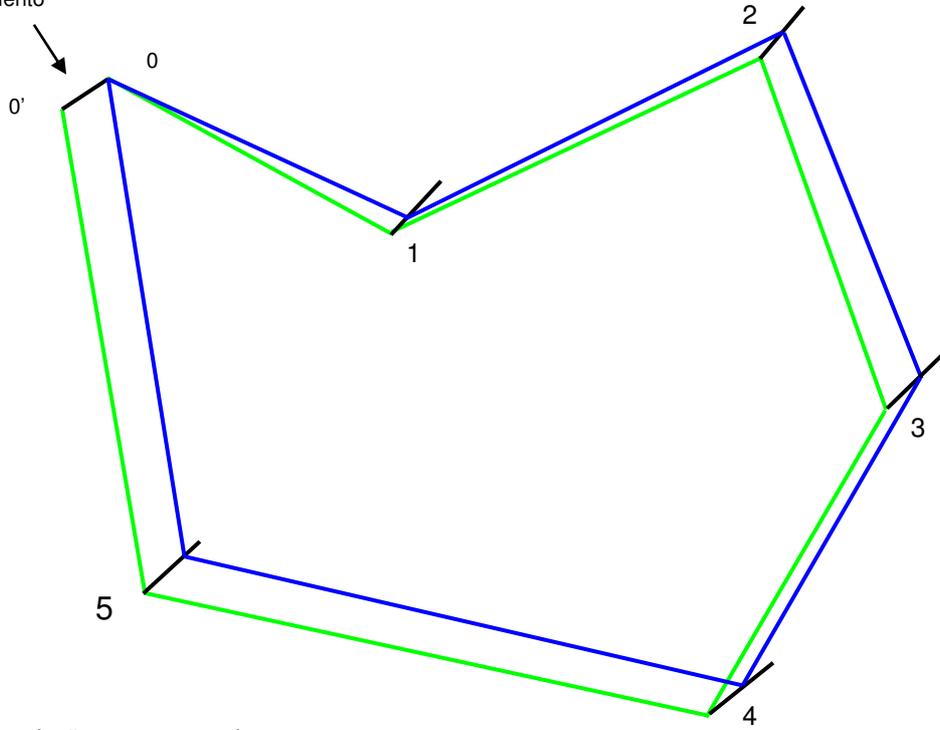
FASES DE EXECUÇÃO DO DESENHO:

- Rascunho (papel canson);
- Original (papel vegetal);
- Cópias heliográficas;
- Uso do computador (Ex: AutoCAD)

ERRO GRÁFICO DE FECHAMENTO: Ocasionado pelo desvio da extremidade final do último alinhamento transferido em relação ao ponto de partida. (0 – 0')

COMPENSAÇÃO GRÁFICA:

Erro gráfico de fechamento



Poligonal não compensada



Poligonal compensada



ESCALA GRÁFICA:

A escala gráfica corresponde ao desenho de uma escala numérica. A presença da escala gráfica é importante principalmente quando se pretende fazer cópias ampliadas ou reduzidas da planta.

CONSTRUÇÃO DA ESCALA GRÁFICA:

Componentes:

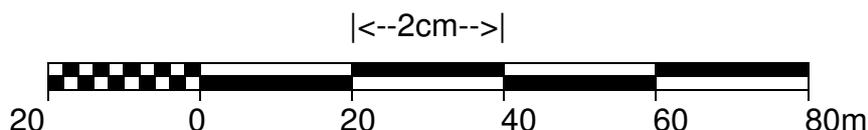
Título - é a escala numérica que vai dar origem à escala gráfica;

Divisão principal - é a maior graduação da escala;

Talão - é a divisão que fornecerá a precisão da escala.

Exemplo de construção:

Título	—————→	1 : 1000
Divisão principal	————→	20, 00 m
Talão	—————→	2, 00 m



ORIENTAÇÃO MAGNÉTICA:

Apresentada geralmente no canto superior esquerdo da planta. De preferência, acrescentar também o meridiano geográfico.

CONVENÇÕES TOPOGRÁFICAS

São símbolos representativos dos acidentes naturais e artificiais contidos na planta. Vêm listados num quadro, localizado geralmente no canto inferior esquerdo.

LEGENDA:

Apresentada num quadro localizado no canto inferior direito da planta.

- Identificação da propriedade (nome)
- Proprietário
- Localização (Município, Estado)
- Escalas
- Área da propriedade
- Responsável técnico
- Data

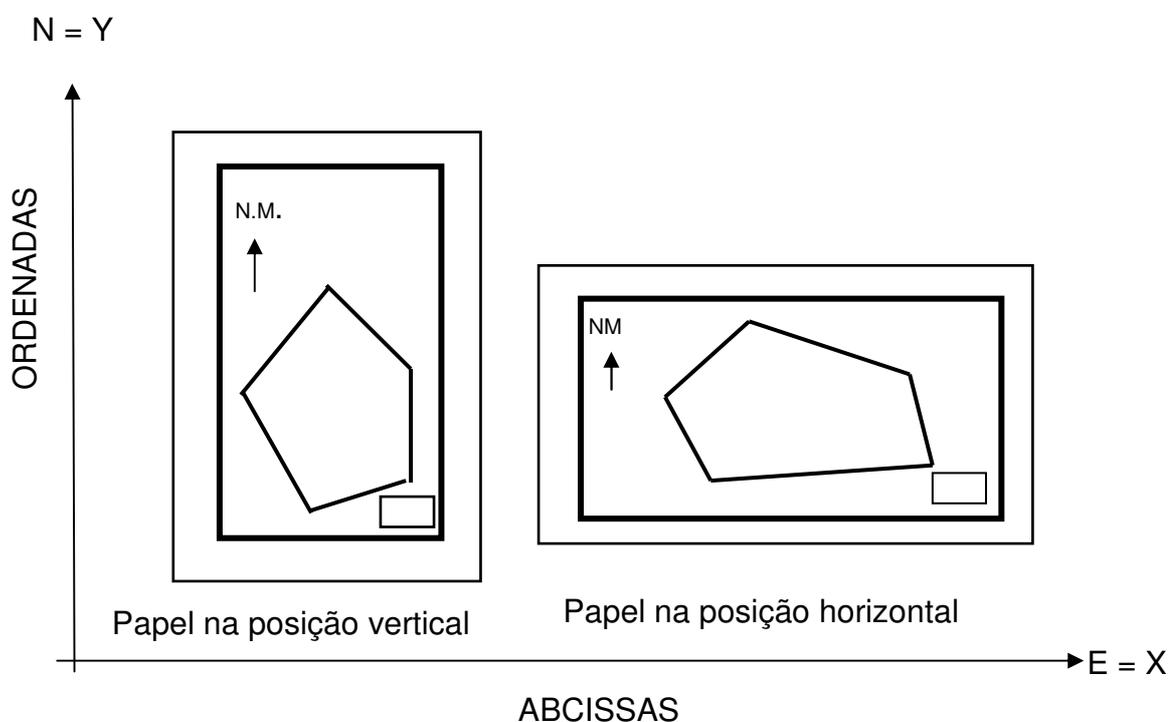
DESENHO ORIGINAL:

Cópia a nanquim, em papel vegetal, do rascunho. Constitui a planta ou carta topográfica, que será apresentada às partes interessadas no levantamento. Conforme vimos anteriormente, deve ter um acabamento conveniente, isto é, orientação, legenda , convenções e escala gráfica. Deve constar também os nomes dos proprietários confinantes ou das culturas adjacentes à área levantada.

ESCOLHA DA POSIÇÃO DO PAPEL:

A posição do papel é determinada pela diferença entre as coordenadas máximas e mínimas, ou seja:

- a) Posição vertical – quando a diferença entre as abcissas máxima e mínima, for menor que a diferença entre as ordenadas máxima e mínima.
- b) Posição horizontal – quando a diferença entre as abcissas máxima e mínima for maior que a diferença entre as ordenadas máxima e mínima.



ESCOLHA DA ESCALA:

Conhecida a posição do papel, deve-se considerar dx como a medida útil do papel no sentido das abcissas (X) e dy como a medida útil no sentido das ordenadas (Y), para qualquer posição do papel (horizontal ou vertical).

A escala mais provável para X e Y é encontrada do seguinte modo:

$$E_{px} = \frac{dx}{XM - X_m} \quad e \quad E_{py} = \frac{dy}{YM - Y_m} \quad \text{onde :}$$

E_{px} = escala mais provável para as abcissas

E_{py} = escala mais provavel para as ordenadas

XM e YM = abcissa e ordenada máxima, respectivamente

X_m e Y_m = abcissa e ordenada mínima, respectivamente

Ao adotar-se uma escala, toma-se sempre a de maior denominador, acrescentando a este um valor delta (Δ), para se trabalhar com uma escala normal(1; 1,5; 2; 2,5; 5; 7,5 e seus múltiplos.

Exemplo: Se, ao escolher uma escala para um desenho em posição horizontal, dispuser-se de um papel que contenha medida útil, no sentido das abcissas igual a 287 mm e, no sentido das ordenadas 200 mm e, sabendo-se ainda que $XM = 1036$ metros, $X_m = 916$ metros, $YM = 1055$ metros e $Y_m = 985$ metros, tem-se:

$$E_{px} = \frac{dx}{XM - X_m} = \frac{0.287}{1036 - 916} = \frac{0.287}{120} = \frac{1}{418,1} \quad e$$

$$E_{py} = \frac{dy}{YM - Y_m} = \frac{0.200}{1055 - 985} = \frac{0.200}{70} = \frac{1}{350}$$

Nesse caso, sendo E_{px} menor que E_{py} , deve-se adotar uma escala de uso normal, porém menor que E_{px} , ou com denominador maior. Na consideração do exemplo mencionado, a escala 1:500 seria a mais recomendada tecnicamente.

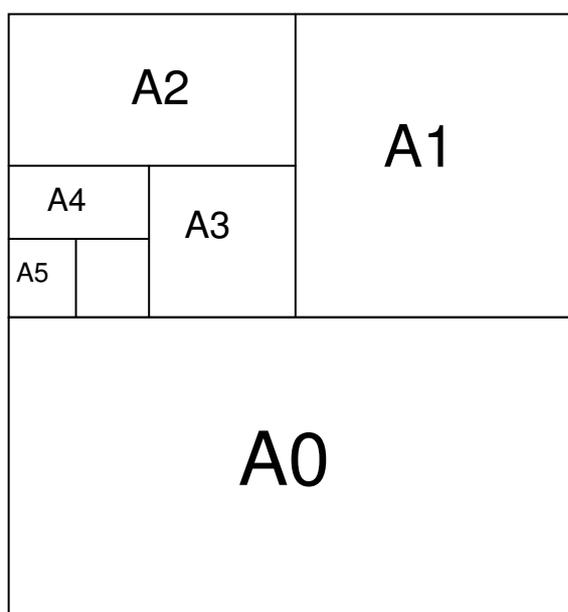
Hoje, com o advento dos computadores, quase todas as operações relativas a cálculos e desenhos topográficos estão informatizadas. Existem disponíveis aos usuários um grande número de softwares à venda junto ao comércio especializado.

FORMATO DO PAPEL:

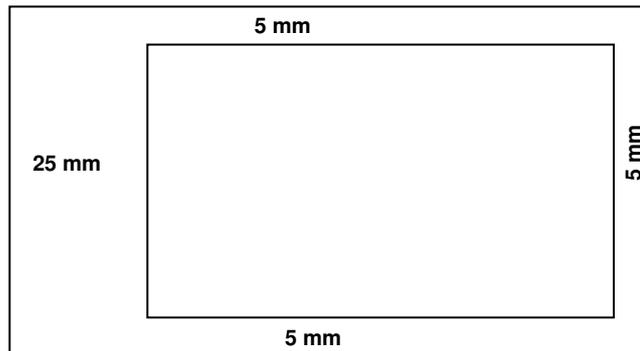
A tabela a seguir indica os formatos de papel utilizados para a confecção de plantas, segundo as normas da ABNT.

Formato	Tamanho(mm)	Área(m ²)
2 x A0	1682 x 1682	2,00
A0	841 x 1189	1,00
A1	594 x 841	0,50
A2	420 x 594	0,25
A3	97 x 420	0,125
A4	210 x 297	0,065
A5	148 x 210	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 30 mm para a lateral esquerda e de 5 a 15 mm para as outras laterais.



Como exemplo, podemos citar os seguintes softwares topográficos:

Topograph

Data Geosis

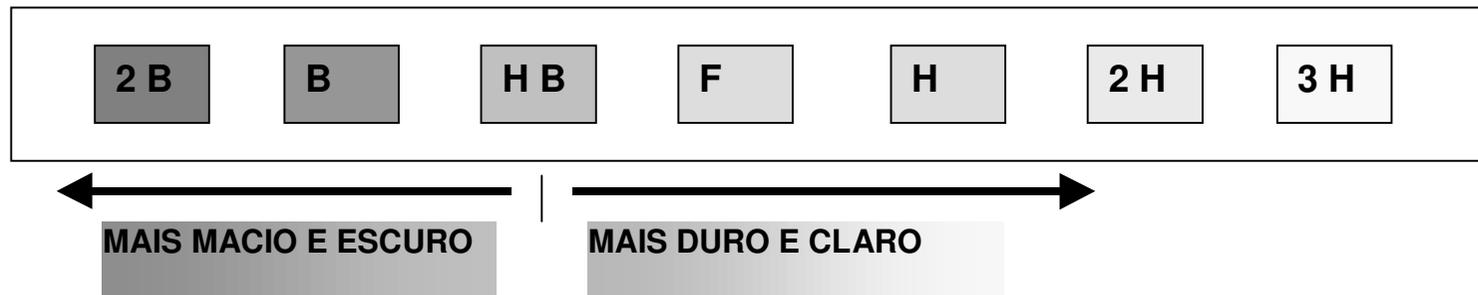
Grau Maior

Posição, etc.

A maioria destes softwares, já traz um Cad próprio, porém, todos permitem a exportação para o Auto Cad, onde o acabamento do desenho torna-se uma verdadeira obra gráfica.

Vale lembrar que todos eles permitem a exportação de dados da maioria das estações totais disponíveis no mercado.

OBS: Caso algum aluno deseje se aprofundar no assunto em questão, dispomos de softwares instalados em nossos computadores particulares (Data Geosis Professional), bem como apostilas especializadas no assunto, para o qual teremos o maior prazer em ministrar aulas extras, sem nenhum ônus para o mesmo. A madraستا da Rural não investe em equipamentos de última geração, nem em laboratórios de Topografia e Fotogrametria há mais de vinte anos!!!

ESCALA DE DUREZA DE GRAFITES PARA DESENHO E ESCRITA

TOPOGRAFIA A – PLANIMETRIA

AULAS TEÓRICAS

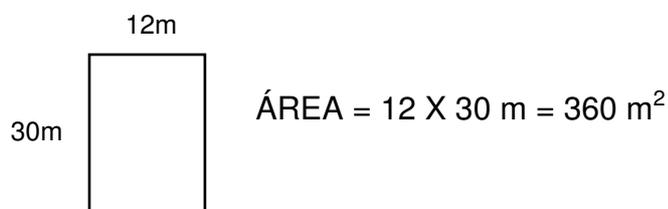
11º PONTO: CÁLCULO DE ÁREAS: processos gráficos; processos mecânicos.

AVALIAÇÃO DE ÁREAS:

1) PROCESSO DIRETO:

A área é avaliada por meio das medidas obtidas diretamente no terreno. Isso se aplica quando o terreno tem a forma de polígono regular (quadrado, retângulo, etc.).

Ex: área de lotes urbanos



2) - PROCESSO INDIRETO:

A área do terreno é avaliada a partir da área do desenho. A área do terreno é determinada indiretamente a partir da área do desenho, que representa sua projeção horizontal sobre o plano topográfico.

Podemos determinar ainda por método numérico, empregando-se os valores das coordenadas retangulares dos vértices do polígono topográfico.

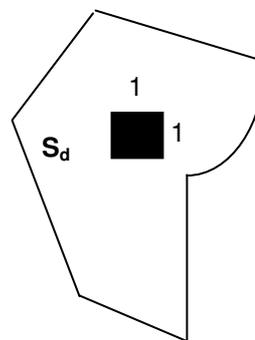
No primeiro caso emprega-se a fórmula:

$$S_t = S_d \times M^2$$

S_t = área do terreno

S_d = área do desenho

M = módulo ou título da escala



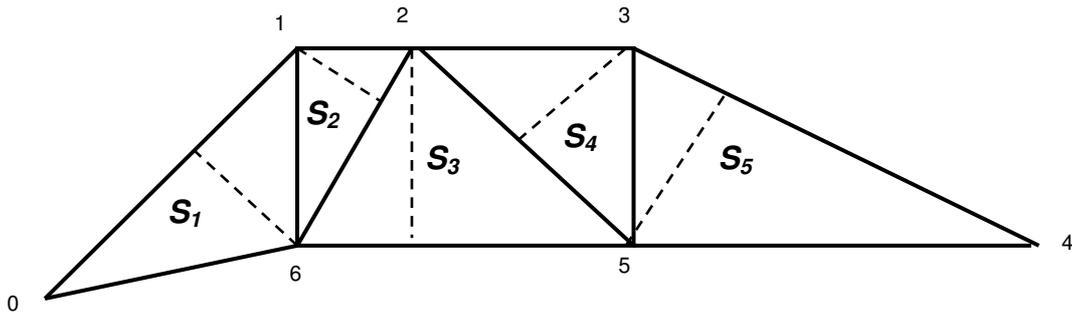
$$\frac{S_d}{S_t} = \frac{1^2}{M^2}$$

ESCALA 1: M

MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DA ÁREA DO DESENHO:

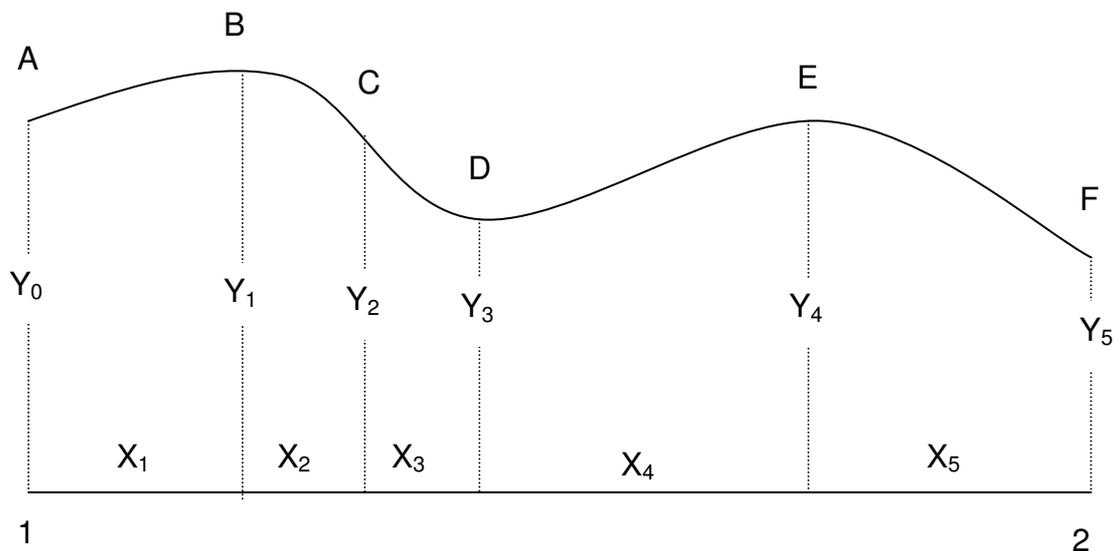
2.1 - Geométrico:

⇒ Decomposição do polígono em figuras geométricas simples, tais como: triângulos, retângulos, trapézios, etc. A área total do desenho será igual a soma das áreas dessas figuras parciais;



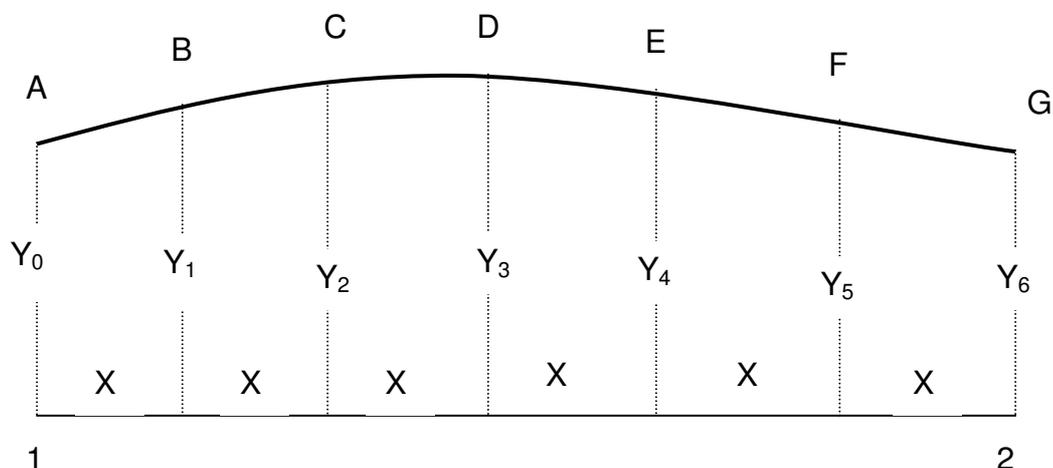
$$S_{total} = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5$$

2.2 – Fórmula dos trapézios



$$A = \frac{1}{2} [X_1 (Y_0 + Y_1) + X_2 (Y_1 + Y_2) + X_n (Y_{n-1} + Y_n)]$$

2.3 – Fórmula de Bezout



$$A = X \left(\frac{Y_0 + Y_n}{2} + \sum Y_r \right)$$

onde: Y_0 e Y_n são as ordenadas extremas

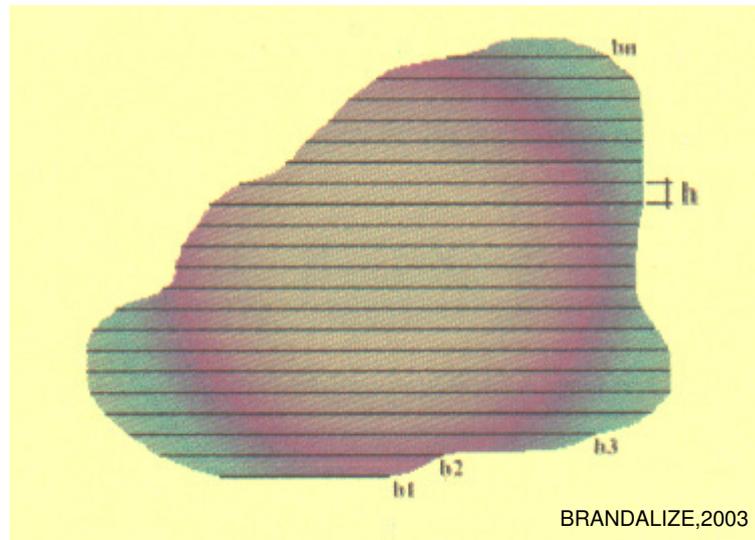
Y_r são as ordenadas intermediárias

2.4 – Cálculo da área por faixas:

Este método utiliza-se de um gabarito que consiste de linhas horizontais traçadas a intervalos regulares, ou seja, espaçadas entre si de um mesmo valor gerando várias faixas consecutivas (BRANDALIZE, 2003).

Assim, para a determinação da área de uma figura, basta posicionar o gabarito sobre a mesma e, com o auxílio de uma régua, medir o comprimento das linhas que interceptam os seus limites (BRANDALIZE, 2003).

A figura a seguir ilustra os comprimentos medidos com régua referentes às linhas do gabarito que interceptaram os limites de uma determinada poligonal (BRANDALIZE, 2003).



A área desta figura é função do espaçamento entre as linhas (h) e do comprimento das mesmas ao interceptar os limites da figura (Σb).

Assim, para um número n de linhas medido, teremos:

$$S_{total} = h \cdot \Sigma b_n$$

Para $i = 1, 2, 3, \dots, n$

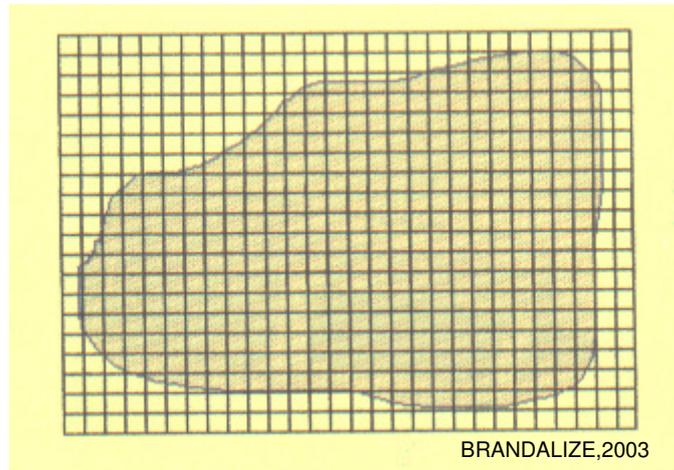
Vale salientar, que a precisão obtida será tanto maior quanto menor for o valor de h (BRANDALIZE)

2.5 – Método das quadrículas:

Este método também consiste de um gabarito de linhas horizontais e verticais traçadas a intervalos regulares gerando um conjunto de quadrículas (BRANDALIZE,2003).

Assim como para o método anterior, a medida da área da figura é determinada posicionando-se o gabarito sobre a figura e contando-se o número de quadrículas contidas no interior da mesma (BRANDALIZE,2003).

A figura a seguir ilustra o conjunto de quadrículas contidas em uma figura traçada sobre um mapa (BRANDALIZE,2003).



A área da figura é função da área da *quadrícula base* (S_{QB}) e do número de quadrículas contidas no interior da figura (Q_n).

$$S_{total} = S_{QB} \cdot Q_n$$

A precisão da área obtida por este método é tanto maior quanto menor for a área da *quadrícula base* (BRANDALIZE,2003).

2.5 – Método mecânico (uso do Planímetro Polar de Amsler):

PLANÍMETRO é um instrumento que nos permite avaliar a área de uma superfície plana limitada por um contorno qualquer, constituído de:

⇒ Duas *hastes articuladas*, sendo uma *fixa*, que tem na extremidade uma ponta seca presa a um peso, denominada *pólo*, utilizada para a fixação da própria haste;

⇒ uma outra haste, denominada *traçadora*, que tem na extremidade uma lente, cujo centro é marcado por uma cruz ou um pequeno círculo, que irá percorrer todo o perímetro da figura que se quer determinar a área;

⇒ um *tambor*, graduado e conectado a um *disco* contador de voltas. A este conjunto denominamos de *integrador*.

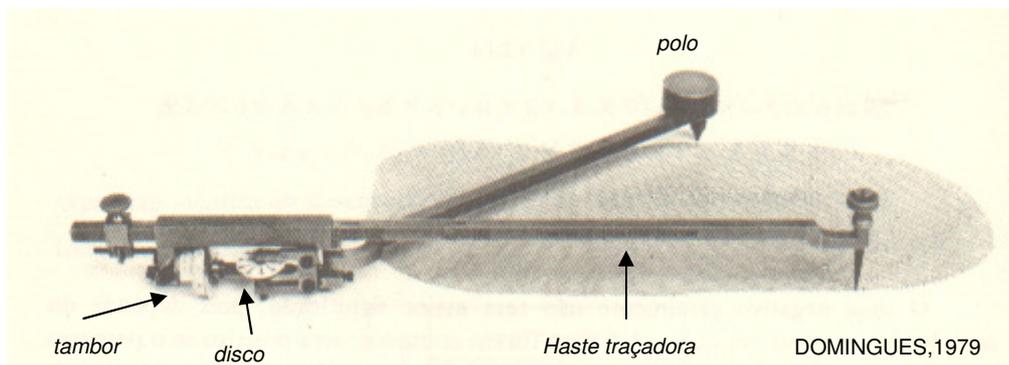


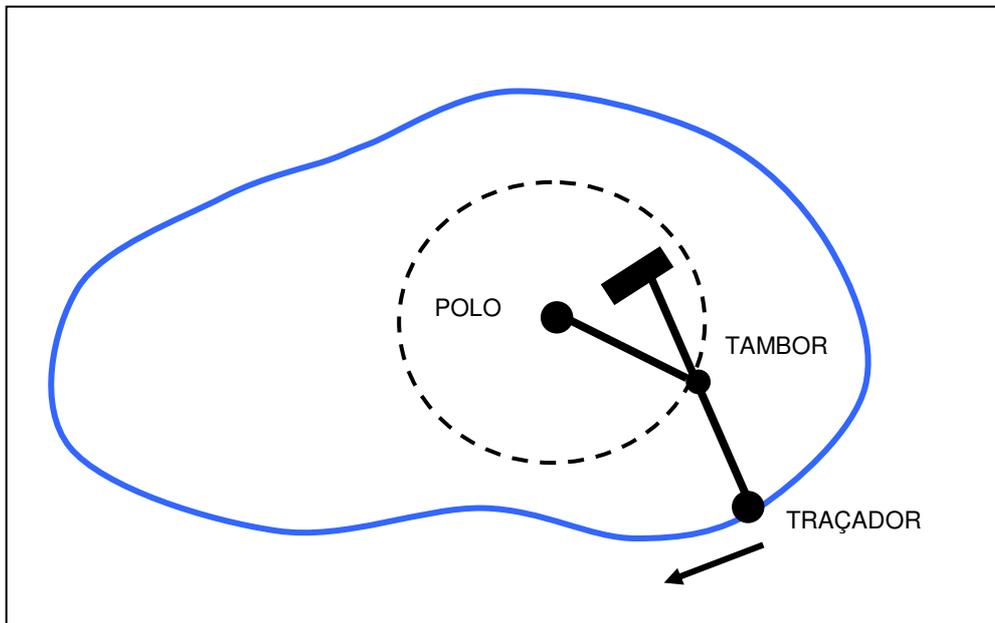
Ilustração de Planímetros eletrônicos e mecânicos



Para a correta utilização do planímetro se faz necessário(BRANDALIZE,2003):

- ⇒ o desenho está fixado em superfície plana;
- ⇒ o *pólo* deve ser fixado dentro ou fora da figura a medir, dependendo do seu tamanho;
- ⇒ as *hastes* devem ser dispostas de maneira a formar um ângulo reto entre si, assim, é possível verificar se o *traçador* contornará a figura facilmente;
- ⇒ escolhe-se um ponto de partida para as medições;
- ⇒ o aparelho deve ser zerado neste ponto;
- ⇒ percorre-se o contorno da figura com o *traçador*, *no sentido horário*, voltando ao ponto de partida;
- ⇒ para a avaliação final da área, toma-se sempre a média aritmética de no mínimo três leituras;

USO CORRETO DO PLANÍMETRO



⇒ finalmente faz-se a leitura no planímetro (L_p) e aplica-se a fórmula abaixo para o cálculo da área do desenho da figura planimetrada;

$$S_d = L_p \text{ (UV)} \cdot U_s$$

S_d = área do desenho

L_p = leitura do planímetro em UV (unidades Vernier)

U_s = unidade de superfície

Determinação da Unidade de Superfície:

⇒ **Planímetro de braço fixo:** Cada U_s corresponde a 10 mm^2 .

EXEMPLO: Escala = 1:2000

$L_p = 2864 \text{ UV}$

$S_d = ?$

$$S_d = L_p \cdot U_s = 2864 \text{ UV} \times 10 \text{ mm}^2 = 28.640 \text{ mm}^2$$

Para o cálculo da área real do terreno, usa-se a fórmula abaixo:

$$S_t = S_d \cdot M^2$$

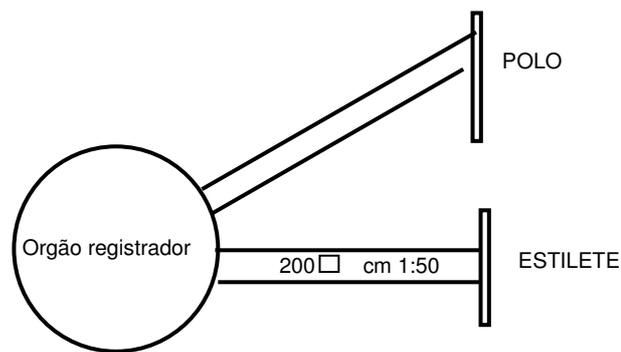
onde: S_t = área real do terreno;

S_d = área do desenho;

M = módulo ou título da escala do desenho.

$$S_t = S_d \cdot N^2 = 28640 \text{ mm}^2 \times 2000^2 = 114.560 \times 10^6 \text{ mm}^2 = 114.560 \text{ m}^2 = 11,456 \text{ ha}$$

⇒ **Planímetro de braço móvel** : Em alguns *planímetros* de braço móvel a U_s (*Unidade de superfície*) vem registrada na *haste traçadora*. Essa unidade é válida para a escala registrada na haste. Para utilizar o *planímetro* de braço móvel em desenhos confeccionados em várias escalas, deve-se determinar a *Unidade de Superfície* como segue:



Como o instrumento é utilizado para determinar a área do desenho, a Unidade de superfície é calculada como se o desenho estivesse na escala de 1:1. A escala do desenho será utilizada para determinar a área do terreno (como visto no exemplo do cálculo da área com *planímetro de braço fixo*).

$$U_s = \frac{200 \text{ cm}^2}{50^2} = \frac{20000}{2500} = 8 \text{ mm}^2$$

EXEMPLO:

Escala do desenho = 1:500

$L_p = 6.940$ UV

$U_s = 40$ □ cm 1:20

Determinar a área do terreno em metros quadrados e em hectares.

$$U_s = 40 \text{ cm}^2 / 20^2 = 4000 \text{ mm}^2 / 400 = 10 \text{ mm}^2$$

$$S_d = L_p \cdot U_s = 6940 \times 10 \text{ mm}^2 = 69.400 \text{ mm}^2$$

$$S_t = S_d \cdot N^2 = 69.400 \text{ mm}^2 \times 500^2 = 17.350 \times 10^6 \text{ mm}^2$$

$$S_t = 17.350 \text{ m}^2 = 1,7350 \text{ ha.}$$

Determinação da leitura do planímetro:

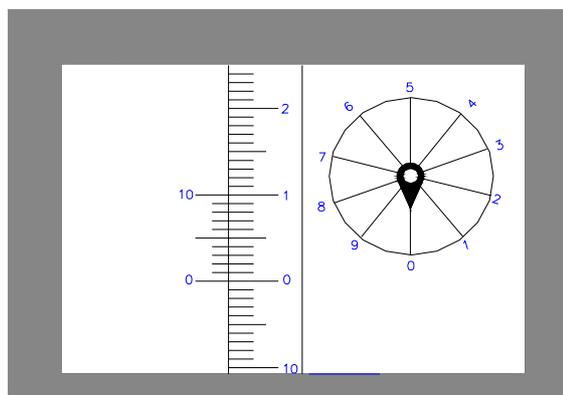
A leitura do planímetro é constituída de quatro algarismos:

1º algarismo - lido no disco

2º e 3º algarismos - lido no tambor

4º algarismo - lido no vernier

2.6 – Analítico: Será visto no próximo ponto.

PLANÍMETRO ZERADO

AULA TEÓRICA

12º PONTO: CÁLCULO ANALÍTICO DE ÁREA: Planilha: cálculo das coordenadas retangulares relativas não compensadas; verificação do erro linear de fechamento; compensação linear; cálculo das coordenadas relativas compensadas; cálculo das coordenadas absolutas; desenho da planta pelas coordenadas absolutas; cálculo analítico da área.

Quando se pretende realizar um desenho topográfico por processo mais rigoroso, emprega-se o método das coordenadas retangulares. Este processo consiste em transformar as coordenadas polares (ângulos e distâncias), elementos que definem os pontos escolhidos no terreno para serem representados na planta, em coordenadas retangulares (X e Y) de todos os vértices da poligonal.

No trabalho de escritório, aplicando-se fórmulas matemáticas, procede-se a transformação do sistema de coordenadas polares em coordenadas retangulares, determinando-se as abcissas e as ordenadas de todos vértices da poligonal.

O eixo das ordenadas ou eixo dos Y coincidirá com a linha Norte – Sul, orientada positivamente de sul para norte. O eixo das abcissas,coincidirá com a linha Leste - Oeste, orientada positivamente de oeste para leste.(FIGURA 12.1)

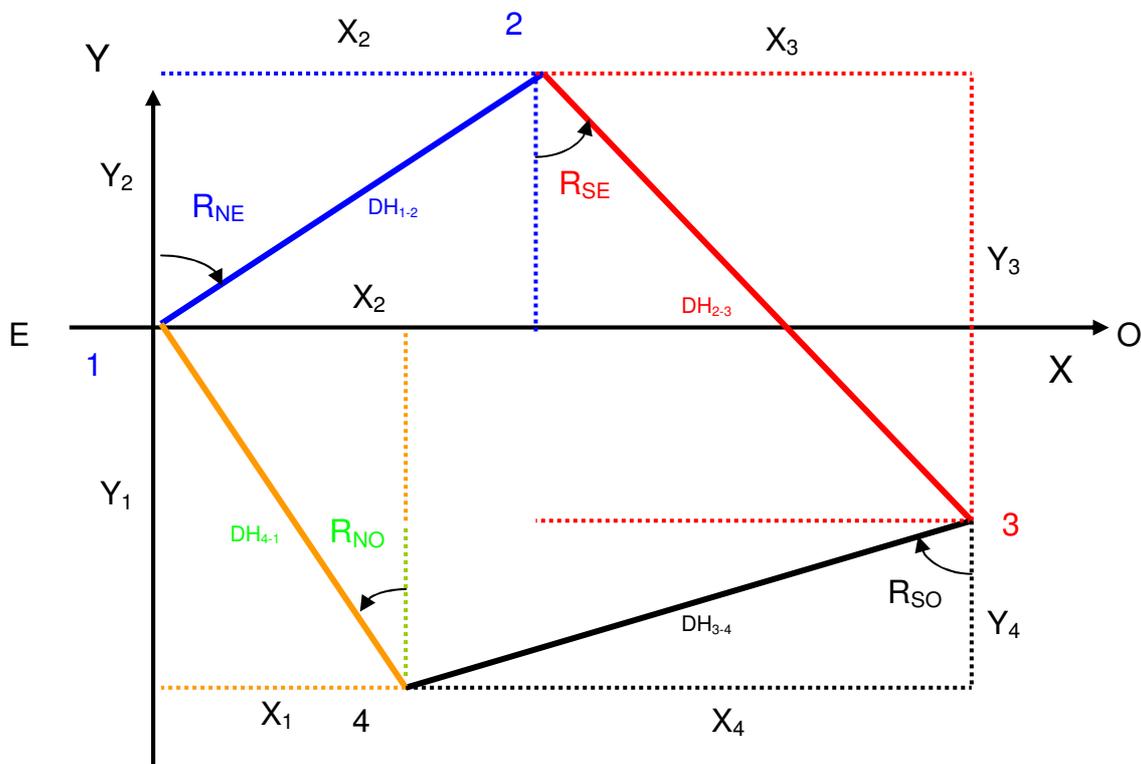


FIGURA 12.1

EXEMPLO:

$$x_2 = DH_{1-2} * \text{sen } R_{(1-2)} \Rightarrow \text{Cálculo das abcissas}$$

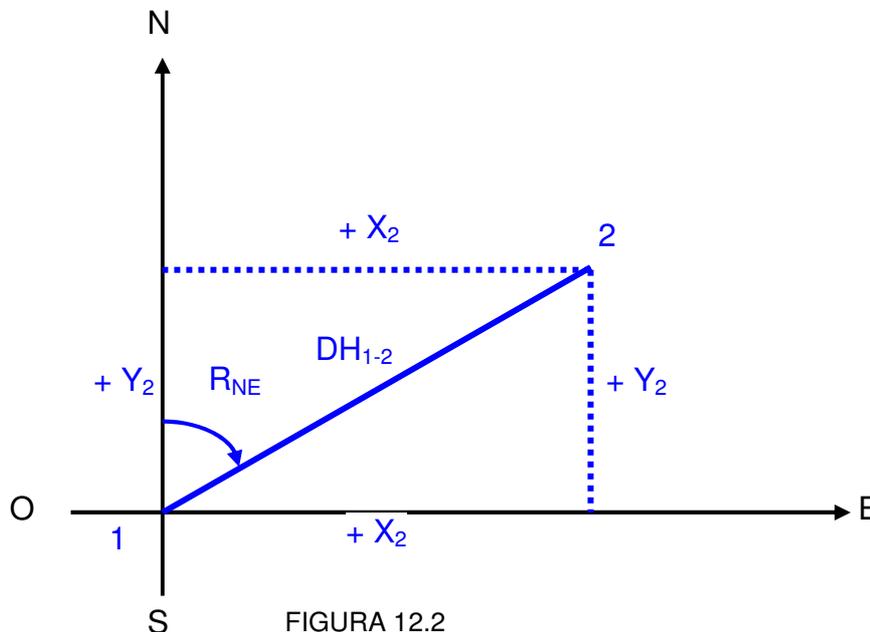
$$y_2 = DH_{1-2} * \text{cos } R_{(1-2)} \Rightarrow \text{Cálculo das ordenadas}$$

A origem dos eixos ortogonais é transladada de vértice a vértice da poligonal, onde se calcula primeiramente as coordenadas relativas não compensadas, que poderão ter sinais positivos ou negativos, conforme o quadrante a que pertença o ângulo de projeção (rumo ou azimuth) (FIGURAA 12.1).

COORDENADAS RELATIVAS NÃO COMPENSADAS:

Chamadas de relativas porque não estão relacionadas a um único referencial cartesiano, já que o eixo coordenado é transladado de vértice a vértice da poligonal. Note-se que os valores de x e de y tomam valores positivos e (ou) negativos em função do quadrante do ângulo de projeção (FIGURA 12.1).

São chamadas de relativas não compensadas porque, possivelmente estão acrescidas de erro de fechamento decorrente das medições lineares, já que o erro de fechamento angular já foi compensado nos rumos ou azimutes calculados corrigidos.



$$x_2 = DH_{1-2} * \text{sen } R_{(1-2)} \Rightarrow \text{Cálculo das abcissas}$$

$$y^2 = DH_{1-2} * \text{cos } R_{(1-2)} \Rightarrow \text{Cálculo das ordenadas}$$

Os cálculos necessários são registrados em uma caderneta, denominada de “planilha de cálculo”.

A finalidade e de se preencher a planilha de cálculo, é possibilitar:

- a) o grau de precisão do levantamento topográfico;*
- b) a determinação da área do terreno levantado, com a aproximação desejada, sem ser necessário a confecção do desenho;*
- c) o desenho da planta topográfica usando-se apenas valores lineares.*

A partir da caderneta de campo abaixo e, fazendo-se abstenções dos cálculos dos azimutes e devidas compensações, visto no ponto 10, como também o cálculo das distâncias reduzidas, mostraremos como são feitos os cálculos para o preenchimento da planilha que se segue:

ESTAÇÕES	PONTOS VISADOS	AZIMUTES CORRIGIDOS	DISTÂNCIAS REDUZIDAS
0	1	148° 40'	30,48
1	2	120° 12'	51,90
2	3	153° 21'	41,93
3	4	259° 13'	22,99
4	5	319° 59'	46,93
5	6	266° 51'	47,91
6	7	316° 41'	29,99
7	0	47° 10'	56,96

PLANILHA DO CÁLCULO DAS COORDENADAS RELATIVAS (ABCISSAS) (FOLHA 1 / 3)

ESTAÇÕES	PONTOS VISADOS	AZIMUTES CORRIGIDOS	DISTÂNCIAS REDUZIDAS	ABCISSAS RELATIVAS (m)				
				NÃO CORRIGIDAS		CORREÇÕES	CORRIGIDAS	
				+	-	(-)*	+	-
0	1	148° 40'	30,48	15,85		0,01	15,84	
1	2	120° 12'	51,90	44,86		0,02	44,84	
2	3	153° 21'	41,93	18,81		0,01	18,80	
3	4	259° 13'	22,99		22,58	0,01		22,59
4	5	319° 59'	46,93		30,18	0,02		30,20
5	6	266° 51'	47,91		47,84	0,02		47,86
6	7	316° 41'	29,99		20,57	0,01		20,58
7	0	47° 10'	56,96	41,77		0,02	41,75	
PERÍMETRO = 329,09 metros				$\Sigma = +121,29$	$\Sigma = -121,17$		$\Sigma = +121,23$	$\Sigma = -121,23$
Ex = + 121,29 – 121,17 = + 0,12 m * (vide páginas 117 a 121)								

OBS: * O sinal da coluna das CORREÇÕES, é o inverso do sinal do Ex (Ex = + 0,12 m) , o sinal da COLUNA DAS CORREÇÕES SERÁ (-)

PLANILHA DO CÁLCULO DAS COORDENADAS RELATIVAS (ORDENADAS) (FOLHA 2 / 3)

ESTAÇÕES	PONTOS VISADOS	AZIMUTES CORRIGIDOS	DISTÂNCIAS REDUZIDAS	ORDENADAS RELATIVAS (m)				
				NÃO CORRIGIDAS		CORREÇÕES	CORRIGIDAS	
				+	-	(+) [*]	+	-
0	1	148° 40'	30,48		26,04	0,01		26,03
1	2	120° 12'	51,90		26,11	0,01		26,10
2	3	153° 21'	41,93		37,48	0,01		37,47
3	4	259° 13'	22,99		4,30	0,00		4,30
4	5	319° 59'	46,93	35,94		0,01	35,95	
5	6	266° 51'	47,91		2,63	0,00		2,63
6	7	316° 41'	29,99	21,82		0,01	21,83	
7	0	47° 10'	56,96	38,73		0,02	38,75	
PERÍMETRO = 329,09 metros				$\Sigma = + 96,49$	$\Sigma = - 96,56$		$\Sigma = + 96,53$	$\Sigma = - 96,53$
$Ey = + 96,49 - 96,56 = - 0,07 m^*$ (vide páginas 117 a 121)								

OBS: * O sinal da coluna das **CORREÇÕES**, é o inverso do sinal do **EY** ($EY = - 0,07 m$) , o sinal da **COLUNA DAS CORREÇÕES SERÁ (+)**

PLANILHA DO CÁLCULO DAS COORDENADAS ABSOLUTAS (FOLHA 3 / 3)

ESTAÇÕES	PONTOS VISADOS	ABCISSAS REL.COMPENSADAS		ORDENADAS REL. COMPENSADAS		ABCISSAS ABSOLUTAS	ORDENADAS ABSOLUTAS
		+	-	+	-		
0	1	15,84			26,03	115,84	73,97
1	2	44,84			26,10	160,68	47,87
2	3	18,80			37,47	179,49	10,40
3	4		22,59		4,30	156,89	6,10
4	5		30,20	35,95		126,69	42,05
5	6		47,86		2,63	78,83	39,42
6	7		20,58	21,83		58,25	61,25
7	0	41,75		38,75		100,00	100,00

CÁLCULO DAS COORDENADAS RELATIVAS NÃO COMPENSADAS SOBRE O EIXO DOS X (ABCISSAS):

$$x_2 = DH_{1-2} * \text{sen } R_{(1-2)} \Rightarrow \text{Cálculo das abcissas}$$

$$X_1 = 30,48 \text{ m} * \text{sen } 148^\circ 40' = + 15,85 \text{ m}$$

Vide Planilha(Cálculo das abcissas)
pg 110

$$X_2 = 51,90 \text{ m} * \text{sen } 120^\circ 12' = + 44,86 \text{ m}$$

.....

$$X_0 = 56,96 \text{ m} * \text{sen } 47^\circ 10' = + 41,77 \text{ m}$$

CÁLCULO DAS COORDENADAS RELATIVAS NÃO COMPENSADAS SOBRE O EIXO DOS Y (ORDENADAS):

$$y^2 = DH_{1-2} * \text{cos } R_{(1-2)} \Rightarrow \text{Cálculo das ordenadas}$$

$$Y_1 = 30,48 \text{ m} * \text{cos } 148^\circ 40' = - 26,04 \text{ m}$$

Vide Planilha(Cálculo das ordenadas)
pg111

$$Y_2 = 51,90 \text{ m} * \text{cos } 120^\circ 12' = - 26,11 \text{ m}$$

.....

$$Y_0 = 56,96 \text{ m} * \text{cos } 47^\circ 10' = + 38,73 \text{ m}$$

CÁLCULO DO ERRO LINEAR DE FECHAMENTO:

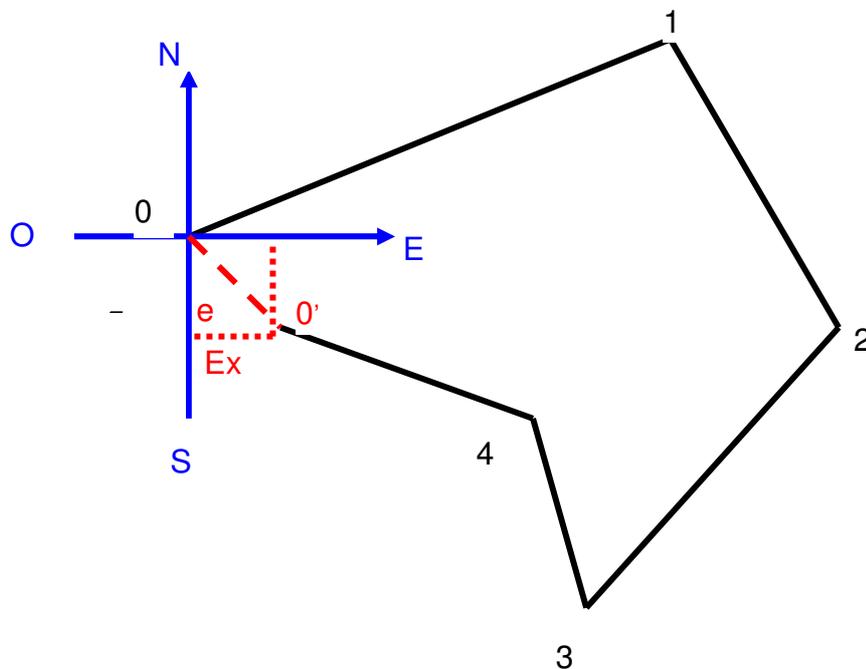
(Vide páginas 110 e 111)

Uma vez calculadas as coordenadas relativas não compensadas, pode-se determinar o grau de precisão do levantamento realizado, calculando-se o erro linear de fechamento.

O Teorema de Charles diz que, sobre uma reta dirigida, a soma algébrica dos vetores consecutivos, qualquer que seja o seu número, é sempre nula, quando a extremidade do último coincide com a extremidade do primeiro.

Assim, a soma algébrica das projeções dos lados de um polígono fechado sobre os dois eixos, deve ser nula. Caso isto não venha a ocorrer, deduz-se que esta poligonal não é fechada, isto é, existe um erro linear de fechamento.

NA FIGURA ABAIXO VÊ-SE QUE O ERRO LINEAR DE FECHAMENTO É REPRESENTADO SEMPRE PELA HIPOTENUSA DE UM TRIÂNGULO RETÂNGULO, QUE TEM COMO CATETOS O ERRO COMETIDO NAS ABCISSAS (EX) E NAS ORDENADAS (EY).



Chamando de δx_1 a soma das abscissas positivas e δx_2 a soma das abscissas negativas e δy_1 a soma das ordenadas positivas e δy_2 a diferença das ordenadas negativas, tem-se:

$$[\delta x_1] - [\delta x_2] = Ex \text{ (Erro cometido quando da projeção das abscissas) e}$$

$$[\delta y_1] - [\delta y_2] = Ey \text{ (Erro cometido quando da projeção das ordenadas)}$$

O erro linear de fechamento será, portanto, calculado em função dos erros das abscissas e das ordenadas relativas não compensadas, aplicando-se a seguinte fórmula:

$$e^2 = Ex^2 + Ey^2 \Rightarrow e = \sqrt{Ex^2 + Ey^2}$$

CÁLCULO DO ERRO LINEAR DE FECHAMENTO:

$$e^2 = Ex^2 + Ey^2 \Rightarrow e = \sqrt{Ex^2 + Ey^2}$$

$$Ex = + 121,29 - 121,17 = + 0,12 \text{ m}$$

$$Ey = + 96,49 - 96,56 = - 0,07 \text{ m}$$

$$e = \sqrt{(Ex)^2 + (Ey)^2} = \sqrt{(0,12)^2 + (-0,07)^2} = 0,13892 \text{ m}$$

CÁLCULO DA TOLERÂNCIA DO ERRO LINEAR DE FECHAMENTO:

$$T = 1,0 \text{ m} \sqrt{k} \text{ onde } k = \text{perímetro da poligonal em km.}$$

$$T = 1,0 \text{ m} \sqrt{0,32909} = 1,0 \text{ m} * 0,5737 = 0,5737 \text{ m}$$

Como o erro cometido foi de 0,13892 m e a tolerância é de 0,5737 m , podemos compensar o erro de fechamento linear.

CORREÇÃO DO ERRO LINEAR DE FECHAMENTO PELO PROCESSO DO COEFICIENTE DE PROPORCIONALIDADE:

Este processo procura distribuir o erro linear de fechamento proporcionalmente às distâncias que compõem o perímetro da área topograficamente levantada.

Assim, primeiramente deve-se dividir o erro das abcissas (Ex) e o erro das ordenadas (Ey) pelo perímetro do polígono topográfico, a fim de se determinar os coeficientes de proporcionalidade das abcissas e das ordenadas, respectivamente e, multiplicar estes coeficientes pelas distâncias para encontrar as devidas correções das abcissas e das ordenadas.

$$Cx = \frac{Ex}{P} \quad e \quad Cy = \frac{Ey}{P} :$$

Cx = coeficiente de proporcionalidade das abcissas

Cy = coeficiente de proporcionalidade das ordenada

E_x = erro das abcissas

E_y = erro das ordenadas

P = perímetro da poligonal topográfica

$$C_x = \frac{E_x}{P} = \frac{0,12}{329,09} = 0,0003646419$$

$$C_y = \frac{E_y}{P} = \frac{0,07}{329,09} = 0,0002127078$$

Cálculo das correções referentes ao alinhamento (0 – 1) Vide Planilhas pg 110 e 111

a) cálculo da correção da abcissa:

$$c_1 = C_x * DH(0 - 1) = 0,0003646419 * 30,48 = 0,01m$$

b) cálculo da correção da ordenada:

$$c_1 = C_y * DH(0 - 1) = 0,00021278 * 30,48 = 0,01 m$$

Cálculo das correções referentes ao alinhamento (1 – 2):vide planilhas pg 110 e 111

a) cálculo da correção da abcissa:

$$c_2 = C_x * DH(1 - 2) = 0,0003646419 * 51,90 = 0,02 m$$

b) cálculo da correção da ordenada:

$$c_2 = C_y * DH(1 - 2) = 0,0002127078 * 51,90 = 0,01 m$$

E assim calcula-se as correções de todos os alinhamentos

OBS: O sinal da coluna das **CORREÇÕES**, é o inverso do sinal do E_x ($E_x = + 0,12 m$), **PORTANTO SERÁ (-) SOBRE O EIXO DOS X.**

OBS: O sinal da coluna das **CORREÇÕES**, é o inverso do sinal do E_y ($E_y = - 0,07 m$), **PORTANTO SERÁ (+) SOBRE O EIXO DOS Y.**

CÁLCULO DAS COORDENADAS RELATIVAS COMPENSADAS:

Vide Planilhas páginas 110 e 111

$$X_n = X'_n + \text{correção} \quad \text{Cálculo das abcissas coorrigidas}$$

$$Y_n = Y'_n + \text{correção} \quad \text{Cálculo das ordenadas corrigidas}$$

Cálculo da correção do alinhamento (0 – 1):vide planilhas pg 110 e 111

a) cálculo da correção da abcissa:

$$x_1 = x'_1 + \text{correção} = + 15,85 - 0,01 = + 15,84 \text{ m}$$

b) cálculo da correção ordenada:

$$y_1 = y'_1 + \text{correção} = - 26,04 + 0,01 = - 26,03 \text{ m}$$

E assim calcula-se as correções para todos os alinhamentos.

**CÁLCULO DAS COORDENADAS ABSOLUTAS:
(VIDE PLANILHA PÁGINA 112)**

Para maior facilidade na confecção da planta pelas coordenadas , as abcissas e ordenadas devem ser medidas a partir da origem de um mesmo sistema de eixos ortogonais cartesianos e pertencendo sempre ao primeiro quadrante, isto para se evitar valores negativos.

Estas coordenadas assim calculadas são denominadas de coordenadas absolutas.

Arbitramos valores para a abcissa e a ordenada do vértice zero maiores que os valores negativos das abcissas e das ordenadas dos outros vértices e a estas somamos ou subtraímos a abcissa e a ordenada relativa compensada do vértice seguinte em função dos sinais serem positivos ou negativos.

CÁLCULO DAS COORDENADAS ABSOLUTAS: (VIDE PLANILHA PÁGINA 112)

$$X_n = X'_{n-1} + x_n \quad \text{Cálculo das abcissas absolutas}$$

$$Y_n = Y'_{n-1} + y_n \quad \text{Cálculo das ordenadas absolutas}$$

Arbitrando-se $X_0 = 100,00$ e $Y_0 = 100,00$, os cálculos seguem-se como abaixo:

(Vide Planilha página 112)

$$X_1 = X_0 + x_1 = 100,00 + 15,84 = 115,84 \text{ m}$$

$$Y_1 = Y_0 + y_1 = 100,00 + (-26,03) = 73,97 \text{ m}$$

$$X_2 = X_1 + x_2 = 115,84 + 44,84 = 160,68 \text{ m}$$

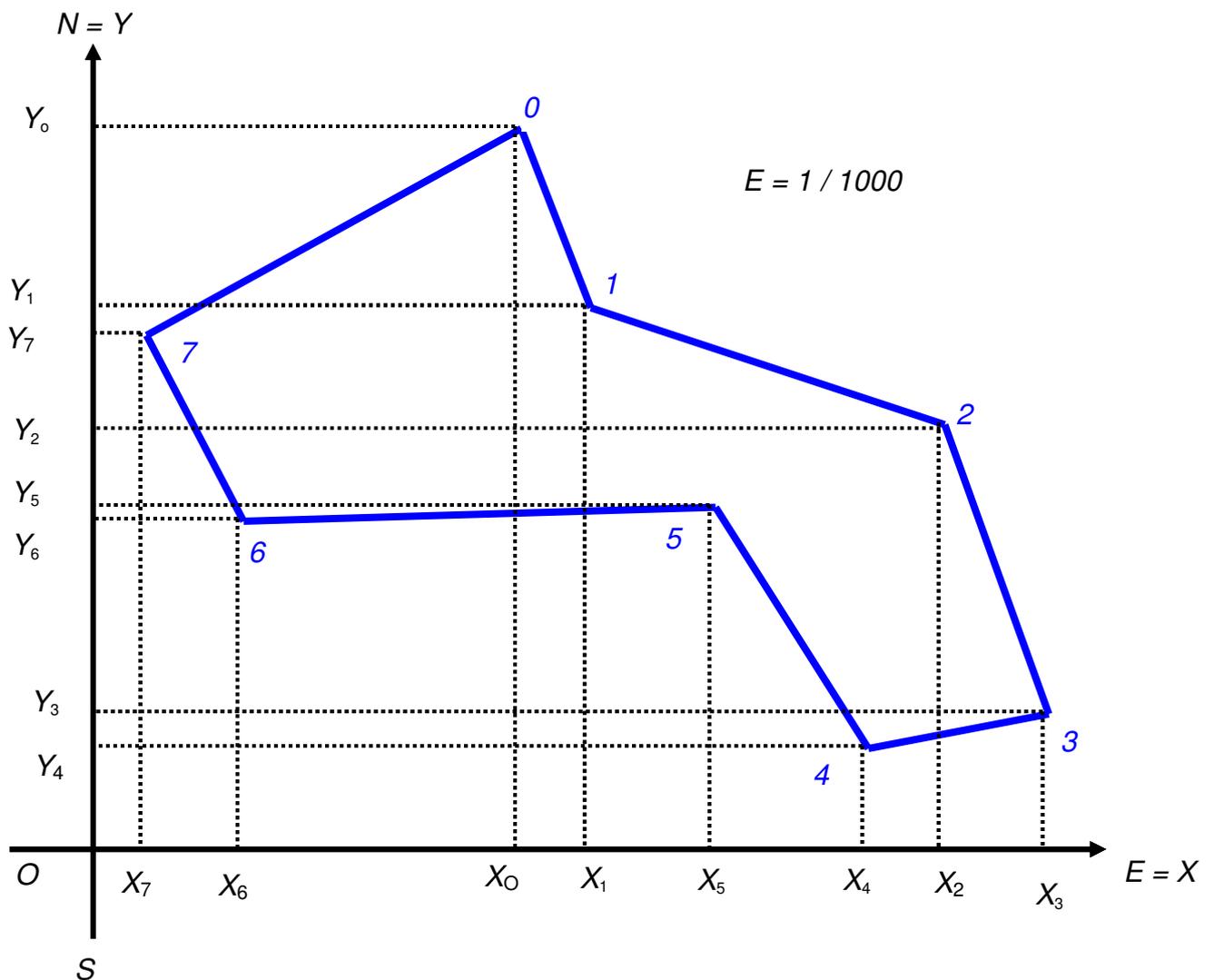
$$Y_2 = Y_1 + y_2 = 73,97 + (-26,10) = 47,87 \text{ m}$$

$$X_0 = X_7 + x_0 = 58,25 + 41,75 = 100,00 \text{ m}$$

$$Y_0 = Y_7 + y_0 = 61,25 + 38,75 = 100,00 \text{ m}$$

DESENHO DA PLANTA PELAS COORDENADAS RETANGULARES ABSOLUTAS:

De preferência e para maior comodidade, deve-se fazer o rascunho inicial em papel milimetrado, traçando-se nele as linhas representativas dos eixos das abcissas e das ordenadas e em seguida transferir, em escala conveniente, as abcissas e ordenadas absolutas de todos os vértices da poligonal topográfica.



CÁLCULO ANALÍTICO DA ÁREA PELA FÓRMULA ANALÍTICA DOS TRAPÉZIOS:

(VIDE PLANILHA PÁGINA 124)

Permite a obtenção do valor da área apenas através de cálculos, o que leva a uma maior precisão. São utilizados somente para as áreas poligonais, pois são métodos deduzidos para áreas formadas de lados retos. Para as áreas extra poligonais, ter-se-á que recorrer a outros métodos.

Nesse processo, a área do terreno é obtida a partir das coordenadas retangulares pela fórmula analítica dos trapézios:

$$2 S_x = (x_0 + x_1) (y_0 - y_1) + (x_1 + x_2) (y_1 - y_2) + (x_{(n-1)} + x_n) (y_{(n-1)} - y_n) + (x_n + x_0) (y_n - y_0) \text{ (eixo dos X)}$$

$$2 S_y = (y_0 + y_1) (x_0 - x_1) + (y_1 + y_2) (x_1 - x_2) + (y_{(n-1)} + y_n) (x_{(n-1)} - x_n) + (y_n + y_0) (x_n - x_0) \text{ (eixo dos Y)}$$

ONDE : $2 S = \text{DUPLO DA ÁREA DO POLÍGONO.}$

$(x_0 + x_1); (x_1 + x_2); (x_{(n-1)} + x_n); (x_n + x_0)$ representam a soma binária das abcissas;

das $(x_0 - x_1); (x_1 - x_2); (x_{(n-1)} - x_n); (x_n - x_0)$ representam a diferença binária das abcissas;

PLANILHA PARA CÁLCULO ANALÍTICO DA ÁREA PELA FÓRMULA ANALÍTICA DOS TRAPÉZIOS

VÉRTICES	ABCISSAS	ORDENADAS	SOMA BINÁRIA		DIFERENÇA BINÁRIA		ÁREAS DUPLAS	
	ABSOLUTAS	ABSOLUTAS	ΣX	Σy	ΔX	ΔY	$\Sigma X \Delta Y$	$\Sigma y \Delta X$
0	100,00	100,00						
1	115,84	73,97	215,84	173,97	- 15,84	+ 26,03	+ 5618,3152	- 2739,8448
2	160,88	47,35	276,72	121,32	- 45,04	+ 26,62	+ 7366,2864	- 5464,2528
3	179,49	10,40	340,37	57,75	- 18,61	+ 36,95	+ 12576,6715	- 1074,7275
4	156,89	6,10	336,38	16,50	+ 22,60	+ 4,30	+ 1446,4340	+ 372,9000
5	126,69	42,05	283,58	48,15	+ 30,20	- 35,95	- 10194,7010	+ 1454,1300
6	78,83	39,42	205,52	81,47	+ 47,86	+ 2,63	+ 540,5176	+ 3899,1542
7	58,25	61,25	137,08	100,67	+ 20,58	- 21,83	- 2992,4564	+ 2071,7886
0	100,00	100,00	158,25	161,25	- 41,75	- 38,75	- 6132,1875	- 6735,1875
					ÁREA DUPLA		+ 8228,8798 m ²	- 8228,8798 m ²
					ÁREA		+ 4114,4399 m ²	- 4114,4399 m ²

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL
ÁREA DE TOPOGRAFIA E GEOPROCESSAMENTO

**TOPOGRAFIA ALTIMÉTRICA – NOTAS DE
AULAS**



Professor Luis Veras Junior

RECIFE
2003

TOPOGRAFIA B - ALTIMETRIA

AULA TEÓRICA

1º PONTO: Conceitos fundamentais.

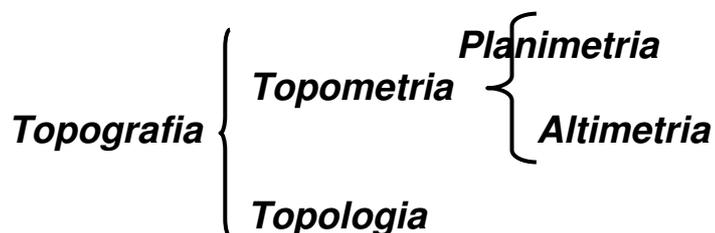
As sementes que me destes e que não eram prá guardar,
 Pus no chão da minha vida, quis fazer frutificar.
 Pelos campos deste mundo, quero sempre semear.
 Quanto mais eu for plantando, mais terei para colher.
 Quanto mais eu for colhendo, mais terei a oferecer.

A TOPOGRAFIA é a ciência que tem por objeto conhecer, descrever e representar graficamente sobre uma superfície plana, partes da superfície da Terra, desconsiderando a curvatura da mesma. Tem portanto como produto final, uma planta ou uma carta topográfica, que vem a ser a projeção ortogonal cotada do terreno sobre um plano horizontal, denominado de plano topográfico ou superfície topográfica.

Compreende pois, o conjunto dos princípios, métodos, instrumentos e convenções utilizados para a determinação do contorno, das dimensões e da posição relativa de uma porção limitada da superfície da Terra, do fundo de áreas submersas ou do interior das minas. Compete ainda à topografia, a locação no terreno de projetos elaborados a partir de plantas ou cartas topográficas.

Qualquer trabalho de engenharia civil, arquitetura, urbanismo, agrícola, etc., se desenvolve em função do terreno sobre o qual se assenta como por exemplo, obras viárias, núcleos habitacionais, hidrografia, projetos de irrigação,, reflorestamentos, práticas conservacionistas de solos, etc. Aí reside a importância da topografia: ela é a base inicial de qualquer projeto racional dos ramos das engenharias.

RETROSPECTO:

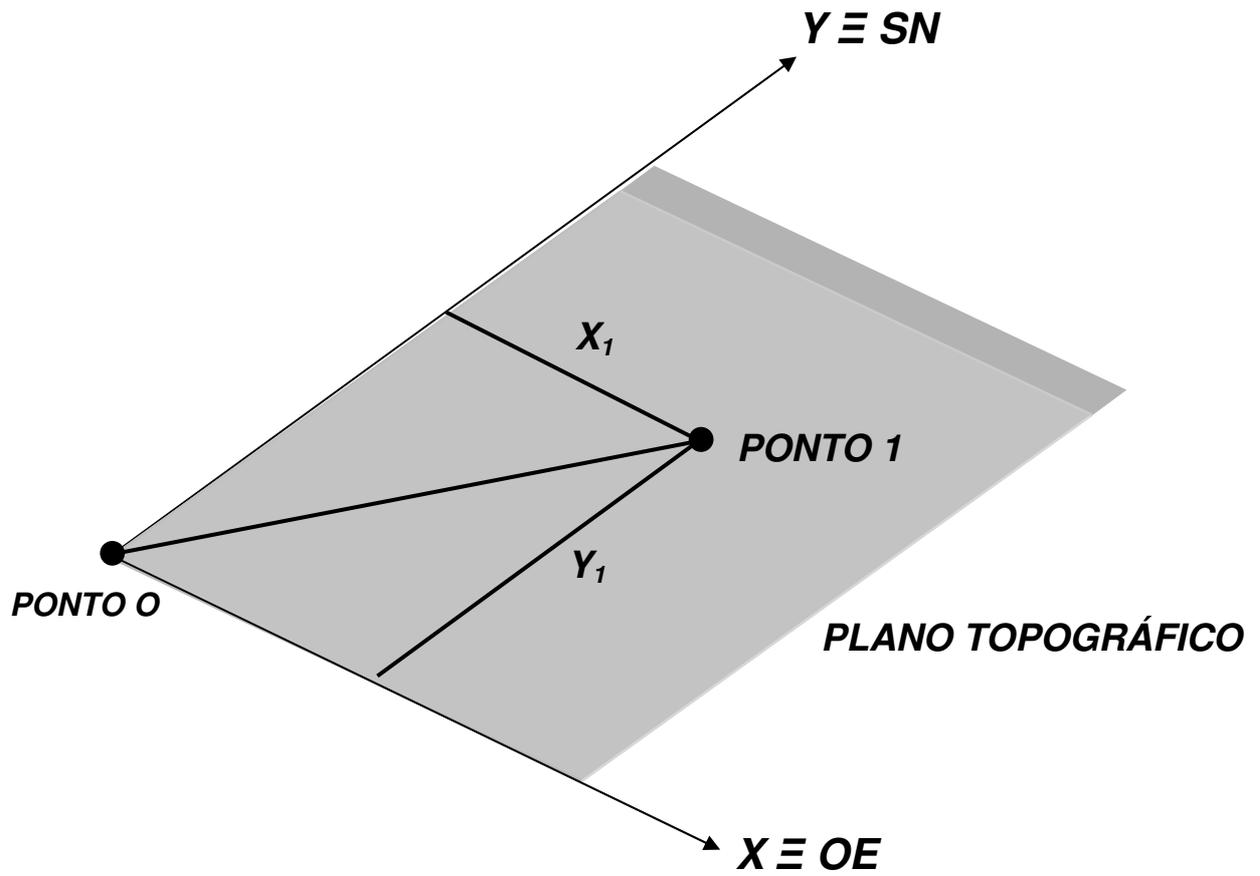


PLANIMETRIA: Define o ponto no espaço bi – dimensional

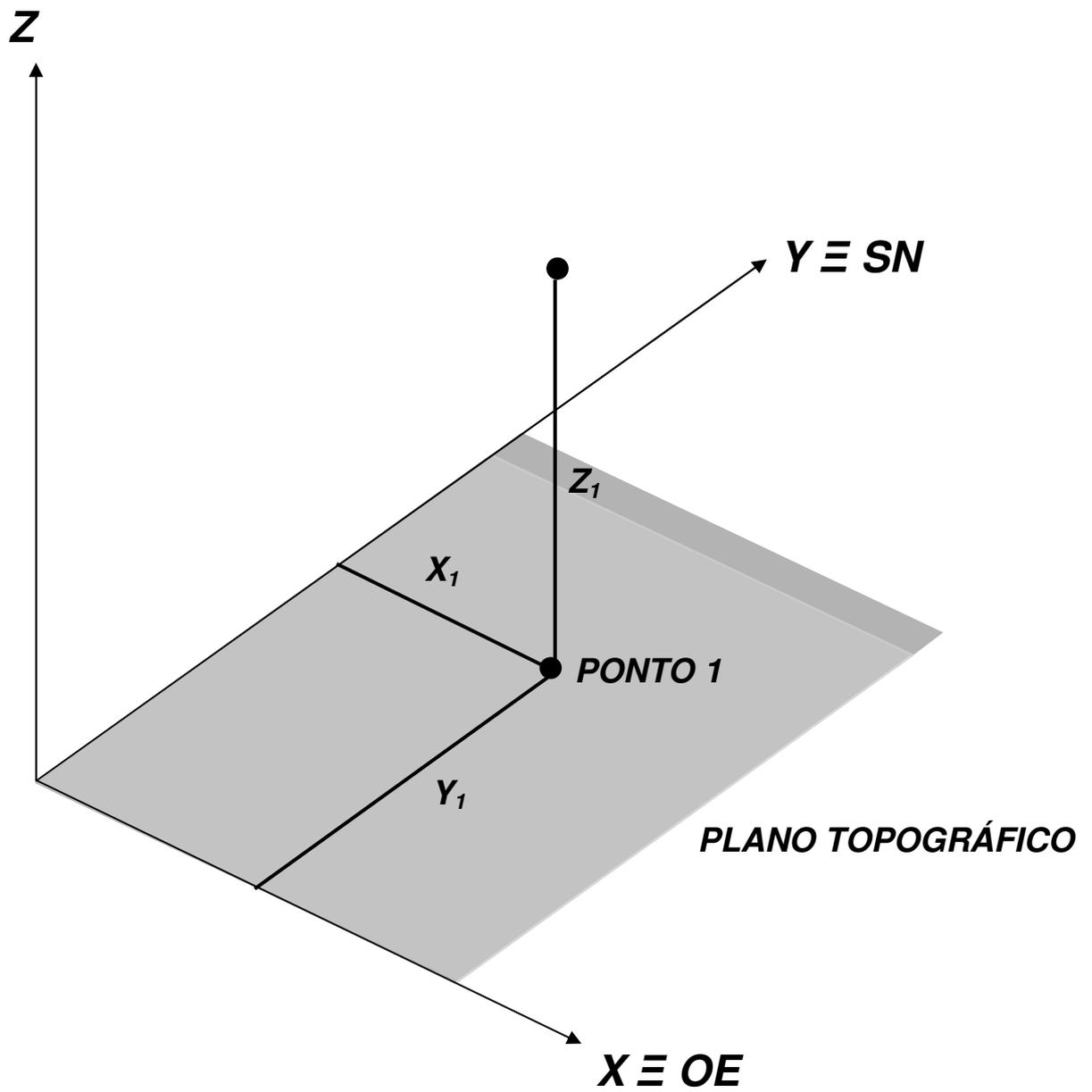
(2 coordenadas). Vide páginas 2, 3 e 4.

ALTIMETRIA : Define o ponto no espaço tri-dimensional

(3 coordenadas). Vide páginas 2, 3 e 4.



**REPRESENTAÇÃO TOPOGRÁFICA DE UM
PONTO NO ESPAÇO BÍ - DIMENSIONAL**



REPRESENTAÇÃO TOPOGRÁFICA DE UM PUNTO NO ESPAÇO TRÍ - DIMENSIONAL

1. Modelagem Numérica de Terreno

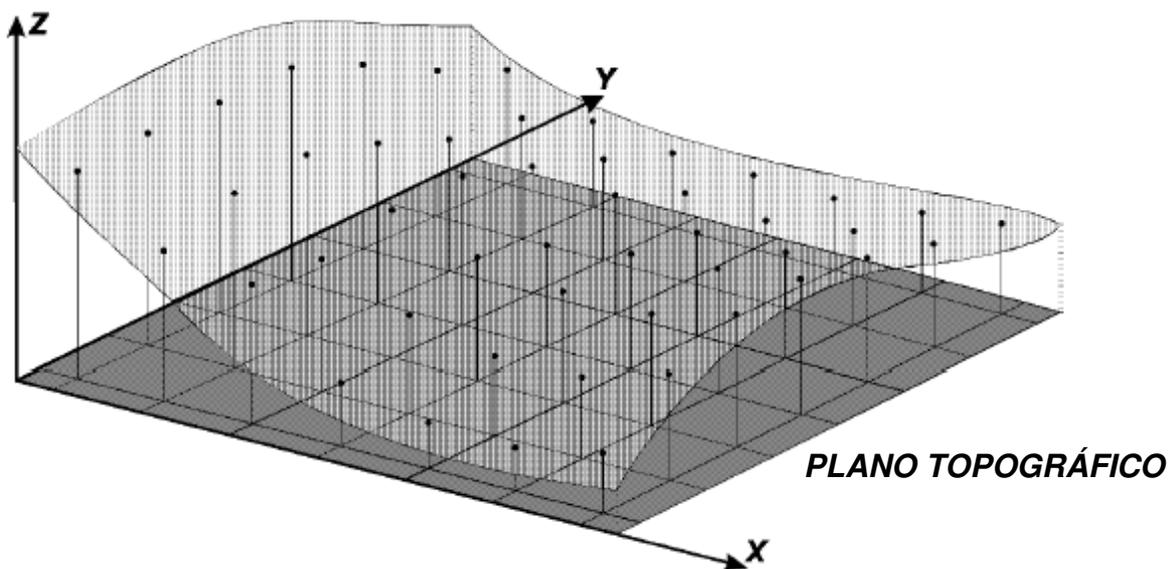
Um modelo numérico de terreno - **MNT** (em inglês, **DTM** = Digital Terrain Model) é uma representação matemática da distribuição espacial de uma determinada característica vinculada a uma superfície real.

A superfície é em geral contínua e o fenômeno que representa pode ser variado. Dentre alguns usos do MNT pode-se citar:

- a) Armazenamento de dados de altimetria para gerar mapas topográficos;
- b) Análises de corte-aterro para projeto de estradas e barragens;
- c) Elaboração de mapas de declividade e exposição para apoio a análise de geomorfologia e erodibilidade;
- c) Análise de variáveis geofísicas e geoquímicas;
- d) Apresentação tridimensional (em combinação com outras variáveis).

OBS: No processo de modelagem numérica de terreno podemos distinguir três fases;

- 1. aquisição dos dados (através de importação ou edição de dados)**
- 2. geração de grades e**
- 3. elaboração de produtos representando as informações obtidas.**
 - *mapas de declividade;*
 - *representação do relevo sob forma de curvas de nível;*
 - *representação de perfis;*
 - *representação do relevo em 3 D;*
 - *cálculo de volumes de corte e aterro, etc.*



MODELO NUMÉRICO DO TERRENO

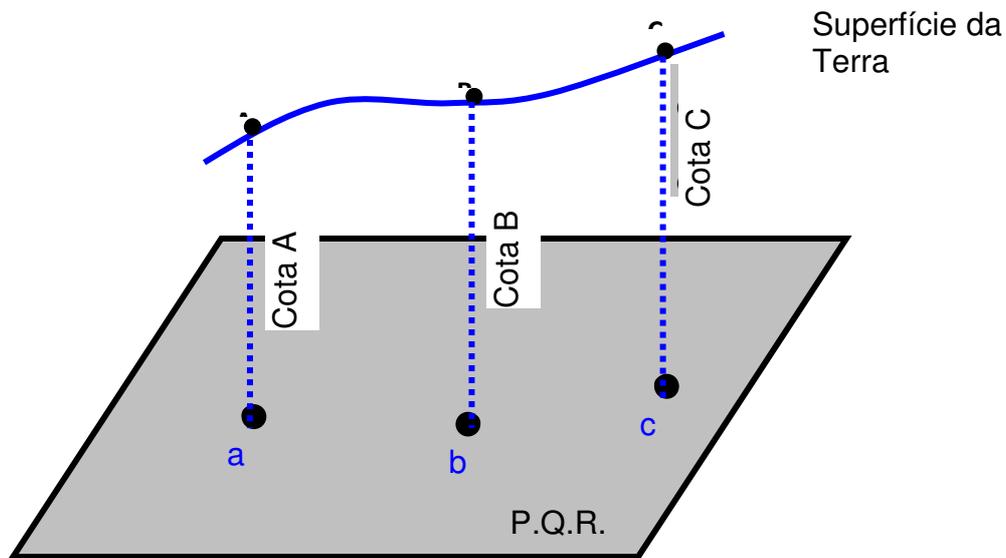
Mais adiante veremos com detalhes como se consegue definir um MNT e alguns produtos resultantes do mesmo.

Todo trabalho topográfico de natureza altimétrica, é feito em ordem a uma superfície horizontal de referência, também denominada de superfície de comparação.

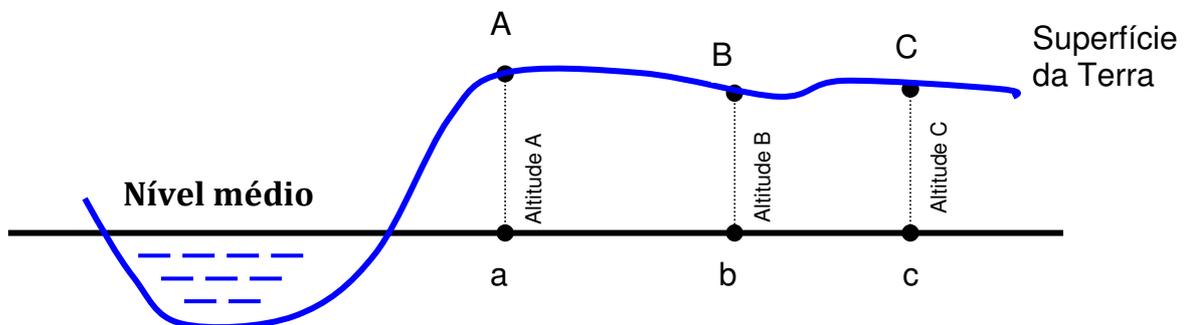
Esta pode ser uma superfície qualquer por nós estabelecida ou uma superfície especial, denominada de nível médio do mar.

Daí o conceito de cota ou altura relativa e o conceito de altitude ou altura absoluta, conforme visto abaixo.

CONCEITO DE COTA : É a distância vertical compreendida entre a superfície do terreno e um plano de referência qualquer.



CONCEITO DE ALTITUDE: É a distância vertical compreendida entre a superfície do terreno e o nível médio dos mares em repouso.



A *topometria* é a parte da topografia que se encarrega das medições dos elementos característicos de um terreno, sobretudo quando se visa representá-lo graficamente em uma superfície plana

Já a *topologia* é a parte da topografia que se preocupa com as formas exteriores da superfície da Terra e as “leis” que regem o seu modelado. Interessa sobremaneira aos estudos de geologia e, como tal, foge à natureza do nosso curso.

Planimetria é a parte da topometria que estuda os instrumentos, processos e métodos usados na representação gráfica de uma porção qualquer de terreno sobre uma superfície plana, sem dar idéia do relevo do solo (representação bidimensional). Tem como resultado final, uma carta ou planta planimétrica.

Já a Altimetria é a parte da topometria que estuda os instrumentos, processos e métodos usados na representação gráfica de uma porção qualquer de terreno sobre uma superfície plana, dando idéia do relevo do solo. Tem como resultado final, uma carta ou planta planialtimétrica (representação tridimensional).

Leva em consideração o relevo, representando elevações e depressões. É portanto, a parte da topometria que estuda a determinação do relevo do solo, medindo a “altura” dos pontos topogáficos em ordem a uma superfície previamente escolhida como superfície de comparação ou de referência.

Portanto, os conhecimentos da TOPOGRAFIA poderão ser utilizados nas mais diversas áreas, como por exemplo:

Engenharia de Agrimensura – Cadastros, serviços de perícias, divisões e demarcações de terras, loteamentos, etc.

Agronomia – Planejamento agro - pecuário, práticas conservacionistas de solos, etc.

Engenharia Agrícola – Projetos de irrigação e drenagem, construção de barragens, construção de estradas, eletrificação rural, sistematização de terrenos, etc.

Engenharia Florestal – Planejamento florestal, inventário florestal, urbanismo, paisagismo, etc.

Engenharia Civil – Elaboração de projetos de grandes obras, construção de rodovias e ferrovias, construção de pontes e viadutos, implantação de redes de drenagem urbanas, aeroportos, usinas hidrelétricas, etc.

Engenharia de Pesca – Construção de tanques para criação de peixes e camarões; construção de barragens, etc.

Zootecnia – Planejamento das propriedades rurais para um correto manejo agrícola e pecuário.

Diferença entre Topografia e Geodésia: a **Topografia** é muitas vezes confundida com a **Geodésia**, pois se utilizam dos mesmos equipamentos e praticamente dos mesmos métodos para o mapeamento de superfícies terrestres.

Porém, enquanto a **Topografia** tem por finalidade mapear *uma pequena porção* daquela superfície, a **Geodésia** tem por finalidade mapear *grandes porções* desta mesma superfície, levando em consideração a curvatura da Terra e suas deformações, devido à esfericidade que a mesma apresenta. (BRANDALIZE,2003).

No estudo da forma e dimensão da Terra, podemos considerar quatro tipos de *superfície ou modelo* para a sua representação (BRANDALIZE, 2003). São eles:

e) 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.

f) Modelo Geoidal

Permite que a superfície terrestre seja representada por uma *superfície fictícia* definida pelo prolongamento do nível médio dos mares em repouso 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 por meio de trabalhos geodésicos.

GEÓIDE: É a superfície de nível, única, dos mares em repouso em sua altura média, prolongada através dos continentes.

O nível médio dos mares, em uma determinada região ou país, também se consegue determinar por meio de instrumentos denominados mareógrafos ou marégrafos, que registram as variações das alturas do fluxo e refluxo das águas dos oceanos(marés alta e baixa).

MARCO ZERO OU MARCO HIPSOMÉTRICO DE UM PAÍS OU REGIÃO: É o local de origem das medições altimétricas desse país ou região. É um ponto perfeitamente materializado no terreno, a partir da altura média determinada pelo mareógrafo.

O marco zero da cidade do Recife, fica ao lado da Capitânia dos Portos, e tem o valor de 3,62 metros. Esta altitude, é transportada para todo o interior do Estado e de outras regiões, através do nivelamento geométrico duplamente nivelado, onde são

perfeitamente materializados em pontos estratégicos e bem protegidos, chamados de Referências de Nível (R.N.). São pontos protegidos por Lei Federal.

MARÉGRAFOS E SENSORES DE PRESSÃO

Registram a variação do peso da coluna d'água provocada pela ação das marés, sendo também classificados como mecânicos e eletrônicos. Os sensores eletrônicos são capazes de registrar oscilações do nível d'água (pressão hidrostática) de alta frequência ($< 0,5$ Hz), e por isso são utilizados como ondógrafos não direcionais (fornecem a altura mas não a direção de propagação da onda).

1 - MECÂNICOS

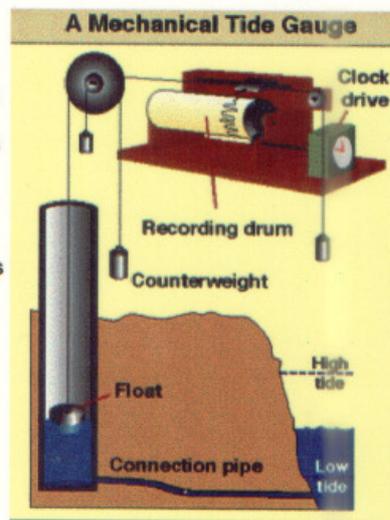
O mais simples de todos os marégrafos mecânicos consiste de um poço escavado acima da zona de supamaré (nunca inundada) e conectado com o mar por um tubo, de forma que o nível da água no poço e no mar sejam os mesmos (princípio dos vasos comunicantes) (Figura 1). O tubo de comunicação deve ser de diâmetro pequeno o suficiente para eliminar as oscilações de curto período produzidas pelas ondas. Dentro do poço é montada uma bóia que move-se verticalmente com a maré, e sendo essa conectada a uma caneta, as oscilações da bóia são registradas em papel gráfico preso a um cilindro, que se movimenta junto a um mecanismo de relógio. Outros marégrafos mecânicos registram a pressão da coluna d'água sobre uma câmara de ar submersa.

Figura 1 - Mecanismo de funcionamento de um marégrafo mecânico

2 - ELETRÔNICOS

2.1 - Sensores de Pressão

Marégrafos eletrônicos são equipados com um sensor de pressão constituído por uma membrana com resistências elétricas que é deformada pelo peso da coluna d'água. Esta deformação é eletricamente medida, amplificada e transmitida para um contador. Permitem o registro da média da altura da coluna d'água em diferentes intervalos de tempo, sendo que o efeito da altura das ondas é eliminado com o tratamento matemático do conjunto de dados. Suas principais especificações são:



g) 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 parâmetros matemáticos perfeitamente definidos, como: $a = \text{semi-eixo maior}$; $b = \text{semi-eixo menor}$; $f = \text{achatamento}$.

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

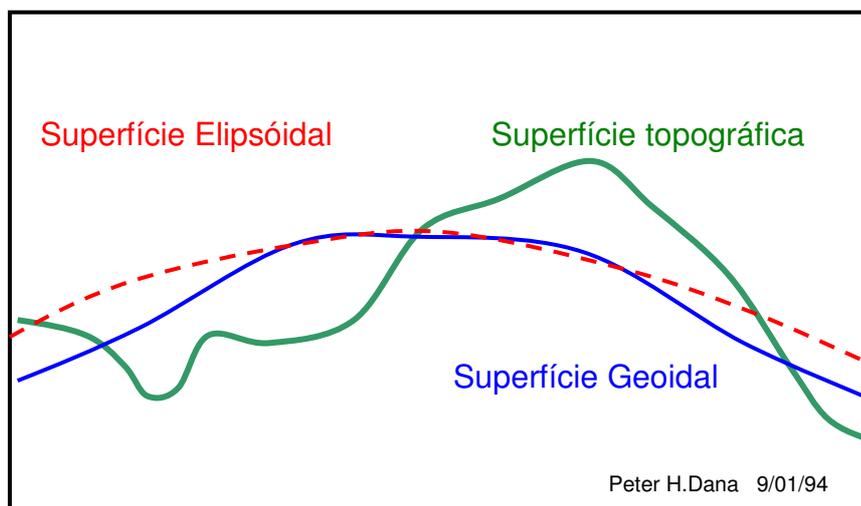
No Brasil, as cartas produzidas até meados de 1980 utilizaram como referência os parâmetros de *Heyford*. A partir desta época, as cartas produzidas passaram a adotar como referência o elipsóide *Internacional 67*.

DATUM = SAD 69 (CHUÁ); $a = 6.378.160 \text{ m}$; $f = (1 - b) / a = 1/298,25$

Datum \Rightarrow Sistema de referência.

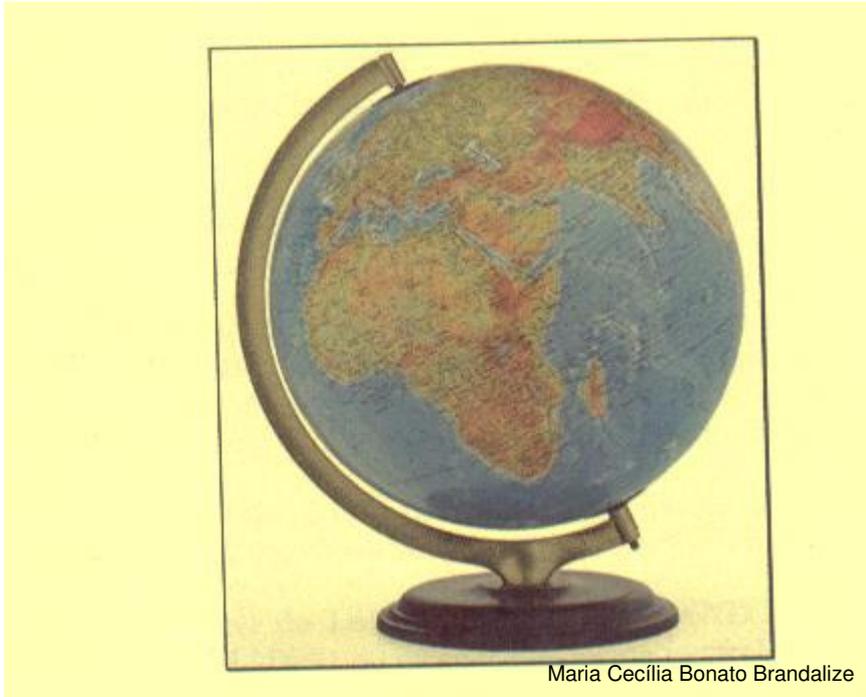
SAD \Rightarrow South American Datum, oficializado para uso no Brasil em 1969, é representado pelo vértice Chuá, situado próximo a cidade mineira de Uberaba.

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



h) 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.



Maria Cecília Bonato Brandalize

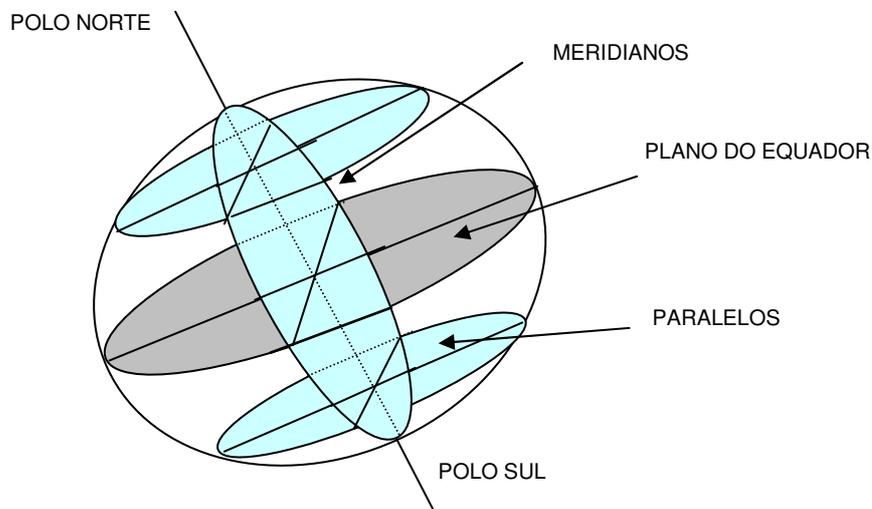
Nos trabalhos geodésicos, o modelo que mais se assemelha à figura da Terra e o que é usado é o *elipsóide de Revolução*.

COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE UM PONTO

Como já vimos anteriormente, a planimetria é a parte da topometria que estuda os instrumentos, processos e métodos usados na representação gráfica de uma porção qualquer de terreno sobre uma superfície plana, sem dar idéia do relevo do terreno.

O resultado final de um levantamento topográfico planimétrico é uma planta planimétrica, que nada mais é do que a projeção ortogonal da superfície do terreno levantado sobre um plano horizontal (plano topográfico), onde temos somente a idéia do contorno do terreno, dos detalhes interiores (edificações, estradas, linhas de transmissão, córregos, riachos, barragens, etc.) e das dimensões dos lados dessa poligonal.

A figura abaixo permite reconhecer os seguintes elementos:



Coordenadas geográficas de um ponto - As coordenadas de um ponto são os elementos necessários para a determinação da posição de um ponto na superfície terrestre;

Eixo terrestre : é a reta que une os polos Norte e Sul e em torno do qual a Terra gira (movimento de rotação) (BRANDALIZE,2003);

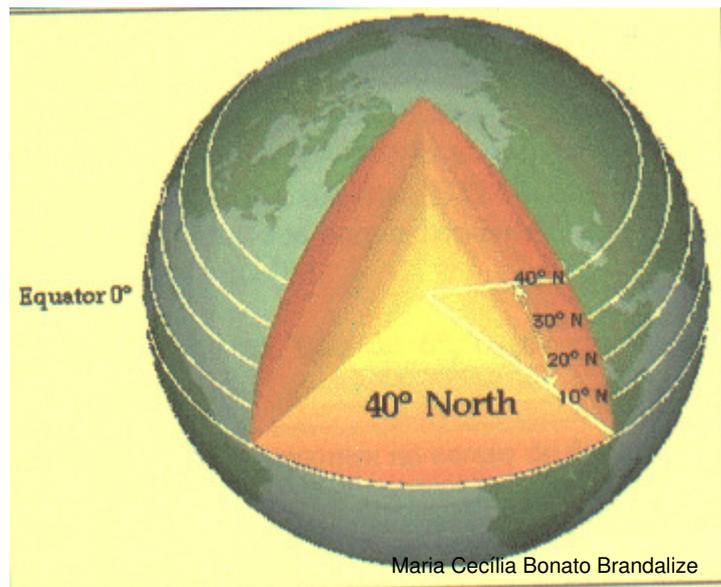
Plano equatorial : Plano perpendicular ao eixo terrestre que passa pelo centro da terra(BRANDALIZE,2003);

Plano meridiano : É todo plano que passa pelo eixo da terra e intercepta sua superfície segundo uma curva , supondo-a esférica(BRANDALIZE,2003);

Paralelos : são os círculos cujos planos são paralelos ao plano do Equador. Os paralelos mais importantes são: Trópico de Capricórnio (latitude 23° 23' S) e o Trópico de Câncer (latitude 23° 23' Norte) (BRANDALIZE,2003);

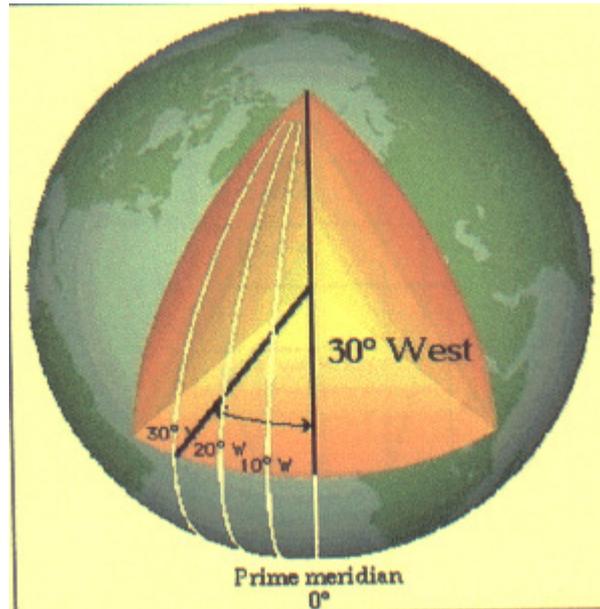
Vertical de um lugar: é a linha que passa por um ponto da superfície da Terra e vai ter ao centro da mesma. Esta linha é materializada pelo “*fio de prumo*” dos equipamentos de medição (teodolitos, estações totais, níveis de precisão , etc), ou seja é a direção na qual atua a força da gravidade(BRANDALIZE,2003);

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 e negativamente para o Sul(BRANDALIZE,2003);



Maria Cecília Bonato Brandalize

Longitude (λ): de um ponto da superfície terrestre é o ângulo formado entre o meridiano de origem, conhecido como 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) (BRANDALIZE,2003);



Maria Cecília Bonato Brandalize

Coordenadas geográficas (ϕ , λ): é o nome dado aos valores de *latitude e longitude* que definem a posição de um ponto na superfície terrestre.

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**(BRANDALIZE,2003);

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° ($60 \times 6^\circ = 360^\circ$). Cada arco representa um fuso UTM e um sistema de coordenadas com origem no

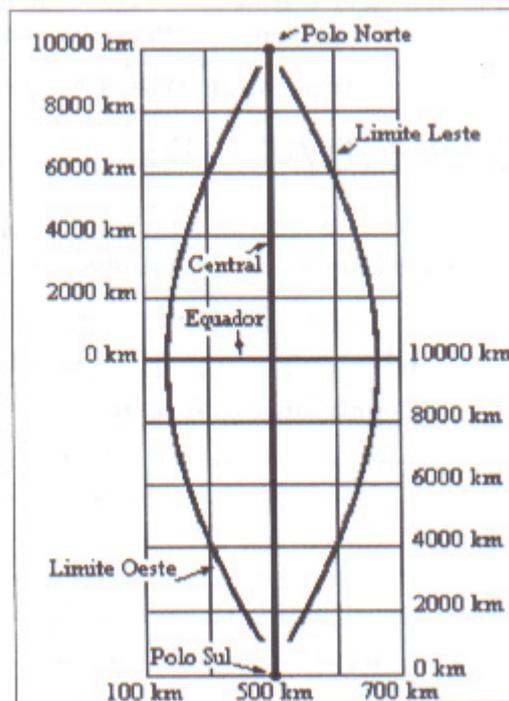
meridiano central ao fuso, que para o hemisfério Sul, constitui-se dos valores de 500.000 metros para (E) e 10.000.000 metros para (N).

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 km a 10.000 km enquanto para o hemisfério Sul de 10.000 km a 0 km.

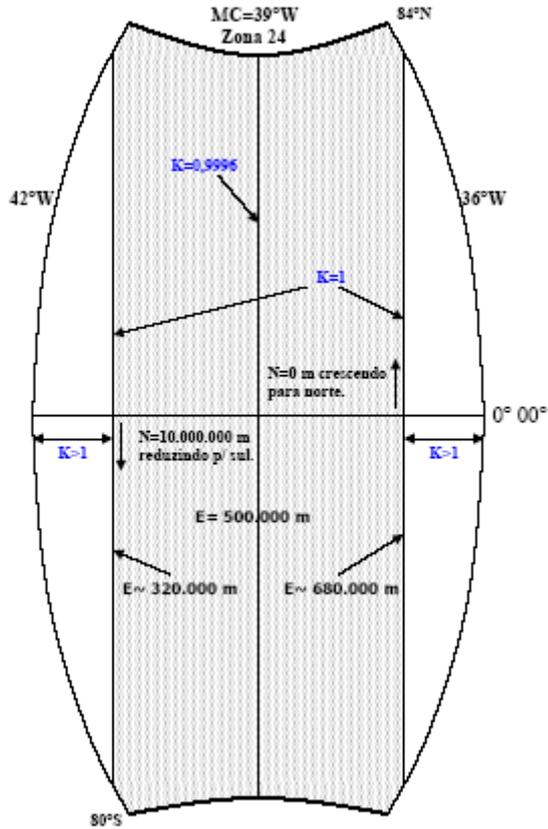
As abcissas variam de 500 km a 100 km à Oeste do Meridiano Central e de 500 km a 700 km a Leste do mesmo (BRANDALIZE, 2003).



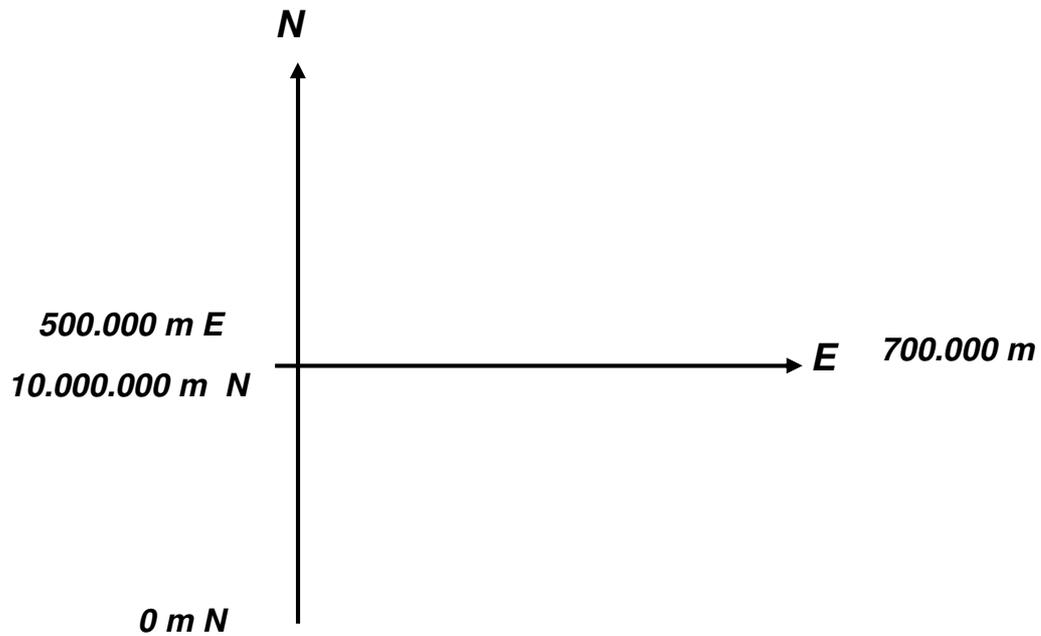
Maria Cecília Bonato Brandalize

Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA
 Normas Técnicas para Levantamentos Topográficos

Figura A1 - Zona UTM 24, abrangendo a região entre as longitudes 36° W e 42° W.



COORDENADAS UTM



TOPOGRAFIA B - ALTIMETRIA

AULA TEÓRICA

2º PONTO: MÉTODOS GERAIS DE NIVELAMENTO: Nivelamentos diretos; Nivelamentos indiretos; Nivelamento geométrico; nivelamento trigonométrico; importância dos nivelamentos.

Para se determinar as diferenças de nível entre dois ou mais pontos topográficos, torna-se necessário proceder um trabalho de campo denominado “nivelamento”.

Esta operação é realizada empregando-se os mais variados instrumentos e métodos, uma vez que as diferenças de nível podem ser determinadas diretamente ou indiretamente, como também com maior ou menor precisão.

Os principais métodos de nivelamento são:

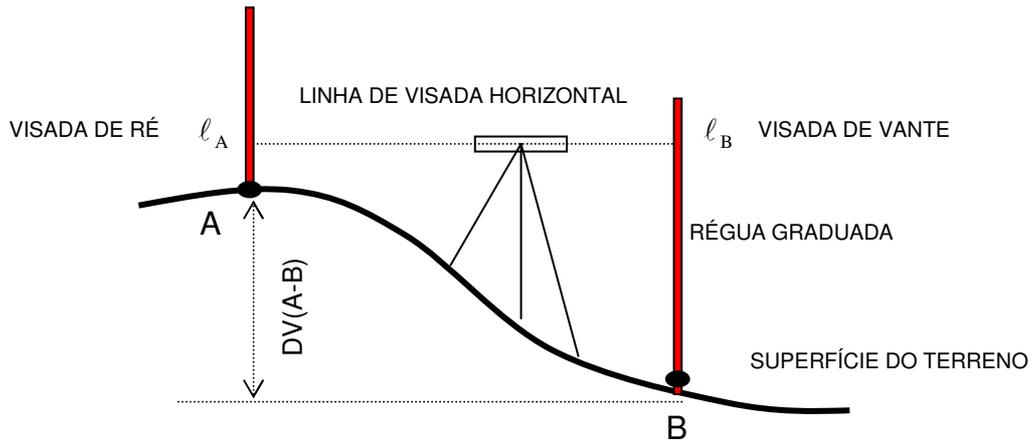
- MÉTODOS DIRETOS:**
- Nivelamento geométrico simples ,
 - Nivelamento geométrico composto
 - Nivelamento usando instrumentos baseados no princípio dos “vasos comunicantes”
 - Nivelamento usando instrumentos com auxílio de níveis de bolha de ar.

- MÉTODOS INDIRETOS:**
- Nivelamento trigonométrico;
 - Nivelamento estadimétrico;
 - Nivelamentos expeditos;

- MODERNOS:**
- Sistema GPS
 - Estação total
 - Fotografias de satélite
 - Fotografias aéreas

No **nivelamento direto**, as distâncias verticais ou diferenças de nível são medidas diretamente no terreno, por meio de visuais ou visadas horizontais, dirigidas a réguas graduadas, verticalizadas sucessivamente a pontos topográficos, por meio de instrumentos denominados nível de luneta, nível de precisão ou nível do

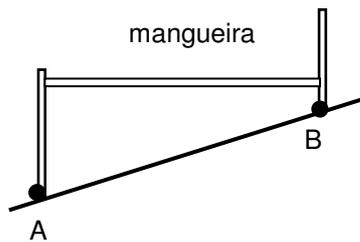
engenheiro. Por diferença de leituras, calculamos as diferenças de nível entre pontos topográficos. Este é o princípio do nivelamento geométrico.



$$DV(A - B) = \text{leitura em B} - \text{leitura em A}$$

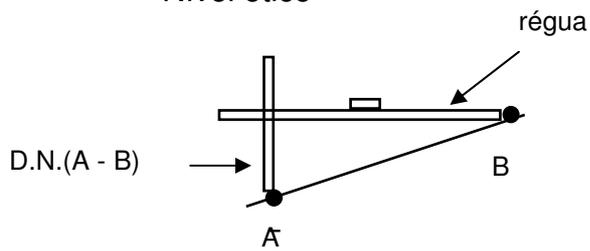
a) Princípio de equilíbrio dos líquidos em vasos comunicantes.

Ex. Nível de mangueira: tubo plástico transparente contendo líquido (água)

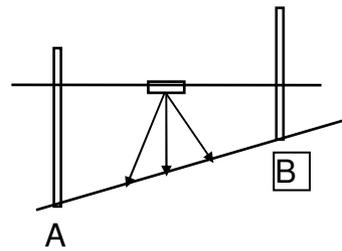


b) Instrumentos com nível de bolha

Ex: Nível de pedreiro
Nível ótico



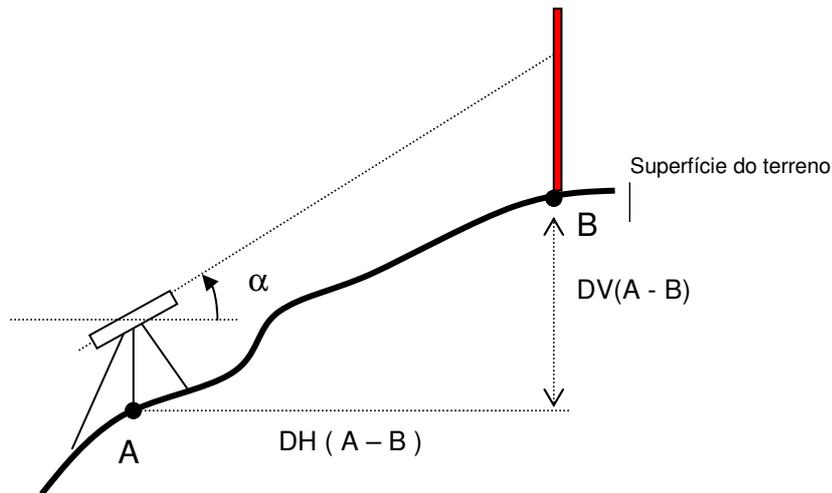
nível de pedreiro



nível ótico (Nível de precisão)

No **nivelamento indireto**, as distâncias verticais ou diferenças de nível, são determinadas indiretamente no terreno e calculadas através de fórmulas matemáticas.

Exemplo: o nivelamento trigonométrico tem como base, o valor natural da tangente do ângulo de inclinação do terreno (α), uma vez que este elemento representa a diferença de nível, por metro, de distância horizontal.



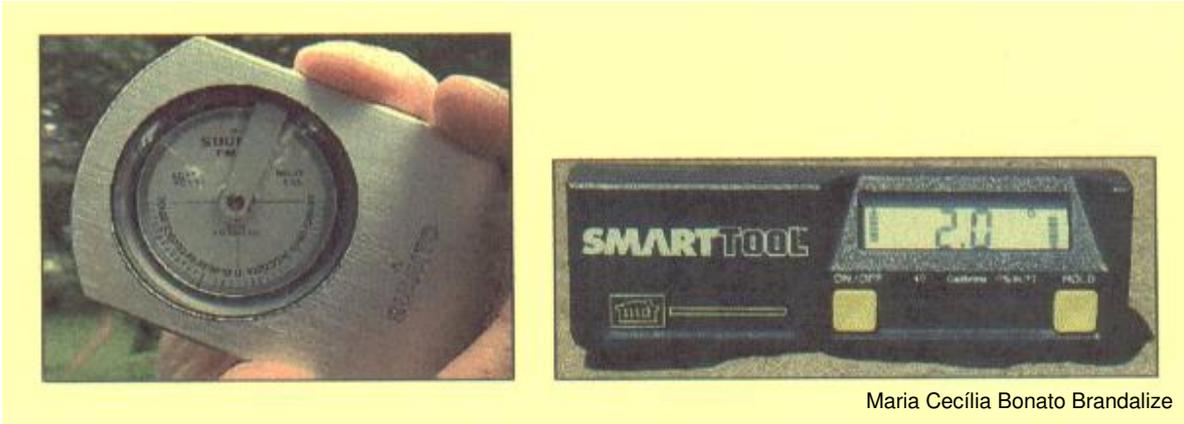
$$DV(A-B) = DH(A-B) * \operatorname{tg} \alpha$$

Portanto, usamos instr cujo plano de visada tem movimento ascendente ou descendente em relação ao plano horizontal.

Exemplos:

- Clinômetros (apoiado na mão)
- Eclímetros (montados em tripé)
- Clisímetros (fornece declividades)
- Teodolitos.

A figura abaixo ilustra dois tipos de clinômetros, um analógico (*com vernier*) e outro digital.



A figura abaixo ilustra um nível de precisão e régua graduada, utilizados no nivelamento geométrico.



PRECISÃO DOS NIVELAMENTOS:

A *precisão, tolerância ou erro médio* de um nivelamento é função do comprimento do trecho percorrido em km e, segundo GARCIA E PIEDADE (1984), classificam-se em:

Primeira ordem: erro médio admitido de $\pm 2,5$ mm / km percorrido;

Segunda ordem: erro médio admitido é de $\pm 1,0$ cm / km percorrido:

Terceira ordem: erro médio admitido é de $\pm 5,0$ cm / km percorrido;

Quarta ordem: erro médio admitido é de $\pm 10,0$ cm / km percorrido.

Segundo GARCIA E PIEDADE (1984) , a planta planialtimétrica é utilizada para:

⇒ *Projetos de Irrigação – projeto e construção de canais de irrigação e drenagem ; projeto e construção de adutoras;*

⇒ **Determinação de desníveis - altura de elevação de água para bombeamentos;**

⇒ *Serviços de terraplanagem – sistematização de terrenos; determinar os volumes de cortes e aterros necessários à construção de casas, edifícios, sedes de fazendas, silos construção de viveiros para criação de peixes e camarões, etc.*

⇒ *Escolha do melhor traçado e locação de estradas – declividade máxima das rampas; mínimo necessário de curvas; movimentação de terras(cortes e aterros); locais sujeitos a inundação; necessidade de construção de obras especiais (pontes, viadutos , pontilhões, túneis, etc);*

⇒ *Linhas de transmissão – direção e largura da faixa de domínio; áreas de desapropriação; escolha dos melhores locais para instalação de torres, postes, centrais de distribuição etc.*

⇒ *Planejamento do uso do solo – estudar e classificar os tipos de solos; conservação de solos; organizar o plantio em curvas de nível; prevenir a erosão;*

mapas de capacidade de uso do solo e de uso atual; projetos de eletrificação rural e urbana ,etc.

⇒ *Construção de barragens, açudes e usinas hidroelétricas – determinação da área ocupada pela inundação da água armazenada; determinação do volume de água armazenada, desvio provisório de cursos d' água e rios; realizar estudos de impactos ambientais ,etc.*

⇒ *Planejamento urbano – estudar e planejar a direção das vias e ruas; estudar e planejar áreas industriais; estudar e planejar áreas comerciais; estudar e planejar áreas residenciais (alturas de edificações, afastamento das vias; insolação); estudar e planejar áreas de lazer e recreação (parques, jardins praças); estudar e planejar a distribuição de escolas, hospitais, postos de saúde; estudar e planejar o tráfego; estudar e planejar o transporte coletivo e transporte de lixo, etc.*

⇒ *Peritagem – avaliar juridicamente a propriedade, com suas benfeitorias, estimando o preço de venda e valores de tributação, etc.*

POSICIONAMENTO POR SATÉLITES (NOÇÕES)

O posicionamento por satélites se dá através da utilização de um equipamento denominado **GPS** – **Global Positioning System**.

O **GPS** não é um equipamento utilizado na medida de ângulos e / ou 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 EEUU da América e, embora esteja sendo utilizado por civis em todo o mundo, é operado exclusivamente pelos militares americanos.

Segundo P.H.DANA (1998) este sistema consiste de três segmentos distintos a saber:

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 60° e inclinados em relação ao plano do Equador de 55° .

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 determinação da sua posição.

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

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

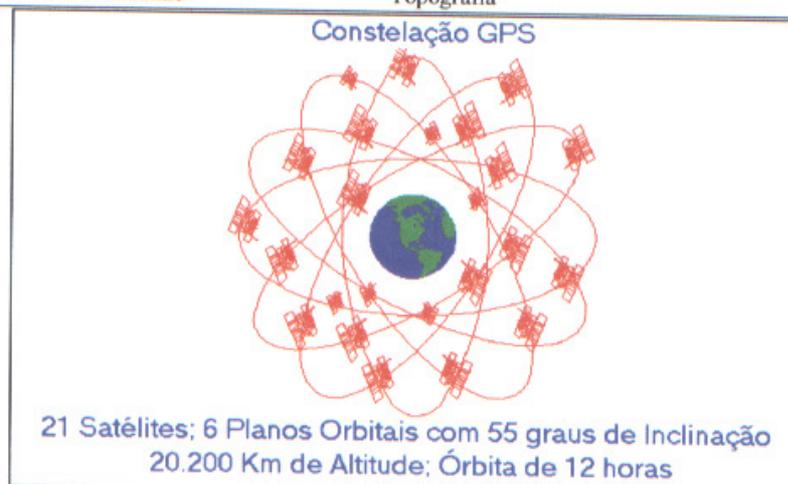
Cada satélite tem uma vida útil de 10 anos e o programa americano prevê a constante substituição dos mesmos até o ano de 2006.

CONSTELAÇÃO DE SATÉLITES DISPONÍVEIS E SUA RESPECTIVA DISTRIBUIÇÃO NOS PLANOS ORBITAIS

Maria Cecília Bonato Brandalize

Topografia

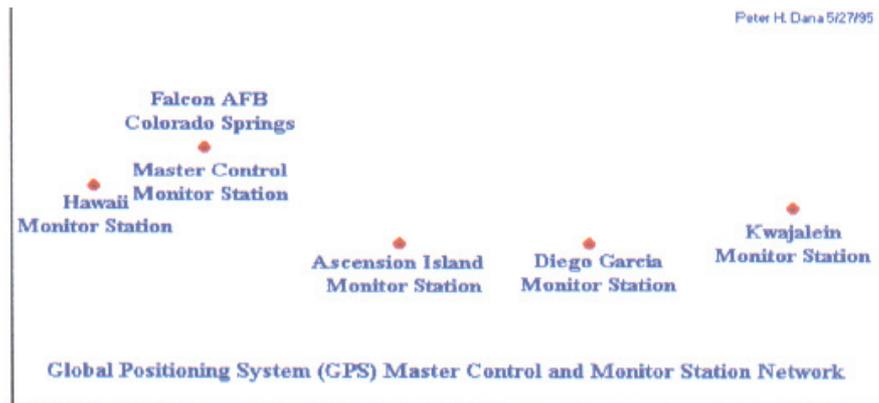
PUC/PR



SISTEMA DE CONTROLE:

O 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.

DISTRIBUIÇÃO DAS ESTAÇÕES DE RASTREAMENTO NO MUNDO

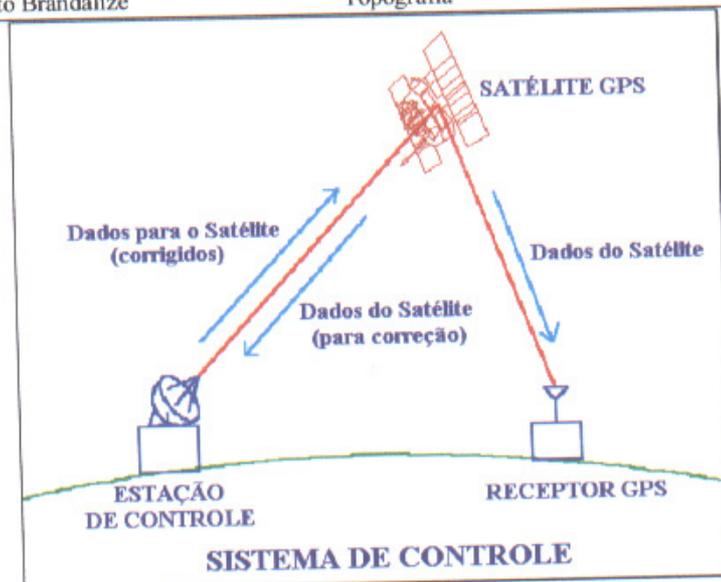


INTERAÇÃO ENTRE A ESTAÇÃO DE RASTREAMENTO OU CONTROLE, O SATÉLITE E O RECEPTOR GPS.

Maria Cecília Bonato Brandalize

Topografia

PUC/PR



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 2 D (E , N ou ϕ , λ), respectivamente coordenadas UTM e coordenadas geográficas latitude e longitude, 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, etc.).

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

O custo de um levantamento utilizando receptores GPS é diretamente proporcional à precisão requerida. Assim, receptores de baixo custo (\approx U \$ 500,00) proporcionam precisão de 10 m a 150 m, enquanto receptores de alto custo (\approx U \$ 40,000.00) proporcionam precisão de 1 mm a 1 cm.

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.

TOPOGRAFIA B - ALTIMETRIA**AULA TEÓRICA**

3º PONTO: NIVELAMENTO GEOMÉTRICO: Conceito; nivelamento geométrico simples; nivelamento geométrico composto; cadernetas de campo: preenchimento, conferência e cálculos.

Como já vimos anteriormente, no nivelamento geométrico as diferenças de nível são determinadas a partir de visadas horizontais sucessivas a réguas verticalizadas sobre os pontos topográficos. A interseção dessas visadas com a régua nos permite leituras e, por diferença de leituras, calculamos as diferenças de nível entre pontos topográficos.

Neste tipo de nivelamento, utilizamos instrumentos denominados níveis de luneta, níveis de precisão ou nível de engenharia.

NIVELAMENTO GEOMÉTRICO SIMPLES:

Assim chamado porque de um único ponto estação instrumento, consegue-se visar todos os pontos topográficos do terreno a ser levantado.

DEFINIÇÕES:

ALTURA DE UM PONTO QUALQUER: É a distância vertical compreendida entre o ponto considerado e a superfície de nível de comparação.

COTAS: Quando a superfície de nível de comparação é arbitrária, as alturas dos pontos são denominadas de Cotas (h).

ALTITUDES: Quando a superfície de nível de comparação corresponde ao nível médio dos mares prolongado através dos continentes, as alturas dos pontos são denominadas de Altitudes(H).

VISADA DE RÉ: É a primeira visada que se faz em cada nivelamento geométrico simples.

VISADAS DE VANTE: São todas as outras visadas que se faz em um nivelamento geométrico simples a partir da visada de ré, independente do sentido de visada. Deste modo, para cada estação instrumento, temos uma única visada de ré e uma ou mais visadas de vante.

As visadas de vante podem ainda ser denominadas de visadas de vante de pontos intermediários e visadas de vante propriamente ditas.

VISADAS DE VANTE DE PONTOS INTERMEDIÁRIOS: São as visadas de vante feitas até a penúltima estaca possível de ser vista de uma estação-instrumento.

VISADA DE VANTE PROPRIAMENTE DITA: É a última visada possível de ser vista antes da mudança do aparelho e representa o elo de ligação com a próxima estação-instrumento.

ERRO DE FECHAMENTO: É o erro ocasionado pela diferença entre a cota inicial arbitrada e a cota final, obtida por meio do contra-nivelamento. Ressalte-se, portanto, que o erro de fechamento do nivelamento geométrico só pode ser avaliado fazendo-se um contra nivelamento.

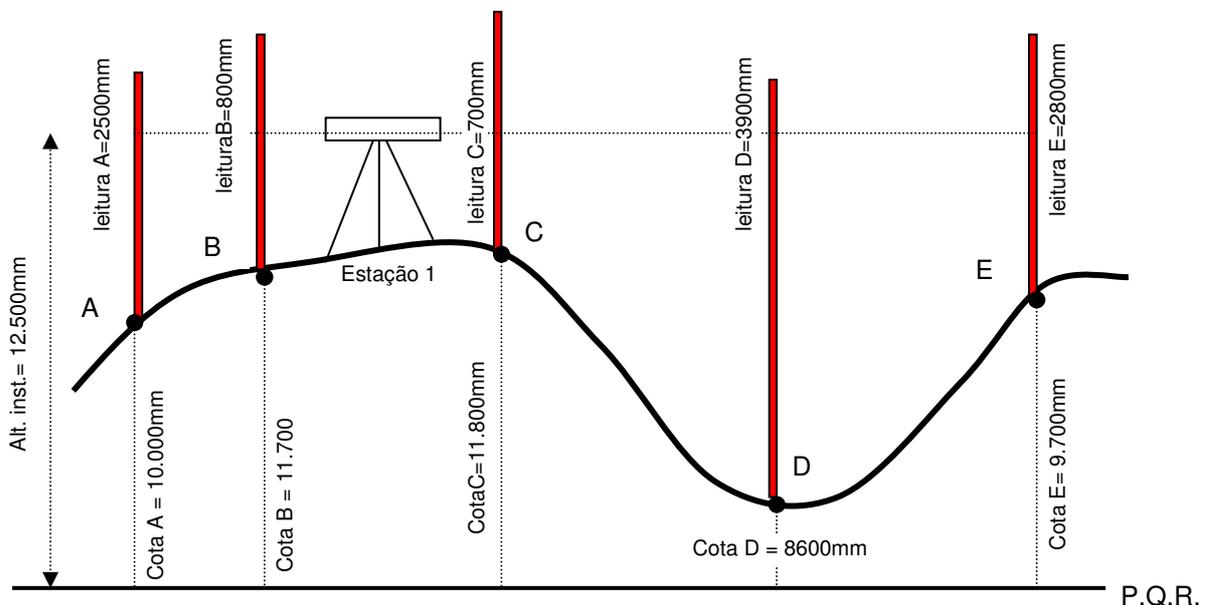
Podemos ainda calcular o erro de fechamento quando do transporte de coordenadas, já que saímos de uma RN e chegamos a outra RN.

Tolerância = $T = \pm 2 \ c \ \sqrt{k}$ onde: $c = 50 \text{ mm / km}$ (precisão do nivelamento)

k = distância nivelada em km.

ALTURA DO INSTRUMENTO: Em nivelamento geométrico, a altura do instrumento, é a distância vertical compreendida entre a linha de visada do nível de luneta e a superfície de nível de referência.

NIVELAMENTO GEOMÉTRICO SIMPLES (EXEMPLO):



CÁLCULO DA CADERNETA DE CAMPO:

CADERNETA DE CAMPO – NIVELAMENTO GEOMÉTRICO SIMPLES

ESTAÇÕES	PONTOS VISADOS	VISADAS		ALTURA DO INSTRUMENTO	COTAS
		RÉ	VANTE		
1	A	2.500mm		12.500mm	10.000mm
	B		800		11.700
	C		700		11.800
	D		3.900		8.600
	E		2.800		9.700

CÁLCULOS:

$i_1 =$ altura do instrumento na estação 1 = 10.000mm + 2.500mm = 12.500mm

cota B = $i_1 -$ visada de vante para B = 12.500mm – 800mm = 11.700mm

cota C = 12.500mm – 700mm = 11.800mm

cota D = 12.500mm – 3.900mm = 8.600mm

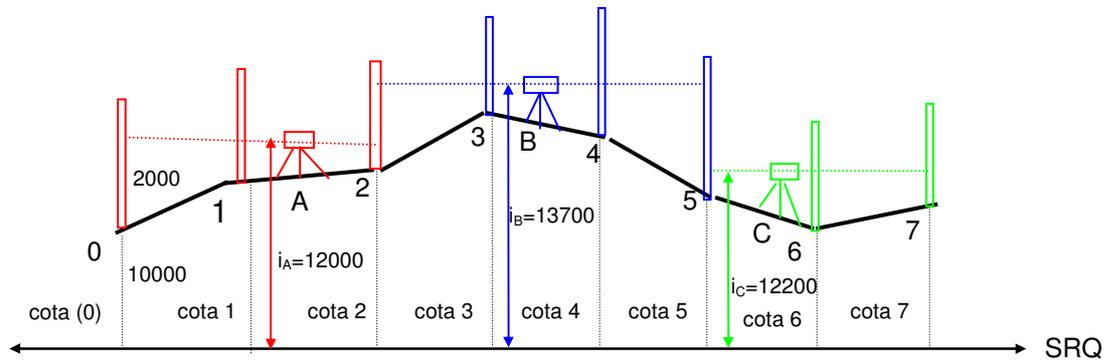
cota E = 12.500mm – 2.800mm = 9.700mm

NIVELAMENTO GEOMÉTRICO COMPOSTO (EXEMPLO):

Entende-se por nivelamento geométrico composto, uma sucessão de nivelamentos geométricos simples, devidamente amarrados uns aos outros pelas estacas de mudança.

Este processo é empregado, quando se trata de nivelamento em terrenos de desnível acentuado, em que a determinação da diferença de nível total exige mais de uma estação instrumento ou quando o perfil a ser levantado é muito extenso.

EXEMPLO DO CÁLCULO DA CADERNETA DO NIVELAMENTO GEOMÉTRICO COMPOSTO:



CADERNETA DE CAMPO

ESTA- ÇÕES	ESTACAS	VISADAS		ALTURA DO INSTRUMENTO	COTAS	OBS:
		RÉ	VANTE			
A	0	2.000 mm		12.000 mm	10.000 mm	cota(0) = 10.000mm
	1		800		11.200	
	2		500		11.500	estacas de 10x10m
B	2	2.200		13.700		
	3		800		12.900	
	4		1.400		12.300	
	5		2.200		11.500	
C	5	700		12.200		
	6		1.600		10.600	
	7		1.300		10.900	

CÁLCULOS:

i_A = altura do instrumento na estação A = 10.000mm + 2.000 = 12.000mm

cota (1) = altura do instrumento na estação A - visada de vante = 12.000 - 800 = 11.200mm

cota(2) = altura do instrumento na estação A - visada de vante = 12.000 - 500 = 11.500mm

i_B = altura do instrumento na estação B = 11.500mm + 2.200 = 13.700mm

cota (3) = altura do instrumento na estação B - visada de vante = 13.700 - 800 = 12.900mm

cota (4) = altura do instrumento na estação B - visada de vante = 13.700 - 1.400 = 12.300mm

cota (5) = altura do instrumento na estação B - visada de vante = 13.700 - 2.200 = 11.500mm

i_C = altura do instrumento na estação C = 11.500mm + 700 = 12.200mm

cota (6) = altura do instrumento na estação C - visada de vante = 12.200 - 1.600 = 10.600mm

cota (7) = altura do instrumento na estação C - visada de vante = 12.200 - 1.300 = 10.900mm

$$\sum \text{Ré} - \sum \text{Vante propriamente ditas} = \text{Cota final} - \text{Cota inicial}$$

$$(2000 + 2200 + 700) - (500 + 2200 + 1300) = 10900 \text{ mm} - 1000 \text{ mm} = 900 \text{ mm}$$

CONTRA-NIVELAMENTO: É um nivelamento que se faz em sentido contrário ao nivelamento do perfil levantado, para se saber quanto foi o erro de fechamento cometido e em seguida se fazer as compensações necessárias. Esta compensação só poderá ser feita, se o erro estiver dentro do limite de tolerância permitido. Este limite de tolerância é função da precisão estabelecida para o nivelamento.

Tolerância do erro de nivelamento:

$$T = \pm 2c\sqrt{k}$$

T = tolerância (mm)

c = grau de precisão do nivelamento (mm/km)

k = comprimento do eixo (km)

Compensação do erro de fechamento altimétrico:

O erro de fechamento é encontrado da seguinte maneira:

$$\text{Erro} = \text{cota final} - \text{cota inicial} = \text{altitude final} - \text{altitude inicial}$$

$$\text{Erro} = \text{Somatório ré} - \text{Somatório visadas vante propriamente ditas}$$

EXEMPLO:

CÁLCULOS: 1) Verificação do erro de fechamento:

$$\text{Erro} = \text{cota final} - \text{cota inicial} = \Sigma \text{ré} - \Sigma \text{vante propriamente ditas}$$

$$\text{Erro} = 49.988 - 50.000 = (3337+3726+1112+591) - (563+435+3825+3955) = - 12 \text{ mm}$$

2) Verificação da tolerância:

$$\text{tolerância} = 2 \cdot 50 \text{ mm} \sqrt{6.25 \text{ km}} = 100 \text{ mm} \cdot 2.5 = 250 \text{ mm}$$

3) Cálculo das compensações:

Estas compensações são realizadas equitativamente e cumulativamente nas alturas do instrumento e, conseqüentemente nas visadas de ré. Como no nosso caso tivemos 4 alturas do instrumento e um erro de 12 mm, teremos:

$$\text{compensação} = -12 \text{ mm} / 4 = - 3 \text{ mm}$$

ESTAÇÕES	PONTOS VISADOS	LEITURAS		ALTURA DO INSTRUMENTO	COTAS	CORREÇÕES	COTAS CORRIGIDAS
		RÉ	VANTE				
A	0	3.337		53.337	50.000	-	50.000
	1		2.621		50.716	+3	50.719
	2		949		52.388	+3	52.391
B	3	3.726	563	56.500	52.774	+3	52.777
	4		2.745		53.755	+6	53.761
C	5	1.112	435	57.177	56.065	+6	56.071
	6		1.010		56.167	+9	56.176
D	7	591	3.825	53.943	53.352	+9	53.361
	8		3.430		50.513	+12	50.525
	0		3.955		49.988	+12	50.000

- OBSERVAÇÕES:
- 1) leituras feitas em mm;
 - 2) somatório das distâncias reduzidas = 6,25 km;
 - 3) tolerância = $2 c \sqrt{k}$, onde $c = 50 \text{ mm}$
 - 4) cota do ponto (o) = 50.000 mm.

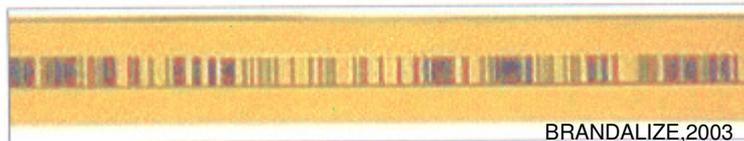
UTILIZAÇÃO DO NÍVEL DIGITAL NO NIVELAMENTO GEOMÉTRICO

NÍVEL DIGITAL(BRANDALIZE,2003):

⇒ *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)*



⇒ *este tipo de régua, que pode ser de alumínio, metal invar 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 e em seguida 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 de ar circular, como mostra a figura a seguir(BRANDALIZE,2003);*



⇒ *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;*

Dois modelos de nível de diferentes fabricantes. O primeiro é da LEICA, modelo NA 3000. O segundo é da SOKKIA, modelo SDL30 (BRANDALIZE,2003).



Maria Cecília Bonato Brandalize

AULA TEÓRICA

4º PONTO: PERFIS: Considerações gerais; perfis longitudinal e transversais; greides; desenho de perfis.

Chama-se perfil de uma seção do terreno ao desenho do relevo desse terreno, ao longo da seção, que é representada na planta por uma linha (reta, quebrada, curva, etc.).

Perfil longitudinal do terreno

Uma vez que a planta planialtimétrica representada por curvas de nível indica sempre medidas horizontais (distâncias reduzidas) e verticais (cotas), para conhecermos o relevo do terreno ao longo de uma seção qualquer, marcada sobre a planta, traçamos sobre um papel, dois eixos perpendiculares, cujas escalas podem ser iguais (se desejamos ter uma visão semelhante à do relevo seccionado) ou desiguais (se a escala vertical for maior que a escala horizontal). Como o terreno geralmente apresenta predominância acentuada das dimensões horizontais sobre as verticais, nos trabalhos executados com perfis, prefere-se utilizar uma escala vertical maior que a escala horizontal (*pelas normas da ABNT, a escala vertical deve ser 10 vezes maior que a escala horizontal*), pois dessa maneira se acentuam as formas do relevo, permitindo melhor análise e maior precisão nos dados obtidos ou nos dados determinados pelo projeto.

Sobre o eixo horizontal, marcam-se comprimentos horizontais sucessivos, correspondentes aos segmentos da linha determinante da seção compreendidos entre curvas de nível consecutivas (distâncias horizontais) e, sobre o eixo vertical, relativamente a cada um desses pontos, a cota determinada pela curva de nível que lhe deu origem. Unem-se os pontos determinados pelas respectivas coordenadas e tem-se o perfil procurado.

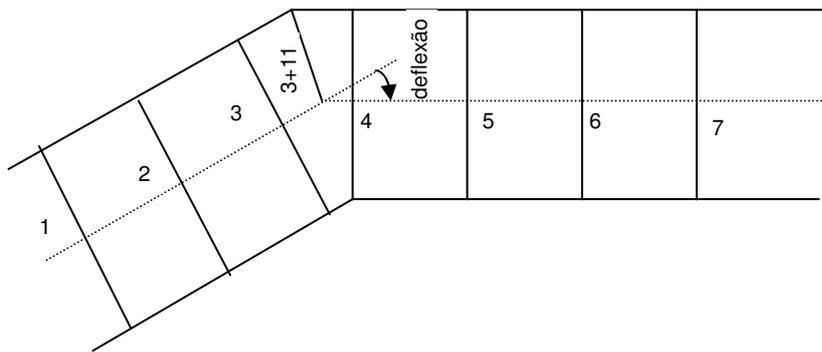
Inúmeros são os trabalhos em que é necessário conhecer-se o perfil do terreno. Projetos e construções de rodovias e ferrovias, projetos e construção de redes de eletrificação urbana e rural, projetos e construção de redes de drenagem de águas pluviais, projetos e construção de gasodutos e oleodutos, projetos e construção de canais de irrigação e drenagem, etc.

Perfis transversais do terreno:

Muitas vezes, torna-se necessário o levantamento das seções transversais normais a um perfil longitudinal, recomendado quando a área a levantar tiver a forma de uma faixa estreita e longa. É adequado na construção de estradas de rodagem e ferrovias, construção de canais de irrigação e drenagem, etc.

O trabalho se inicia com o traçado de uma poligonal aberta(perfíl longitudinal) que acompanha o eixo longitudinal da faixa do terreno levantado (poligonal de base).

Após seu estaqueamento, normalmente feito de 20 em 20 metros, é feito o levantamento altimétrico da mesma, através de um nivelamento geométrico composto. Em seguida, de cada estaca da poligonal de base, traçam-se perpendiculares que devem abranger toda a largura da faixa do terreno.

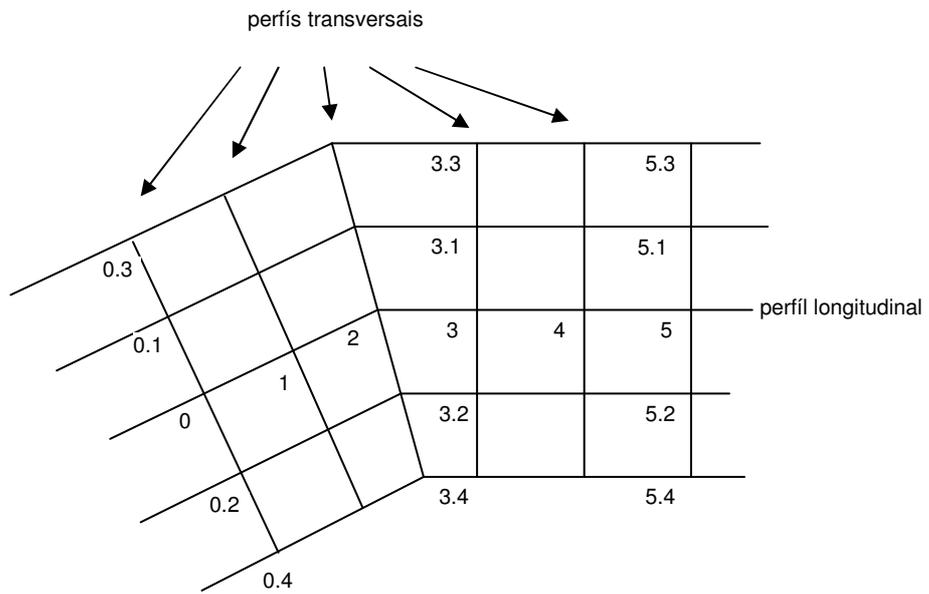


O passo seguinte, é o nivelamento das seções transversais, sendo que os pontos de cotas inteiras podem ser encontrados diretamente no campo ou então calculados no escritório. Em qualquer dos casos, no entanto, deve-se observar que a cota inicial de cada transversal é sempre uma cota conhecida da poligonal de base.

Caderneta de campo para o levantamento dos perfis longitudinal e transversais

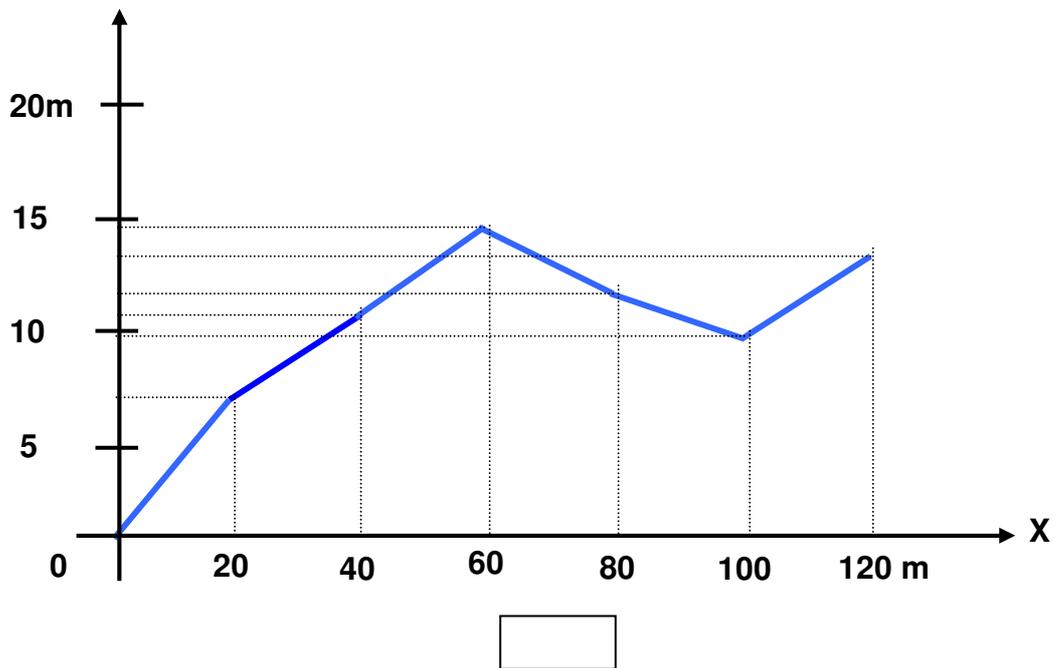
ESTA- ÇÕES	ESTACAS	VISADAS		ALTURA DO INSTRUMENTO	COTAS	OBS:
		RÉ	VANTE			

Nomenclatura



Desenho dos perfis transversais:

Sobre o eixo das abcissas, marcam-se comprimentos horizontais sucessivos, correspondentes aos segmentos da linha determinante da seção transversal correspondente (distâncias horizontais) e, sobre o eixo vertical, relativamente a cada um desses pontos, a cota determinada pela curva de nível que lhe deu origem. Unem-se os pontos determinados pelas respectivas coordenadas e tem-se o perfil procurado.



Rampas – Uma das finalidades do levantamento de um perfil é obtenção de dados para a construção de rampas de determinada declividade. Tal tipo de levantamento é básico na eletrificação (projeto da linha), hidráulica (canais e encanamentos), locação de eixo de estradas de rodagem, etc.

Greide (grade) – greide, portanto, é a representação gráfica do perfil do projeto, dotada de uma certa declividade ou não, e que mostra quanto de solo deve ser cortado ou aterrado.

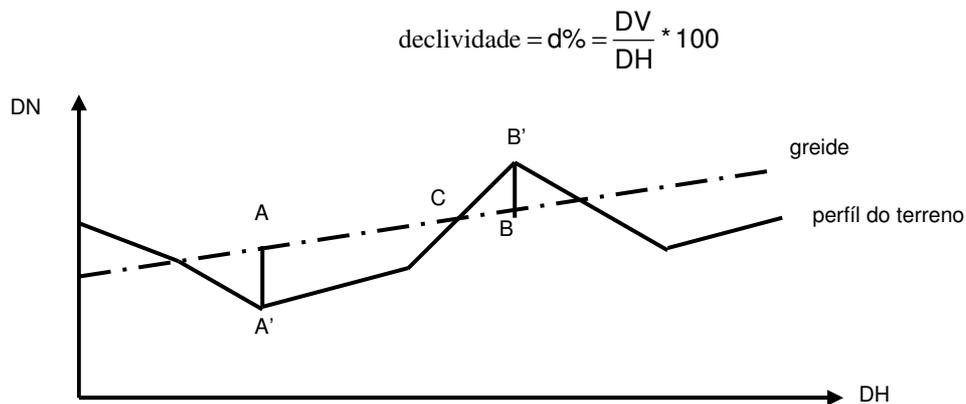
Cota vermelha – é a distância vertical entre um ponto qualquer do greide e um ponto correspondente no terreno. Quando o ponto do greide estiver acima do

ponto correspondente do terreno, o que indica aterro, a cota vermelha será positiva(AA'). Caso contrário, teremos um corte e a cota vermelha será negativa(BB').

$$\text{COTA DO TERRENO} - \text{COTA DO GREIDE} \begin{cases} + & (\text{CORTE}) \\ - & (\text{ATERRO}) \end{cases}$$

Ponto de passagem – quanto o ponto do greide coincide com o ponto do perfil do terreno, não havendo corte nem aterro. Ponto C na Figura 16.

Declividade do greide – é dada pela diferença de nível entre os pontos inicial e final em relação à distância horizontal entre eles. É normalmente expressa em percentagem.



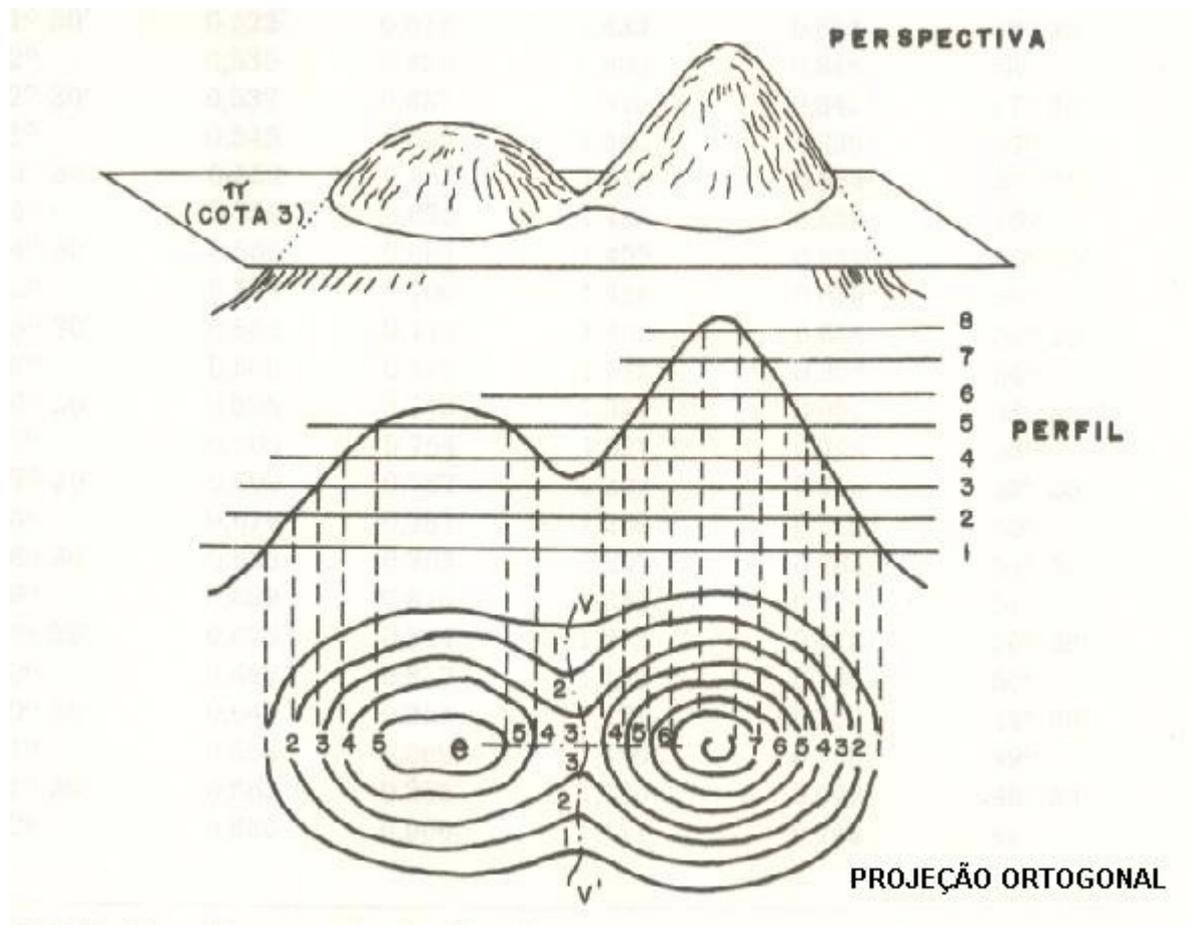
TOPOGRAFIA B - ALTIMETRIA

AULA TEÓRICA

5º PONTO: CURVAS DE NÍVEL: Considerações gerais; equidistância da curva de nível; processos de obtenção das curvas de nível; quadriculação do terreno e seções transversais; traçado das curvas de nível no desenho; processo algébrico.

REPRESENTAÇÃO DO RELEVO DO TERRENO:

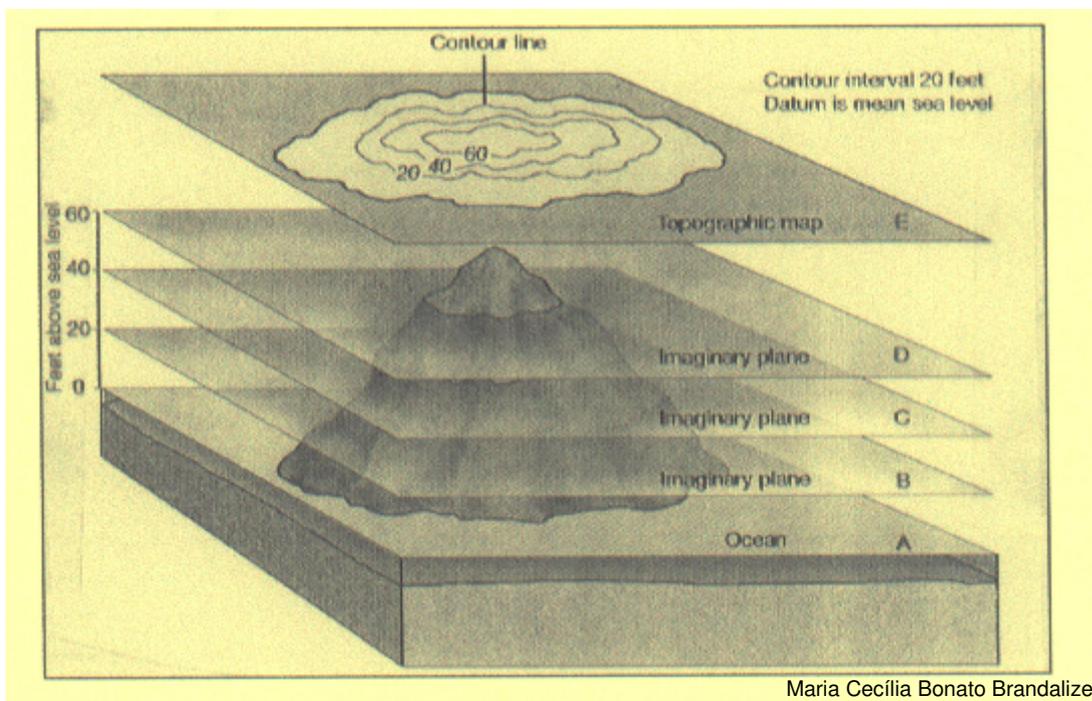
Existem vários métodos para a representação do relevo de um terreno, sendo de uso corrente o método das curvas de nível, que consiste em seccionar o terreno por um conjunto de planos horizontais equidistantes, que interceptam a superfície do terreno em estudo, determinando linhas fechadas que recebem o nome de “curvas de nível”. Observar as duas figuras seguintes, para um melhor entendimento.



Cada uma destas linhas, pertencendo a um mesmo plano horizontal, têm, evidentemente, todos os seus pontos situados na mesma altitude ou na mesma cota, isto é, estão todos no mesmo nível.

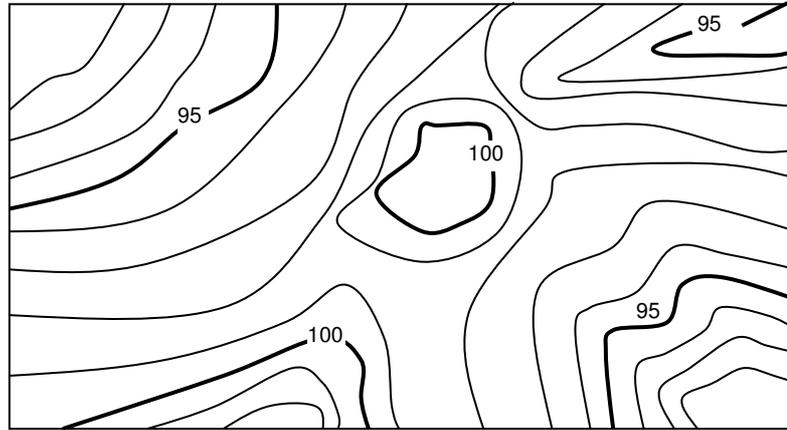
A projeção desse conjunto de linhas horizontais sobre o plano topográfico (que também é um plano horizontal) se dá em verdadeira grandeza, isto é, conserva as formas e as dimensões das linhas originais projetadas.

Reduzido a uma escala conveniente, o conjunto das curvas de nível pode ser desenhado numa folha ou grupo de folhas de papel e nos dá a noção das formas e das dimensões da superfície representada, permitindo o estudo dos projetos a serem implantados no terreno original.



Dá-se o nome de equidistância (e) da curva de nível à distância vertical constante entre os planos horizontais sucessivos que determinaram as curvas de nível. É portanto a distância vertical entre curvas de nível sucessivas e se mantém constante para cada trabalho. Quanto menor for a equidistância entre curvas, mais bem representado estará o terreno, chegando-se ao ponto de representarmos a *micro topografia* do terreno, dependendo da finalidade do projeto.

Para uma maior facilidade de leitura, representamos com traços mais fortes as curvas mestras (sempre correspondente a um número inteiro de metros), que são geralmente múltiplas de 2m, 5m ou de 10 metros.



Para possibilitar o traçado da planta planialtimétrica, o levantamento deve obter dados que permitam marcar, no desenho, um número de pontos cotados notáveis capazes de caracterizar o relevo da superfície topográfica através das curvas de nível que melhor o representem. Esses pontos notáveis são os pontos onde o terreno apresenta uma mudança acentuada de declividade em relação a suas proximidades. A experiência do topógrafo diz muito a esse respeito, porém, podemos afirmar que quanto maior for o número de pontos cotados criteriosamente levantados no terreno, melhor será a representação gráfica do relevo sobre a folha de papel.

As curvas de nível *segundo o seu traçado*, são classificadas em:

Curvas mestras: são curvas geralmente múltiplas de 2; 2,5; 5 ou 10 metros, representadas por traços mais espessos e todas são cotadas (BRANDALIZE);

Curvas intermediárias: todas as outras curvas, múltiplas da equidistância vertical, representadas por traços mais fracos (BRANDALIZE,2003);

Todas as curvas são representadas em tons marrom ou sépia (plantas coloridas) ou pretas (plantas monocromáticas) (BRANDALIZE,2003);

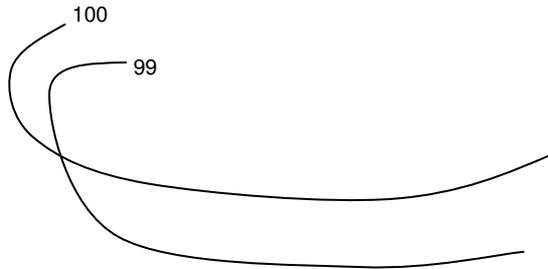
Para o traçado das curvas de nível, os *pontos característicos do terreno* (aqueles que melhor o caracterizam), devem ser levantados altimetricamente. É a partir destes pontos que se interpolam, gráfica ou numericamente, os pontos geradores das curvas de nível (BRANDALIZE,2003).

A maior declividade do terreno ocorre no local onde as curvas de nível são mais próximas e vice – versa (BRANDALIZE,2003).

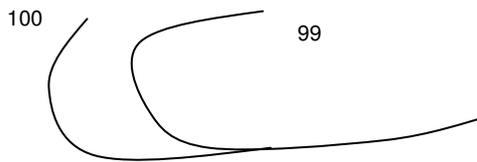
Em terrenos naturais (não modificados pelo homem) as curvas tendem a um certo paralelismo e são isentas de ângulos vivos e quebras (BRANDALIZE,2003).

Características das curvas de nível:

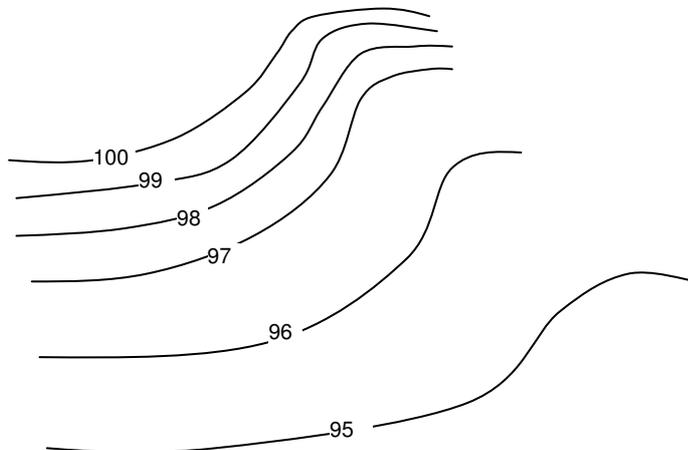
1. as curvas de nível, nos terrenos naturais, tendem a um certo paralelismo e são isentas de ângulos vivos e curvas bruscas;
2. duas curvas de nível jamais se cruzam;



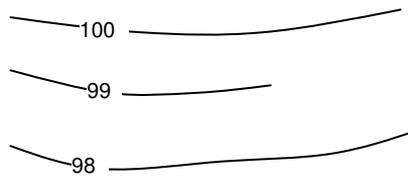
3. duas curvas de nível não podem se encontrar e continuar numa só;



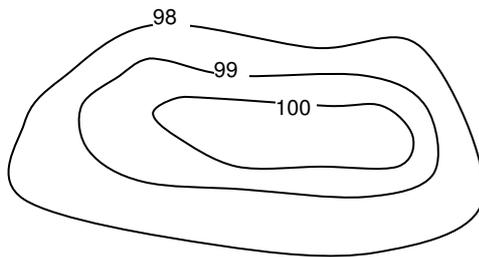
4. quando as curvas de nível estão muito afastadas umas das outras, significa que o terreno é levemente inclinado e quando muito próximas, fortemente inclinado;



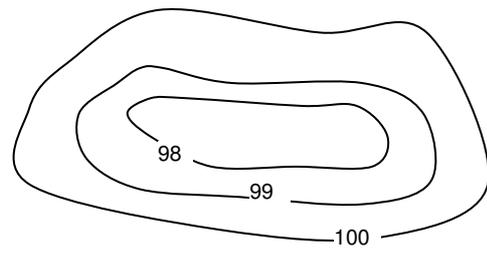
5. as curvas de nível são linhas contínuas e não se interrompem bruscamente;



6. as curvas de nível formam linhas fechadas em torno das elevações e depressões;



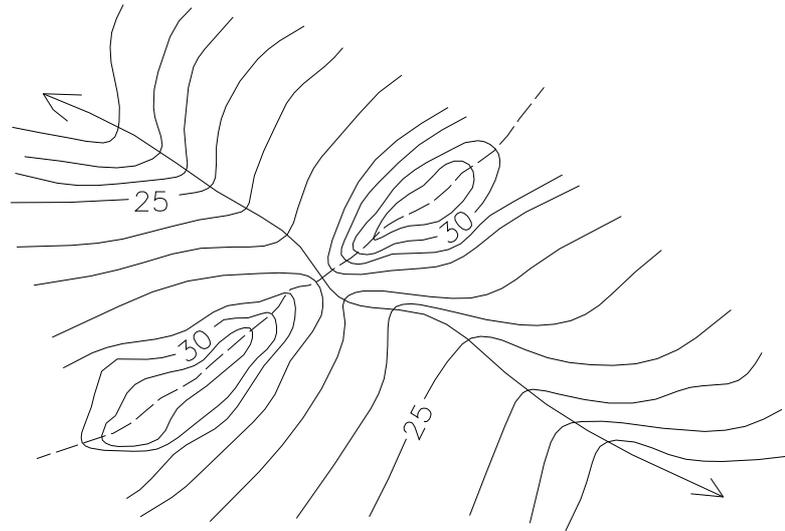
elevação



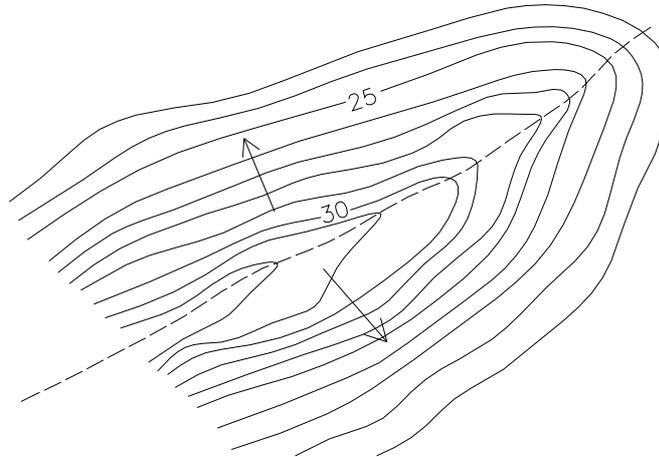
depressão

Para compreender melhor as feições (acidentes geográficos) que o terreno apresenta e como as curvas de nível se comportam em relação às mesmas, algumas definições geográficas do terreno são necessárias (BRANDALIZE,2003):

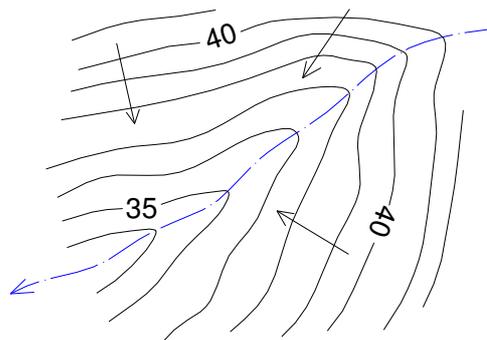
Garganta, colo ou quebrada: é o ponto onde as linhas de um *talvegue* (geralmente duas ou três) e de *divisores d'água* (geralmente duas ou três) se curvam fortemente, mudando de declividade. É o ponto mais baixo de um *divisor de águas* e o ponto mais alto de dois *talvegues* que aí nascem.



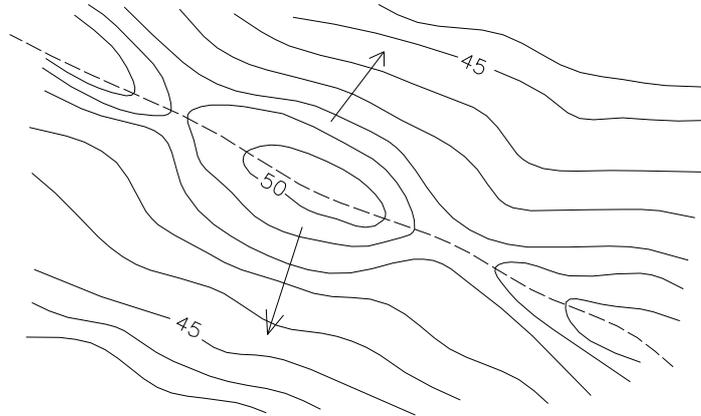
Contraforte: são saliências do terreno que se destacam da serra principal (cordilheira) formando os vales secundários ou laterais. Destes partem ramificações ou saliências denominados espigões e a eles correspondem os vales terciários.



Talvegue: Derivada da palavra alemã *Talweg*, (que significa caminho do vale), é a linha de encontro de duas vertentes ou encostas opostas; é a linha que recolhe as águas que descem pelas duas encostas opostas do vale.



Divisor de águas: Superfície convexa formada pela reunião de duas vertentes opostas.



PROCESSOS DE OBTENÇÃO DAS CURVAS DE NÍVEL PELO NIVELAMENTO GEOMÉTRICO:

PARA O TRAÇADO DAS CURVAS DE NÍVEL, É NECESSÁRIO O LEVANTAMENTO DE UMA MALHA DE PONTOS NO TERRENO, MALHA ESTA QUE PODE SER QUADRANGULAR OU TRIANGULAR. APÓS A COTAÇÃO DE TODOS OS PONTOS DESTA MALHA, REALIZAM-SE INTERPOLAÇÕES ENTRE OS PONTOS DESTA MALHA PARA SE ENCONTRAR ONDE SE LOCALIZAM OS PONTOS DE COTA INTEIRA E, LIGANDO-SE ESSES PONTOS DE MESMO VALOR, OBTÉM-SE AS CURVAS DE NÍVEL.

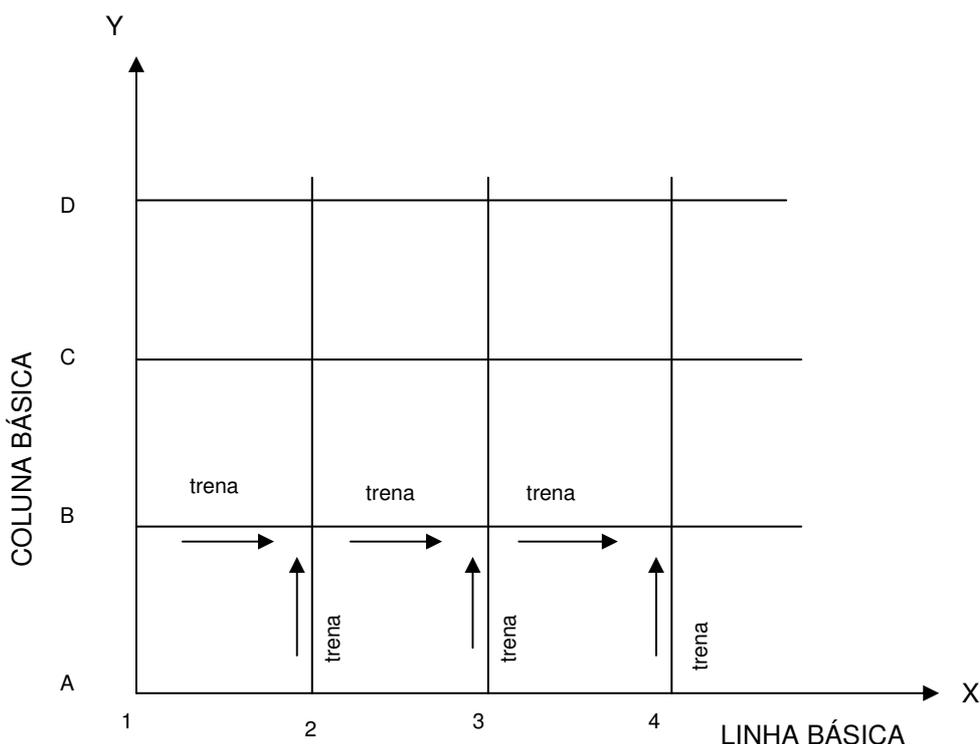
1 - QUADRICULADO E PIQUETEAMENTO DA ÁREA:

É O PROCESSO MAIS EXATO E TAMBÉM O MAIS TRABALHOSO. PELA PRECISÃO, É RECOMENDADO PARA PEQUENAS ÁREAS, ONDE SE VAI EXECUTAR TRABALHOS DE MOVIMENTAÇÃO DE TERRAS (SISTEMATIZAÇÃO) PARA CONSTRUÇÃO DE EDIFICAÇÕES E PARQUES INDUSTRIAIS, CONSTRUÇÃO DE AEROPORTOS, PÁTIOS PARA SECAGEM DE GRÃOS, IMPLEMENTAÇÃO DE PROJETOS DE

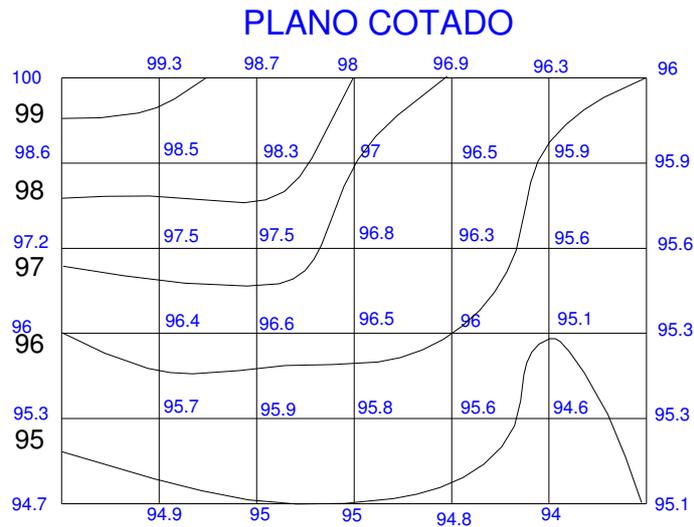
IRRIGAÇÃO EM SULCOS OU POR INUNDAÇÃO, CONSTRUÇÃO DE VIVEIROS PARA PISCICULTURA, ETC.

UTILIZANDO-SE DE UM TEODOLITO, TRAÇA-SE INICIALMENTE UMA LINHA E UMA COLUNA BÁSICAS (DE PREFERÊNCIA NO SENTIDO DE MAIOR COMPRIMENTO DA ÁREA A SER LEVANTADA), PERPENDICULARES ENTRE SI, PIQUETEANDO-SE ESTAS LINHAS DE 20 EM 20 METROS. COM O AUXÍLIO DE DUAS TRENAS DE 20 METROS E TRÊS BALIZAS, FAZ-SE A MARCAÇÃO DAS OUTRAS ESTACAS, DEIXANDO A ÁREA TODA QUADRICULADA. PARA IDENTIFICAÇÃO DAS ESTACAS, NUMERA-SE O EIXO DAS ABCISSAS POR NÚMEROS E O EIXO DAS ORDENADAS POR LETRAS OU VICE-VERSA.

ATRAVÉS DO NIVELAMENTO GEOMÉTRICO, FAZ-SE A COTAÇÃO DE TODAS AS ESTACAS DA QUADRÍCULA E, POR UM PROCESSO QUALQUER, COMO VEREMOS MAIS ADIANTE, EFETUA-SE A MARCAÇÃO DAS COTAS INTEIRAS E O TRAÇADO DAS CURVAS DE NÍVEL.

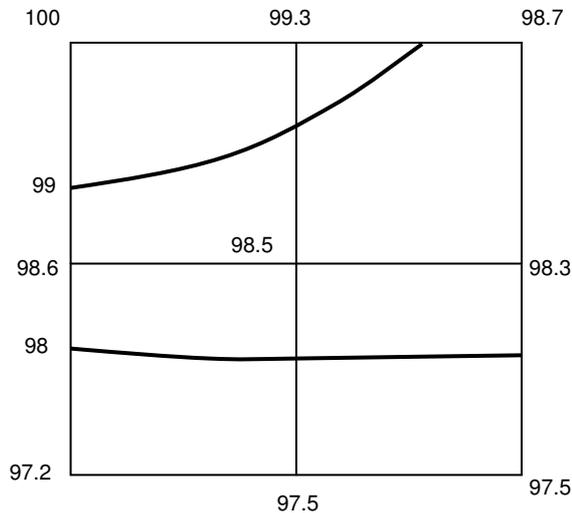


Na figura seguir, temos um levantamento regular de uma malha com 42 pontos, em uma malha retangular, em que foram feitas as interpolações e traçadas as curvas de nível.



Obtenção e traçado das curvas de nível pelo processo algébrico das interpolações:

Exemplo: Calcular e desenhar as curvas de nível de cotas inteiras 99 e 98 na quadrícula abaixo, que é parte da quadrícula anterior:



1. cálculo das interpolações da cota inteira 99:

a) cálculo entre as cotas 98.6 e 100:

$$100.0 - 98.6 = 1.4 \text{ m (DV)} \quad \Leftrightarrow \quad 99.0 - 98.6 = 0.4 \text{ m (DV)}$$

$$1.4 \text{ m} \rightarrow 3.0 \text{ cm no desenho}$$

$$0.4 \text{ m} \rightarrow x \text{ cm no desenho}$$

$$x = \frac{0.4 * 3.0}{1.4} = 0.85 \text{ cm no desenho}$$

b) cálculo entre cotas 98.5 e 99.3:

$$99.3 - 98.5 = 0.8 \text{ m (DV)} \quad \Leftrightarrow \quad 99.0 - 98.5 = 0.5 \text{ m (DV)}$$

$$0.8 \text{ m} \rightarrow 3.0 \text{ cm no desenho}$$

$$0.5 \text{ m} \rightarrow x \text{ cm no desenho}$$

$$x = \frac{0.5 * 3.0}{0.8} = 1.8 \text{ cm no desenho}$$

c) cálculo entre as cotas 98.7 e 99.3

$$99.3 - 98.7 = 0.6 \text{ m (DV)} \quad \Leftrightarrow \quad 99.0 - 98.7 = 0.3 \text{ m (DV)}$$

$$0.6 \text{ m} \rightarrow 3.0 \text{ cm no desenho}$$

$$0.3 \text{ m} \rightarrow x \text{ cm no desenho}$$

$$x = \frac{0.3 * 3.0}{0.6} = 1.5 \text{ cm no desenho}$$

OBS: Para a cota 98 não mostramos o cálculo, que deverá ser calculado pelo aluno como forma de treinamento.

Observemos que a interpolação nada mais é do que a determinação dos locais onde ocorrem as cotas inteiras entre dois pontos levantados. Para um melhor entendimento, demonstraremos este processo através do exemplo abaixo:

Exemplo: Dados os pontos A e B, quais as cotas existentes entre esses dois pontos:

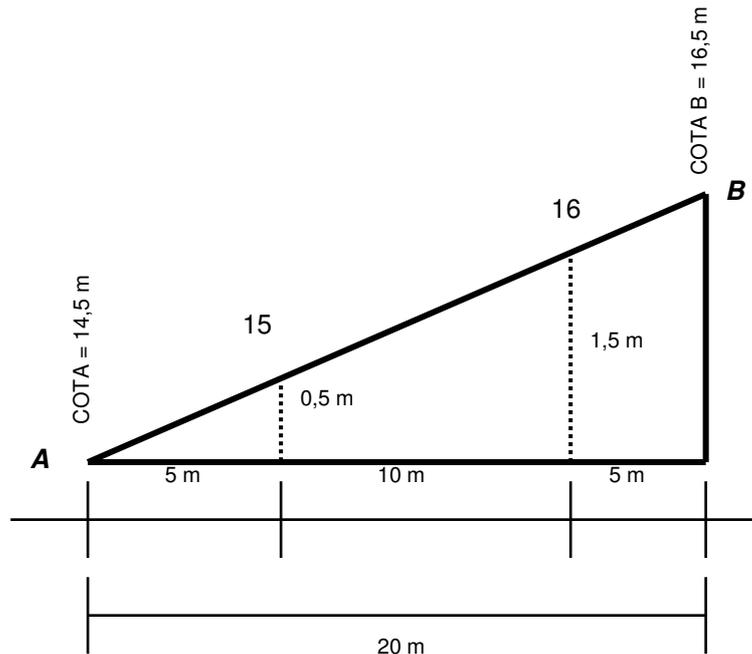
Ponto A \Rightarrow **H = 14,50 metros**

Ponto B \Rightarrow **H = 16,50 metros**

Neste caso, é evidente que as cotas inteiras entre esses dois pontos são 15 metros e 16 metros.

Conhecendo – se a distância entre os pontos A e B (20 metros, por exemplo), através da semelhança de triângulos, podemos determinar a que distâncias horizontais desses pontos, ocorrem as cotas 15 e 16.

Na figura abaixo, observa-se que a cota inteira 15 m está a 5 metros do ponto A, e a cota inteira 16 m está a 15 metros do mesmo ponto A.



Por meio de uma simples regra de três podemos calcular estes valores:

$(16,5 - 14,5) = 2$ metros de desnível ----- 20 metros de distância

$(15,0 - 14,5) = 0,5$ metros de desnível ----- x metros de distância

$$x = \frac{20 \times 0,5}{2} = 5,0 \text{ metros ; portanto, a cota 15 está a 5,0 metros do ponto A.}$$

Semelhantemente:

$$(16,5 - 14,5) = 2 \text{ metros de desnível ----- } 20 \text{ metros de distância}$$

$$(16,0 - 14,5) = 1,5 \text{ metros de desnível ----- } x \text{ metros de distância}$$

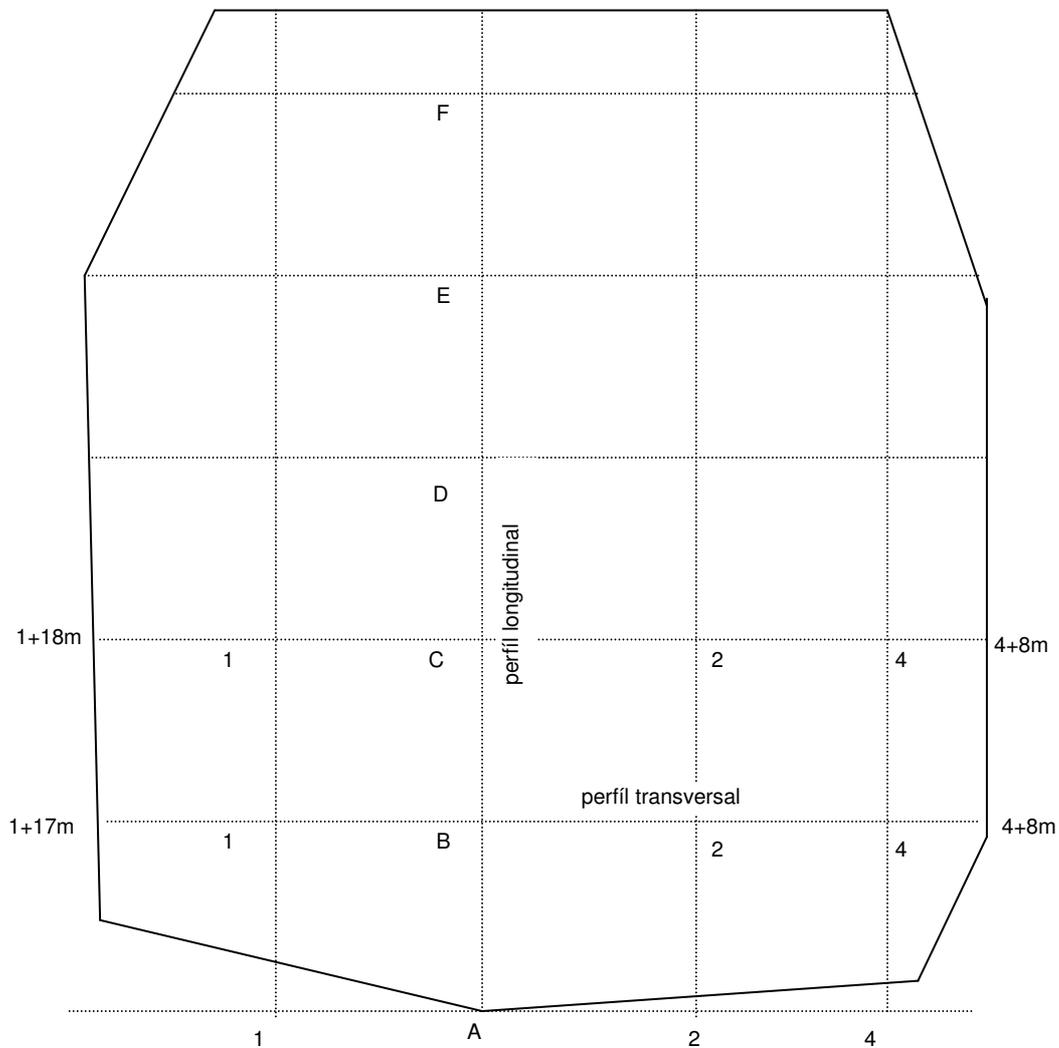
$$x = \frac{20 \times 1,5}{2} = 15,0 \text{ metros ; portanto, a cota 16 está a 15,0 metros do ponto A.}$$

É claro que estas distâncias calculadas podem não representar fielmente o terreno, que pela própria natureza apresenta-se com certas irregularidades: por isso as Curvas de nível são representações aproximadas do relevo de uma área da superfície da Terra.

2 – Método das seções transversais:

Método também recomendado para pequenas áreas. No sentido do maior comprimento da área a ser levantada, traça-se um perfil longitudinal, estaqueando-se o mesmo de 20 em 20 metros e, a partir de cada uma das estacas deste perfil, levantam-se perfis transversais à direita e à esquerda até o limite da área.

ATRAVÉS DO NIVELAMENTO GEOMÉTRICO, FAZ-SE A COTAÇÃO DE TODAS AS ESTACAS DA QUADRÍCULA E, POR UM PROCESSO QUALQUER, EFETUA-SE A MARCAÇÃO DAS COTAS INTEIRAS E O TRAÇADO DAS CURVAS DE NÍVEL.

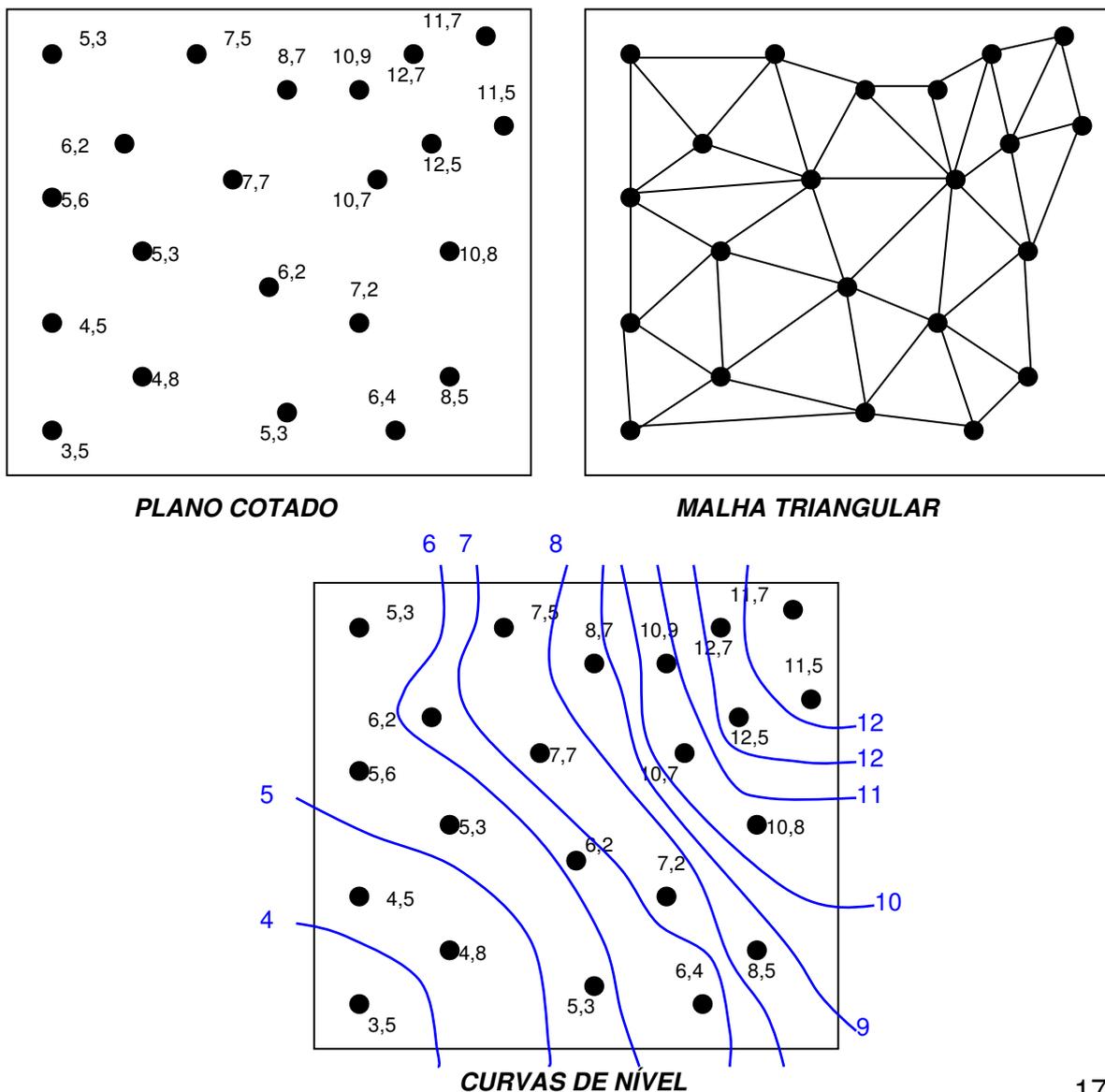


3 – Processo da malha irregular (malha triangular):

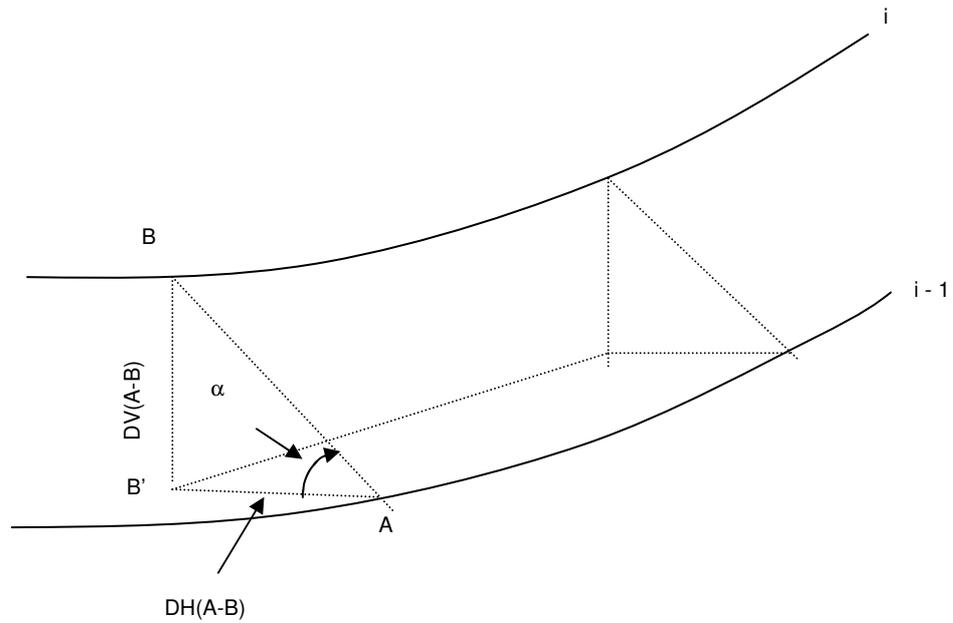
Os casos práticos mais comuns de um levantamento altimétrico, em sua maioria, são realizados utilizando-se uma malha irregular (triangular), dada a impossibilidade de se coletar os dados no terreno como sugere a malha regular (quadrangular). Para realizarmos as medições em um terreno, neste caso, utiliza-se o método do *nivelamento taqueométrico* (utilizam-se teodolitos, estações totais, GPS, etc). Medimos as cotas dos pontos característicos do terreno e, cada ponto característico medido será um vértice para a malha triangular.

Após as marcações dos pontos, com as cotas anotadas ao lado de cada vértice, como na malha quadrangular, realizam-se as interpolações entre eles e, a partir destas, traçam-se as Curvas de nível do mesmo modo que na malha quadrangular.

As figuras abaixo, representam um exemplo deste método:



DECLIVIDADE ENTRE DOIS PONTOS TOPOGRÁFICOS A E B:



$$\delta (A - B) = \frac{DV(A - B)}{DH(A - B)} = \text{tg } \alpha$$

$$\delta (A - B) = \text{arc tg } \alpha$$

$$\delta (A - B) = \text{tg } \alpha \cdot 100\%$$

TOPOGRAFIA B – ALTIMETRIA

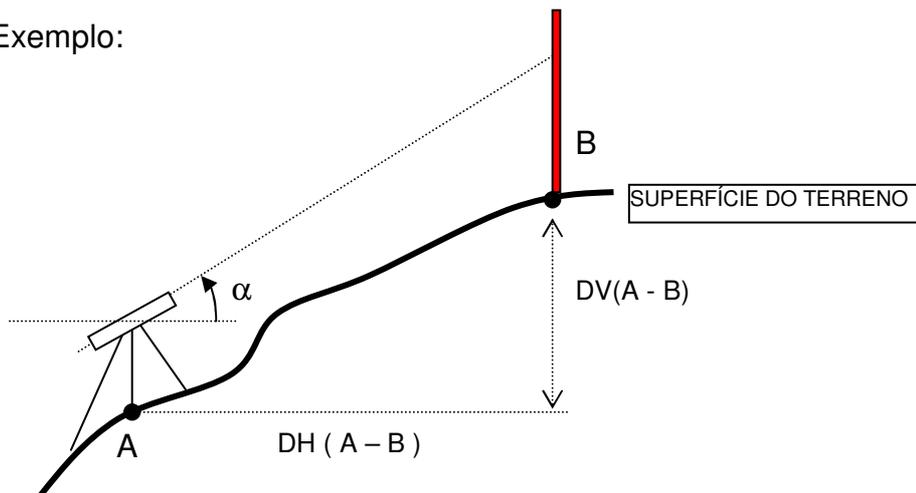
AULA TEÓRICA

6º PONTO: NIVELAMENTO TRIGONOMÉTRICO: Conceito; cadernetas de campo; preenchimento; conferência e cálculos.

O nivelamento trigonométrico tem como base, o valor natural da tangente do ângulo de inclinação do terreno (α), uma vez que este elemento representa a diferença de nível, por metro, de distância horizontal.

No *nivelamento trigonométrico*, as distâncias verticais ou diferenças de nível, são determinadas indiretamente no terreno e calculadas através de fórmulas matemáticas.

Exemplo:

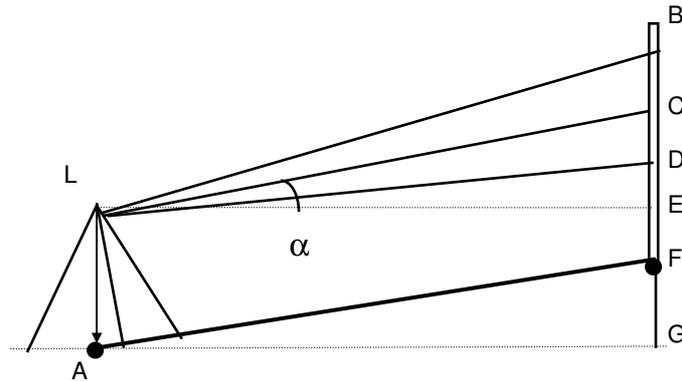


$$D.V (A - B) = DH (A - B) * \text{tg } \alpha$$

Portanto, usamos instrumentos cujo plano de visada tem movimento ascendente ou descendente em relação ao plano horizontal..

Exemplos:

- Clinômetros (apoiado na mão)
- Eclímetros (montados em tripé)
- Clisímetros (fornece declividades)
- Teodolitos.

Cálculo da diferença de nível:

A e F = pontos topográficos estação instrumento e mira falante respectivamente

$$FG = dn \text{ (AF) (diferença de nível) } \quad (1)$$

$$dr = AG = m g \cos^2 \alpha \quad (\text{distância reduzida})(2)$$

$EG = LA = i =$ altura do instrumento (3) = distância vertical que vai do centro do instrumento ao ponto estação instrumento

$$BD = m = \text{leitura estadiométrica} \quad (4)$$

$$CF = \ell = \text{leitura do FM} \quad (5)$$

$$FG = CG - CF \quad (6)$$

$$CG = CE + EG \quad (7)$$

substituindo (7) em (6)

$$FG = CE + EG - CF \quad (8)$$

$$CE = LE \cdot \text{tg } \alpha \quad (9)$$

substituindo (9) em (8):

$$FG = LE \cdot \text{tg } \alpha + EG - CF \quad (10)$$

$$\text{recordando que } LE = dr = D.H. = m.g.\cos^2 \alpha \quad (11)$$

$$FG = dn = m.g.\cos^2 \alpha \cdot \text{tg } \alpha + i - \ell = \text{diferença de nível} = \text{distância vertical} \quad (12)$$

$$\text{sabe-se que: } \text{tg } \alpha = \text{sen } \alpha / \cos \alpha \quad (13)$$

substituindo-se (13) em (12):

$$FG = m g \cos^2 \alpha \cdot \text{sen } \alpha / \cos \alpha + i - \ell \quad (14)$$

$$FG = m g \cos \alpha \text{ sen } \alpha + i - \ell \quad (15)$$

sabe-se também que $\text{sen } 2\alpha = 2 \text{ sen } \alpha \cos \alpha$ ou $\cos \alpha \text{ sen } \alpha = \text{sen } 2\alpha / 2$ (16):E

substituindo-se (16) em (15):

$$FG = m g \text{ sen } 2\alpha / 2 + i - l \quad (17)$$

$$\boxed{D.V. = mg \frac{\text{sen}2\alpha}{2} + i - l} = \text{Distância Vertical}$$

Exemplo: Estacionou-se um teodolito em um ponto topográfico A e visou-se uma mira falante verticalizada em B, obtendo-se os seguintes valores de leitura:

$$\alpha_A = + 8^\circ 10'$$

$$f.m. = 1500\text{mm}$$

$$f.s. = 1800\text{mm}$$

$$f.i. = 1200\text{mm}$$

altura instrumento = 1400mm, calcule a distância vertical e a distância horizontal entre os pontos A e B.

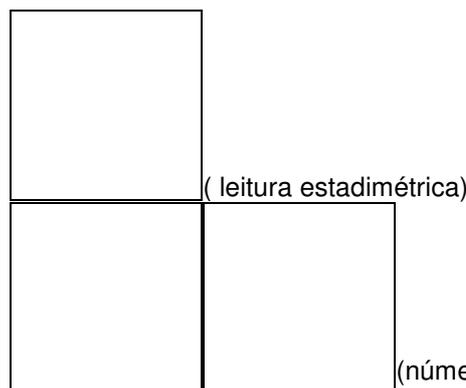
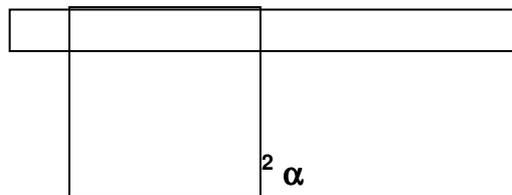
1) Cálculo da Distância vertical:

$$dn = mg \frac{\text{sen}2\alpha}{2} + i - FM \quad \text{onde: } m = 1800 - 1200 = 600\text{mm}$$

$$g = 100$$

$$D.N. = 600\text{mm} * 100 \frac{\text{sen } 2(8^\circ 10'')}{2} + 1400\text{mm} - 1500\text{mm} = 8430\text{mm} - 100\text{mm} = 8330\text{mm} = 8,33\text{m}$$

2) Cálculo da Distância horizontal:



α = ângulo de inclinação

$$\text{D.H.} = 600\text{mm} * 100 * \cos^2 8^{\circ}10' = 58,79 \text{ metros.}$$

TOPOGRAFIA B - ALTIMETRIA**AULA TEÓRICA**

7º PONTO: SISTEMATIZAÇÃO DE TERRENOS PARA IRRIGAÇÃO: conceitos; critérios para sistematização; vantagens e desvantagens da sistematização; métodos de sistematização; método do centróide.

1) DEFINIÇÃO DE SISTEMATIZAÇÃO:

É um conjunto de operações necessárias para regularizar a superfície irregular de um terreno em pendentes uniformes em uma e (ou) duas direções ou mesmo numa superfície nivelada, nos sentidos longitudinal e transversal.

É uma das técnicas de irrigação mais delicadas e onerosas, porém muitas vezes indispensável no método de irrigação superficial; sucos retos de infiltração; inundação; marachas (pequenas barragens); quadras; etc.

A sistematização implica na inversão profunda das camadas do solo agrícola, com conseqüente queda da fertilidade, que só volta aos níveis primitivos com incorporação maciça de matéria orgânica e mobilização intensa do solo, necessitando cerca de 2 a 5 anos para a sua inteira recuperação.

APLICAÇÕES:

- *EM OBRAS CIVÍIS:* Estradas, núcleos habitacionais, pátios de secagem de grãos, distritos industriais, campos de futebol, etc.

- *EM AGRICULTURA:* Irrigação superficial, conservação de solos, construção de viveiros para cultivo de peixes e camarões, plantio de arroz irrigado por inundação, etc.

2) VANTAGENS DA SISTEMATIZAÇÃO:

2.1 - Permite um controle mais eficiente da água e uma distribuição mais uniforme;

2.2 - Evita a erosão do solo e a perda da fertilidade, tendo em vista o melhor controle da mesma;

2.3 - Melhora a eficiência de irrigação, onde se pode irrigar uma maior área com menor disponibilidade de água;

2.4 - Aumento do rendimento das máquinas;

2.5 - Proporciona uma melhor drenagem superficial, principalmente para regiões mais úmidas.

3) DESVANTAGENS DA SISTEMATIZAÇÃO:

3.1 - *Alto custo:* É uma das operações mais onerosas, incluindo o preparo do terreno, levantamento topográfico (micro topografia através do nivelamento geométrico), cálculo e movimento de terras;

3.2 - *Queda e heterogenicidade da superfície:* Deve-se considerar o longo período de tempo gasto no projeto e implantação da sistematização, além do tempo cioso e capital empatado até a recuperação total da fertilidade de áreas recém sistematizadas;

3.3 - *Limitações edáficas:* A sistematização só pode ser efetuada em solos profundos e homogêneos, de modo a jamais expor o sub solo. A solos rasos jamais se permite expor a sistematização, optando-se por outros métodos de irrigação: aspersão, gotejamento, etc. Mesmo onde a profundidade não é problema, tem-se como norma geral não fazer cortes de mais do que 1 / 3 da espessura do solo agrícola. A maioria dos órgãos (Finor, DNOCS, Codevasf e autores diversos), consideram como limitantes à sistematização movimentos de terras superiores a 790,00 m³ / ha.

4) CRITÉRIOS PARA SISTEMATIZAÇÃO:

4.1 - CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS:

- *PROFUNDIDADE:* Influi principalmente na altura máxima dos cortes e aterros de modo a causar o mínimo dano à fertilidade. Deve ser determinada por pedólogos.

- *TEXTURA / ESTRUTURA:* Influi na relação corte / aterro, no comprimento das U.S. (Unidades de sistematização) e na pendente longitudinal.

Não se deve delimitar uma U.S. onde as linhas de plantio se iniciam em solo arenoso e terminam em solo argiloso e vice-versa. É sempre interessante sistematizar uma área onde é possível sobrepor ao solo pesado um solo leve, de manejo bem mais fácil. Assim, obtém-se os benefícios da capacidade de retenção da umidade do solo pesado no subsolo.

- **PEDREGOSIDADE:** Muitas vezes torna-se proibitiva a sistematização devido a grande ocorrência de pedras. Ex: Perímetro irrigado de Mandacará, Juazeiro - Bahia, que apresenta grandes blocos de calcáreo.

4.2 - CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS:

- A sistematização é uma operação que expõe gravemente o solo a efeitos da erosão eólica e hídrica, devendo ser cuidadosamente programada para uma época em que os efeitos das chuvas e ventos sejam menos agressivos. A melhor época é logo após a estação chuvosa, quando o solo está no “ponto de lavra”, e as máquinas e equipamentos apresentam maior rendimento no movimento de terras, sem atolamento nem deslizamento e o perigo das enxurradas é mínimo ou inexistente.

4.3 - CARACTERÍSTICAS LIGADAS AO RELEVO:

- **PENDENTES:** Muitos autores consideram como limitante, máximo de 5 % de declividade;

- **UNIFORMIDADE DAS RAMPAS:** Quanto mais uniforme for a rampa, menor é o movimento de terra e mais rápida será a sistematização. Assim, é mais conveniente e barato a sistematização de um solo com rampa mais uniforme e uma pendente mais acentuada, do que uma pendente mais suave porém com rampas variáveis.

4.4 - PENDENTE LONGITUDINAL: Em sistematização denomina-se pendente longitudinal, a pendente no sentido do fluxo da irrigação. Assim, em irrigação por infiltração, a pendente longitudinal é no sentido dos sulcos e a transversal, perpendicular à primeira.

A pendente longitudinal é função dos seguintes elementos:

- Declividade longitudinal média do terreno;
- textura do solo;
- vazão média.

Como norma geral, para solos do Nordeste, recomenda-se uma pendente longitudinal entre 0,1% a 0,5 %.

4.5 - CULTURAS: Culturas mais delicadas, com sistema radicular pouco desenvolvido, exigem uma sistematização mais rigorosa. Ex: hortaliças. Culturas mais rústicas, com sistema radicular mais desenvolvido, exigem uma sistematização menos rigorosa. Ex: milho e sorgo.

4.6 - PRÁTICA PESSOAL: O êxito da sistematização depende fundamentalmente da perícia do pessoal envolvido como: topógrafos, desenhistas, calculistas, etc. Porém, principalmente dos operadores dos equipamentos de movimento de terras, como tratores, plainas, motoniveladoras, patrões, etc. A habilidade pessoal requer longa prática e experiência no ramo sendo sempre arriscado as improvisações. Mais prudente é contratar-se pessoal tarimbado no setor, a fim de se evitar danos irreparáveis ao solo.

5) GRAUS DE SISTEMATIZAÇÃO:

5.1 - SISTEMATIZAÇÃO DE 1º GRAU: São lotes com topografia quase que regular, que com duas ou três passadas de patrol, pode-se obter uma superfície adequada à irrigação.

5.2 - SISTEMATIZAÇÃO DE 2º GRAU: São lotes que apresentam uma micro topografia bem definida em pequenas áreas, mas com alturas a considerar, onde se torna necessário o emprego de máquinas pesadas para eliminar os acidentes e logo depois, com duas ou três passadas de patrol, pode-se obter uma superfície adequada à irrigação.

5.3 - SISTEMATIZAÇÃO DE 3º GRAU: São lotes que apresentam uma topografia irregular, onde requer um movimento maior de terra, com uma espessura regular de corte, onde se torna necessário os cálculos de cortes e aterros, obtendo-se assim, uma superfície adequada à irrigação.

Sua utilização implica numa série de dados a serem levantados para que sua prática seja dotada de pleno êxito, já que deve-se efetuar trabalhos de corte e aterro no terreno, e isto não venha diminuir a fertilidade do solo. Os principais dados a serem levantados são:

5.3.1 - SOLOS:

Identificar a textura, profundidade, velocidade de infiltração e fertilidade, para que, ao se projetar a sistematização, esta não venha modificar a fertilidade do solo quando processados os cortes no terreno;

5.3.2 - CLIMA:

Nas zonas semi-áridas e áridas, deve-se sistematizar o solo para que se tenha uma distribuição uniforme da água de irrigação, evitando-se assim grandes perdas e aumentando a eficiência de irrigação. Já nas zonas de alta pluviosidade, a prática da sistematização serve bem para melhorar a drenagem do solo e evitar a erosão superficial.

5.3.3 - TOPOGRAFIA:

As condições topográficas da área a sistematizar são de grande importância nas áreas agrícolas e convém adotar-se uma classificação levando-se em conta os acidentes do relevo do solo. Por isso, deve-se considerar as declividades compreendidas dentro dos limites práticos para o tipo de irrigação que se vai explorar (irrigação superficial em sulcos, em faixas ou por inundação) e de acordo com o tipo de solo (argiloso, franco-argiloso, franco-arenoso);

5.3.4 - CULTIVOS:

De acordo com o tipo de cultura a ser implantada na área a ser sistematizada, é que se escolhe o tipo de irrigação a ser empregado, podendo-se assim se ter uma idéia do grau de sistematização a ser adotado. A implantação de culturas nobres, de alta rentabilidade, pagam bem uma sistematização de 3º grau.

5.3.5 - TRADIÇÃO AGRÍCOLA:

As práticas agrícolas de agricultores da região devem ser bem estudadas e “consideradas”, para que se faça um projeto que venha aperfeiçoar ainda mais os conhecimentos agrícolas da região, não chocando por inteiro com uma tradição já existente.

5.3.6 - ETAPAS DA SISTEMATIZAÇÃO:

A Sistematização para ser bem conduzida e bem acabada, deverá seguir uma sequência lógica denominada “Etapas da Sistematização”.

É indispensável ao técnico dispor de uma planta plani-altimétrica em escala conveniente, afora casos especiais de áreas diminutas, em que uma simples vistoria seguida de croquí é suficiente.

De posse da planta, o técnico procurará subdividir a área em unidades autônomas em função do contorno, comprimento ideal dos sulcos de irrigação, pendentes ideais a serem adotadas, etc. Estas sub-áreas denominam-se *UNIDADES DE SISTEMATIZAÇÃO* ou *U.S.*

Esta etapa é extremamente delicada, necessitando o técnico de alta sensibilidade, criatividade, bom senso e vivência, visto que é a base de êxito do projeto. É a etapa mais difícil da sistematização.

Neste trabalho de delimitação das U.S., devemos considerar:

FORMATO: As U.S. deverão ter um formato regular: quadrado, trapézio reto, retângulo ou uma combinação destas figuras, pois é necessário executar uma quadriculação do terreno;

CONTORNO: O eixo longitudinal da U.S. deverá se aproximar ao máximo das curvas de nível, a fim de se reduzir o movimento de terras;

DIMENSÕES: O comprimento e largura das U.S. deverão ser um múltiplo do equi-espacamento a ser adotado no piqueteamento da área, geralmente múltiplo de 10 ou 20 metros. Há autores que recomendam que a largura das U.S. não ultrapasse os 80 / 100 metros.

Antes de se tomar os dados topográficos com o objetivo de determinar o grau de sistematização, deve-se dividir a área em lotes com aproximadamente a mesma declividade, a fim de se ter o delineamento da irrigação e o delimitamento da própria sistematização. É de se salientar que toda a área deve ser tomada como um todo, e não cada lote como uma unidade isolada de trabalho, pois uma vez obtidos os dados topográficos nesses lotes assim isoladamente, podem surgir dúvidas sobre a continuidade dentro da mesma área das curvas de nível obtidas e, portanto, dificultar um bom traçado para a irrigação parcelária (em parcelas ou lotes) e encarecer os serviços ao se fazer uma sistematização inadequada.

AS PRINCIPAIS ETAPAS DA SISTEMATIZAÇÃO SÃO:

1. Desmatamento;
2. Encoivramento;
3. Extração de raízes;
4. Sub solagem;
5. Aração profunda: arado de aiveca ou disco;
6. Gradagem nos dois sentidos: grade de dente, molas ou disco;
7. Pré- nivelamento : com plaina niveladora;
8. Levantamento topográfico plani-altimétrico (nivelamento geométrico);
9. Cálculo da caderneta de campo;
10. Desenho das curvas de nível (Equidistância de 20, 25 ou 50 centímetros);
11. Preparação do mapa da sistematização;
12. Cálculos;
13. Marcação no campo dos cortes e aterros;
14. Trabalho das máquinas;
15. Conferência dos cortes e aterros no campo;
16. Traçado da irrigação e dos drenos;
17. Refertilização do solo sistematizado.

5.3.6.1 - DESMATAMENTO:

Deve-se proceder o desmatamento do campo com o fim de se eliminar a vegetação existente ou somente eliminar os restos de culturas anteriores.

5.3.6.2 - ENCOIVARAMENTO:

No caso do produto dessa limpa não poder ser incorporado ao solo mediante uma simples aração e gradagem, se procederá a junta e queima do produto dessa limpa.

5.3.6.3 - EXTRAÇÃO DE RAÍZES:

Deve-se efetuar a extração de raízes, caso seja necessária, após a eliminação de vegetação já existente ou mesmo após a eliminação de restos de cultura arbustivas ou arbóreas.

5.3.6.4 - SUB-SOLAGEM:

Diferentes graus de compactação ou densidade do solo serão encontrados na área da sistematização devido ao trânsito das máquinas. A subsolagem tem a finalidade de permitir a drenagem uniforme em toda extensão, permitir o crescimento do sistema radicular e, mais importante, controlar a umidade do solo.

5.3.6.5 - ARAÇÃO:

Geralmente profunda, podendo ser empregado o arado de aiveca ou de disco.

5.3.6.6 - GRADAGEM:

Nos terrenos recém desbravados ou severamente compactados a gradagem pesada é recomendada para a primeira operação e em seguida uma gradagem leve irá deixar o terreno em condições para a plaina niveladora ou pranchamento. Em outras situações, uma gradagem média ou leve pode ser suficiente.

5.3.6.7 - PRÉ-NIVELAMENTO:

A plaina niveladora tem por função deixar a superfície o mais regular possível para evitar distorções no levantamento topográfico.

5.3.6.8 - LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO PLANI-ALTIMÉTRICO:

Uma vez que se tenha o terreno preparado, procede-se a coleta dos dados topográficos conforme descrição seguinte:

Deverão ser traçadas duas linhas básicas perpendiculares entre si, com o auxílio de um teodolito, estaqueadas em espaços pré-estabelecidos (20,00 metros; 25,00 metros; etc.), sendo que a primeira estaca deverá ficar a meio espaço das linhas básicas, a fim de se começar a delimitação da superfície do lote a sistematizar. (Ver Figura 1). A RN (referência de nível) deverá ficar em local bem seguro e fora da área que irá sofrer movimentação de terra.

Para uma segura identificação dos vértices da quadrícula, deve-se representar as abscissas por números(colunas) e as ordenadas por letras (linhas).

Após a marcação das duas linhas básicas perpendiculares entre si e respectivos estaqueamentos, procede-se a marcação do restante da área, usando-se duas trenas de comprimento igual ao espaçamento e três balizas , cuja interseção nos dará a localização da estaca seguinte, até o fechamento total da área.

OBS: As estacas deverão ter 1,20 metros de comprimento e receberão as devidas identificações (A -1); (B - 1); etc. Nelas deverão ser marcadas as larguras de cortes (pintadas de vermelho) e de aterros (pintadas de azul).

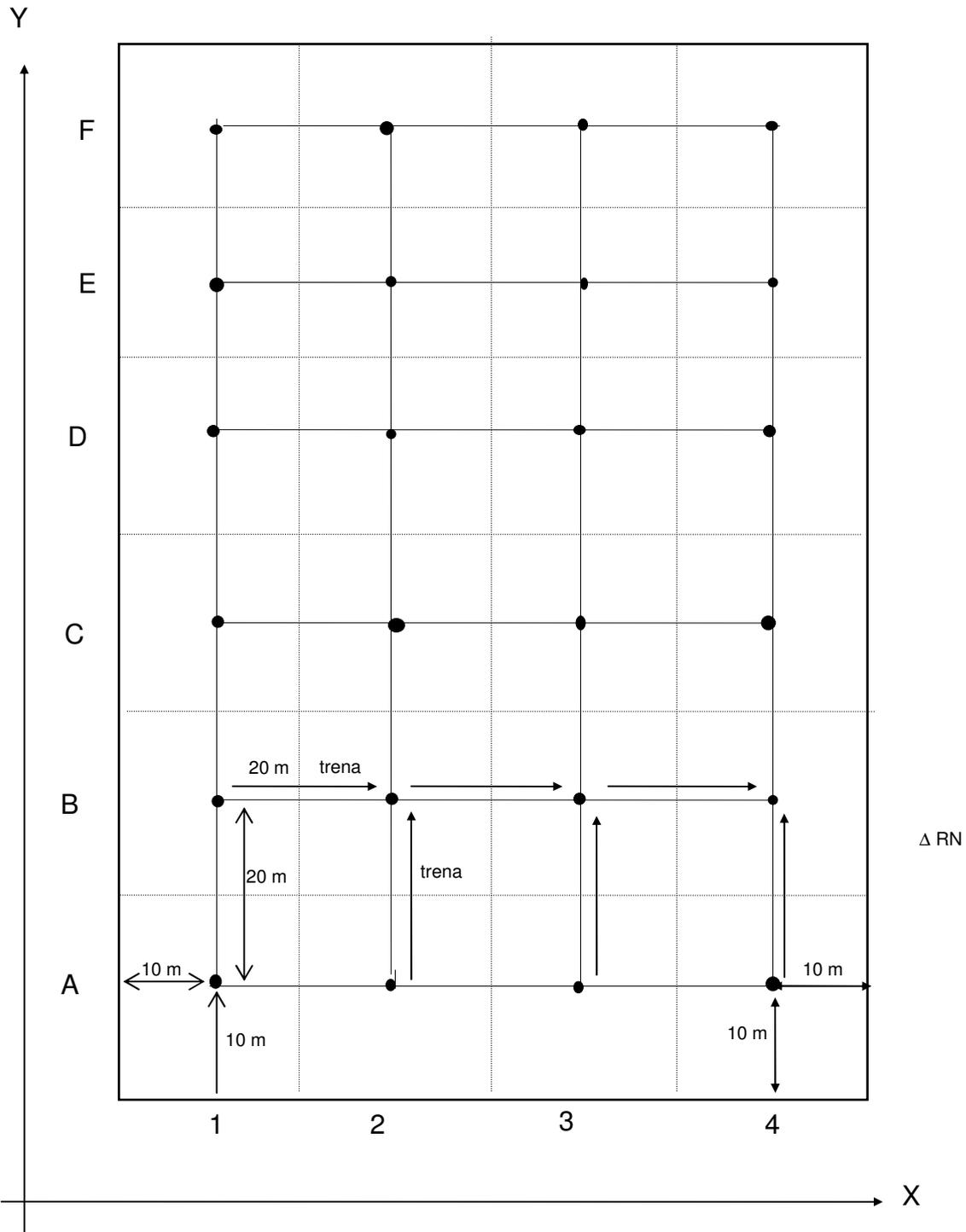


FIGURA 1: Estaqueamento da área a ser sistematizada (20,00 x 20,00 metros).

OBS: Linha e Coluna básicas a meio espaço das quadrículas.

Após o estaqueamento da área, procede-se o nivelamento geométrico da mesma com o auxílio do nível de luneta e anotação na respectiva caderneta de campo (modelo anexo) .

CADERNETA DE CAMPO DO NIVELAMENTO GEOMÉTRICO

ESTAÇÕES	PONTOS VISADOS	VISADAS		ALTURA DO INSTRUMENTO	COTAS	OBSERVAÇÕES
		RÉ	VANTE			

5.3.6.9 - CÁLCULO DA CADERNETA DE CAMPO:

Após a conclusão dos trabalhos de campo, efetua-se o cálculo da referida caderneta, tendo-se o cuidado de fazer-se a verificação dos cálculos.

$$\sum \text{Visadas de Ré} - \sum \text{visadas vante prop. ditas} = \text{Cota final} - \text{Cota inicial}$$

5.3.6.10 - DESENHO DAS CURVAS DE NÍVEL:

Uma vez calculadas as cotas de todos os vértices das quadrículas, providencia-se a planta do lote, traçando-se as curvas de nível com equidistância de 20, 25 ou 50 centímetros. Esta planta altimétrica é importante porque nos dá uma idéia inicial dos locais onde serão feitos os cortes e os aterros, permitindo com isto, um melhor planejamento da sistematização como um todo.

5.3.6.11 - PREPARAÇÃO DO MAPA DA SISTEMATIZAÇÃO:

Antes de se desenhar as curvas de nível, é importante que se prepare o MAPA DA SISTEMATIZAÇÃO. Para cada vértice da sistematização, traçamos uma cruz deitada e em cada quadrante anotamos todos os valores calculados, conforme o esquema que se segue:

COTA DO TERRENO	ATERRO (AZUL)
COTA CALCULADA	CORTE (VERMELHO)
COTA FINAL OU CORRIGIDA	

OBS: É aconselhável que se prepare o mapa da sistematização sobre uma folha de papel milimetrado, formato A - 2, na escala de 1:500.

5.3.6.12- CÁLCULOS:

Inicialmente apresentamos todas as fórmulas utilizadas pelos métodos que iremos descrever, com os comentários necessários e, em seguida, efetuaremos o cálculo da sistematização pelo Método do Centróide, pelo Método dos Mínimos Quadrados e pelo Método dos Momentos Diferências.

A) CÁLCULO DO NÚMERO DE COLUNAS:

$$N_C = a$$

B) CÁLCULO DO NÚMERO DE LINHAS:

$$N_L = b$$

C) CÁLCULO DO NÚMERO DE PONTOS OU ESTACAS:

$$N_T = N_C \times N_L = a \times b$$

D) CÁLCULO DA ABCISSA DO CENTÓIDE:

$$X_A = \frac{N_C + 1}{2} = \frac{a + 1}{2}$$

E) CÁLCULO DA ORDENADA DO CENTÓIDE:

$$Y_B = \boxed{}$$

F) CÁLCULO DO SOMATÓRIO DAS ALTURAS OU COTAS:

$$\sum H = \sum \text{Linhas} = \sum \text{Colunas} = \text{Somatório das Alturas ou Cotas}$$

G) CÁLCULO DA ALTURA MÉDIA DO CENTRÓIDE:

$$H_m = \frac{\sum H}{N_T}$$

H) CÁLCULO DA DECLIVIDADE NO SENTIDO DO EIXO DOS X:

$$X / 20 \text{ m} = \frac{\sum \text{Ultima coluna} - \sum \text{Primeira coluna}}{(a - 1) b}$$

OBS: $X / 20 \text{ metros} \times 5 = \text{Declividade em \% sobre o eixo dos X.}$

I) CÁLCULO DA DECLIVIDADE NO SENTIDO DO EIXO DOS Y:

$$Y / 20 \text{ m} = \boxed{}$$

OBS: $Y / 20 \text{ metros} \times 5 = \text{Declividade em \% sobre o eixo dos Y.}$

J) CÁLCULO DA COTA INICIAL:

$$A - 1 = \text{COTA INICIAL} = H_m - [X / 20m (X_A - 1)] - [Y / 20m (Y_B - 1)]$$

OBS: Após o cálculo da cota inicial, calcula-se as cotas dos outros pontos junto ao mapa base e em função das declividades calculadas em X e em Y.

K) CÁLCULO DOS CORTES E ATERROS:

Consiste no preenchimento da TABELA DE CORTES E ATERROS, transferindo-se do mapa base para esta tabela, as cotas de terreno e as cotas calculadas efetuando-se logo em seguida os cálculos de cortes e aterros pela fórmula abaixo:

$$\text{COTA CALCULADA} - \text{COTA DE TERRENO} \begin{cases} \rightarrow (+) \text{ ATERRO} \\ \rightarrow (-) \text{ CORTE} \end{cases}$$

L) CÁLCULO DA VERIFICAÇÃO DA RELAÇÃO CORTE / ATERRO:

Quando a relação corte / aterro não atinge o valor do coeficiente textural correspondente ao do solo que se está sistematizando, torna-se necessário fazer-se uma correção, tendo-se em vista que o volume de corte seja sempre superior ao de aterro. Isso porque sempre há perdas de terras causadas pela ação dos ventos, levando-se em conta o tamanho das partículas de solo. Daí porque o coeficiente textural (k) ser maior nos solos de textura pesada e menor nos solos de textura mais leve.

Torna-se também necessário esse acréscimo de corte em relação ao de aterro, por causa do “acamamento” das terras nas áreas de aterros.

TABELA DE COEFICIENTE TEXTURAL (k) DE ACORDO COM A NATUREZA E TIPO DE SOLO

TEXTURA	FRANCO-ARENOSA	k = 1,15
TEXTURA	FRANCO-ARGILOSA	k = 1,20
TEXTURA	ARGILOSA	k = 1,30

M) CÁLCULO DO FATOR DE CORREÇÃO PARA OS CORTES E ATERROS CORRIGIDOS OU FINAIS:

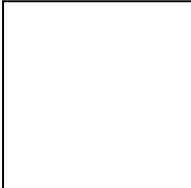
*		
$F_c = Z \Rightarrow$		

* Fórmula do Prof. Geraldo Viana, FAMESF, Juazeiro, Ba.

Onde: Σ cortes = somatório dos cortes calculados;
 Σ aterros = somatório dos aterros calculados;
 N cortes = número de piquetes onde serão dados os cortes;
 N aterros = número de piquetes onde serão dados os aterros;
 Z = Fator de correção para ajustamento do corte / aterro;
 k = relação corte / aterro desejada (coeficiente textural do solo).

OBS: A incógnita procurada é o Z = Fator de correção em milímetros inteiros.

COMENTÁRIO: Na fórmula anterior, temos no numerador os sinais \pm e no

denominador os sinais . Quando queremos aumentar os cortes, usa-se (+) no numerador e (-) no denominador. Caso contrário, inverte-se os sinais.

N) CÁLCULO DAS COTAS FINAIS OU CORRIGIDAS:

$$\boxed{\text{COTA FINAL} = \text{COTA CALCULADA} - Z}$$

O) CÁLCULO DOS CORTES E ATERROS CORRIGIDOS:

$$\text{COTA FINAL} - \text{COTA DE TERRENO} \begin{cases} \rightarrow (+) \text{ ATERRO} \\ \rightarrow (-) \text{ CORTE} \end{cases}$$

OBS : Os cálculos dos itens (N) e (O) são efetuados na TABELA DE CORTES E ATERROS e posteriormente transferidos para o mapa da sistematização.

P) CÁLCULO DA ÁREA DA U.S. :

$$S = N_T \times E^2 \text{ (m}^2\text{)} \quad \text{onde: } E = \text{lado da quadrícula} \\ N_T = \text{número total de pontos ou estacas.}$$

Q) CÁLCULO DO VOLUME DE CORTES:

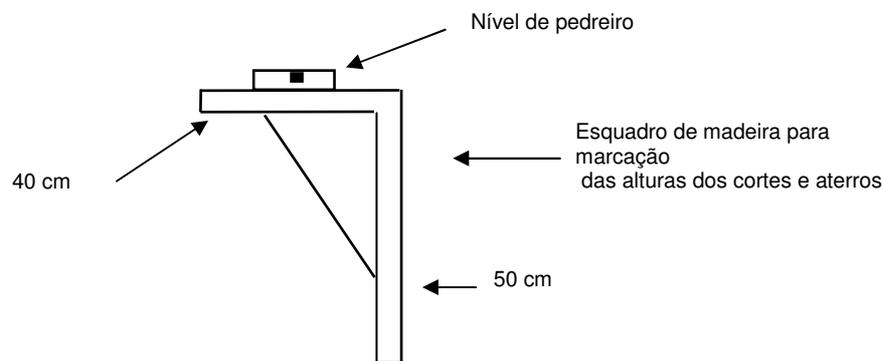
$$V_{\text{cortes}} \text{ (m}^3\text{)} = \Sigma \text{ cortes (m)} \times E^2 \text{ (m}^2\text{)}$$

R) CÁLCULO DO VOLUME DE CORTES / HECTARES:

$$V_{\text{cortes}} / \text{ha} = \boxed{\phantom{V_{\text{cortes}} / \text{m}^3 / \text{ha}}} = V_{\text{cortes}} / \text{m}^3 / \text{ha.}$$

5.3.6.13 - MARCAÇÃO NO CAMPO DOS CORTES E ATERROS:

Após o cálculo dos cortes e aterros, procede-se a marcação no campo das respectivas alturas, com o auxílio de um esquadro de madeira de 90 graus, tendo um dos catetos 50 centímetros (que ficará na vertical, apoiado ao solo) e o outro de 40 centímetros (que ficará na horizontal ,apoiado à estaca). A horizontalidade do cateto menor, se dará com o auxílio de um nível de pedreiro apoiado ao mesmo. (Ver Figura abaixo).

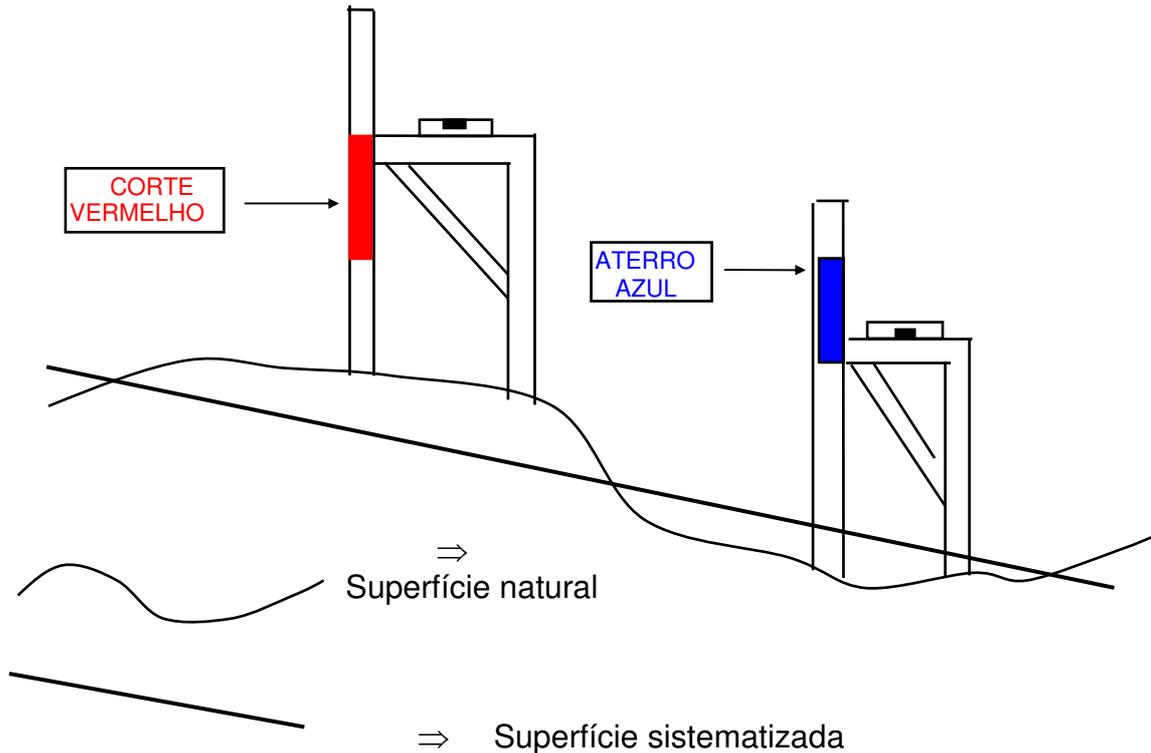


COMO PROCEDER A MARCAÇÃO DOS CORTES E ATERROS:

1) Usando-se um esquadro de madeira:

Para marcação dos cortes: Encosta-se a extremidade do cateto menor do esquadro na estaca e, com o auxílio de uma régua de 50 centímetros marca-se a altura de corte para baixo, pintando em seguida de vermelho. À medida que a máquina for efetuando o corte, vai-se conferindo com o esquadro, até o mesmo atingir a parte inferior da marcação. (Ver figura abaixo).

Para marcação dos aterros: Encosta-se a extremidade do cateto menor do esquadro na estaca e, com o auxílio de uma régua de 50 centímetros marca-se a altura de aterro para cima, pintando em seguida de azul. À medida que a máquina for efetuando o aterro, vai-se conferindo com o esquadro, até o mesmo atingir a parte superior da marcação. (Ver figura abaixo)



2) Usando-se o Nível de luneta e mira falante:

Com o auxílio do mapa da sistematização, nível de luneta e mira falante, procede-se a marcação dos cortes e aterros via nivelamento geométrico, que é o processo mais convencional, pintando-se os cortes de vermelho e os aterros de azul.

5.3.6.14 - TRABALHO DAS MÁQUINAS:

A Sistematização necessita de equipamento específico com características próprias para causar o mínimo de distúrbio ao solo, boa capacidade de produção para não onerar o custo da obra e precisão necessária para o acabamento dos trabalhos.

Para a execução da sistematização, um único trator de esteiras pode ser utilizado desde o desbravamento até o acabamento e posterior manutenção do projeto. Assim, ele irá operar com lâmina (bulldozer), ancinho, grades aradoras e niveladoras, escrepilers rebocáveis, caçamba niveladora, plaina niveladora, subsoladores, valetadeiras, etc. O uso do trator de esteiras justifica-se porque apresenta menor compactação e melhor flutuação devido à maior área de contato com o solo, como também pela sua versatilidade em trabalhar com vários implementos agrícolas.

Caso a área já esteja desmatada, para as operações de cortes e aterros, pode-se usar as moto scraps, que são uma espécie de pás raspadeiras e carregadeiras, que têm um rendimento muito eficiente. Após a conclusão dos cortes e aterros com as moto scrapers, emprega-se as niveladoras, com dois ou três repasses. Estas niveladoras são denominadas de patrol, com elevado rendimento e com controle de angulação da lâmina por sistema hidráulico.

O ideal seria contratar-se firmas especializadas, que teriam a maquinária indicada para cada operação e profissionais operadores de máquinas os mais habilitados possíveis.

5.3.6.15 - CONFERÊNCIA DOS CORTES E ATERROS NO CAMPO:

1) Usando-se o esquadro de madeira: Com o auxílio do esquadro de madeira, à medida que as máquinas forem efetuando os cortes e aterros, vai-se conferindo os mesmos, conforme efetuado para a marcação dos cortes e aterros.

2) Com o auxílio do nível de luneta e mira falante: À medida que as máquinas forem efetuando os cortes e aterros, vai-se conferindo os mesmos via nivelamento geométrico convencional e mapa da sistematização.

5.3.6.16 - TRAÇADO DA IRRIGAÇÃO E DOS DRENOS:

Concluído o trabalho das máquinas, o solo deverá se apresentar regularizado, plano, com pendentes longitudinal e transversal perfeitamente definidas e aptas ao traçado da irrigação: sulcos retos de infiltração; marachas (pequenas represas); quadras, etc. Após concluído o traçado da irrigação, promove-se a irrigação de assento, elevando o teor da água do solo da umidade atual à capacidade de campo e espera-se até a umidade atingir a água de reserva. Se necessário for, dá-se outro repasse com a niveladora, o que sempre ocorre com solos argilosos ou orgânicos.

A irrigação superficial devido a sua baixa eficiência, implica sempre num oneroso e complexo sistema de drenagem. A cada US corresponderá uma regadeira (canal de admissão de água), estruturas de aplicação (canais de infiltração, marachas, quadras, etc.) e drenos (canais de escoamento das sobras das irrigações). Dependendo das condições locais, é possível adotar-se um único dreno para duas regadeiras, o que de certa forma barateia o projeto. No planejamento geral, o sistema de irrigação ocupa sempre os pontos de maior cota, quer por condições naturais do relevo, quer por aterramento pelas máquinas e, os drenos, os pontos de menor cota. Assim, é necessário nas delimitações das US, também assinalar o traçado de irrigação o mais natural possível, bem como o sistema de drenagem, aproveitando o sistema natural de escoamento.

Como se vê, a delimitação das US é com certeza, a mais difícil das etapas da sistematização. Muitas firmas especializadas no ramo destacam um técnico com alta vivência, só para esta etapa.

5.3.6.17 – RÉ-FERTILIZAÇÃO:

Após a etapa descrita no item anterior, torna-se necessário restaurar a fertilidade do solo, o que se consegue num período de 2 a 5 anos, sempre fazendo-se rotações de cultura com mucuna, labe-labe, feijão de corda, crotalária, guandú, kudzú, etc., e incorporando ao solo toda esta matéria verde, através de aração ou gradagem, sempre na época da floração. Após a incorporação

de matéria orgânica e mobilização constante, o solo vai voltando lentamente à sua fertilidade primitiva e, muitas vezes a supera. Está concluída a sistematização.

6. MÉTODOS DE SISTEMATIZAÇÃO:

6.1 - MÉTODO DO CENTRÓIDE;

6.2 - MÉTODO DOS MÍNIMOS QUADRADOS;

6.3 - MÉTODO DOS MOMENTOS DIFERENCIAIS.

6.1 - MÉTODO DO CENTRÓIDE: O método baseia-se em ajustar a uma série de pontos cotados no espaço, que representam o modelado do terreno, um plano imaginário que intercepta o terreno num ponto, dito centróide, localizado no baricentro da US, cuja cota é a média dos pontos cotados e cujas pendentes são iguais ou próximas às do plano médio do terreno.

Para determinação das pendentes longitudinal e transversal, o método baseia-se na média algébrica das últimas linhas e colunas e primeiras linhas e colunas.

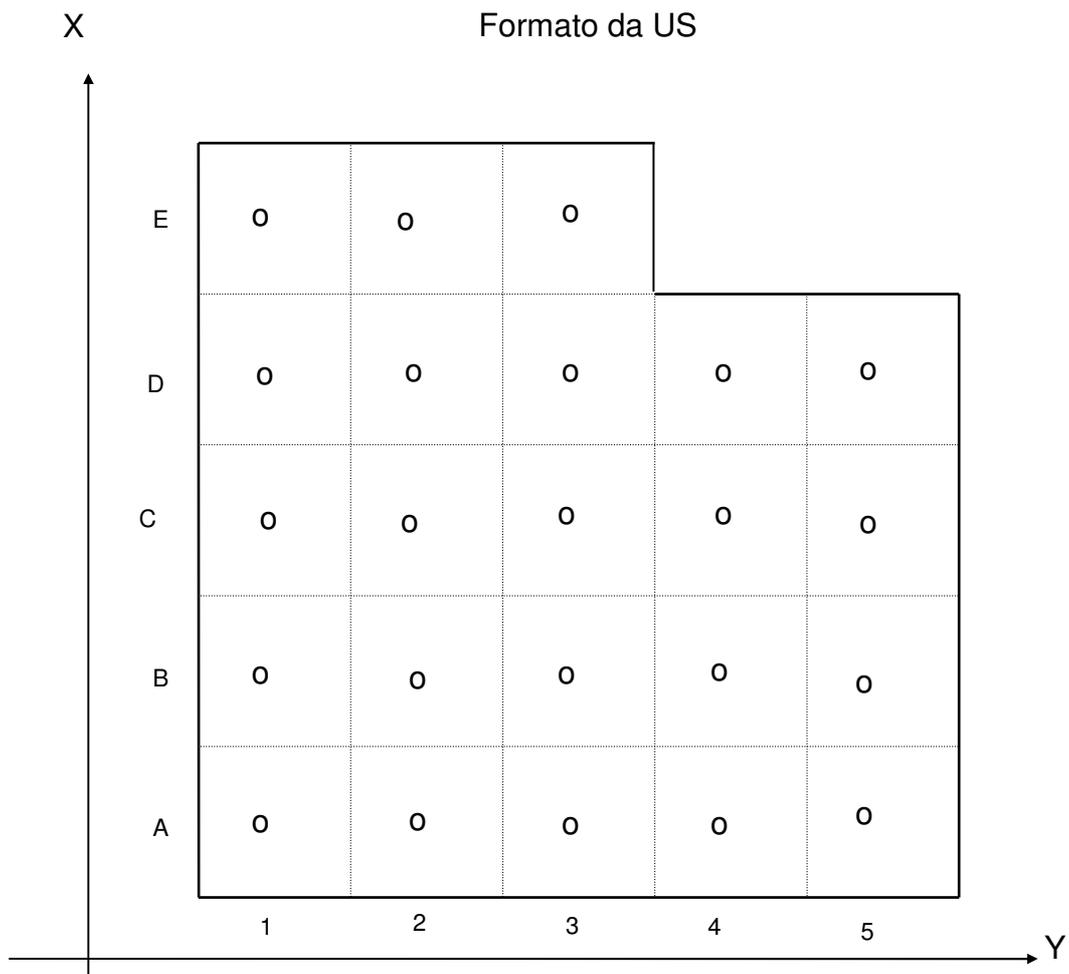
É o mais antigo método de sistematização e segundo alguns autores, originou-se na antiguidade , na Mesopotâmia, daí, emigrou para o Egito, Ásia, e foi introduzido na Península Ibérica pelos conquistadores árabes, difundindo-se por todo o ocidente, dele derivando-se os demais métodos.

É interessante notar que a definição do método do centróide em sua quase totalidade é válida para todos os outros métodos, só diferindo no processo da determinação das pendentes do plano da sistematização, conforme quadro abaixo.

PROCESSOS DE DETERMINAÇÃO DAS PENDENTES DO PLANO DA SISTEMATIZAÇÃO DOS PRINCIPAIS MÉTODOS UTILIZADOS

Nº DE ORDEM	MÉTODO	DETERMINAÇÃO DAS PENDENTES
01	Centróide	Média algébrica das últimas linhas e colunas e das primeiras linhas e colunas;
02	Mínimos Quadrados	Equações das pendentes dos planos da sistematização;
03	Momentos Diferenciais	Equações dos desníveis entre dois piquetes consecutivos nas linhas e colunas e relacionamento destes valores com as distâncias horizontais entre piquetes.

A partir da caderneta de nivelamento geométrico que segue, iremos demonstrar como se procede para o cálculo da sistematização de terrenos para irrigação pelo Método do Centróide. Este trabalho foi executado pelo autor no Perímetro Irrigado Poço da Cruz, pertencente ao DNOCS, no Município de Ibimirim, Estado de Pernambuco, em junho de 1987.

6.1.1 - FORMATO DA US:

Estaqueamento de 20,00 x 20,00 metros
Escala I: 1.000

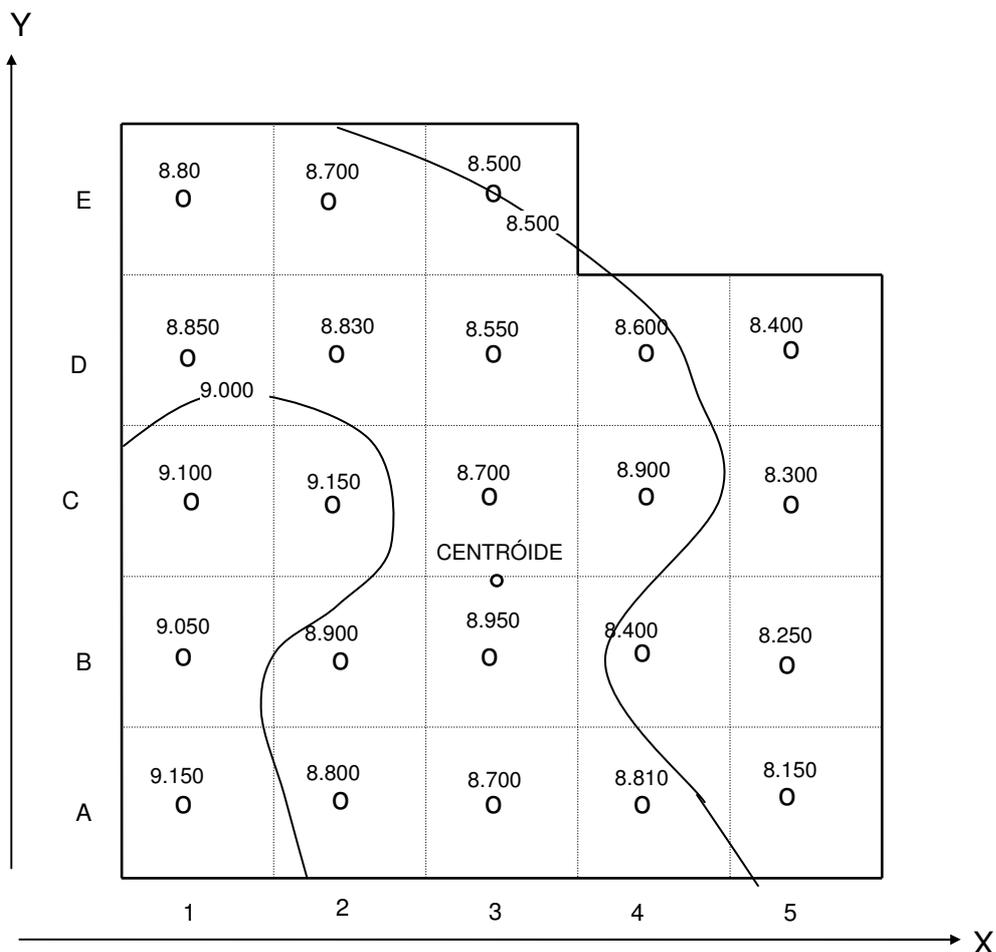
6.1.2 - CADERNETA DE NIVELAMENTO GEOMÉTRICO DA US :

ESTAÇÕES	PONTOS VISADOS	VISADAS	VISADAS	ALTURA DO INSTRUMENTO	COTAS
		RÉ	VANTE		
I	RN	400 mm		10.400 mm	10.000 mm
	A-1		1.250 mm		9.150
	A-2		1.600		8.800
	A-3		1.700		8.700
	A-4		1.590		8.810
	A-5		2.250		8.150
	B-1		1.350		9.050
	B-2		1.500		8.900
	B-3		1.450		8.950
	B-4		2.000		8.400
	B-5		2.150		8.250
	C-1		1.300		9.100
	C-2		1.250		9.150
	C-3		1.700		8.700
	C-4		1.500		8.900
	C-5		2.100		8.300
	D-1		1.150		8.850
	D-2		1.570		8.830
	D-3		1.850		8.550
	D-4		1.800		8.600
	D-5		2.000		8.400
	E-1		1.600		8.800
	E-2		1.700		8.700
	E-3		1.900		8.500

Uma vez calculadas as cotas dos vértices das quadrículas, providencia-se a planta do lote, traçando-se as curvas de nível com equidistância vertical de 20, 25 ou 50 centímetros.

Esta planta altimétrica é importante porque nos dá uma idéia inicial dos locais onde serão feitos os cortes e os aterros, permitindo com isto, um melhor planejamento da sistematização como um todo. Vide planta plani-altimétrica na página seguinte.

6.1.3 - PLANTA PLANIALTIMÉTRICA DA ÁREA DA US:



Escala 1:1.000

6.1.4 - PREPARAÇÃO DO MAPA DA SISTEMATIZAÇÃO:

Antes de se desenhar as curvas de nível, é importante que se prepare o MAPA DA SISTEMATIZAÇÃO. Para cada vértice da sistematização, traçamos uma cruz deitada e em cada quadrante anotamos todos os valores calculados, conforme o esquema que se segue. Ver Mapa da Preparação da Sistematização, página seguinte:

COTA DO TERRENO	ATERRO (AZUL)
COTA CALCULADA COTA FINAL OU CORRIGIDA	CORTE (VERMELHO)

OBS: É aconselhável que se prepare o mapa da sistematização sobre uma folha de papel milimetrado, formato A - 2, na escala de 1:500

MAPA DE PREPARAÇÃO DA SISTEMATIZAÇÃO

E	8800	870	8500			
D	8850	8830	8550	8600	8400	$\Sigma D = 43.230$
C	9100	9150	8700	8900	8300	$\Sigma C = 44.150$
B	9050	8900	8950	8400	8250	$\Sigma B = 43.550$
A	9150	8800	8700	8810	8150	$\Sigma A = 43.610$
	1	2	3	4	5	
	$\Sigma 1 = 36.150$	$\Sigma 2 = 35.680$	$\Sigma 3 = 34.900$	$\Sigma 4 = 34.710$	$\Sigma 5 = 33.100$	$\Sigma H = 174.540$

6.1.5 - CÁLCULOS:

A) CÁLCULO DO NÚMERO DE COLUNAS:

$$N_C = a = 5$$

B) CÁLCULO DO NÚMERO DE LINHAS:

$$N_L = b = 4$$

C) CÁLCULO DO NÚMERO DE PONTOS OU ESTACAS:

$$N_T = N_C \times N_L = a \times b = 5 \times 4 = 20 \text{ pontos ou estacas.}$$

D) CÁLCULO DA ABCISSA DO CENTÓIDE:

$$X_A = \frac{N_C + 1}{2} = \frac{a + 1}{2} = \boxed{}$$

E) CÁLCULO DA ORDENADA DO CENTÓIDE:

$$Y_B = \frac{N_L + 1}{2} = \frac{b + 1}{2} = \boxed{}$$

F) CÁLCULO DO SOMATÓRIO DAS ALTURAS OU COTAS:

$$\Sigma H = \Sigma \text{Linhas} = \Sigma \text{Colunas} = \text{Somatório das Alturas ou Cotas}$$

$$\Sigma H = \Sigma 1 + \Sigma 2 + \Sigma 3 + \Sigma 4 + \Sigma 5 = \Sigma A + \Sigma B + \Sigma C + \Sigma D$$

$$\text{NAS COLUNAS : } \Sigma H = 36.150 + 35.680 + 34.900 + 34.710 + 33.100 = 174.540 \text{ mm.}$$

$$\text{NAS LINHAS : } \Sigma H = 43.610 + 43.550 + 44.150 + 43.230 = 174.540 \text{ mm}$$

G) CÁLCULO DA ALTURA MÉDIA DO CENTRÓIDE:

$$H_m = \frac{\Sigma H}{N_T} = \boxed{}$$

H) CÁLCULO DA DECLIVIDADE NO SENTIDO DO EIXO DOS X:

$$X / 20 \text{ m} = \boxed{}$$

OBS: $X / 20 \text{ metros} \times 5 = \text{Declividade em \% sobre o eixo dos X.}$

$$\begin{aligned}\Sigma \text{ ÚLTIMA COLUNA} &= 33.100 \text{ mm (5ª coluna)} \\ \Sigma \text{ PRIMEIRA COLUNA} &= 36.150 \text{ mm (1ª coluna).}\end{aligned}$$

$$X / 20 \text{ m} = \boxed{}$$

OBS: $-0,191 \text{ m} \times 5 = -0,995 \% = -0.191 / 20 \text{ metros (Declividade no eixo dos X)}$

I) CÁLCULO DA DECLIVIDADE NO SENTIDO DO EIXO DOS Y:

$$Y / 20 \text{ m} = \boxed{}$$

OBS: $Y / 20 \text{ metros} \times 5 = \text{Declividade em \% sobre o eixo dos Y.}$

$$\begin{aligned}\Sigma \text{ ÚLTIMA LINHA} &= 43.230 \text{ mm (linha D)} \\ \Sigma \text{ PRIMEIRA LINHA} &= 43.610 \text{ mm (linha A)}\end{aligned}$$

$$Y / 20 \text{ m} = \boxed{}$$

OBS: $-0,025 \text{ m} \times 5 = -0,115 \% = -0,025 / 20 \text{ metros (Declividade no eixo dos Y).}$

J) CÁLCULO DA COTA INICIAL:

$$A - 1 = \text{COTA INICIAL} = H_m - [X / 20\text{m} (X_A - 1)] - [Y / 20\text{m} (Y_B - 1)]$$

$$A - 1 = \text{COTA INICIAL} = 8727\text{mm} - [-191\text{mm} (3 - 1)] - [-25\text{mm} (2,5 - 1)]$$

$$A - 1 = \text{COTA INICIAL} = 8727\text{mm} + 382\text{mm} + 37,5\text{mm} = 9.146,5\text{mm} = 9.147 \text{ mm}$$

$$\boxed{A - 1 = \text{COTA INICIAL} = 9.147 \text{ mm}}$$

OBS: Após a obtenção da COTA INICIAL CALCULADA, transfere-se esta COTA ($A - 1 = 9.147 \text{ mm}$) para o MAPA DA SISTEMATIZAÇÃO e calcula-se as cotas dos outros pontos em função das declividades calculadas em X e em Y: Vide 6.1.5, letras H e I ; Vide página 39.

⇒ Exemplo do cálculo das cotas dos pontos A-2, A-3, A-4 e A-5 no eixo das abcissas, obedecendo a declividade de - 191 mm / 20 metros:

$$A - 1 = 9147 \text{ mm}$$

$$A - 2 = 9147 \text{ mm} - 191 \text{ mm} = 8956 \text{ mm}$$

$$A - 3 = 8956 \text{ mm} - 191 \text{ mm} = 8765 \text{ mm}$$

$$A - 4 = 8765 \text{ mm} - 191 \text{ mm} = 8574 \text{ mm}$$

$$A - 5 = 8574 \text{ mm} - 191 \text{ mm} = 8383 \text{ mm}$$

⇒ Exemplo do cálculo das cotas dos pontos B-1, C-1, D-1 e E-1 no eixo das ordenadas, obedecendo a declividade de - 25 mm / 20 metros:

$$A - 1 = 9147 \text{ mm}$$

$$B - 1 = 9147 \text{ mm} - 25 \text{ mm} = 9122 \text{ mm}$$

$$C - 1 = 9122 \text{ mm} - 25 \text{ mm} = 9097 \text{ mm}$$

$$D - 1 = 9097 \text{ mm} - 25 \text{ mm} = 9072 \text{ mm}$$

$$E - 1 = 9072 \text{ mm} - 25 \text{ mm} = 9047 \text{ mm}$$

Obedecendo-se o mesmo raciocínio, calcula-se as cotas das demais estacas e transfere-se os valores calculados para o MAPA DA SISTEMATIZAÇÃO.

MAPA DA SISTEMATIZAÇÃO

E	<table border="1"> <tr><td>8800</td><td>+210</td></tr> <tr><td>9047</td><td></td></tr> <tr><td>9010</td><td></td></tr> </table>	8800	+210	9047		9010		<table border="1"> <tr><td>870</td><td>+119</td></tr> <tr><td>8856</td><td></td></tr> <tr><td>881</td><td></td></tr> </table>	870	+119	8856		881		<table border="1"> <tr><td>8500</td><td>+128</td></tr> <tr><td>8665</td><td></td></tr> <tr><td>8628</td><td></td></tr> </table>	8500	+128	8665		8628																
8800	+210																																			
9047																																				
9010																																				
870	+119																																			
8856																																				
881																																				
8500	+128																																			
8665																																				
8628																																				
D	<table border="1"> <tr><td>8850</td><td>+18</td></tr> <tr><td>9072</td><td></td></tr> <tr><td>9035</td><td></td></tr> </table>	8850	+18	9072		9035		<table border="1"> <tr><td>8830</td><td>+14</td></tr> <tr><td>8881</td><td></td></tr> <tr><td>8844</td><td></td></tr> </table>	8830	+14	8881		8844		<table border="1"> <tr><td>8550</td><td>+103</td></tr> <tr><td>8690</td><td></td></tr> <tr><td>8653</td><td></td></tr> </table>	8550	+103	8690		8653		<table border="1"> <tr><td>8600</td><td></td></tr> <tr><td>8499</td><td>-138</td></tr> <tr><td>8462</td><td></td></tr> </table>	8600		8499	-138	8462		<table border="1"> <tr><td>8400</td><td></td></tr> <tr><td>8308</td><td>-129</td></tr> <tr><td>8271</td><td></td></tr> </table>	8400		8308	-129	8271		Σ D = 43.230
8850	+18																																			
9072																																				
9035																																				
8830	+14																																			
8881																																				
8844																																				
8550	+103																																			
8690																																				
8653																																				
8600																																				
8499	-138																																			
8462																																				
8400																																				
8308	-129																																			
8271																																				
C	<table border="1"> <tr><td>9100</td><td></td></tr> <tr><td>9097</td><td>-40</td></tr> <tr><td>9060</td><td></td></tr> </table>	9100		9097	-40	9060		<table border="1"> <tr><td>9150</td><td></td></tr> <tr><td>8906</td><td>-281</td></tr> <tr><td>8869</td><td></td></tr> </table>	9150		8906	-281	8869		<table border="1"> <tr><td>8700</td><td></td></tr> <tr><td>8715</td><td>-22</td></tr> <tr><td>8678</td><td></td></tr> </table>	8700		8715	-22	8678		<table border="1"> <tr><td>8900</td><td></td></tr> <tr><td>8524</td><td>-413</td></tr> <tr><td>8487</td><td></td></tr> </table>	8900		8524	-413	8487		<table border="1"> <tr><td>8300</td><td></td></tr> <tr><td>8333</td><td>-4</td></tr> <tr><td>8296</td><td></td></tr> </table>	8300		8333	-4	8296		Σ C = 44.150
9100																																				
9097	-40																																			
9060																																				
9150																																				
8906	-281																																			
8869																																				
8700																																				
8715	-22																																			
8678																																				
8900																																				
8524	-413																																			
8487																																				
8300																																				
8333	-4																																			
8296																																				
B	<table border="1"> <tr><td>9050</td><td>+35</td></tr> <tr><td>9122</td><td></td></tr> <tr><td>9085</td><td></td></tr> </table>	9050	+35	9122		9085		<table border="1"> <tr><td>8900</td><td></td></tr> <tr><td>8931</td><td>-6</td></tr> <tr><td>8894</td><td></td></tr> </table>	8900		8931	-6	8894		<table border="1"> <tr><td>8950</td><td></td></tr> <tr><td>8740</td><td>-247</td></tr> <tr><td>8703</td><td></td></tr> </table>	8950		8740	-247	8703		<table border="1"> <tr><td>8400</td><td>+112</td></tr> <tr><td>8549</td><td></td></tr> <tr><td>8512</td><td></td></tr> </table>	8400	+112	8549		8512		<table border="1"> <tr><td>8250</td><td>+71</td></tr> <tr><td>8358</td><td></td></tr> <tr><td>8321</td><td></td></tr> </table>	8250	+71	8358		8321		Σ B = 43.550
9050	+35																																			
9122																																				
9085																																				
8900																																				
8931	-6																																			
8894																																				
8950																																				
8740	-247																																			
8703																																				
8400	+112																																			
8549																																				
8512																																				
8250	+71																																			
8358																																				
8321																																				
A	<table border="1"> <tr><td>9150</td><td></td></tr> <tr><td>9147</td><td>-40</td></tr> <tr><td>9110</td><td></td></tr> </table>	9150		9147	-40	9110		<table border="1"> <tr><td>8800</td><td>+119</td></tr> <tr><td>8956</td><td></td></tr> <tr><td>8919</td><td></td></tr> </table>	8800	+119	8956		8919		<table border="1"> <tr><td>8700</td><td>+28</td></tr> <tr><td>8765</td><td></td></tr> <tr><td>8728</td><td></td></tr> </table>	8700	+28	8765		8728		<table border="1"> <tr><td>8810</td><td></td></tr> <tr><td>8574</td><td>-273</td></tr> <tr><td>8537</td><td></td></tr> </table>	8810		8574	-273	8537		<table border="1"> <tr><td>8150</td><td>+196</td></tr> <tr><td>8383</td><td></td></tr> <tr><td>8346</td><td></td></tr> </table>	8150	+196	8383		8346		Σ A = 43.610
9150																																				
9147	-40																																			
9110																																				
8800	+119																																			
8956																																				
8919																																				
8700	+28																																			
8765																																				
8728																																				
8810																																				
8574	-273																																			
8537																																				
8150	+196																																			
8383																																				
8346																																				
	1	2	3	4	5	Σ H = 174.540																														
	Σ 1 = 36.150	Σ 2 = 35.680	Σ 3 = 34.900	Σ 4 = 34.710	Σ 5 = 33.100																															

Declividade no sentido do eixo dos X = - 191 mm / 20 metros.

Declividade no sentido do eixo dos Y = - 25 mm / 20 metros.

Todos os valores estão em milímetros.

K) CÁLCULO DOS CORTES E ATERROS:

Consiste no preenchimento da TABELA DE CORTES E ATERROS, transferindo-se do mapa base para esta tabela, as cotas de terreno e as cotas calculadas efetuando-se logo em seguida os cálculos de cortes e aterros pela fórmula abaixo:

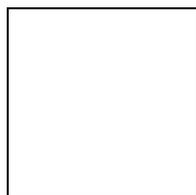
ATERRO \nearrow (+)
 COTA CALCULADA - COTA DE TERRENO
 CORTE \searrow (-)

TABELA PARA O CÁLCULO DE CORTES E ATERROS

ESTACAS	COTAS DO TERRENO	COTAS CALCULADAS	MOVIMENTO DE TERRA		COTAS FINAIS	MOVIMENTO DE TERRA	
			CORTES	ATERROS		CORTES	ATERROS
A - 1	9150	9147	- 3		9110	- 40	
2	8800	8956		+ 156	8919		+ 119
3	8700	8765		+ 65	8728		+ 28
4	8810	8574	- 236		8537	- 273	
5	8150	8383		+ 233	8346		+ 196
B - 1	9050	9122		+ 72	9085		+ 35
2	8900	8931		+ 31	8894	- 6	
3	8950	8740	- 210		8703	- 247	
4	8400	8549		+ 149	8512		+ 112
5	8250	8358		+ 108	8321		+ 71
C - 1	9100	9097	- 3		9060	- 40	
2	9150	8906	- 244		8869	- 281	
3	8700	8715		+ 15	8678	- 22	
4	8900	8524	- 376		8487	- 413	
5	8300	8333		+ 33	8296	- 4	
D - 1	8850	9072		+ 222	9035		+ 185
2	8830	8881		+ 51	8844		+ 14
3	8550	8690		+ 140	8653		+ 103
4	8600	8499	- 101		8462	- 138	
5	8400	8308	- 92		8271	- 129	
E - 1	8800	9047		+ 247	9010		+ 210
2	8700	8856		+ 156	8819		+ 119
3	8500	8665		+ 165	8628		+ 128
			Σ CORTES = - 1265 mm $N_C = 8$	Σ ATERROS = + 1843 mm $N_A = 15$		Σ CORTES = - 1593 mm	Σ ATERROS = + 1320 mm

OBS: Todos os valores estão em milímetros.

L) VERIFICAÇÃO DA RELAÇÃO CORTE / ATERRO:



Quando a relação corte / aterro não atinge o valor do coeficiente textural correspondente ao do solo que se está sistematizando, torna-se necessário fazer-se uma correção, tendo-se em vista que o volume de corte seja sempre superior ao de aterro. Isso porque sempre há perdas de terras causadas pela ação dos ventos, levando-se em conta o tamanho das partículas de solo. Daí porque o coeficiente textural (k) ser maior nos solos de textura pesada e menor nos solos de textura mais leve.

Torna-se também necessário esse acréscimo de corte em relação ao de aterro, por causa do “acamamento” das terras nas áreas de aterros.

TABELA DE COEFICIENTE TEXTURAL (k) DE ACORDO COM A NATUREZA E TIPO DE SOLO

TEXTURA	FRANCO-ARENOSA	k = 1,15
TEXTURA	FRANCO-ARGILOSA	k = 1,20
TEXTURA	ARGILOSA	k = 1,30

Este solo que estamos sistematizando tem uma textura “franco - argilosa”, portanto, o coeficiente textural é igual a 1,20 (k). Como a relação corte / aterro encontrada foi igual a 0,6886 torna-se necessário efetuar-se o cálculo do fator de correção z, para termos finalmente os cortes e aterros corrigidos ou finais.

M) CÁLCULO DA CORREÇÃO DOS CORTES E ATERROS: (Cálculo do Fator de Correção $F_c = Z$)

$$F_c = Z \Rightarrow \frac{\sum \text{cortes}}{\sum \text{aterros}} \cdot k$$

* Fórmula do Prof. Geraldo Viana, FAMESF, Juazeiro, Ba.

Onde: \sum cortes = somatório dos cortes calculados;

\sum aterros = somatório dos aterros calculados;

N cortes = número de piquetes onde serão dados os cortes;

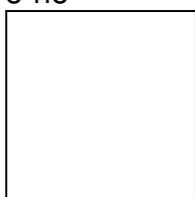
N aterros = número de piquetes onde serão dados os aterros;

Z = Fator de correção para ajustamento do corte / aterro;

k = relação corte / aterro desejada (coeficiente textural do solo).

OBS: A incógnita procurada é o Z = Fator de correção em milímetros inteiros.

COMENTÁRIO: Na fórmula anterior, temos no numerador os sinais \pm e no denominador os sinais



.Quando queremos aumentar os

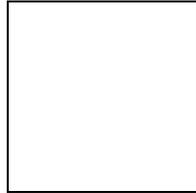
cortes,

usa-se (+) no numerador e (-) no denominador. Caso contrário, inverte-se os sinais.

Como no nosso caso teremos que aumentar o volume de cortes ($\Sigma C / \Sigma A = 0,6864$) e $k = 1,20$,teremos que usar no numerador o sinal positivo e no denominador o sinal negativo, porque ao procedermos um aumento nos cortes, conseqüentemente iremos diminuir os aterros.

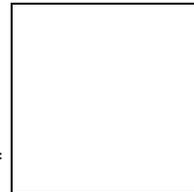
$$F_c \Rightarrow \frac{\Sigma C + N_C \times Z}{\Sigma A - N_A \times Z} = 1,20 \quad \text{Substituindo-se os valores correspondentes,} \quad \text{teremos:}$$

$F_c \Rightarrow$



$$F_c \Rightarrow 1265 + 8 Z = 1,20 (1843 - 15 Z) \Rightarrow 1265 + 8 Z = 2211,6 - 18 Z$$

$$F_c \Rightarrow 8 Z + 18 Z = 2211,6 - 1265 \Rightarrow Z =$$



$$\boxed{Z = \text{Fator de Correção} = 37 \text{ mm}}$$

N) CÁLCULO DAS COTAS FINAIS OU CORRIGIDAS:

$$\boxed{\text{COTA FINAL} = \text{COTA CALCULADA} - Z}$$

Estes cálculos estão efetuados na Tabela do Cálculo dos Cortes e Aterros (página 24)

O) CÁLCULO DOS CORTES E ATERROS CORRIGIDOS:

$$\text{COTA FINAL} - \text{COTA DE TERRENO} \begin{cases} \rightarrow (+) \text{ ATERRO} \\ \rightarrow (-) \text{ CORTE} \end{cases}$$

OBS: Os cálculos dos itens (N) e (O) são efetuados na TABELA DE CORTES E ATERROS e posteriormente transferidos para o mapa da sistematização.

P) CÁLCULO DA NOVA VERIFICAÇÃO DA RELAÇÃO CORTE / ATERRO:

Após o cálculo dos Cortes e Aterros Corrigidos (item O), faz-se nova verificação da relação Corte / Aterro para se saber se esta relação atingiu valor

