

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL
GEOTECNOLOGIAS



TOPOGRAFIA GERAL

NOTAS DE AULAS

JOSÉ MACHADO C. JÚNIOR
josemachado@dtr.ufrpe.br

**RECIFE
2013**



SUMÁRIO

PLANIMETRIA

AULA I - INTRODUÇÃO À TOPOGRAFIA.....	04
AULA II – EQUIPAMENTOS TOPOGRÁFICOS.....	12
AULA III - ÂNGULOS IMPORTANTES À TOPOGRAFIA.....	32
AULA IV - MEDIÇÕES DE DISTÂNCIAS.....	48
AULA V - LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO PLANIMÉTRICO.....	64
AULA VI - ESCALA.....	76
AULA VII - CÁLCULO DE ÁREA.....	90

ALTIMETRIA

AULA VIII - INTRODUÇÃO À ALTIMETRIA	97
AULA IX - NIVELAMENTO GEOMÉTRICO.....	112
AULA X – NIVELAMENTO TRIGONOMÉTRICO.....	125
AULA XI - PERFIS.....	131
AULA XII - SEÇÃO TRANSVERSAL.....	142
AULA XIII - CURVAS DE NÍVEL.....	148
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	166



PARTE I:
TOPOGRAFIA PLANIMÉTRICA
NOTAS DE AULAS

DTR - UFRPE

INTRODUÇÃO À TOPOGRAFIA

Aula I



1. História

Os nômades eram povos na antiguidade que não tinham residência fixa e tinham como atividades de sobrevivência a caça, pesca e exploração vegetal. Com a evolução da espécie, o homem necessitou tornar-se sedentário, aprendeu as técnicas de agricultura e pecuária e começou a formar uma sociedade mais organizada como vilas, cidades e outras formas de organização.

Ao passar por essas mudanças, o homem sentiu a necessidade de impor e espacializar domínios e demarcar áreas para construção de suas casas, vilas e para a agricultura. Essa nova forma de organização de sociedade fez com que o homem descobrisse a Topografia sem mesmo saber do que se tratava. Para organizar as sociedades eram necessários utilização de peças e/ou conjuntos de peças que seriam utilizadas para tal serviço. Essas peças seriam chamadas de instrumentos.

Os instrumentos topográficos, embora muito rudimentares e pouco precisos, foram criados pelos povos gregos, romanos, chineses, árabes, babilônicos e egípcios com finalidades de cadastro urbano e rural. Esses instrumentos tinham por finalidade delimitar, descrever e avaliar as propriedades.

O tempo se passou e na atualidade os instrumentos e métodos foram cada vez mais se aperfeiçoando, tornando mais fácil seu manejo e dispondo de mais recursos para o operador dando condições com precisões espantosas em relação à sua origem.

2. Definições

Existem muitas definições defendidas por diversos autores sobre o significado da Topografia. É sabido que o termo Topografia é originado da palavra *Topos Graphen* da língua grega. Após a tradução para a língua portuguesa têm-se *Topos* significando lugar ou região e *Graphen* equivalente a descrição.

Abaixo são descritas algumas definições importantes para o entendimento dessa ciência:

O autor DOMINGUES, 1979 define Topografia como uma ciência que significa "descrição exata e minuciosa de um determinado lugar".

O Professor Luiz Vêras da Universidade Federal Rural de Pernambuco define como "ciência que tem por objetivo conhecer, descrever e representar graficamente sobre uma superfície plana, partes da superfície da Terra, desconsiderando a curvatura da mesma".

O professor Humberto Alencar do IFPE, em sua apostila, apresenta uma definição mais detalhada sobre o assunto e define como sendo "a ciência que se ocupa em descrever, com precisão, os detalhes artificiais e naturais existentes na superfície terrestre. Essa descrição é feita através de medidas angulares e lineares. Essas, por sua vez, determinarão o contorno, a dimensão e a posição relativa de uma determinada porção da superfície da Terra, sem levar em consideração a curvatura resultante da sua esfericidade".

DOUBEK, 1989 define como: "A Topografia tem por objetivo o estudo dos instrumentos e métodos utilizados para obter a representação gráfica de uma porção do terreno sobre uma superfície plana".

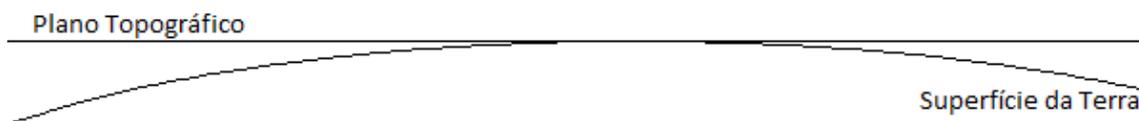
ESPARTEL, 1987 define como: "A Topografia tem por finalidade determinar o contorno, dimensão e posição relativa de uma porção limitada da superfície terrestre, sem levar em conta a curvatura resultante da esfericidade terrestre".

A Topografia e a Geodésia utilizam-se os mesmos instrumentos e muitos dos métodos para mapeamentos de áreas na superfície terrestre também são iguais. Sendo um ramo da Geodésia, a Topografia estuda apenas uma pequena porção da superfície terrestre considerando que essa superfície seja plana. A Geodésia estuda a porção maior que a estimada para a Topografia, levando em consideração a curvatura da Terra. Esse limite geométrico que delimita a Topografia e Geodésia varia de autor para autor de acordo com o erro admissível e se é economicamente viável para a Topografia.

Erro de esfericidade:

Os levantamentos topográficos e locações são realizados sobre a superfície curva da Terra, porém os dados coletados são projetados sobre uma superfície plana, o plano topográfico. Por causa disso, ocorre um erro chamado de erro de esfericidade.

Em Topografia, devem-se avaliar quais os limites máximos a serem trabalhados sem apresentar erros importantes.



A tabela abaixo indica a relação de quantos graus em coordenadas geográficas (primeira coluna) equivalem à distância na superfície curva (segunda coluna) e a distância no plano topográfico (terceira coluna) e o erro ocasionado por esta diferença (quarta coluna).

Coordenadas geográficas	Distância na curvatura (DC)	DH	DC-DH
1°	111.188,763 m	111.177,473 m	11,29 m
1′	1.852,958 m	1.852,957 m	0,02178 mm
30″	926,48 m	926,4789445 m	0,0065332 mm
1″	30,8826314 m	30,8826304 m	0,0010175 mm

3. Divisões

A Topografia é dividida em dois ramos: Topologia e Topometria. A Topologia é definida pelo prof. Luiz Vêras como "a parte da Topografia que se preocupa com as formas exteriores da superfície da Terra e as leis que regem o seu modelado". Sendo de bastante importância aos estudos de Geologia e fora dos nossos objetivos de ensino.

A Topometria é um ramo da Topografia que têm como objetivo as medições de elementos característicos de uma determinada área. Esse ramo divide-se em Planimetria e Altimetria.

A Figura 1 demonstra a esquematização das divisões que ocorrem na Topografia.

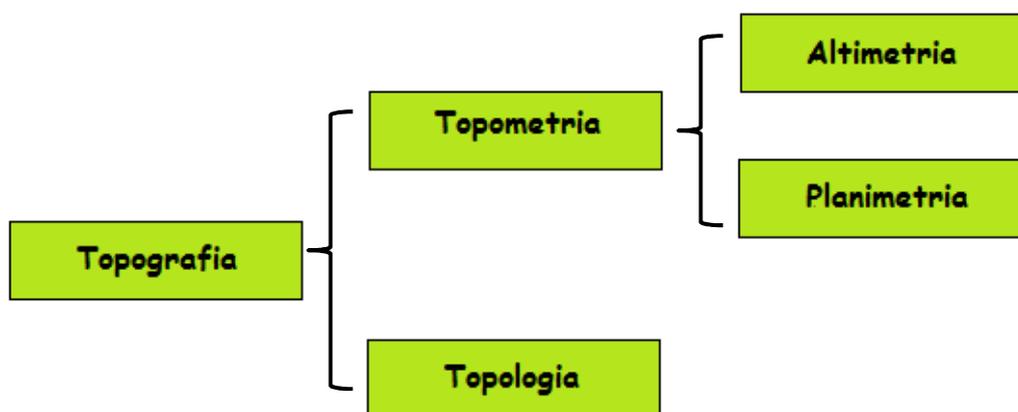


Figura 1- Esquematização dos ramos da Topografia.

A Planimetria estuda os instrumentos e métodos utilizados para obtenção da representação de uma determinada área, em escala, sem dar ideia do relevo.

A Altimetria estuda os instrumentos e métodos utilizados para obtenção da representação de uma determinada área, em escala, dando ideia apenas do relevo.

A Planialtimetria estuda os instrumentos e métodos utilizados para obtenção da representação de uma determinada área, em escala, unindo a planimetria e altimetria.

A Figura 2 demonstra a representação planimétrica (B), altimétrica (C) e planialtimétrica (D) de uma pirâmide (A) com 4 cm em seus lados, curvas de nível com equidistância de 2 cm e seu pico no valor de 5 cm.

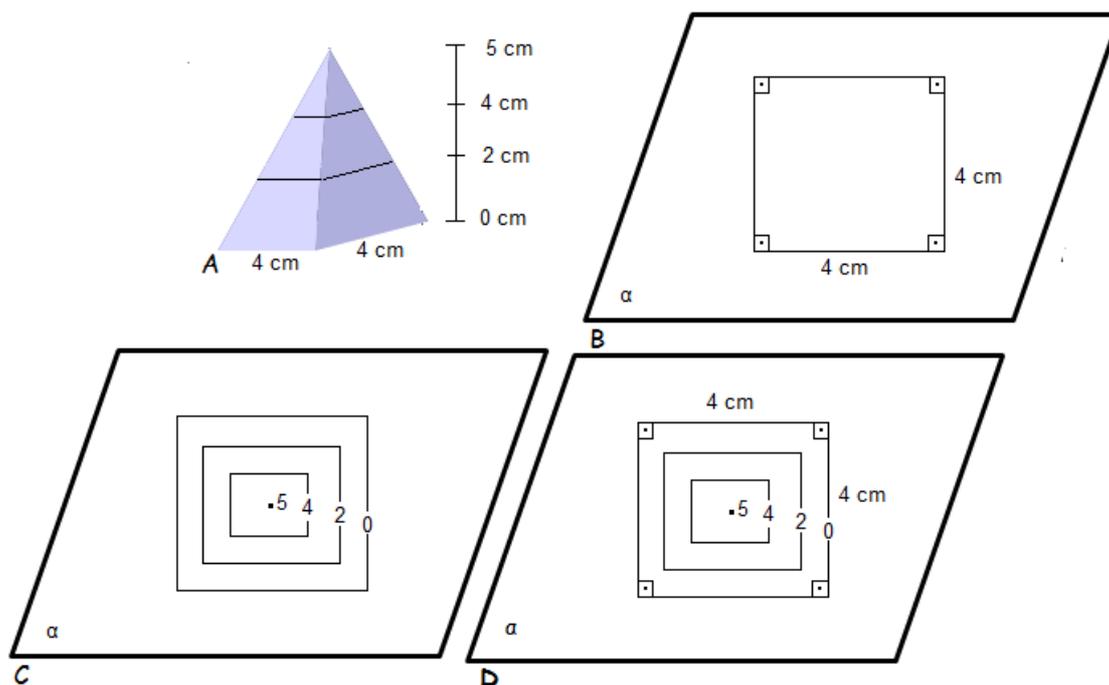


Figura 2 – Representação planimétrica, altimétrica e planialtimétrica de uma pirâmide.

4. Objetivos e áreas que a exploram

O objetivo principal da Topografia é a representação planialtimétrica de uma determinada superfície terrestre em escala adequada seguindo as normas vigentes. Os principais procedimentos são: o levantamento e a locação.

A Topografia é utilizada em diversas áreas como, por exemplo: Agronomia, Cartografia, Edificações, Engenharia Agrícola, Engenharia de Agrimensura, Engenharia Civil, Engenharia Florestal, Engenharia Mecânica, Engenharia de Pesca, Medicina, Saneamento e Zootecnia.

5. Alguns conceitos importantes

Levantamento Topográfico: divide-se em planimétrico, altimétrico e planialtimétrico. O levantamento, de forma geral, consiste em recolher todas as medições e características importantes que há no terreno e representar no papel em escala e com orientação.

A locação é o processo inverso do levantamento, também se divide em planimétrica, altimétrica e planialtimétrica. Todas as informações gráficas deverão ser implantadas no terreno fielmente de acordo com a escala utilizada. Esse processo é mais caro e trabalhoso que o levantamento.

Memorial descritivo é um documento que relata todas as características de uma propriedade. Esse memorial indica os marcos principais, coordenadas, estradas principais, etc. Ele é utilizado para descrever, em forma de texto, a superfície trabalhada de uma maneira que se entenda e compreenda o que ela contenha e o que foi realizado sem a necessidade de ver graficamente. Após a realização do trabalho deve-se anexar ao projeto o memorial descritivo.

6. Topografia: Uma representação Geométrica

A Topografia é baseada em figuras geométricas localizadas teoricamente no campo. Quando fazemos um levantamento, retiramos todas as informações em forma de figuras e com suas dimensões.

As figuras geométricas são compostas de: ponto, linha e plano.

Ponto topográfico:

O ponto topográfico é a menor unidade numa figura geométrica. Os pontos topográficos podem ser materializados com piquete, estaca, prego, parafuso e tinta.

Alinhamento topográfico:

É formado por dois pontos topográficos. Em um triângulo, temos três alinhamentos. Em um retângulo, temos quatro alinhamentos.



Plano topográfico:

É um plano perpendicular ao plano vertical de um determinado lugar. Para se fazer as leituras com instrumentos estes devem estar calados (nivelados). Essa calagem faz com que o instrumento esteja trabalhando no plano topográfico ou paralelo a ele.

7. Exercícios de fixação

1. Qual a diferença entre Altimetria e Planimetria?
2. Qual a diferença entre Topografia e Geodésia?
3. Para que serve o memorial descritivo?
4. Diferença entre locação e levantamento?

DTR - UFRPE

EQUIPAMENTOS TOPOGRÁFICOS

Aula II



1. Origem

Os instrumentos topográficos, embora muito rudimentares e pouco precisos, foram criados pelos povos gregos, romanos, chineses, árabes, babilônicos e egípcios com finalidades de cadastro urbano e rural. Esses instrumentos tinham por finalidade delimitar, descrever e avaliar as propriedades.

Um exemplo disso, relata-se que no ano de 3.000 a.C., vemos que os babilônios e os egípcios utilizavam a corda para a medição de distâncias. Estes instrumentos eram chamados de "esticadores de cordas" (Figura 1).



Figura 1- Egípcios com seus esticadores de cordas (COMAFWEB, 2012).

Os romanos foram os portadores dos conhecimentos gregos para a Europa, usaram a "Groma", que consta de uma cruz excêntrica, prumadas em seus extremos, fixada a uma barra vertical (Figura 2).



Figura 2- Groma (Museu da Topografia, 2012).

Em 1720 se constrói o primeiro teodolito como tal, este vinha provido de quatro parafusos niveladores, cuja autoria é de Jonathan Sisson (Figura 3).

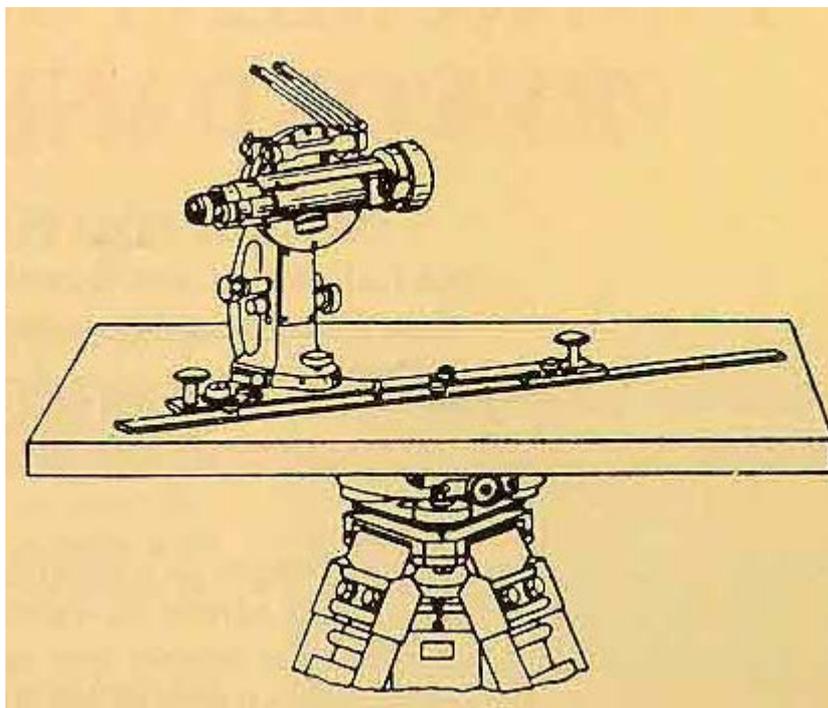


Figura 3 – Primeiro Teodolito (Museu da Topografia, 2012).

As Miras falantes se devem a Adrien Bortaloue, o qual, em torno de 1830, fabricou a primeira mira para nivelamento, feito que permitiu o estudo e a fabricação de autorredutores, permitindo assim ler, na mira, a distância reduzida. Entre estes aparelhos podemos citar, em 1878, o taquímetro logarítmico, em 1893 o taquímetro autorredutor de Hammer, em 1890 Ronagli e Urbani usaram uma placa de vidro móvel com dupla graduação horizontal, cuja distância entre os fios variava em função do zênite observado(Museu da Topografia, 2012).

Desde a antiguidade até à atualidade os instrumentos e métodos foram se aperfeiçoando tornando mais fácil seu manejo e precisões, dispondo de mais recursos para o operador, assim dando melhores condições em relação ao início de tudo(Museu da Topografia, 2012).

Os equipamentos de Topografia dividem-se em: instrumentos e acessórios de medição.

2. Instrumentos

2.1 - Teodolitos

Os teodolitos são equipamentos destinados à medição de ângulos verticais e horizontais e juntamente com o auxílio da mira-falante, para medição de distâncias horizontais e verticais. Fonte: Pedro Faggion - UFPR.

Atualmente existem diversas marcas e modelos de teodolitos, os quais podem ser classificados:

a) Pela finalidade:

Topográficos, geodésicos e astronômicos;

b) Quanto à forma:

Mecânicos – Óticos (Figura 4);

Automáticos – Óticos ou Digitais (Figura 5).

c) Quanto à precisão:

Precisão baixa $\pm 30''$

Precisão média $\pm 07''$

Precisão alta $\pm 02''$



Figura 4 – Teodolito ótico



Figura 5- Teodolito eletrônico

Os teodolitos são compostos pelos seguintes eixos (Figura 6):

Eixo vertical, principal ou de rotação do Teodolito (em verde);

Eixo de colimação ou linha de visada (em vermelho);

Eixo secundário ou de rotação da luneta (em azul).

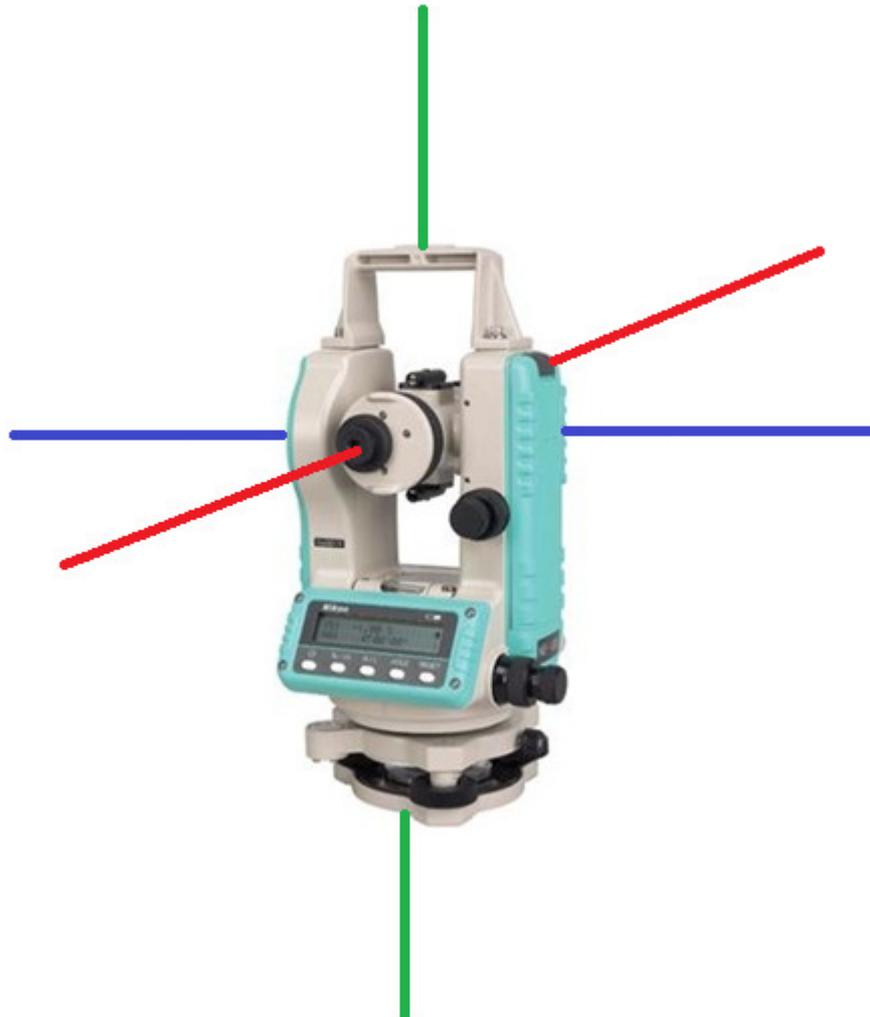


Figura 6 – Três eixos principais do teodolito

Luneta de Visada

Em Topografia, normalmente utilizam-se lunetas com poder de ampliação de 30 vezes ou mais. Os componentes da luneta são: objetiva, sistema de focalização, parafusos de ajuste dos fios de retículo, retículos e ocular (Pedro, Faggion, 2007).

Nível para calagem

Os níveis podem ser esféricos, que apresenta menor precisão, tubulares e digitais. Os níveis de bolha esféricos e tubulares são constituídos de um tubo de vidro fechado preenchidos com um líquido, em geral, álcool etílico (Pedro, Faggion, 2007).

2.2- Trensas

Instrumento muito usual utilizado para mensurar distâncias horizontais (mais comum) e diferenças de nível. Se utilizado de forma adequada pode-se ter boas respostas quanto à precisão (Figura 7).



Figura 7- Trena em fibra de vidro.

Nesse instrumento devem-se evitar os seguintes erros:

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 reta. Para evitá-lo, devem-se aplicar maiores tensões nas extremidades das trenas (Figura 8) (Véras, 2003).

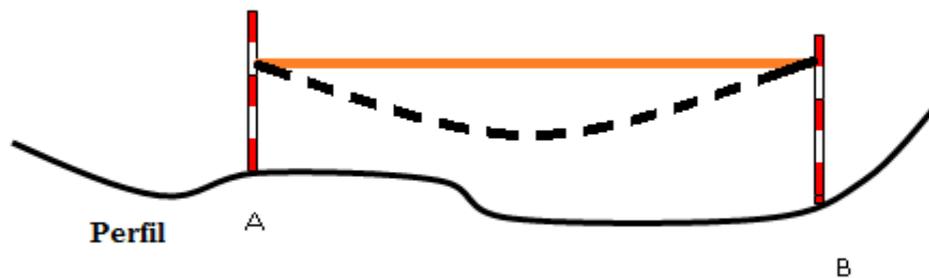


Figura 8- Erro de catenária.

Falta de horizontalidade da trena: Em terrenos com aclive/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. Utilizam-se balizas para ajudar na horizontalidade da trena (Figura 9) (Véras, 2003).

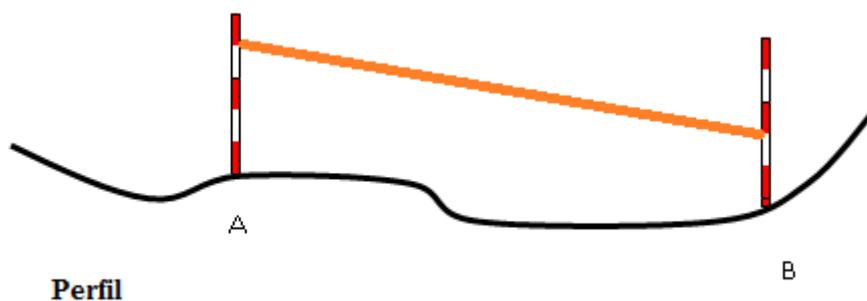


Figura 9- Erro pela falta de horizontalidade da trena.

Falta de verticalidade da baliza: O operador pode inclinar a baliza no ato da medição, ocasionando erro nessa medição. A distância pode ser sub ou superestimada (Figura 10) (Véras, 2003).

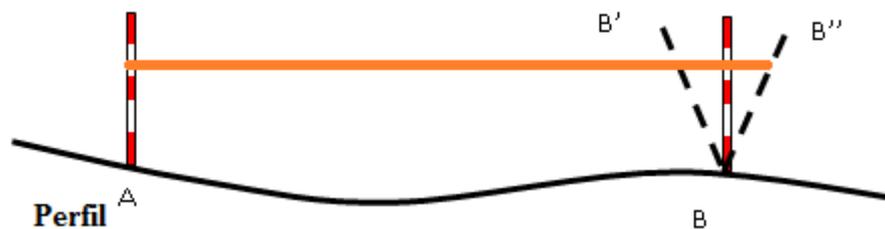


Figura 10 - Erro pela falta de verticalidade da baliza.

Desvio Lateral: Erro que acontece devido ao desvio lateral da trena (Figura 11) que acontece normalmente em trenas metálicas (Figura 12).



Figura 11- Desvio Lateral de trena (Véras, 2003).



Figura 12- Trena metálica.

Dilatação das trenas. Comum em trenas de aço. A temperatura durante a medição pode ser diferente daquela de aferição da trena (Véras, 2003).

2.3. Níveis de Luneta

De modo geral, os níveis de luneta ou níveis de Engenheiro ou simplesmente níveis, são equipamentos destinados à determinação de distâncias verticais ou também chamadas de diferenças de nível entre dois ou mais pontos. Também pode ser utilizado para mensurar distâncias horizontais com auxílio da mira-falante, aplicando-se a Taqueometria. Estes equipamentos consistem de uma luneta associada a um nível esférico, de baixa precisão, e um sistema de pêndulos que têm a função de corrigir a precisão da calagem nos Níveis Óticos Automáticos (Figura 13).



Figura 13 – Alguns níveis de luneta atuantes no mercado.

2.4. Estação Total

É um instrumento eletrônico utilizado na medida de ângulos e distâncias. A evolução dos instrumentos para medida de ângulos e distâncias trouxe, como consequência, o surgimento deste novo instrumento, que pode ser explicado como a junção do teodolito eletrônico, distanciômetro eletrônico, um processador e armazenador de dados montados num só bloco (Figura 14).

A estação total é capaz de, inclusive, armazenar os dados recolhidos e executar os cálculos mesmo em campo. Com uma estação total é possível determinar ângulos e distâncias do instrumento até os pontos a serem examinados. Com o auxílio da trigonometria, os ângulos e distâncias podem ser usados para calcular as coordenadas das posições atuais (X, Y e Z) dos pontos examinados, ou a posição dos instrumentos com relação a pontos conhecidos, em termos absolutos. A informação pode ser enviada da Estação para um computador e um *software* aplicativo que irá gerar uma planta da área estudada.



Figura 14. Estação Total da marca Topcon com GNSS integrado.

Bastão + Prisma

Bastão é um acessório de material metálico, em que se acopla em sua parte superior o prisma para auxílio nas medições com Estação Total.

2.5. GNSS

Os Sistemas Globais de Navegação por Satélite, também conhecidos como GNSS, são Tecnologias que permitem a localização espacial em qualquer parte da superfície terrestre, através da recepção de sinais de rádio enviados por satélites.

São divididos em: GPS, GLONASS, GALILEU, COMPASS e IRNSS. O primeiro da lista é o mais conhecido e de origem americana, foi desenvolvido nos Estados Unidos em 1960 e lançado em 1978. O segundo, GLONASS, é um sistema em atividade que foi desenvolvido em 1976 pela antiga URSS, atualmente Rússia. Os demais sistemas, Europeu (GALILEU), Chinês (COMPASS) e Indiano (IRNSS), respectivamente, ainda estão em fase de construção.

GPS (Global Positioning System)

É um sistema que foi mantido em segredo por 5 anos. Seu objetivo inicial foi o uso para fins militares, mas na década de 1980 foi liberado para fins civis (Figura 15). Até o momento não é cobrada nenhuma taxa para seu uso, algo que pode ser realizado no futuro.

O sistema possui 24 satélites, cada Satélite possui uma envergadura de 5,1 m e peso aproximado de 850 kg. Sua vida útil é de aproximadamente 7 anos. Eles orbitam em torno de 20.000 km distribuídos em 6 planos orbitais. É necessário no mínimo 4 satélites para se obter a posição de um determinado ponto, ressalvando que quanto maior quantidade de satélites, melhor será a precisão da posição na superfície da Terra.

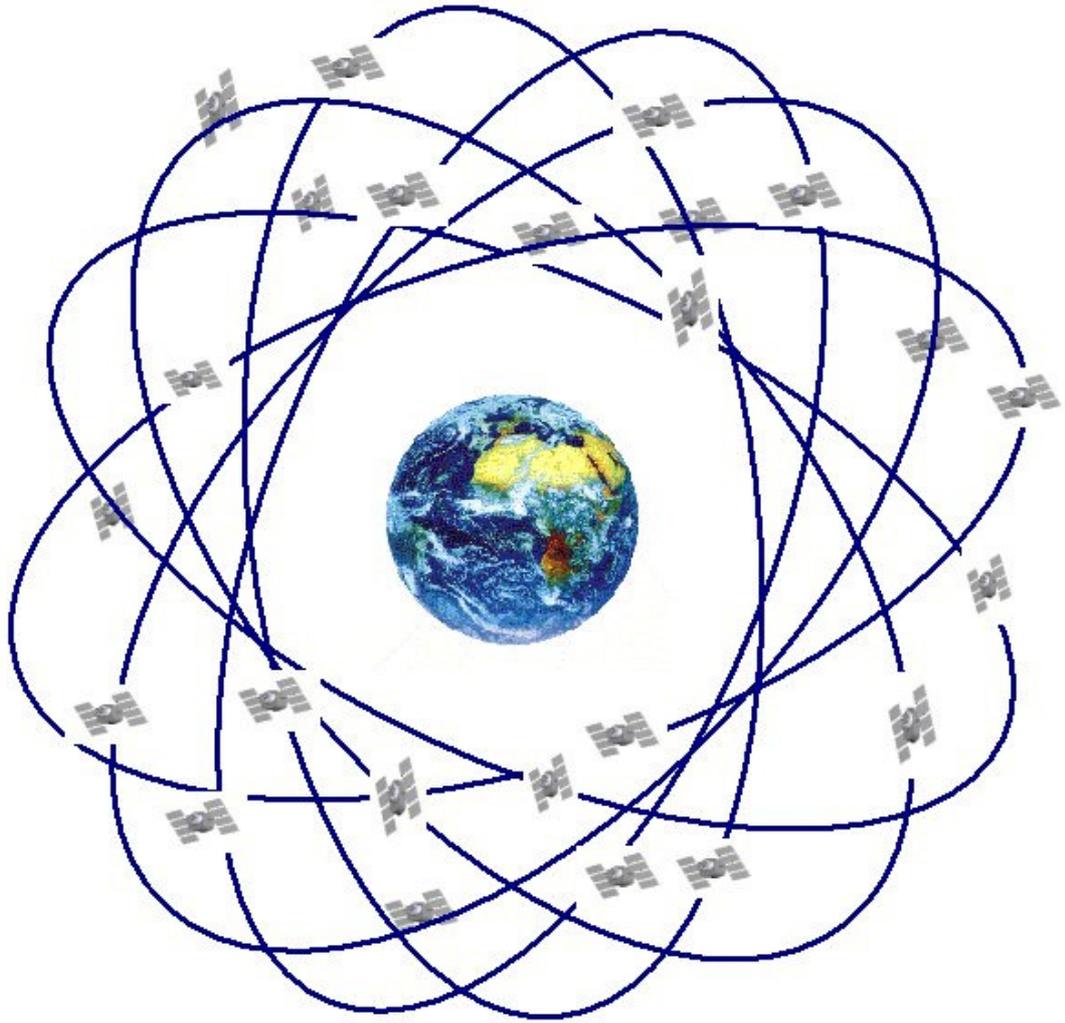


Figura 15- Constelação de satélite do sistema GPS.

2.6. Bússolas

É um instrumento de orientação baseado em propriedades magnéticas da Terra. Pesquisas geológicas recentes, afirmam que a parte central da Terra seja constituída por ferro fundido. Correntes elétricas existentes dentro deste núcleo de ferro seriam as responsáveis pela existência do campo magnético (Figura 16).

As bússolas são geralmente compostas por uma agulha magnetizada colocada num plano horizontal e suspensa pelo seu centro de gravidade de forma que possa girar livremente, e que se orienta sempre em direção próxima à direção norte-sul geográfica de forma a ter a ponta destacada, geralmente em vermelho, indicando o sentido que leva ao Norte magnético da Terra.

O uso da bússola para fins precisos requer que se tenha em mãos também um mapa cartográfico que indique a correção a ser feita na leitura bruta da bússola a fim de se localizar o norte geográfico corretamente. Tal correção deriva não apenas do fato dos polos magnéticos e geográficos não coincidirem precisamente, mas também do fato de a leitura da bússola ser diretamente influenciada pelas condições ambientais locais, como por exemplo, presença de ferro e eletricidade. As cartas de navegação, normalmente, apresentam tal informação sob o nome de "declinação magnética" do local.



Figura 16- Diferentes tipos de bússolas.

3. Acessórios

3.1. Materializadores de pontos

Piquetes- São feitos de madeira com um ponto no centro, geralmente prego, devem ser enterrado em solos nus deixando-os 2 a 3 cm expostos (Figura 17).

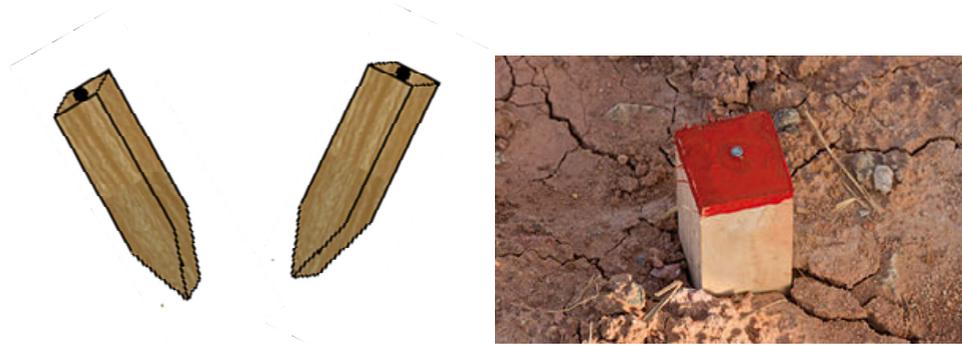


Figura 17 - Piquetes.

Estacas testemunhas- Servem para testemunhar a presença do piquete. Ela deve estar afastada do piquete em torno de 40 a 50 cm e seu comprimento também varia de 40 a 50 cm (Figura 18).

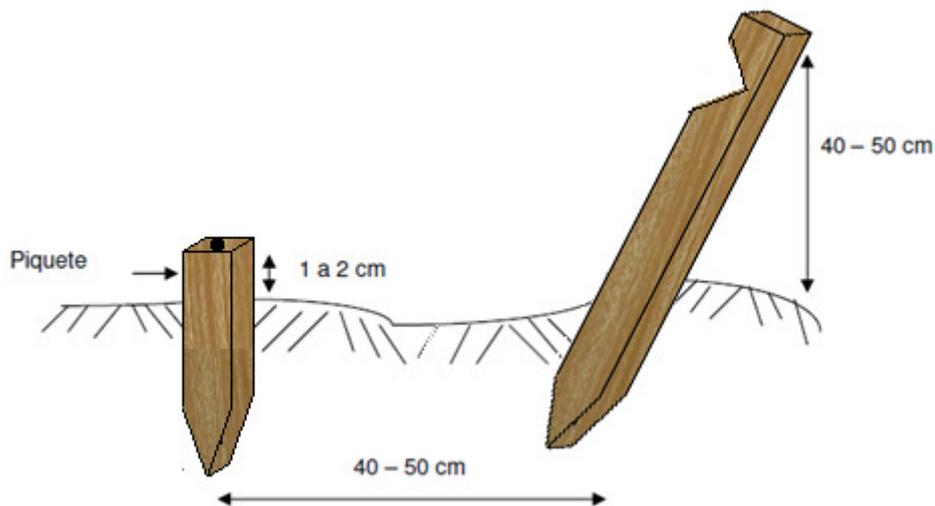


Figura 18- Estaca-testemunha e piquete no solo.

Tinta, prego e parafuso- Servem para materializar os pontos em locais com benfeitorias como: estradas, ruas, pisos de casa, calçadas, etc.

Devem-se fixar os materializadores de pontos em locais definitivos que a ação do homem, animais e natureza não intercedam retirando dos locais fixados. Esses locais devem ser preservado para uma possível volta ao local do trabalho visando correções.

3.2. Baliza

É um acessório utilizado para visualização dos pontos. Serve para auxiliar a medição de ângulos horizontais (Figura 19). É utilizada também para auxílio no alinhamento de uma poligonal e medição através de trenas (Figura 20), e também, juntamente com a trena, serve para medir ângulos de 90° (Figura 21).

Apresenta coloração vermelha e branca para contrastar com a vegetação e o céu aberto. É dividida em 4 segmentos de 0,5 m, possuindo ao total 2 m. Pode ser de metal ou madeira.

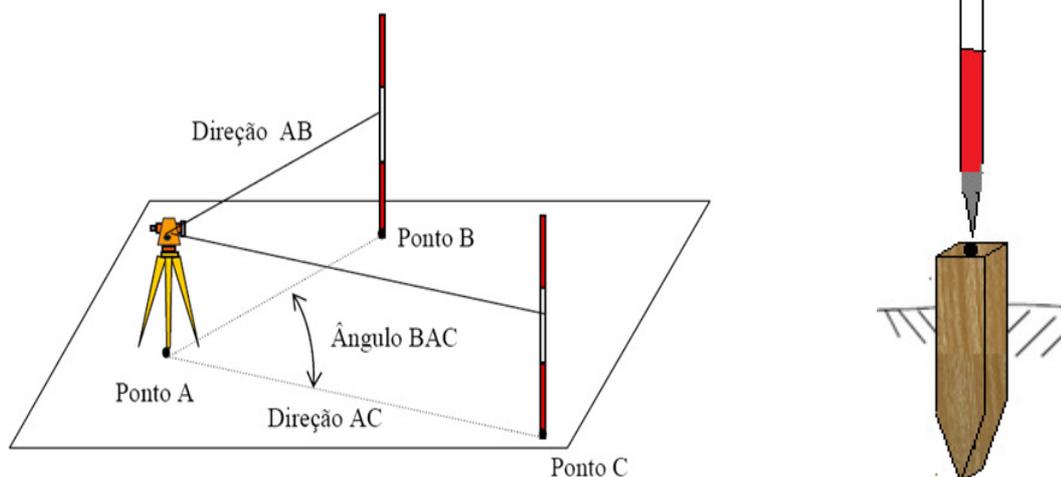


Figura 19 - Na esquerda, a baliza servindo para auxiliar a medição do ângulo. Na direita, posição correta que se coloca a baliza sobre o piquete (Véras, 2003).

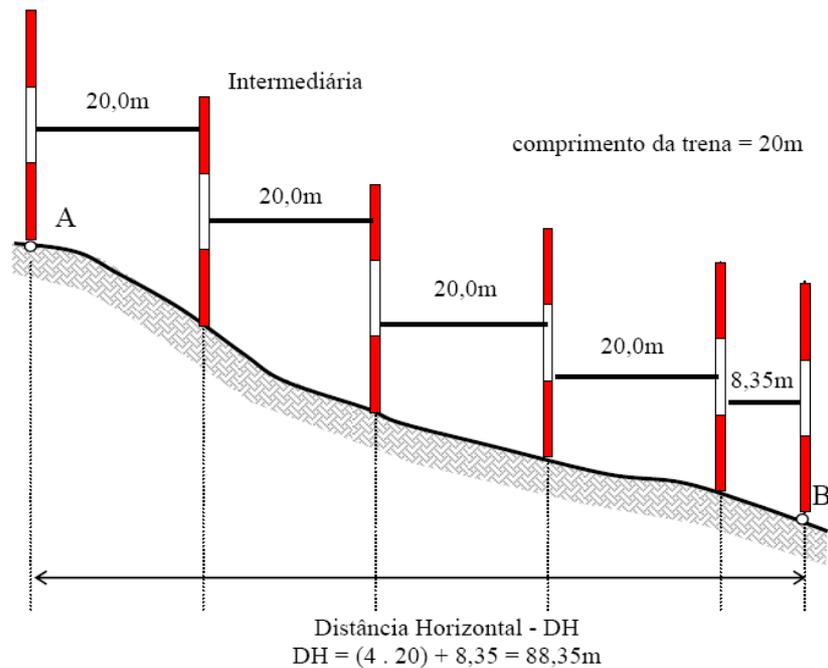


Figura 20- Balizas auxiliando medição de distância horizontal com a trena em um declive e auxiliando o alinhamento "perfeito" entre os pontos A e B (Véras, 2003).

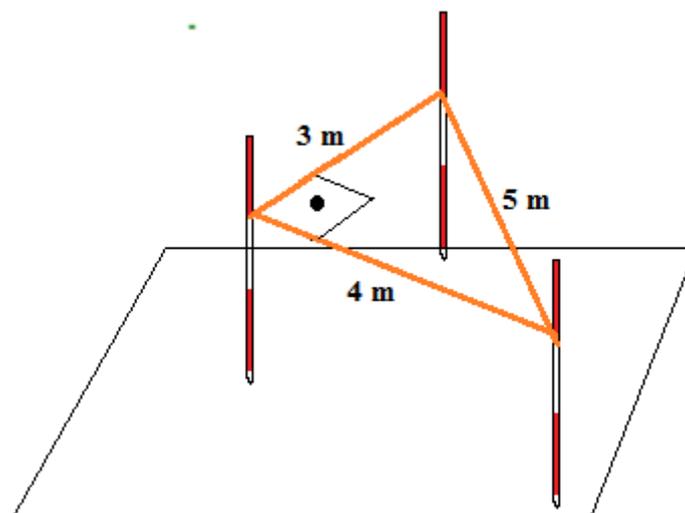


Figura 21- Baliza auxiliando na formação do ângulo de 90° através do Teorema de Pitágoras.

3.3. Mira-falante

Também chamada de mira estadimétrica ou estádia, é uma régua centimetrada que serve para auxiliar as medições de distâncias horizontais, através da Taqueometria, e diferenças de nível com o uso do fio médio (Figura 22).



Figura 22- Mira falante.

3.4. Nível de Cantoneira

É um nível que ajuda na verticalização das balizas, miras-falantes e bastões (Figura 23).



Figura 23 – Nível de cantoneira acoplado a uma baliza (Luis Veiga, 2007).

3.4. Tripé

São acessórios que servem para apoiar o teodolito, nível de luneta, estação total, GPS e bastão. Os tripés também auxiliam na calagem dos instrumentos. Os tripés, em sua maioria, são de madeira e alumínio (Figura 24).



Figura 24 – Em cima e esquerda, tem-se o tripé de alumínio. Em cima e direita, tem-se o tripé de madeira. Embaixo, tem-se o tripé para bastão.

4. Exercícios de fixação

- 1) Para que serve a mira-falante?
- 2) Para que serve a baliza?
- 3) Quais são os eixos do teodolito?
- 4) Quais os erros comuns quanto ao uso das trenas?
- 5) Para que servem os níveis de luneta?
- 6) Diferencie Estação Total e Teodolito.
- 7) Qual a diferença de GNSS e GPS?
- 8) Para que servem as bússolas?
- 9) Como se materializam os pontos na topografia?
- 10) Para que servem os níveis de cantoneira e onde são utilizados?

DTR - UFRPE

ÂNGULOS IMPORTANTES À TOPOGRAFIA

Aula III 

A topografia é uma ciência que tem como base a Trigonometria e Geometria, cujo objetivo destes estudos é o espaço e as figuras que podem ocupá-lo. Para tanto, a Topografia faz uso constante das grandezas geométricas, como ângulos e distâncias. Assim, é de fundamental importância, o estudo minucioso de métodos e instrumentos utilizados na obtenção destes.

A parte da Topografia que se estuda de modo geral os ângulos por esta utilizados é chamada de Goniologia.

Os ângulos são regiões de um plano concebida pela abertura de duas semi-retas que possuem uma origem em comum, chamada vértice do ângulo. A abertura do ângulo é uma propriedade invariante e é medida em radianos ou graus.

O instrumento mais comum para leitura de ângulos é o teodolito. Esse instrumento tem a mesma finalidade do transferidor em uma figura no papel (Figura 1).

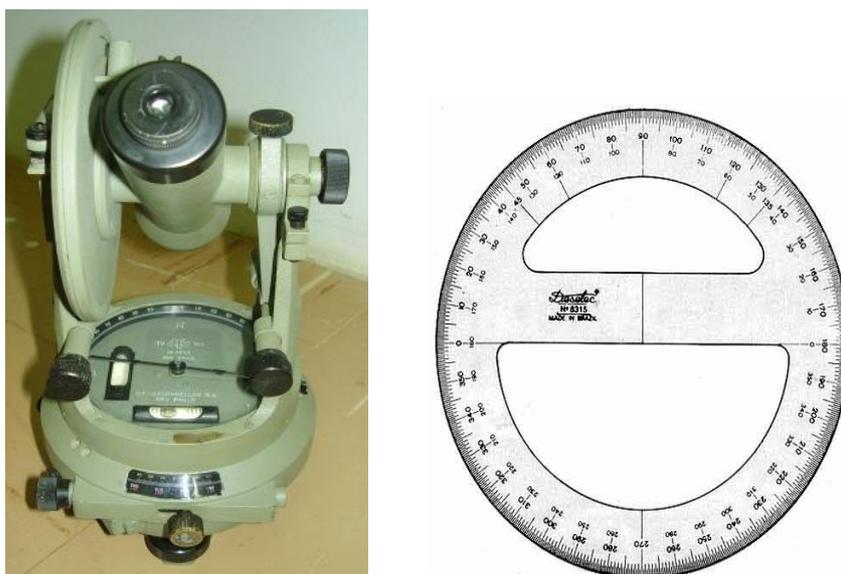


Figura 1 – Na esquerda o teodolito e na direita o transferidor.

Os ângulos dividem-se em:

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

Rumo – É o ângulo formado pelo alinhamento e o norte ou sul considerado; se o norte/sul for geográfico, temos rumo geográfico; se o norte/sul for magnético, temos rumo magnético.

O Rumo tem sua origem no Norte ou Sul (onde estiver mais próximo do alinhamento) e varia de 0° a 90° , no sentido horário ou anti-horário (onde estiver mais próximo do alinhamento) (Figura 6) até o alinhamento (Figura 7).

Por variar de 0° a 90° , podemos ter, por exemplo, 4 rumos de 45° . Portanto, todos os rumos **devem** constar dos pontos colaterais, NE, SE, SO e NO. Assim, teremos: 45° NE, 45° SE, 45° SO e 45° NO.

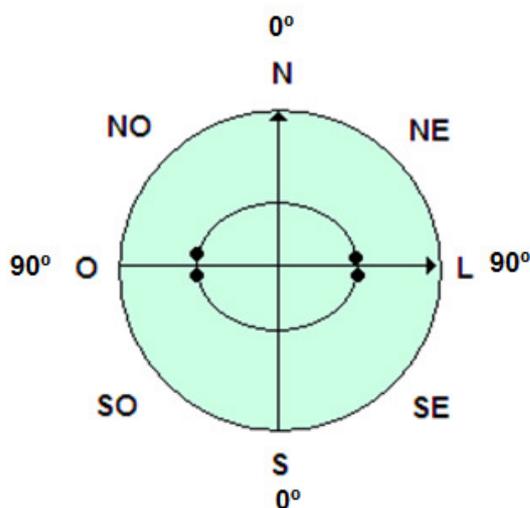


Figura 6 – Círculo do Rumos (Véras, 2003).

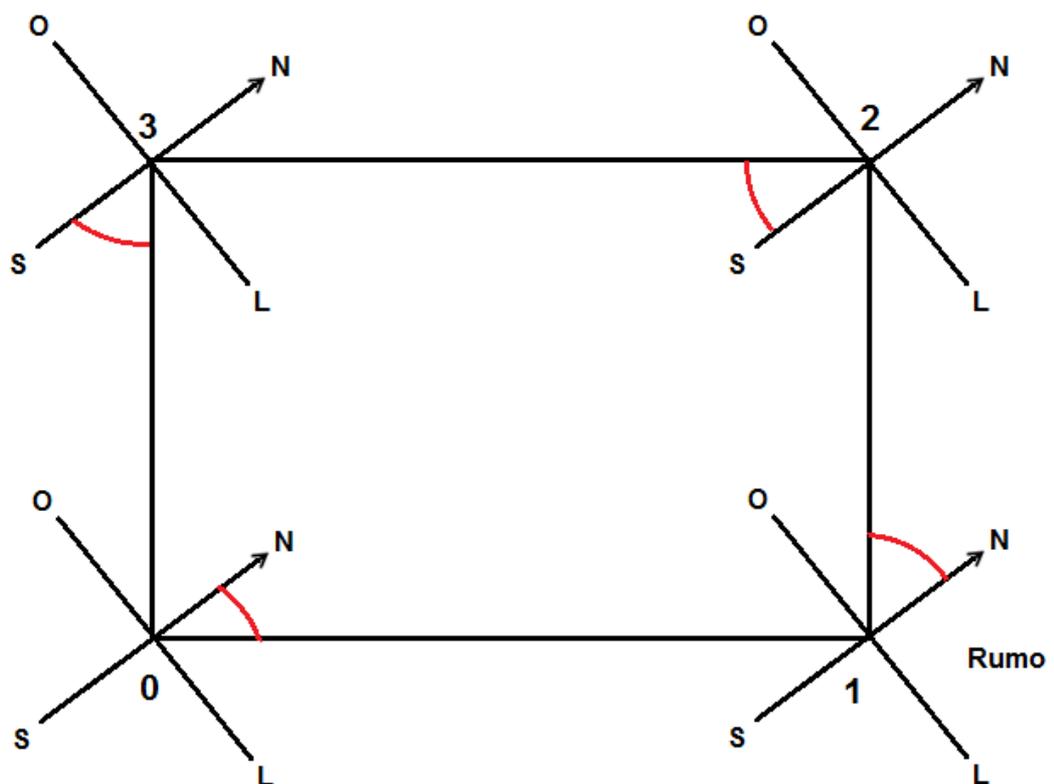


Figura 7 – Rumo dos alinhamentos 0-1, 1-2, 2-3 e 3-0.

1. Transformação de Azimute e Rumo

Recapitulando:

O azimute começará sempre a partir do Norte e no sentido horário.

O rumo poderá começar do norte ou sul (mais próximo do alinhamento) e no sentido horário ou anti-horário (mais próximo do alinhamento).

Primeiro quadrante:

Para esse caso do Rumo, o alinhamento está mais próximo do norte e no sentido horário. Portanto, há uma coincidência entre azimute e rumo. Então, $AZ=R$ para o primeiro quadrante (Figura 8).

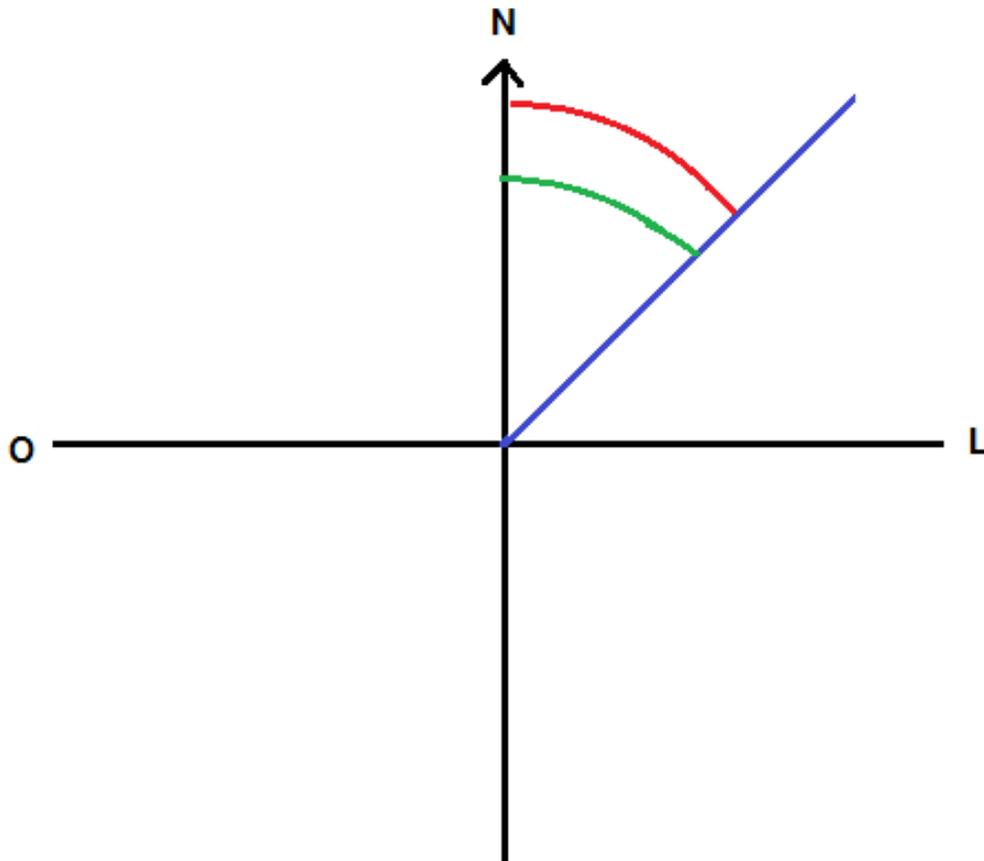


Figura 8- Transformação de Azimute e Rumo para o primeiro quadrante.

Segundo quadrante:

Para esse caso do Rumo, o alinhamento está mais próximo do sul e no sentido anti-horário. Portanto, $AZ+R=180^\circ$ para o segundo quadrante (Figura 9).

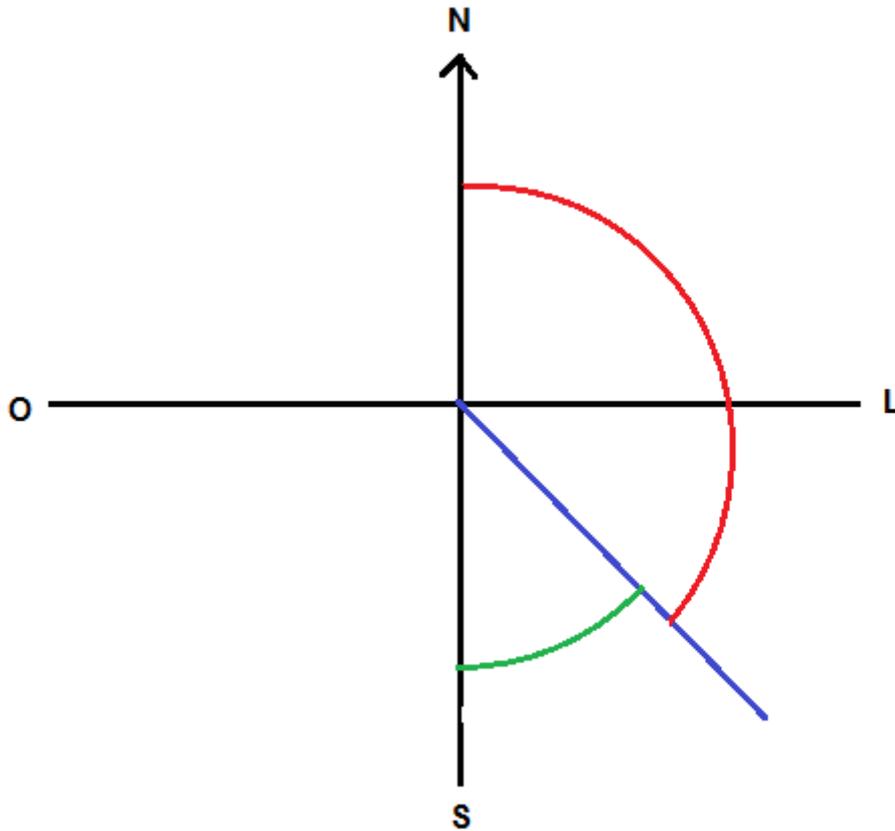


Figura 9- Transformação de Azimute e Rumos para o segundo quadrante.

Terceiro quadrante:

Para esse caso do Rumo, o alinhamento está mais próximo do sul e no sentido horário. Portanto, $AZ=180^{\circ}+R$ para o terceiro quadrante (Figura 10).

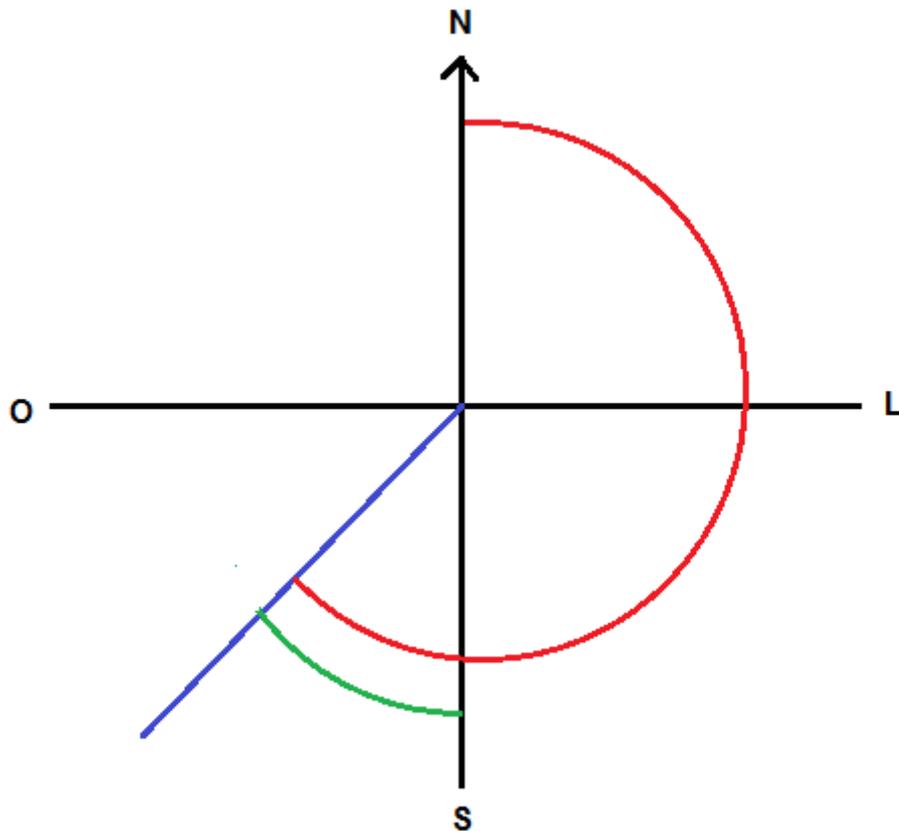


Figura 10- Transformação de Azimute e Rumo para o terceiro quadrante.

Quarto quadrante:

Para esse caso do Rumo, o alinhamento está mais próximo do norte e no sentido anti-horário. Portanto, $AZ=360^{\circ}-R$ para o quarto quadrante (Figura 11).

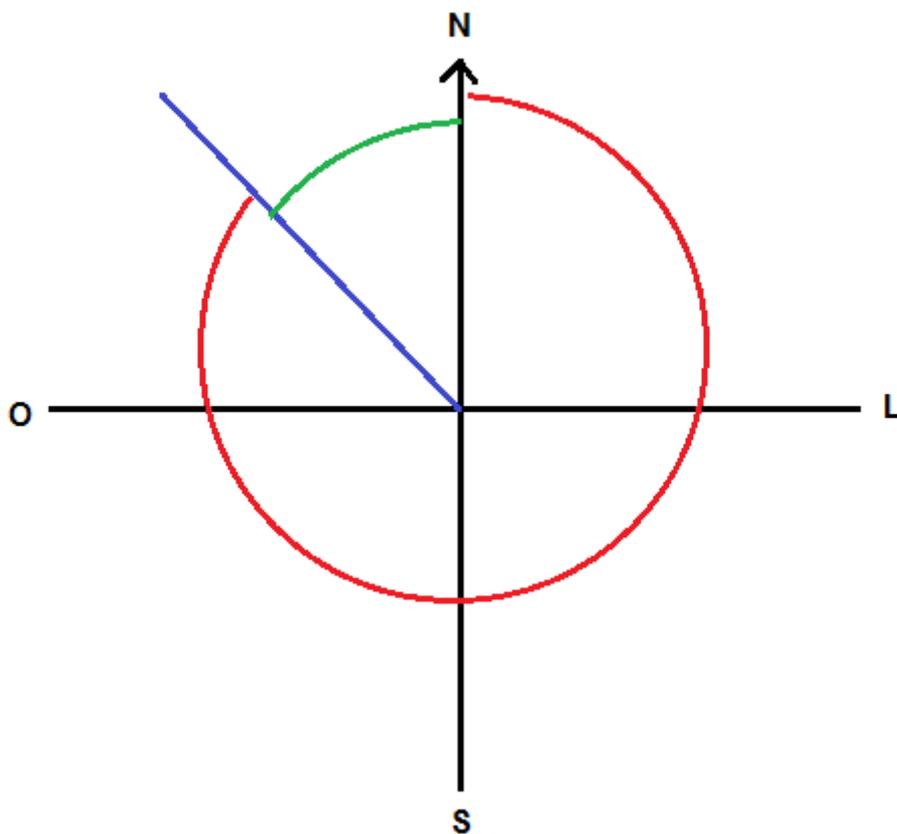


Figura 11- Transformação de Azimute e Rumos para o quarto quadrante.

2. Aviventação de Azimutes e Rumos

É o nome dado ao processo de restabelecimento dos azimutes e rumos magnéticos marcados numa poligonal, na época (dia, mês, ano) de sua medição para os dias atuais.

3. Exercícios de fixação

1- O rumo magnético do alinhamento (0-1) é de $43^{\circ} 25'$ SO. A declinação magnética do local é de $12^{\circ}12'$ oriental, pede-se:

- a) Azimute magnético
- b) Rumo verdadeiro
- c) Azimute verdadeiro

2- O azimute magnético do alinhamento (0-1) é de $120^{\circ} 12'$. A declinação magnética do local é nula, pede-se:

- a) Azimute verdadeiro
- b) Rumo verdadeiro
- c) Rumo magnético

3- O rumo magnético do alinhamento (0-1) é de $46^{\circ} 25'$ SO. A declinação magnética do local é de $12^{\circ}30'$ oriental, pede-se:

- a) Azimute magnético b) Rumo verdadeiro
- c) Azimute verdadeiro

4- O rumo magnético do alinhamento (1-2) era de 40° NO em agosto de 1997. Sabendo-se que a declinação magnética local era de 10° negativa e a variação média anual da declinação magnética é de $10'$ positiva, pede-se:

- a) Rumo Geográfico b) Azimute Geográfico c) Azimute magnético em agosto de 1997 d) Rumo magnético em Agosto de 1997 e) Azimute em Agosto de 2009 f) Rumo em Agosto de 2009.
- g) Calcule o azimute e rumo magnético em Agosto de 2015.

5- O rumo magnético do alinhamento (1-2) era de 40° NE em agosto de 1989. Sabendo-se que a declinação magnética local era de 8° ocidental e a variação média anual da declinação magnética é de $10'$ esquerda, pede-se:

- a) Declinação magnética atual
- b) Rumo magnético atual
- c) Rumo geográfico
- d) Azimute magnético atual
- e) Azimute geográfico

6- O rumo magnético do alinhamento (0-1) era de 45° SE em Agosto de 1996. A declinação magnética do local era de 11° oriental. A variação média anual de declinação magnética é de $10'$ esquerda, pede-se:

- a) Declinação magnética atual
- b) Rumo magnético atual
- c) Azimute magnético atual
- d) Rumo e Azimute verdadeiro

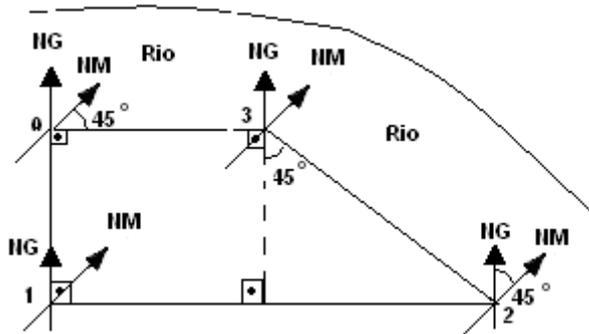
7- O rumo magnético do alinhamento (0-1) era de 46° SO em Agosto de 1990. A declinação magnética do local era de 10° oriental. A variação média anual de declinação magnética é de $10'$ esquerda, pede-se:

- a) Declinação magnética atual
- b) Rumo magnético atual
- c) Azimute magnético atual
- d) Rumo e Azimute verdadeiro

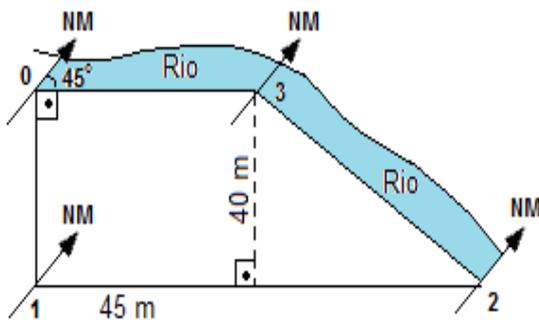
8- O rumo magnético do alinhamento (0-1) era de 32° SO em Agosto de 2002. A declinação magnética do local era de 12° oriental. A variação média anual de declinação magnética é de $10'$ esquerda, pede-se:

- a) Declinação magnética atual
- b) Rumo magnético atual
- c) Azimute magnético atual
- d) Rumo e Azimute verdadeiro

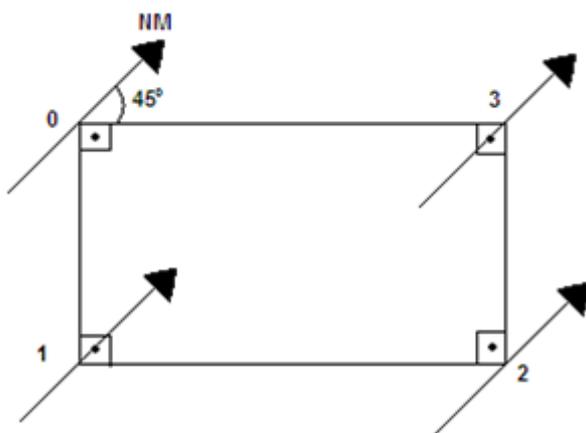
9- Determine os azimutes magnéticos e geográficos dos alinhamentos (0-1); (1-2); (2-3) e (3-0) da poligonal, a área da poligonal, e o comprimento do rio.



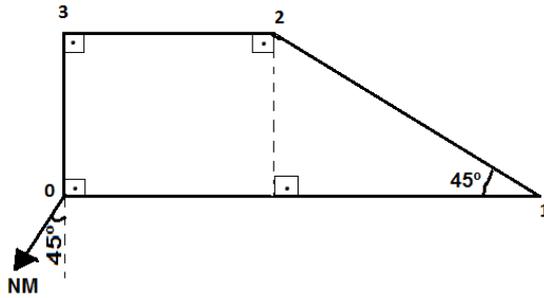
10- Determine os azimutes dos alinhamentos da poligonal, a área da poligonal, e o comprimento do rio.



11- Determine os azimutes e rumos dos alinhamentos da poligonal



12) Preencha os quadros abaixo de acordo com a poligonal sabendo que a declinação magnética local é de 15° direita .



Alinhamento	Ângulo Interno	Azimute		Rumo	
		Magnético	Verdadeiro	Magnético	Verdadeiro
0-1					
1-2					
2-3					
3-0					

13) Calcular os contra-azimutes abaixo:

- a) Az 240° b) Az 85° c) Az 175° d) Az 200° e) Az 60°

14) O que é aviventação de Rumos e Azimutes?

DTR - UFRPE

MEDIÇÕES DE DISTÂNCIAS

Aula IV



1. Grandezas

As distâncias são elementos fundamentais para a Topografia. É através delas, em conjunto com os ângulos, que formamos as figuras geométricas, as quais precisamos para caracterizar topograficamente o terreno.

As distâncias podem ser caracterizadas por algumas grandezas, dentre elas: distância horizontal (DH), vertical (DV), inclinada (DI) e natural do terreno (DNT) (Figura 1 e 2).

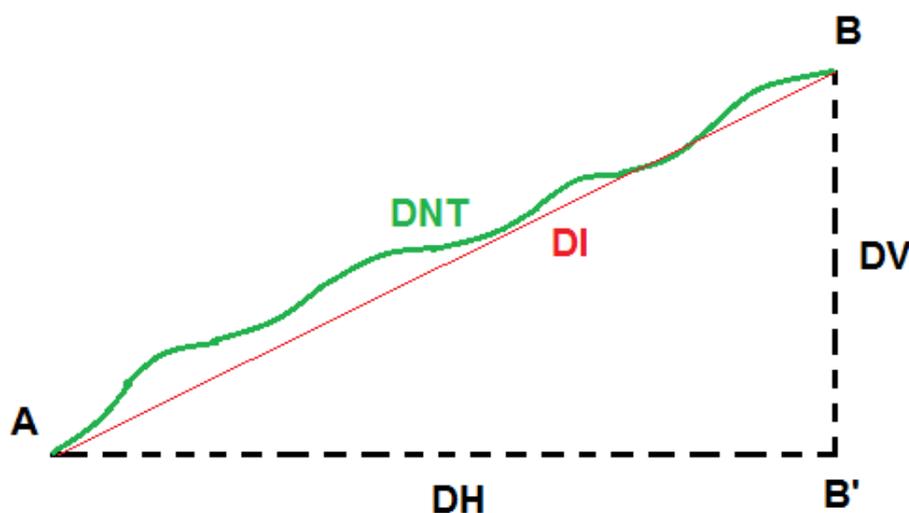


Figura 1 – Demonstra-se as distâncias horizontal, vertical, natura do terreno e inclinada.

Distância horizontal - é a distância entre dois pontos em um plano horizontal, sendo esse perpendicular à distância vertical. É também chamada de distância reduzida ou distância útil à topografia.

É útil, devido à maioria dos interesses da sociedade, em nível de propriedade, ser desenvolvidos a partir dela. Como por exemplo, temos a construção das casas. Imagine que a pessoa compre um terreno onde tem uma declividade acentuada e quer se construir uma casa. Logicamente que a casa não será construída no plano inclinado, terá que se fazer um corte no terreno para a construção da casa. Então, se conclui que aquela distância inclinada não será utilizada, portanto somente a distância reduzida ou horizontal será utilizada para esses fins. O mesmo se aplica para diversas coisas, como: plantio de árvores, criação de peixes, cultivo de arroz e criação de animais (Figura 2).



Figura 2 – Na esquerda, casa inadequadamente construída em terreno inclinado. Na direita casa construída corretamente em um plano horizontal.

Distância vertical – É a distância perpendicular à distância horizontal. Entre as distâncias verticais temos: Diferença de nível, cota e altitude.

Distância inclinada – É a distância em linha reta entre dois pontos A e B, sendo que estes possuem distância vertical diferente de zero.

Distância natural do terreno – É aquela que percorre o terreno entre os pontos A e B.

2. Precisão e acurácia (exatidão)

A topografia trabalha com medidas bastante refinadas, em busca de um aprimoramento e rumo à perfeição. Diante disso, surgem-se alguns contextos do que seria essa perfeição e seus derivados.

Precisão - É o grau de refinamento com que uma dada quantidade é medida. Quando temos diversas medidas bastante parecidas uma das outras podemos chamá-las de precisas entre si, podendo ou não estarem próximas do valor verdadeiro.

Exatidão ou também chamada de acurácia: Refere-se à exatidão obtida nas medições. Ela ocorre quando determinada medida está próxima do valor verdadeiro.

As medições dividem-se em: diretas e indiretas

3. Medições diretas

As medições diretas ocorrem quando não há uma fórmula matemática para se chegar à medição em questionamento.

Dentre as medições diretas temos: Passo médio, Trena, Odômetro, Estimativas visuais, entre outras.

Estimativa visual - A estimativa visual é uma característica própria do ser humano, sendo fundamentada na capacidade de avaliação de comprimentos. Essa característica poderá ser facilitada quando o avaliador tiver noção de comprimentos e áreas ou tiver algum objeto ou alinhamento próximo da qual ele possa tirar como exemplo. É um método pouco preciso e vai variar a partir da acuidade e boa interpretação do Topógrafo.

O odômetro é um instrumento que faz o registro do número de voltas dado por uma roda. Conhecido o perímetro da roda, o odômetro acumula mecanicamente ou digitalmente este comprimento a cada volta dada num percurso, medindo o comprimento do alinhamento percorrido (Figura 3). O odômetro irá percorrer seu caminho de acordo com a conformidade do terreno. Para medição de distâncias horizontais em terrenos inclinados, o instrumento de medição não será tão eficiente, chegando a erros extremamente grandes por não percorrer, nesse caso, a distância horizontal.



Figura 3 – Odômetro para medições topográficas.

Passo médio é um tipo de medição onde o topógrafo calcula qual o valor médio de sua passada em condições normais. É colocado um alinhamento de 100 m onde o profissional contará a quantidade de passos que dará nessa distância. Onde temos a fórmula abaixo:

$$\text{Distância percorrida} / \text{quantidade de passos} = \text{passo médio}$$

Por exemplo, se ele der 200 passos em 100 m, conseqüentemente o passo médio será de 0,5 m.

Esse procedimento deve ser realizado pelo menos três vezes, onde o Topógrafo deverá andar num alinhamento, longe de condições psicológicas que afetem a distorção entre um passo e outro (Figura 4).

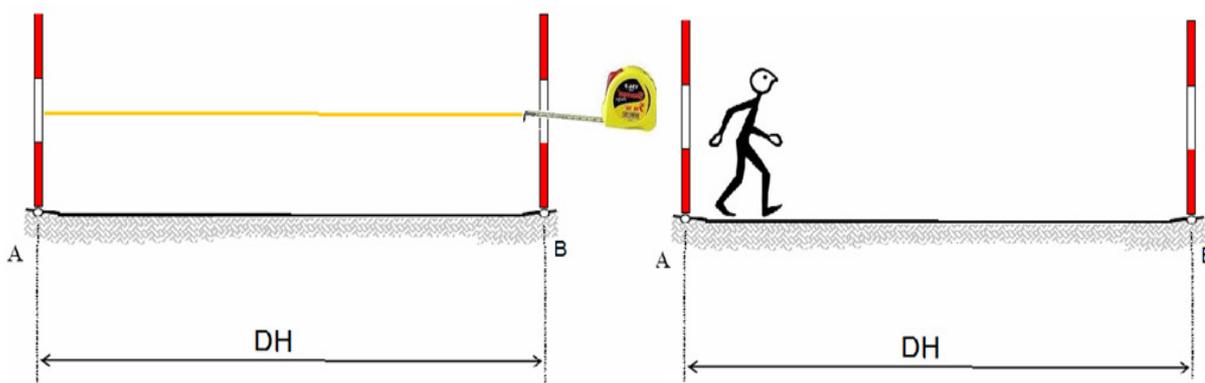


Figura 4- Na esquerda, medindo 100 m de distância horizontal para posterior contagem de passos à direita.

Trena – É um instrumento capaz de medir as distâncias verticais, de maneira mais precisa e usual que as citadas acima. As trenas comumente variam de 1 a 50 m.

Para um bom uso da trena deve-se horizontalizá-la com auxílio de balizas para fazer medições de maneira correta, e assim, evitando erros maiores. O erro decorrente deste mau uso se chama falta de horizontalidade da trena (Figura 5).

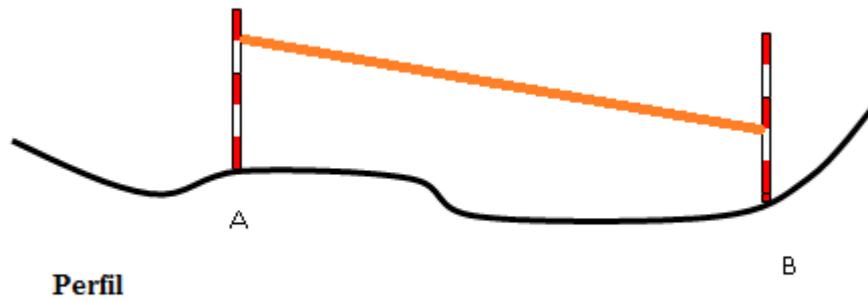


Figura 5- Falta de horizontalidade da trena.

Outro erro importante é o chamado erro de catenária, onde os Topógrafos deixam a trena fazer um bolso. Deve-se esticar a trena ao máximo para evitar tal erro (Figura 6).

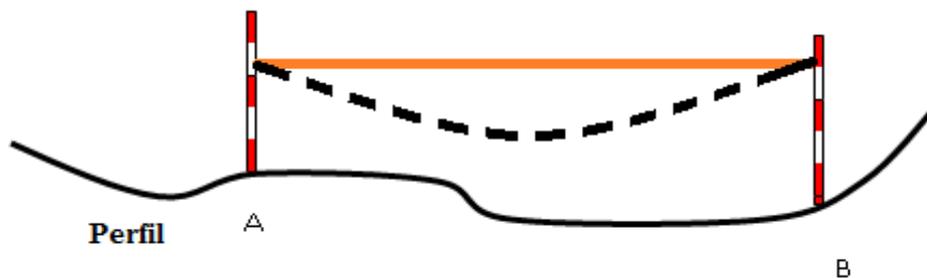


Figura 6- Erro de catenária.

Um erro bastante comum é a falta de verticalidade da baliza (Figura 7). Esse é devido ao mau uso do balizeiro. Este deverá utilizar-se do nível de cantoneira ou deverá deixar a gravidade atuar na baliza segurando com dois dedos acerca do segundo terço da medição da baliza.

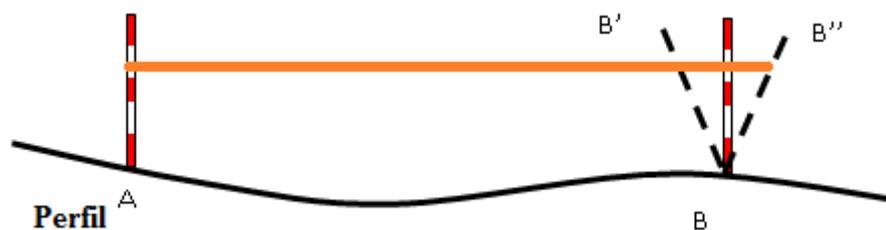


Figura 7 – Falta de verticalidade da baliza (Véras, 2003).

Outro erro que ocorre em trenas é o desvio lateral. Esse erro é comum em trenas de metal, como mostra a Figura 7.

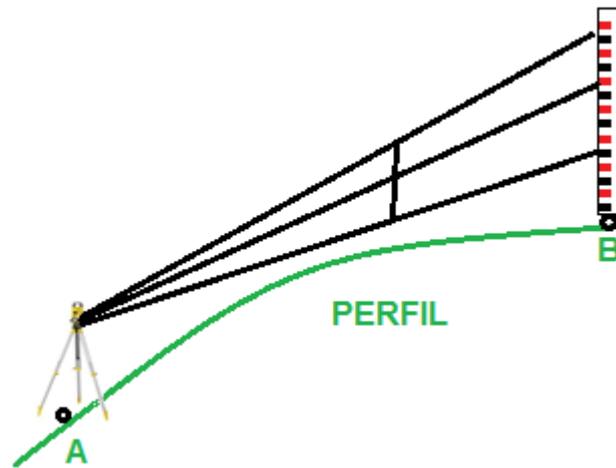


Figura 13 – Esquema com a mira-falante verticalizada.

Para calcular o DH, deveremos fazer uma correção da posição da mira que faz a semelhança de triângulos e a posição da mira verticalizada, como mostra a Figura 14. Sendo f_s , f_m e f_i leituras sem a correção e FS , FM e FI a leitura correta.

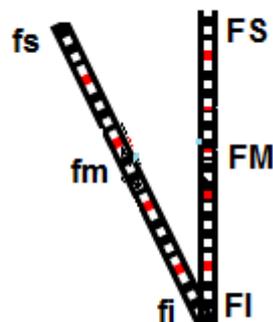


Figura 14- Inclinação imaginária da mira-falante para obtenção da DH.

Na situação sem girar a luneta, temos uma coincidência de DH com OB , como mostra a Figura 15.

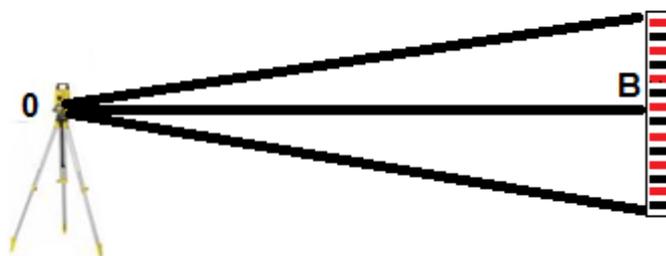
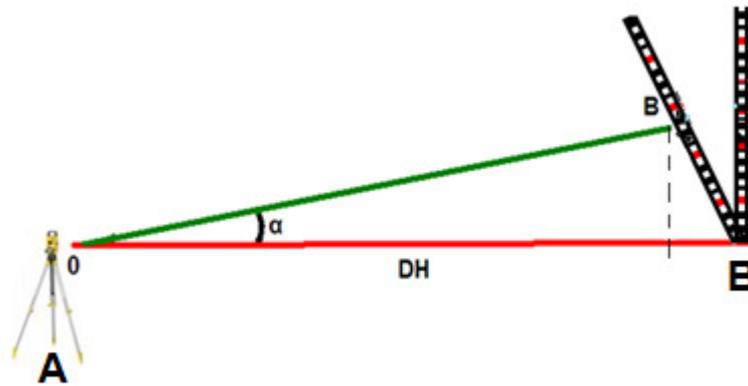


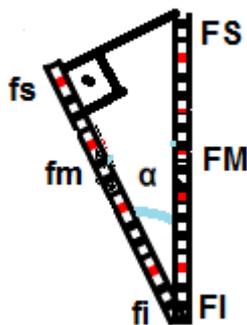
Figura 15- Relação OB e DH.

Na situação girando a luneta, temos que OB é diferente que DH, então, temos que fazer a conversão:



$$DH \text{ (reduzido)} = OB \text{ (fs-fi)} \times \cos \alpha$$

Para essa situação, $OB = fs-fi$. Nesse caso, deveremos fazer a correção para a leitura do OB que leia os FS - FI.



$$\cos \alpha = \frac{fs-fi}{FS-FI}$$

$$fs-fi = FS-FI \times \cos \alpha$$


$$DH = FS - FI \times \cos \alpha \times \cos \alpha$$

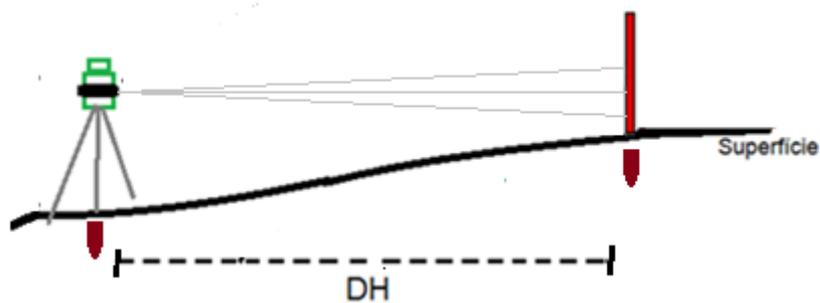
Então,

$$DH = \frac{FS - FI \times \cos^2 \alpha}{10} \text{ (em metro)}$$

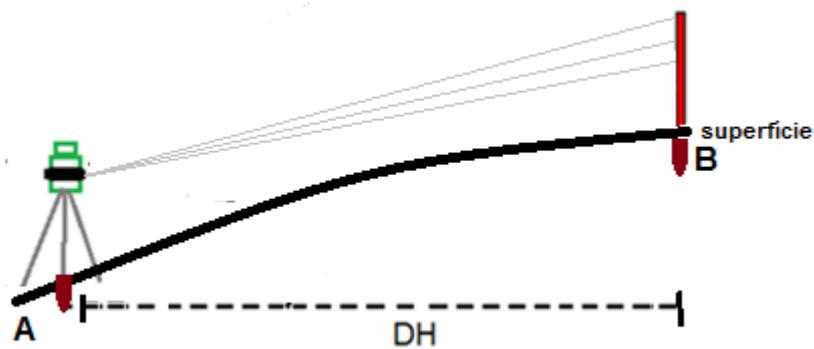
Para todas as situações (horizontal ou inclinado).

5. Exercícios de fixação

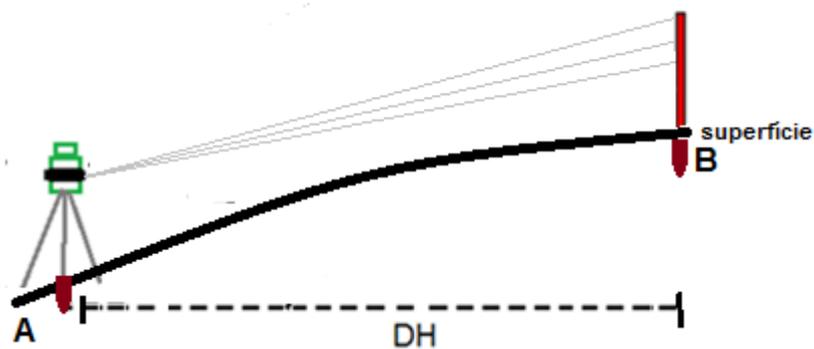
- 1) Quais são as medidas diretas e indiretas de distâncias?
- 2) Calcular a DH, sabendo que ao instalar o teodolito, o Topógrafo obteve os seguintes dados: $\alpha=0^\circ$, FS = 2500 mm, FM = 2300 mm e FI = 2100 mm.



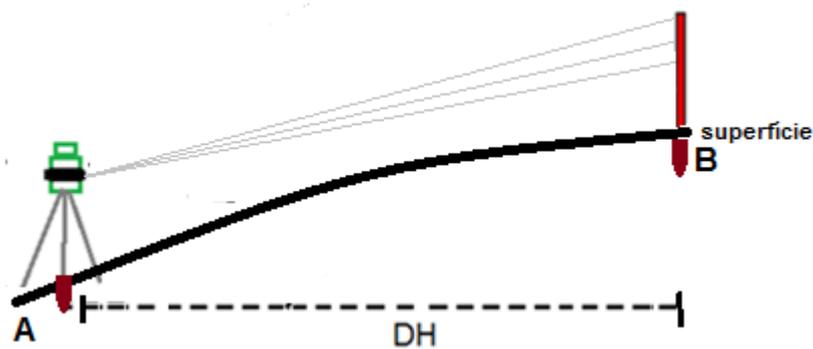
- 2) Calcular a DH, sabendo que ao instalar o teodolito, o Topógrafo obteve os seguintes dados: $\alpha= 30^\circ$, FS = 2000 mm, FM = 1500 mm e FI = 1000 mm.



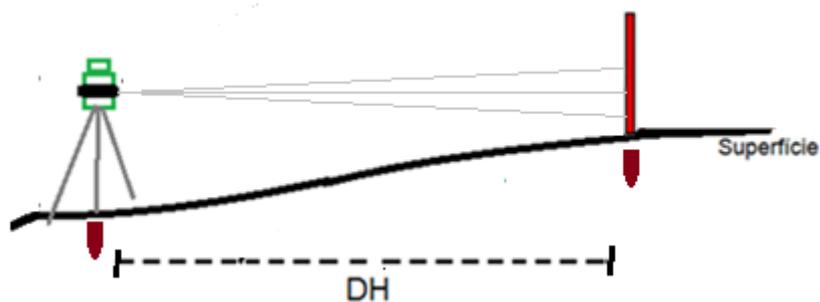
- 3) Calcular a DH, sabendo que ao instalar o teodolito, o Topógrafo obteve os seguintes dados: $z=45^\circ$, FS = 3500 mm, FM = 3000 mm e FI = 2500 mm.



- 4) Calcular a DH, sabendo que ao instalar o teodolito, o Topógrafo obteve os seguintes dados: $z=30^\circ$, FS = 2000 mm, FM = 1500 mm e FI = 1000 mm.



- 5) Calcular a DH, sabendo que ao instalar o teodolito, o Topógrafo obteve os seguintes dados: $z=90^\circ$, FS = 2000 mm, FM = 1500 mm e FI = 1000 mm.



DTR - UFRPE

LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO PLANIMÉTRICO

Aula V



1. Conceito

Levantamento Topográfico Planimétrico é conjunto de operações realizadas no campo e no escritório, a fim de se obter os dados necessários à reprodução geométrica de determinada área do terreno estudada topograficamente.

Tem objetivo de se obter os elementos necessários ao desenho na planta, em escala adequada, como: ângulos, distâncias e orientações,

O levantamento topográfico planimétrico apresenta as seguintes fases:

1) Reconhecimento da área:

Percorrer a área escolhendo os melhores vértices da poligonal, providenciar confecção de piquetes e organizar um *croqui*.

2) Levantamento propriamente dito.

2. Tipos de levantamento:

Poligonação ou caminhamento;

Irradiação;

Interseção e

Ordenadas.

2.1. Poligonação ou caminhamento

É um dos métodos mais empregados. Consiste em percorrer todos os vértices da poligonal, fazendo leituras de ângulos de cada vértice e distâncias de seus alinhamentos. Além disso, faz-se a leitura do azimute no primeiro alinhamento.

Por questão de convenção, devido aos teodolitos antigos medirem em apenas uma direção, os vértices devem ser marcados no sentido anti-horário, assim como o processo do caminhamento também (Figura 1). As leituras dos ângulos devem ser no sentido horário (Figura 2).

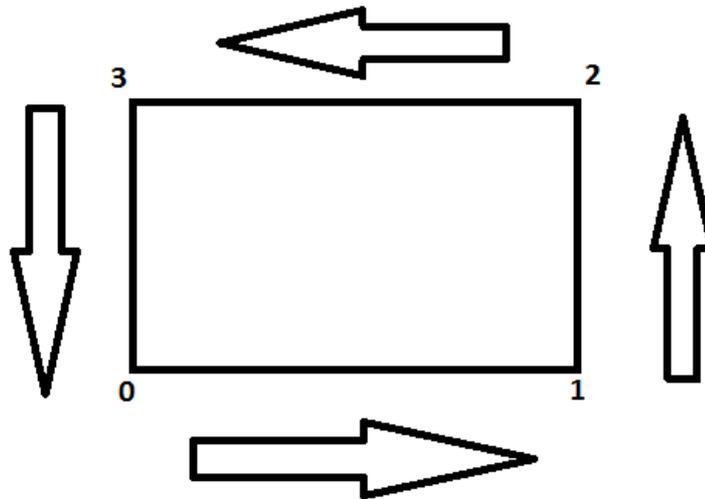


Figura 1- Esquema do sentido da marcação dos vértices e caminhamento.

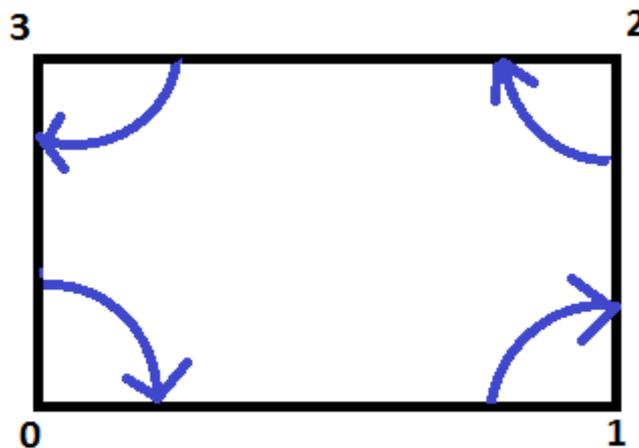


Figura 2 – Sentido da medição dos ângulos numa poligonal.

Procedimento:

Após o reconhecimento da área e marcados todos os vértices de uma poligonal, é o momento de se medir ângulos e distâncias.

Primeiramente, estaciona-se o teodolito ou estação total sobre o ponto 0 da poligonal, que nesse exemplo terá 4 lados. Faz-se o processo de centragem e calagem do equipamento.

Centragem: Coloca-se o teodolito juntamente com o tripé sobre o ponto topográfico. Através do prumo ótico, a laser ou fio de prumo centra-se o equipamento ao ponto topográfico.

Calagem: Através das pernas do tripé, cala-se o equipamento com o nível circular (calagem mais grosseira). Após esse procedimento, cala-se refinadamente o equipamento com auxílio do nível tubular, através dos parafusos calantes.

Após a centragem e calagem, o topógrafo, com auxílio da bússola e uma baliza, indica qual local está apontando o norte magnético para medição do azimute magnético do alinhamento 0-1.

Para a medição do ângulo interno, o topógrafo pede a um auxiliar para que segure a baliza, de forma verticalizada, sobre o ponto topográfico 3, zera-se o ângulo horizontal do instrumento e mede-se o ângulo até a baliza de vante localizada no ponto 1.

Para a medição das distâncias 3-0 e 0-1, o topógrafo poderá utilizar-se de uma trena comum, trena eletrônica ou mira-falante para medir através da taqueometria, como visto anteriormente.

Após o término do vértice, o topógrafo caminha até o vértice 1. Nesse vértice, ele poderá fazer as medições de distância 0-1 e 1-2. A medição do ângulo será medido através da ré em 0 e a vante em 2.

Após o término do vértice, o topógrafo caminha até o vértice 2. Nesse vértice, ele poderá fazer as medições de distância 1-2 e 2-3. A medição do ângulo será medido através da ré em 1 e a vante em 3.

Após o término do vértice, o topógrafo caminha até o vértice 3. Nesse vértice, ele poderá fazer as medições de distância 2-3 e 3-0. A medição do ângulo será medido através da ré em 2 e a vante em 0.

Vale salientar que pode-se medir o alinhamento duas vezes através de vértices diferentes para fazer uma comparação se está coerente a medição.

Erro angular:

O erro é inerente a qualquer medição. Para um levantamento planimétrico por caminhamento podemos controlar o erro angular, conhecendo a forma geométrica e as regras para somas de ângulos.

Soma de ângulos = $(n-2) \times 180^\circ$, sendo n o número de vértices ou lados.

Em um retângulo, temos:

$$S_{\square} = (4-2) \times 180^\circ = 360^\circ$$

Portanto, a soma deve ser 360° para o retângulo.

A tolerância do erro, segundo a norma, é de $1' \sqrt{n}$, sendo assim, para o retângulo pode-se errar até $2'$.

Para o cálculo das correções:

Caso o somatório dos ângulos internos do levantamento dê maior que $2'$ (para retângulo), deverá o Topógrafo fazer um novo levantamento, caso dê menor, serão feitas as correções.

Se o valor do somatório dos ângulos internos do levantamento dê maior que 360° , deverá ser realizado uma subtração na correção.

Se o valor do somatório dos ângulos internos do levantamento dê menor que 360° , deverá ser realizado uma soma na correção.

Para fazer a correção, subtrai o somatório dos ângulos internos da poligonal de 360° , como por exemplo:

$$360^\circ - 360^\circ 2' = -2'$$

$$-2' / 4 = -30''$$

Ou

$$360^\circ - 359^\circ 58' = 2'$$

$$2' / 4 = +30''$$

A tabela abaixo é um exemplo de como se procede o preenchimento de uma tabela a partir de um levantamento de uma poligonal (Figura 3).

Estação	Pontos Visados	Leituras			DH (m)	Ângulo Interno	Correções	Ângulo corrigido
		FS	FM	FI				
0	1	1600	1500	1400	20 m	90° 01'	-0'30"	90° 00'30"
1	2	1900	1775	1650	25 m	89° 56'	-0'30"	89° 55'30"
2	3	2100	1995	1890	21 m	90° 02'	-0'30"	90° 01'30"
3	0	1650	1550	1450	20 m	90° 03'	-0'30"	90° 2'30"

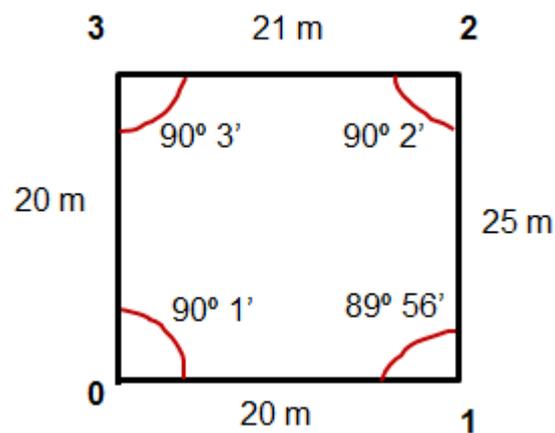


Figura 3 – Exemplo de um levantamento por poligonação.

Orientação:

Todo trabalho deve ser orientado. Para orientação utilizamos a bússola. O procedimento de orientação da poligonal deve ser paralelo ao procedimento do método de caminhamento. No primeiro vértice, se faz a **leitura** do Azimute magnético do alinhamento 0-1, posteriormente se faz os **cálculos** para descobrir os valores dos Azimutes dos demais alinhamentos. Após isso, se faz os cálculos de correção dos Azimutes na tabela.

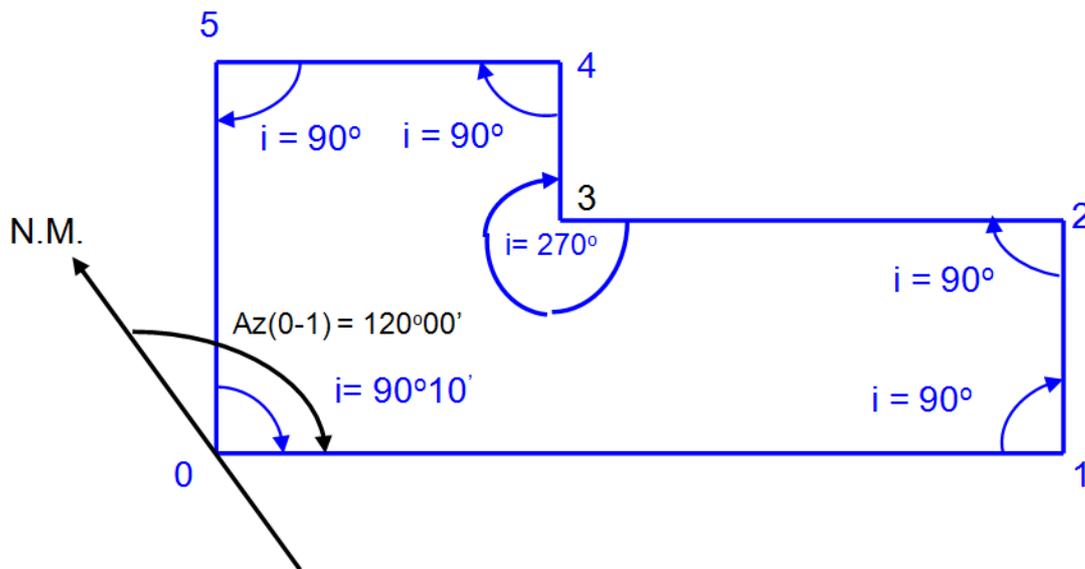


Figura 4- Leitura do Azimute do alinhamento 0-1 e os ângulos internos da poligonal (Véras, 2003).

CADERNETA DE CAMPO

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

Cálculo do Azimute:

Vamos chamar (Azimute anterior + ângulo interno) = **X**

Se X for < que 180°, a X soma-se 180°

Se X for entre 180° e 540°, a X subtrai-se 180°

Se X for > que 540°, a X subtrai-se 540°

Correção do erro do Azimute:

Busca-se o erro encontrado na soma dos ângulos internos. Faz-se o mesmo procedimento que fizemos para correção dos ângulos internos, só que, dessa vez a correção para Azimutes é acumulativa, como mostra a tabela:

Estações	Pontos visados	Ângulos internos	Azimutes		Distâncias reduzidas	Correções	Azimutes corrigidos
			Lidos	Calculados			
0	1	-	120°		-		
1	2	90° 00'	-	30° 00'	30,00	-	30° 00'
2	3	90° 00'	-	300° 00'	35,00	- 2'	299° 58'
3	4	270° 00'	-	30° 00'	20,00	- 4'	29° 56'
4	5	90° 00'	-	300° 00'	85,00	- 6'	299° 54'
5	0	90° 00'	-	210° 00'	65,00	- 8'	209° 52'
0	1	90° 10'	-	120° 10'	120,00	- 10'	120° 00'

2.2. Irradiação ou Coordenada Polar

Esse método é normalmente utilizado em pequenas áreas e relativamente planas. Consiste em a partir de um vértice medir a posição exata de diversos objetos no levantamento através de ângulos e distâncias (coordenadas polares) a partir de um ponto referencial (Figura 5).

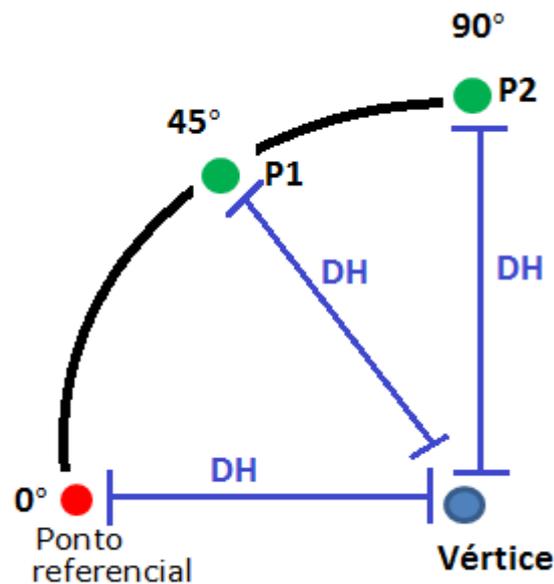


Figura 5- Esquema de Irradiação através de 1 vértice.

É interessante para um melhor detalhamento e representação do terreno utilizar-se da combinação do método de poligonação para determinar uma poligonal básica com o método da irradiação para detalhamento de alguns objetos de interesse, como mostra na Figura 6 e a tabela:

Estação	Pontos Visados	DH (m)	Ângulo
0	V1	20 m	30°
0	V2	5 m	50°
0	V3	25 m	80°
0	d1	15 m	40°
0	d2	19 m	30°

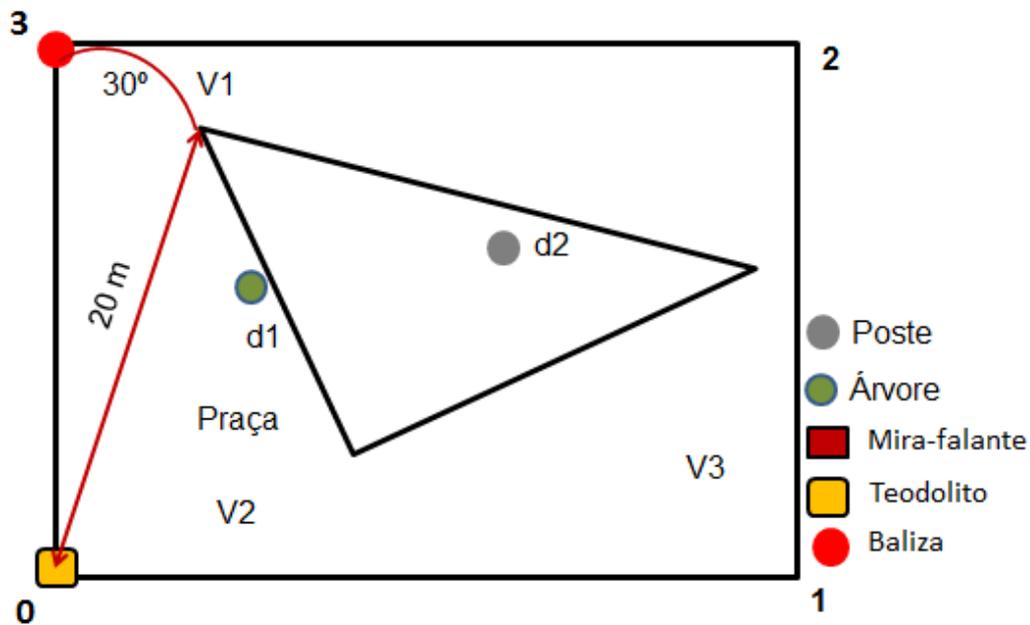


Figura 6- Método do Caminhamento e Irradiação mesclados.

2.3. 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 (Figura 7) (Véras, 2003).

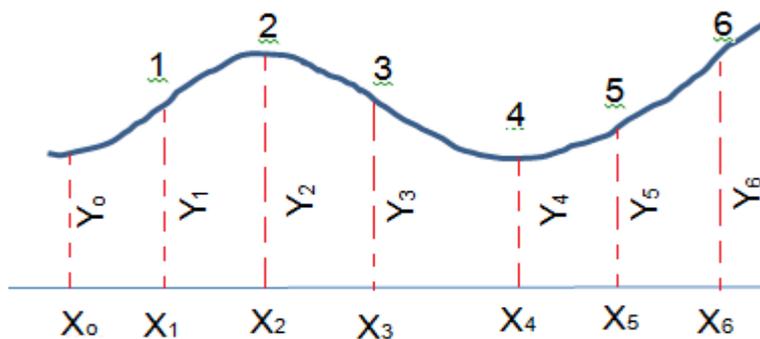
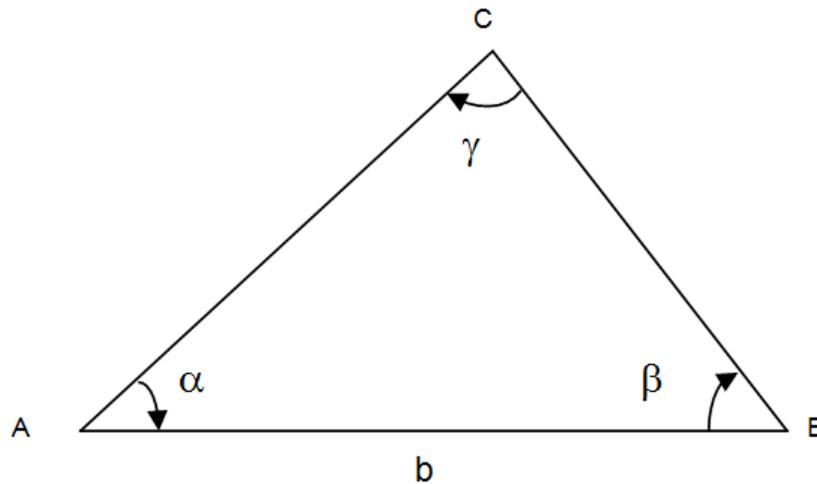


Figura 7- Método das Ordenadas (Véras, 2003).

2.4. 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 (Véras, 2003).



3. Exercícios de fixação

1) Preencha todos os dados da caderneta abaixo, caso seja necessário:

LADOS	ÂNGULOS INTERNOS	AZIMUTES		CORREÇÕES	AZIMUTES CORRIGIDOS	DH
		LIDOS	CALCULADOS			
0-1		120°				
1-2	90°00'00"					30,0 m
2-3	90°00'00"					35,0 m
3-4	270°00'00"					20,0 m
4-5	90°00'00"					85,0 m
5-0	90°00'00"					65,0 m
0-1	90° 02'01"					120,0 m

Tolerância: $1' \times n^{1/2}$

2) Para realização de uma locação planimétrica por coordenada polar, se faz necessário conhecer:

- Os elementos projetados através de ângulos e distâncias
- Os azimutes magnéticos
- Todas as distâncias do projeto
- Apenas a poligonal de contorno
- A poligonal e os ângulos

3) Por que precisamos de um levantamento topográfico para realizar uma locação planimétrica em uma área?

4) Um topógrafo necessita fazer um levantamento de uma poligonal de três lados.

Ao instalar o instrumento no ponto A visou o instrumento no ponto C e obteve os seguintes dados: FS 2000, FM 1500, FI 1000, AH 0° , AV 90° e posteriormente visou o ponto B e obteve os seguintes dados: FS 3000, FM 2000, AH $35^\circ30'30''$, AV 90°

Ao instalar o instrumento no ponto B visou o instrumento no ponto A e obteve os seguintes dados: FS 4000, FM 3000, FI 2000, AH 0° , AV 90° e posteriormente visou o ponto C e obteve os seguintes dados: FS 1000, FM 800, AH $135^\circ30'30''$, AV 90° .

Após isso, instalou o instrumento no ponto C e obteve o restante dos dados. Considerando que não houve erro de fechamento linear e angular, quais as distâncias e ângulos dessa poligonal.

DTR - UFRPE

ESCALA

Aula VI 

1. Conceito

É a relação entre o tamanho dos elementos representados em um mapa, carta ou planta e o tamanho correspondente medido sobre a superfície da Terra. Ou seja, é uma relação entre duas figuras homólogas e semelhantes entre si.

A escala é utilizada para se estudar um determinado objeto, evitando distorções e mantendo a proporcionalidade entre o desenho e o tamanho real do objeto. Os objetos grandes necessitam ser reduzidos e os objetos muito pequenos devem ser ampliados.

Condições para duas figuras serem homólogas entre si:

- a) Os lados correspondentes devem ter a mesma razão de semelhança.

Na Figura 1, notem que a relação entre os lados do objeto real e sua representação são iguais. Sua escala, por exemplo, é igual a 1 para 100 partes.

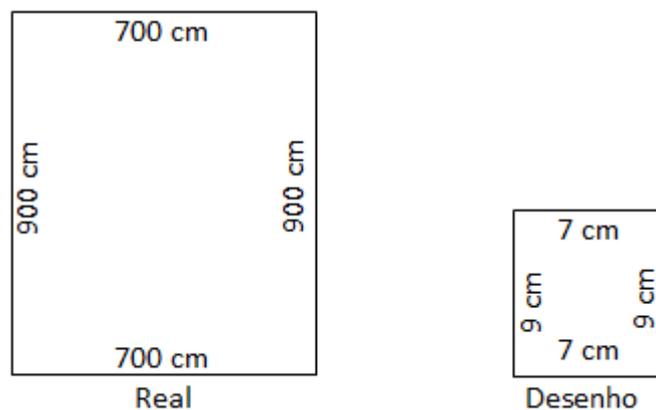


Figura 1 – Relação entre o tamanho real e tamanho de sua representação.

Na Figura 2, notem que a relação entre os lados do objeto real e sua representação não são iguais. Portanto, essa figura representativa não está em escala.

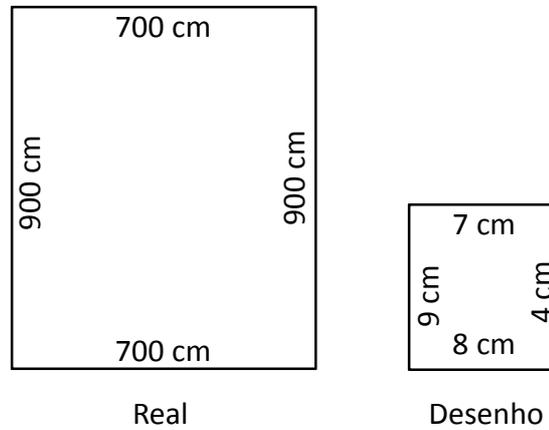


Figura 2 – Relação entre o tamanho real e tamanho de sua representação.

b) Os ângulos devem ser iguais.

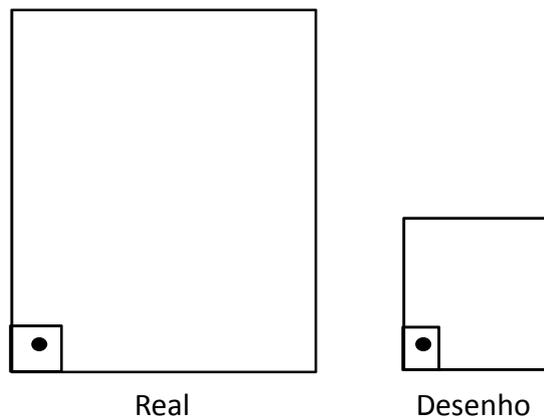


Figura 3 – Relação entre os ângulos do objeto real e de sua representação.

2. Representação da escala

As escalas podem ser representadas das seguintes formas:

Fração: 1/100, 1/2.000

Proporção: 1:100, 1:2.000, etc.

3. Relação: desenho x real

Quanto ao tamanho do objeto real e sua representação, as escalas dividem-se em:

			Exemplo:
$\frac{L}{l} = 1$	→	Escala natural	1 : 1
$\frac{L}{l} < 1$	→	Escala de ampliação	2 : 1
$\frac{L}{l} > 1$	→	Escala de redução	1 : 20

4. Relação Mapa, Carta e Planta

A diferença entre mapa, carta e planta irá variar de acordo com o tamanho da escala. As escalas entre 1:10.000 e 1:500.000 são consideradas como carta. Acima de 1:500.000 é mapa e abaixo de 1:10.000 é planta.

Mapa: é a representação no plano, normalmente em escala pequena, dos aspectos geográficos, naturais, culturais e artificiais de uma área tomada na superfície de uma figura planetária, delimitada por elementos físicos ou culturais, destinada aos mais variados usos (Figura 4) (João Fernando, 2012).

Carta é a representação no plano, em escala média ou grande, dos aspectos artificiais e naturais de uma área tomada de uma superfície planetária, subdividida em folhas delimitadas por linhas convencionais - paralelos e meridianos - com a finalidade de possibilitar a avaliação de

pormenores, com grau de precisão compatível com a escala (Figura 5) (João Fernando, 2012).

Planta é a representação em escala grande de áreas suficientemente pequenas que podem ser tomadas por planas (a curvatura da Terra pode ser desconsiderada), sem erro sensível (Figura 6) (João Fernando, 2012).

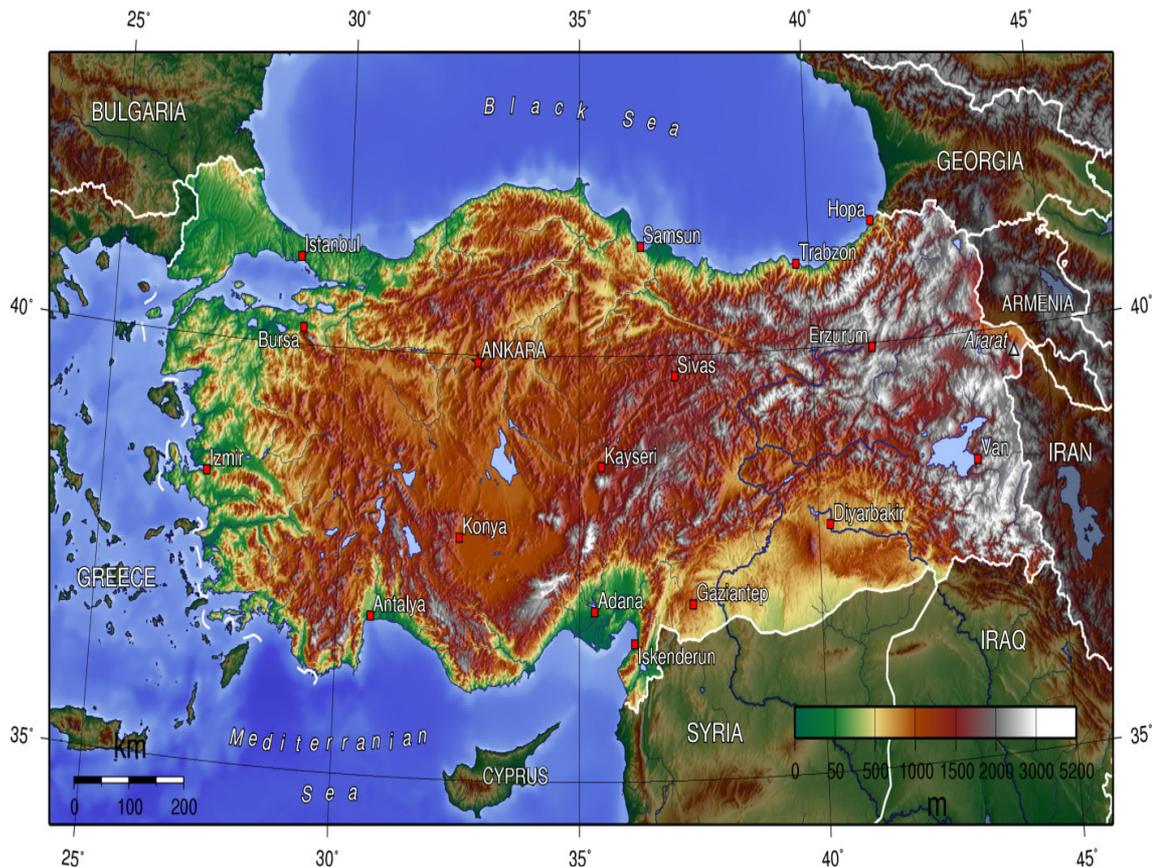


Figura 4 – Mapa planialtimétrico da Turquia.

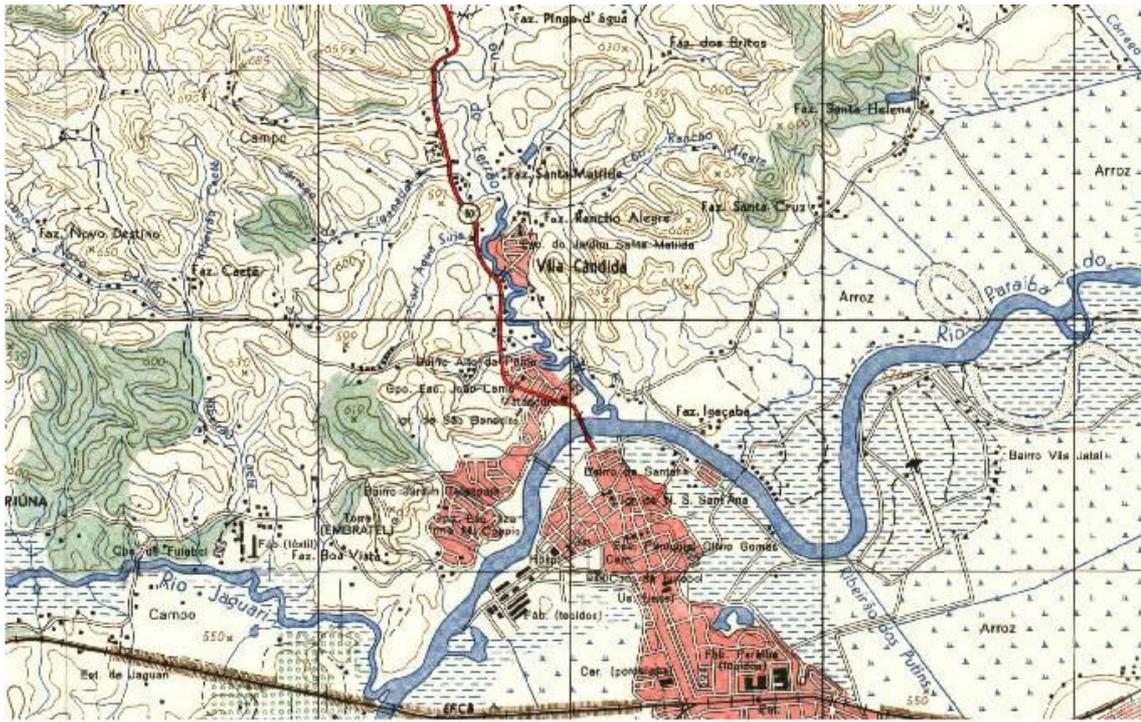


Figura 5 - Carta topográfica de São José dos Campos.

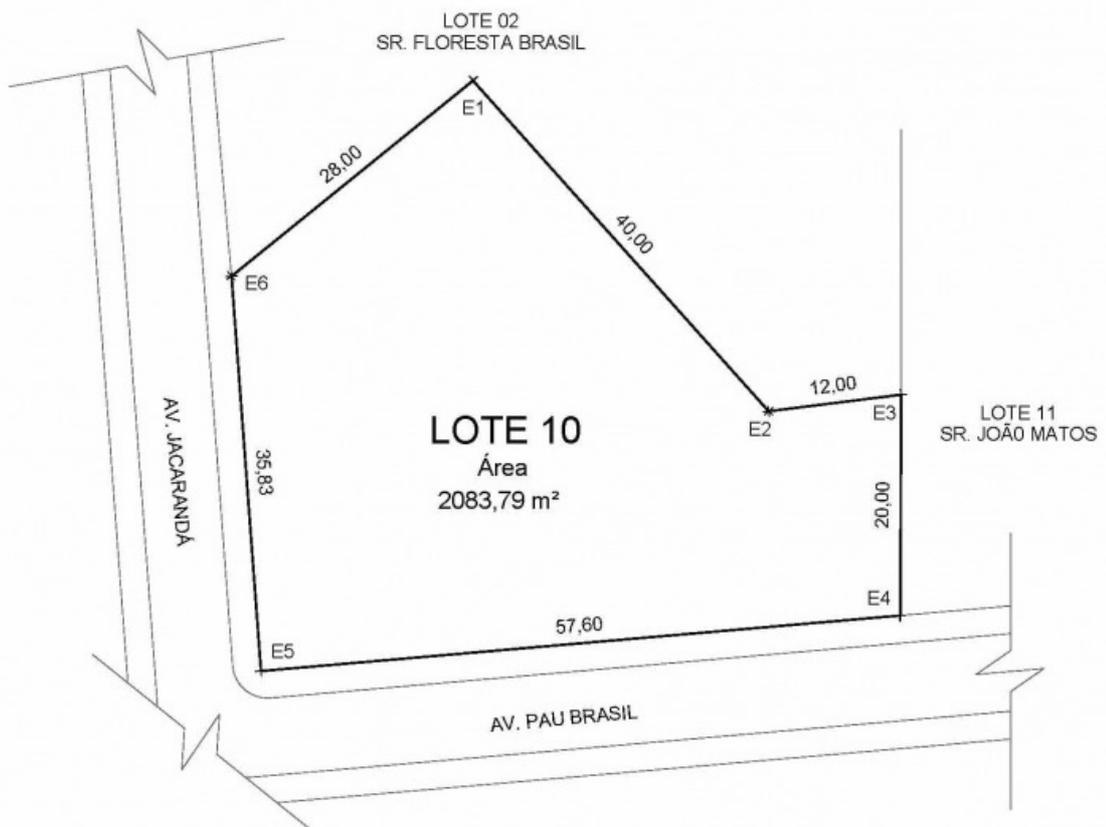


Figura 6 - Planta topográfica de um determinado lote.

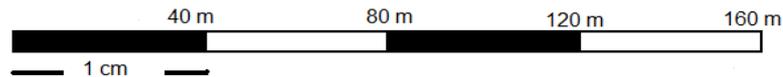
5. Conceito de escala maior e menor

O tamanho da escala é inversamente proporcional ao seu módulo. Então, uma escala 1:10 é maior que 1:100, por exemplo.

6. As escalas se dividem em:

Numérica: 1:2, 1:2000

Gráfica:



A escala numérica: fornece a relação entre os comprimentos de uma linha na planta e o correspondente comprimento no terreno, em forma de fração.

Ela é composta pelo Módulo (M) que equivale a quantas vezes o real é maior que o desenho na redução ou o desenho é maior que o real na ampliação.

$E = 1 : M$

$E = M : 1$

redução

ampliação

Como exemplo, temos abaixo a Ilha do Retiro, onde suas dimensões medem 105 m x 78 m, e sua representação mede 10,5 cm x 7,8 cm. A escala é igual a 1:1000. Seu módulo equivale a 1000, ou seja, a belíssima Ilha do Retiro é 1000 vezes maior que essa representação em papel.

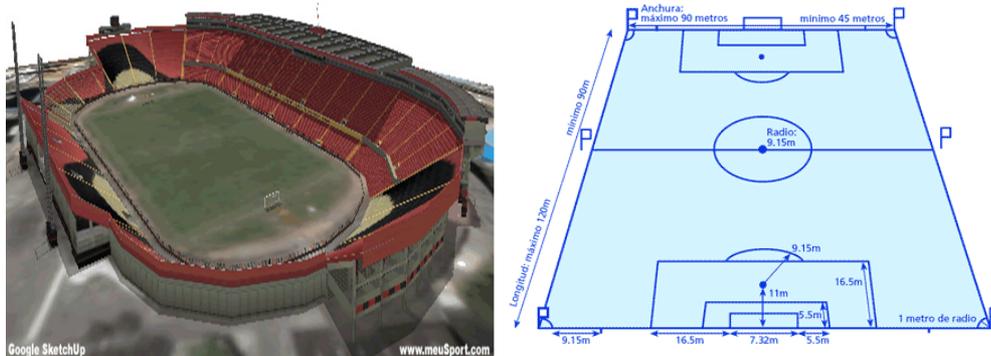


Figura 7- Relação da Ilha do Retiro e sua representação em escala.

A fórmula do módulo é igual à relação dos comprimentos real e do desenho.

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

Já fórmula da Escala é igual a: $E=1:M$ (para redução)

Quando tratamos de área, a fórmula varia um pouco, mas mantém o mesmo significado:

$$S = s \times M^2$$

A escala gráfica é um ábaco formado por uma linha graduada dividida em partes iguais, cada uma delas representando a unidade de comprimento escolhida para o terreno ou um dos seus múltiplos.



Este tipo de escala permite visualizar, de modo facilmente apreensível, as dimensões dos objetos figurados na carta.

O uso da escala gráfica tem vantagem sobre o de outros tipos, pois será reduzida ou ampliada juntamente com a carta através de métodos xerográficos e fotográficos, podendo-se sempre saber a escala do documento com o qual se está trabalhando.

Como mostra a Figura 8, na esquerda a planta sem a dilatação do material, na direita houve a dilatação em duas vezes (dilatou apenas um lado para efeitos didáticos). Note que na esquerda a piscina em seu valor real mede 10 m e a escala numérica equivale a 1:1000. Já na direita, se você for se guiar pela escala gráfica a piscina continuará tendo 10 metros porque a escala gráfica acompanhou a dilatação. Mas se for guiar pela escala numérica essa piscina terá agora 20 m. Será que a piscina aumentou de tamanho no real ou apenas no gráfico? Logicamente que houve aumento apenas no papel e a escala numérica **não** está sendo realista com o desenho.

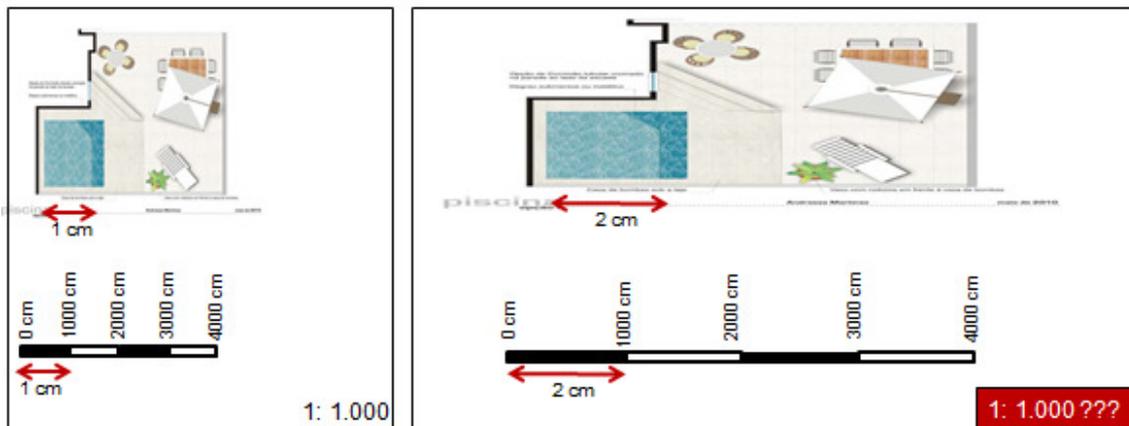


Figura 8 - Na esquerda a planta sem a dilatação do material e na direita houve a dilatação do papel.

7. Tamanho do papel x escolha da escala

Essa é a hora bastante importante o momento de se escolher qual o papel usar, pois no mercado existem diversos. Além disso, será que seu desenho vai caber no papel? Será que vai sobrar papel para o tamanho do desenho? Como mostra a Figura 9 abaixo:

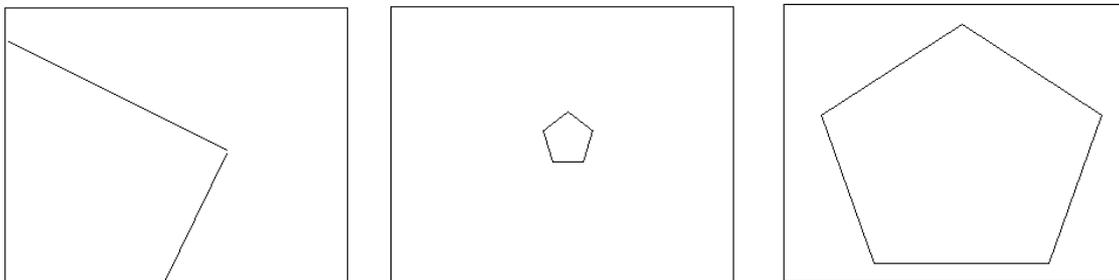


Figura 9- Na esquerda e no meio houve mau planejamento na escolha do papel. Na direita houve bom planejamento.

Para a representação do terreno, terão que ser levadas em consideração as dimensões x e y reais bem como as dimensões x e y do papel (Figura 10).

Assim, ao aplicar a relação fundamental de escala, ter-se-á como resultado duas escalas, uma para cada eixo.

A escala escolhida para melhor representar a porção em questão deve ser aquela de maior módulo.

Ao final, caso não tenhamos encontrado uma escala ideal (1:10, 1:20, 1:25, 1:30, 1:50, 1: 75 e seus múltiplos) arredonda-se a escala para o maior valor.

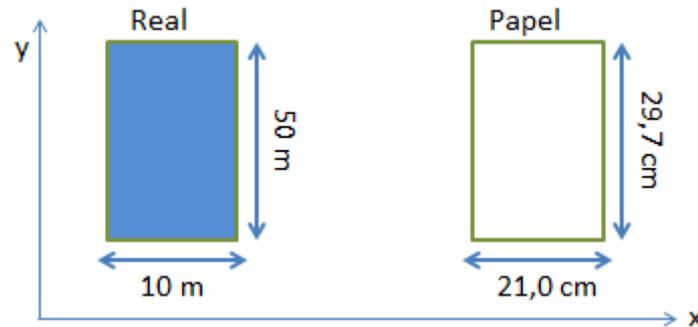


Figura 10- Relação valores do objeto real e do desenho.

Em x:

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

$$M = \frac{1000 \text{ cm}}{21 \text{ cm}}$$

$$M = 47,6$$

$$E = 1/47,6$$

A escala 1:168,38 foi a escolhida

A escala ideal utilizada: 1:200

Em y:

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

$$M = \frac{5000 \text{ cm}}{29,9 \text{ cm}}$$

$$M = 168,38$$

$$E = 1/168,38$$

8. Exercícios de Fixação

- 1) 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 m. Ache a escala desta planta.
- 2) Uma planta topográfica está desenhada na escala 1: 25000. Calcule o comprimento de uma estrada que nesta planta possui 15,40 cm.
- 3) Calcular o comprimento no desenho de uma rua com 30 m de comprimento nas escalas abaixo.

<i>Escala</i>	<i>Comprimento</i>
<i>1:100</i>	
<i>1:200</i>	
<i>1:250</i>	
<i>1:500</i>	
<i>1:1000</i>	

- 4) Construa uma escala gráfica correspondente a uma escala numérica de 1:5000, sabendo-se que sua divisão principal deve ser igual a 4 cm.
- 5) Ao medirmos em um mapa cuja escala é ao milionésimo, isto é, 1: 1000000, encontramos uma estrada de 180 km de extensão. O comprimento gráfico é equivalente a quanto?
- 6) Um loteamento de forma triangular está representado em uma planta na escala de 1: 5000 por triângulo de perímetro igual a 240 cm e cujos dois de seus lados medem 80 e 60 cm. Calcule a área real do loteamento em m² e em hectares.

7) 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 $0,128 \text{ m}^2$, pede-se.

- A sua área real em hectares
- Sabendo-se que sua forma é quadrada e o seu relevo é plano, calcule o comprimento da cerca que a limita.

8) Em uma planta topográfica projetou-se um loteamento de forma regular 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 0,4 m e 0,3 m, pede-se a escala mais conveniente para o melhor aproveitamento do papel.

9) Um loteamento de forma circular está desenhado numa escala de 1:1000. Ao medirmos sua área gráfica encontrou-se para a mesma $0,2295 \text{ m}^2$. Pede-se:

- A sua área real em hectares
- Supondo-se que este terreno fosse plano, qual perímetro da cerca que a limita.

10) Chamando-se de precisão gráfica (σ) 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 m x 20 m pode ser representado em escala em uma planta desenhada na escala 1:10000? Justifique sua resposta.

6) A escala tem unidade de medida?

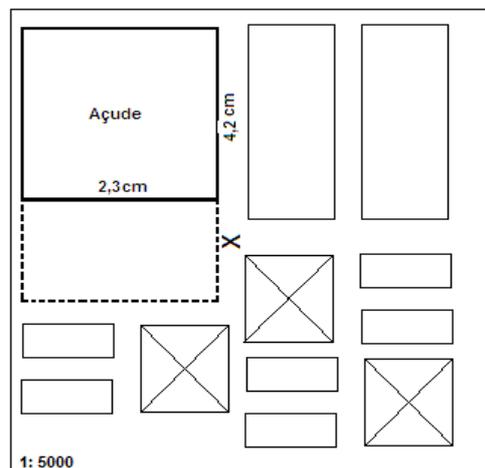
7) Um lago possui 34.000 m^3 de água. Sua profundidade em toda extensão é de 2 metros. A escala que será utilizada é de 1:1000. Qual a área em campo e real do lago?

8) Admitamos que o lago do quesito 12 é quadrado. Qual o valor dos seus lados na planta topográfica?

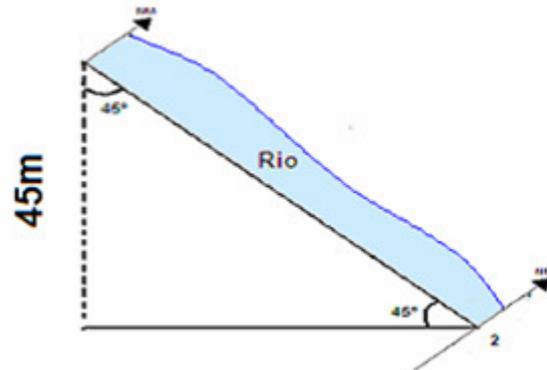
9) Quais são as escalas ideais?

10) Um proprietário possui em sua fazenda um açude. Devido o volume de água não ser satisfatório às suas necessidades, resolveu aumentá-lo conforme a linha tracejada (X em tamanho real = 50 m). Sabe-se que a profundidade de todo açude deverá ser a mesma e o volume de água com a ampliação ficará 59800 m^3 , pede-se:

- O comprimento e largura em campo do espelho d'água já com a ampliação.
- A área gráfica e em campo do espelho d'água já com a ampliação.
- Construir uma escala gráfica para essa planta. Sabendo-se que sua divisão principal é 2 cm.
- A profundidade do açude.



11) Descubra o comprimento do rio na planta topográfica.



12) Construir uma escala gráfica de uma planta. Sabendo-se que sua divisão principal é de 2 cm. Sua escala numérica é de 1:5000.

13) Um campo de futebol possui uma área de 700 m². Qual a área na planta sabendo-se que sua escala é de 1:100.

19) Mediu-se em planta um trecho de coletor de um sistema de esgotamento sanitário, apresentando o valor de 75cm. Sendo a escala da planta de 1:2000, o comprimento desse trecho no terreno é:

- a) 1500 cm
- b) 75 m
- c) 750 m
- d) 150 cm
- e) 1500 m

20) Em uma poligonal em campo o azimute 0-1 é de 75° 23' 40". Após o levantamento por estação Total FOIF 6534 o Topógrafo descarregou os dados no Programa Topograph e em seguida após o processamento o arquivo foi transferido ao AutoCAD. Qual seria o azimute 0-1 da poligonal sabendo que a planta ficou 10 vezes menor que o tamanho real.

DTR - UFRPE

CÁLCULO DE ÁREA

Aula VII 

Ao se fazer um levantamento em campo, é importante, como resultado do trabalho, o cálculo da área. Para tal, existem alguns métodos que facilitam descobrir o valor de determinada área. Esses métodos são empregados quando o formato da área em questão é irregular (processo indireto), pois caso a área seja um retângulo, por exemplo, aplicaríamos a fórmula base x altura e encontraríamos o resultado sem necessitar o uso desses métodos (processo direto), mas como se sabe, não é muito comum encontrar uma figura geométrica regular no terreno.

Os métodos para obtenção do cálculo de área são:

Gráfico

Mecânico

Pesagem do papel

Analítico

Computacional

1. Gráfico

É um método que subdivide a área em figuras geométricas regulares, na qual conhecemos as fórmulas para encontrar as áreas dessas figuras (Figura 1).

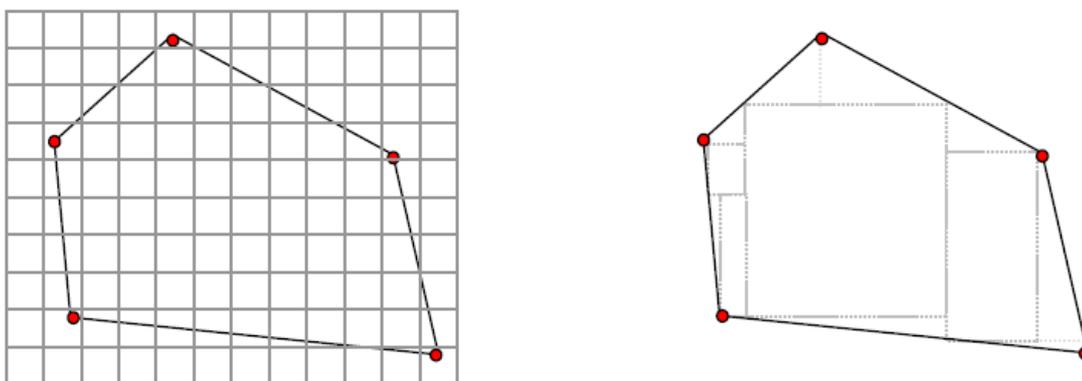


Figura 1- Método gráfico (Luis Veiga, 2007)

2. Mecânico

É um método que utiliza um instrumento mecânico para obtenção da área. Esse instrumento, no caso, é o planímetro (Figura 2).



Figura 2 – Planímetro (Luis Veiga, 2007).

Para o seu uso, traça-se um quadrado de área conhecida. Em seguida faz-se a leitura com o planímetro desse quadrado pelo menos três vezes e tira-se a média. Como por exemplo, 21 cm², 19 cm² e 20 cm² que terá média igual a 20 cm².

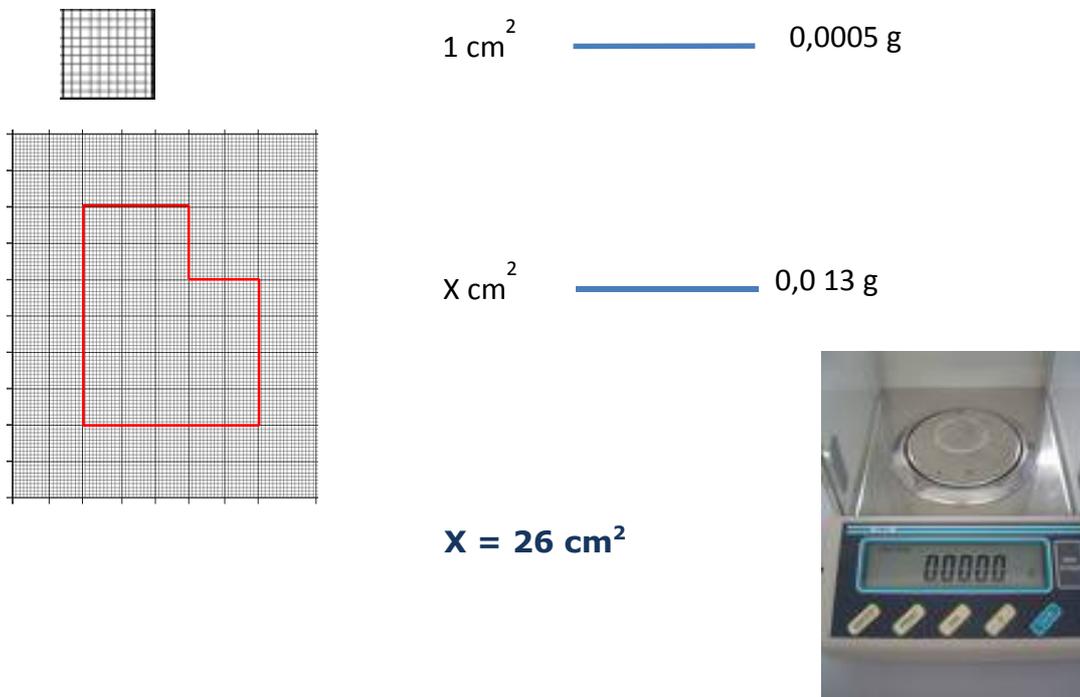
Sabe-se que a escala desse trabalho é de 1:100. Então descobriremos que a medida real é igual a 20 m²

Posterior a isso, faz-se a leitura da figura desejada. Como por exemplo, 200 cm².

Ora, se 20 cm² é igual a 20 m², então 200 cm² será igual a 200 m².

3. Pesagem do papel

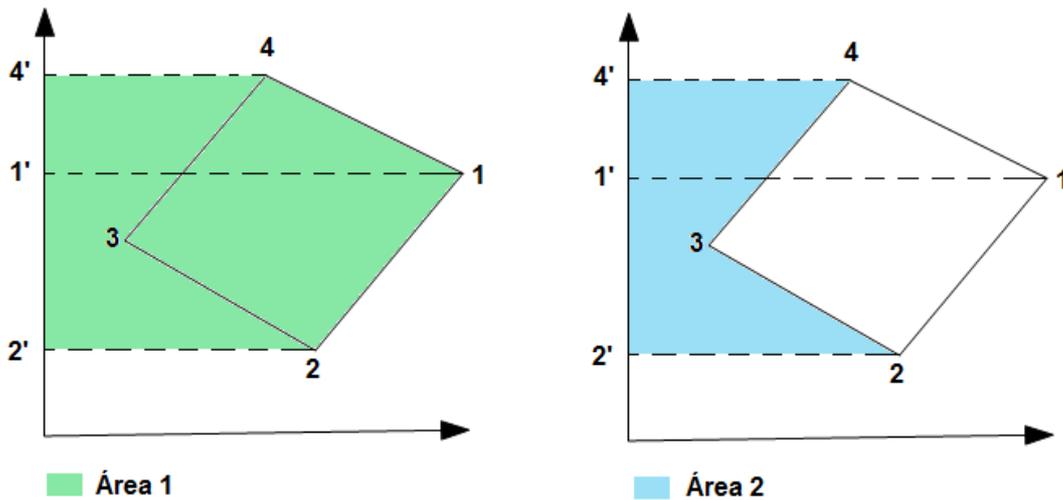
Esse é o método menos comum na Topografia. Porém, bastante simples e de fácil utilização. É necessário uma balança bastante precisa, conhecida como a balança analítica, e que os papéis utilizados sejam o mesmo ou tenham a mesma densidade. O processo consiste em recortar um pedaço do papel com um valor conhecido, como por exemplo, 1 cm^2 . Após o recorte, pesa-se esse pedaço que, como exemplo, pesou $0,0005 \text{ g}$ e recorta a figura que se deseja trabalhar e pesa também, como exemplo pesou $0,013 \text{ g}$. Após isso, faz uma regra de três:



4. Analítico

O cálculo analítico de área utiliza-se de fórmulas matemáticas a partir de cálculo de áreas de trapézios formados pelos vértices da poligonal.

Dado por:



$$\text{Área da poligonal} = \text{Área 1} - \text{Área 2}$$

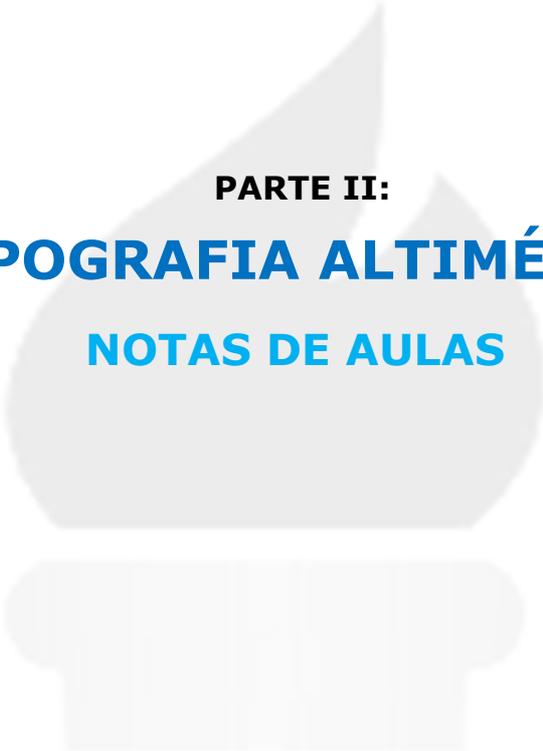
Algumas laterais e bases do trapézio são descobertos por projeções verticais e horizontais através dos azimutes dos alinhamentos.

5. Computacional

Esse método é atualmente o mais usual, devido principalmente, ao advento das Estações Totais. Para a criação desses *softwares*, sua programação é baseada no método analítico.

Os programas mais comuns são: AutoCad, Topograph, DataGeosis, TopoCal, Surfer, entre outros.





PARTE II:
TOPOGRAFIA ALTIMÉTRICA
NOTAS DE AULAS

DTR - UFRPE

INTRODUÇÃO À ALTIMETRIA

Aula VIII 

1. Conceito de Altimetria

Segundo Vêras (2003), Altimetria é a parte da Topografia que estuda uma porção qualquer de terreno sobre uma superfície plana, dando ideia do relevo do solo. Outro conceito que pode ser dado: um conjunto de operações que permitem a representação do relevo do terreno, determinando as diferenças de níveis entre os pontos topográficos, altitudes e cotas.

Como vimos anteriormente, a Planimetria estuda uma porção de um terreno desconsiderando o relevo. Ao ser representado, o terreno na Planimetria, terá como produto final uma planta bidimensional. Já na Altimetria, terá uma planta tridimensional, onde será considerado o relevo, representado pela coordenada cartesiana Z (Figura 1e 2).

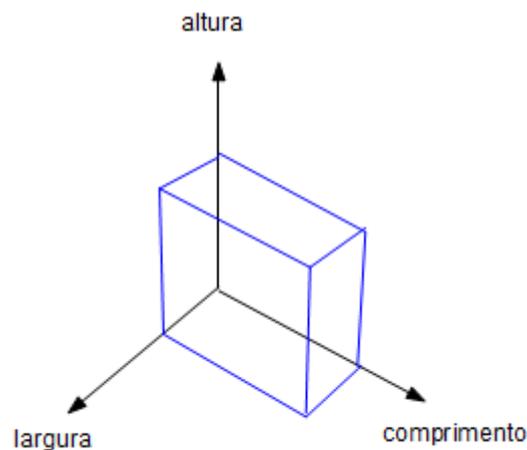


Figura 1- Coordenadas cartesianas x, y e z.

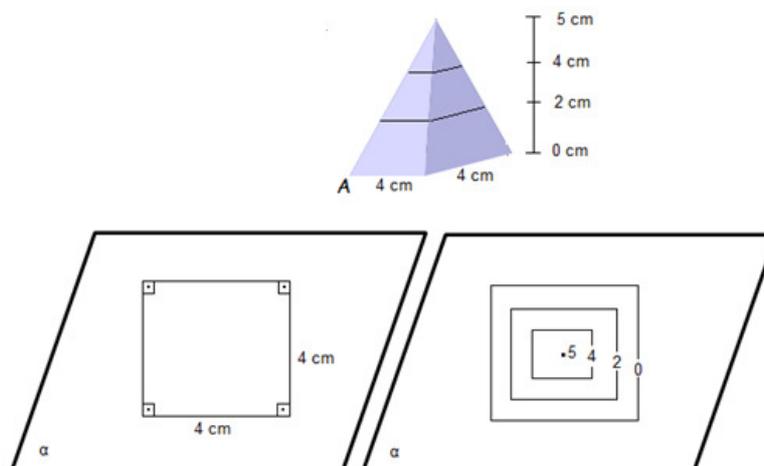


Figura 2- Em cima uma pirâmide, na esquerda sua representação planimétrica e na direita sua representação altimétrica.

2. Representação do relevo

O relevo para ser estudado, analisado e entendido precisa ser representado de alguma forma. Em Topografia, as formas mais comuns de representação do relevo são: pontos cotados, curvas de nível, perfil, seção transversal, modelagem numérica do terreno, vetorização, graduação colorimétrica, entre outras.

2.1. Pontos cotados

São pontos espacialmente distribuídos num plano, representados graficamente, onde se tem as altitudes ou cotas, levantados de um determinado terreno (Figura 3).

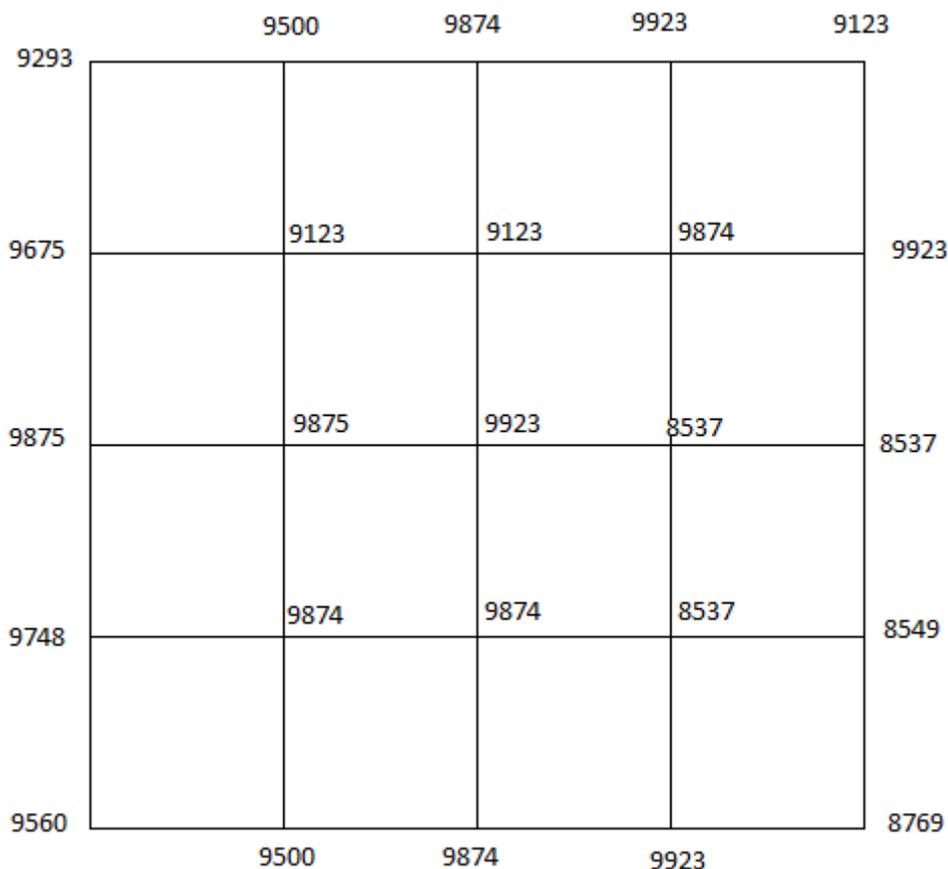


Figura 3 – Plano cotado de um terreno.

2.2. Curvas de nível

As curvas de nível são isolinhas imaginárias que indicam as altitudes ou cotas de um determinado local. Essa forma de representação do relevo será discutida em uma aula a parte (Figura 4).

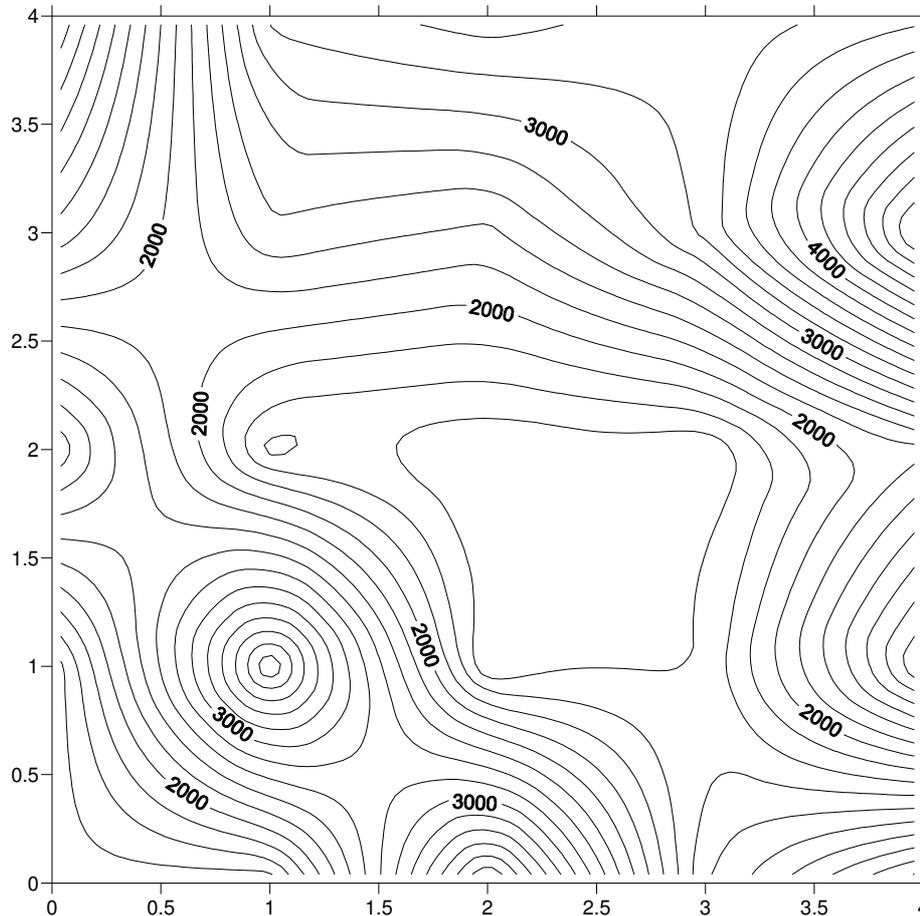


Figura 4- Curvas de nível de um terreno.

2.3. Perfil

Os perfis são uma vista lateral do relevo. Essa forma de representação do relevo será discutida em uma aula a parte (Figura 5).

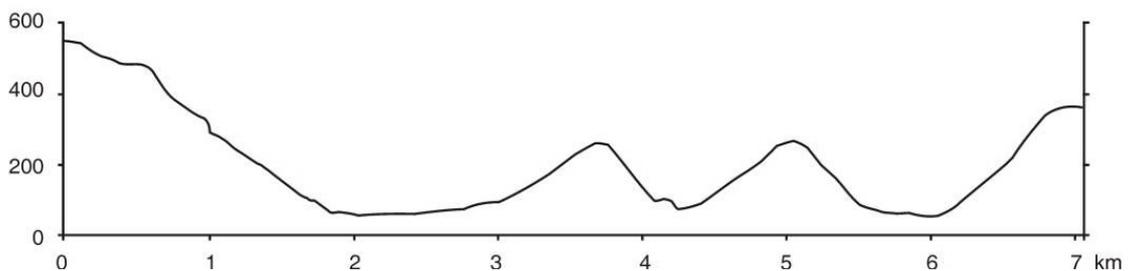


Figura 5 – Perfil de um terreno.

2.4. Seção transversal

As seções transversais são vistas frontais do relevo, perpendicular ao perfil longitudinal. Essa forma de representação do relevo será discutida em uma aula a parte (Figura 6).

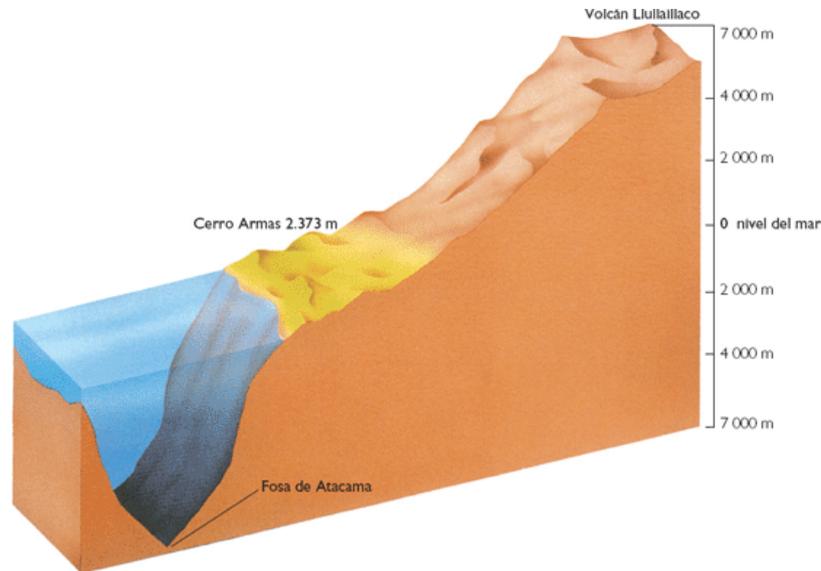


Figura 6 – Seção transversal de um terreno.

2.5. Modelagem numérica do terreno

É um modelo matemático do terreno, onde a partir de uma determinada origem (0,0,0), tem-se que, cada ponto do terreno possui uma coordenada x, y e z, como produto tem-se uma visualização tridimensional do terreno (Figura 7).

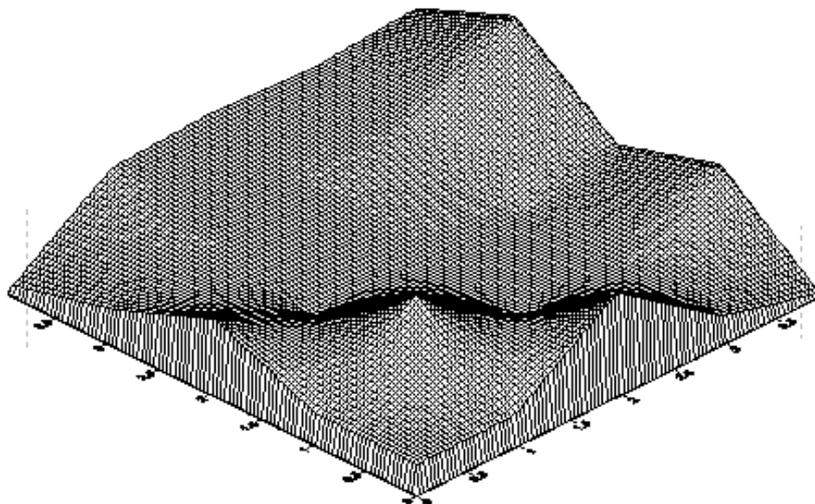


Figura 7- Modelagem numérica de um terreno.

2.6. Vetorização altimétrica

A vetorização é uma forma de representação de terreno, onde as setas indicam os locais mais baixos ou onde há o local de escoamento de água (Figura 8).

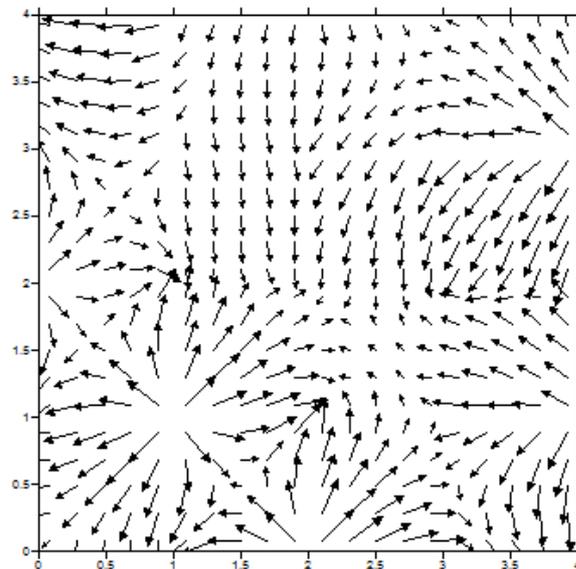


Figura 8- Vetorização altimétrica de um terreno

2.7. Graduação colorimétrica altimétrica

A graduação colorimétrica altimétrica indica os locais mais altos, intermediários e baixos do terreno através de cores, podendo ser bidimensional ou tridimensional. A qualidade de representação do relevo, de acordo com o nível de gradiente, vai depender do programa utilizado.

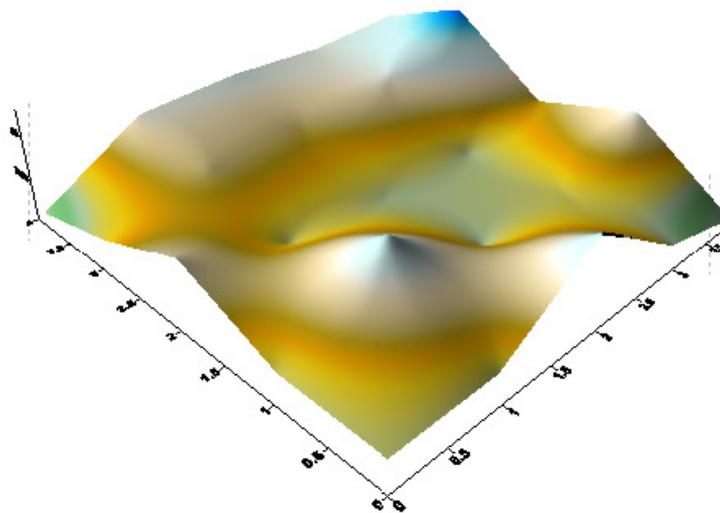


Figura 9 – Graduação colorimétrica altimétrica de um terreno.

3. Distâncias verticais

Para se chegar aos valores altimétricos para representação do relevo, é necessário conhecer algumas distâncias verticais, tais como: cota, altitude e diferença de nível.

3.1. Cota ou cota relativa

É a distância vertical compreendida entre o ponto da superfície em questão e o plano de referência qualquer (Figura 10). Esse plano de referência qualquer é um plano gerado ao ser atribuído a cota pelo Topógrafo. É cota relativa, pois as cotas com os mesmos valores de trabalhos diferentes podem estar em níveis distintos. Por exemplo, a cota 10 m de um trabalho, poderá não ter a mesma altura de uma cota de 10 m em outro trabalho.

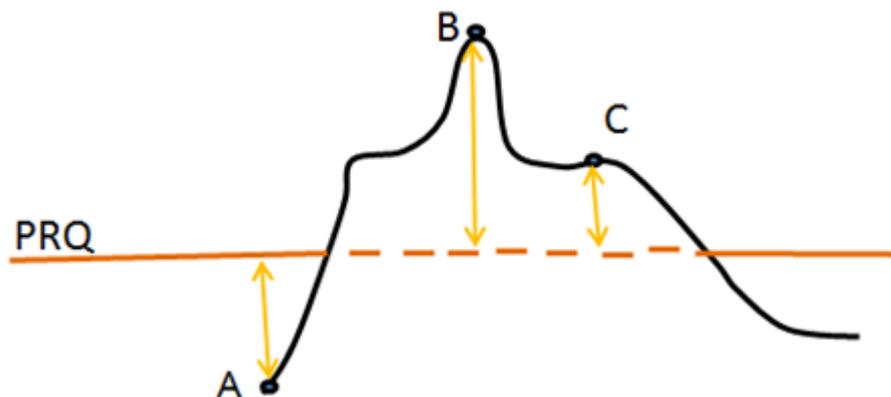


Figura 10- Cotas dos pontos A, B e C.

3.2. Altitude ou cota absoluta

É a distância vertical compreendida entre o ponto da superfície em questão e o nível médio do mar em repouso (Figura 11). Esse nível médio do mar é uniforme para todo o país e seu marco altimétrico se encontra em Imbituba-SC. É cota absoluta, pois o Topógrafo que tiver em um ponto de cota 10 m em um trabalho, e em outro trabalho tiver a mesma cota, independente de onde for, esses pontos estarão no mesmo nível.

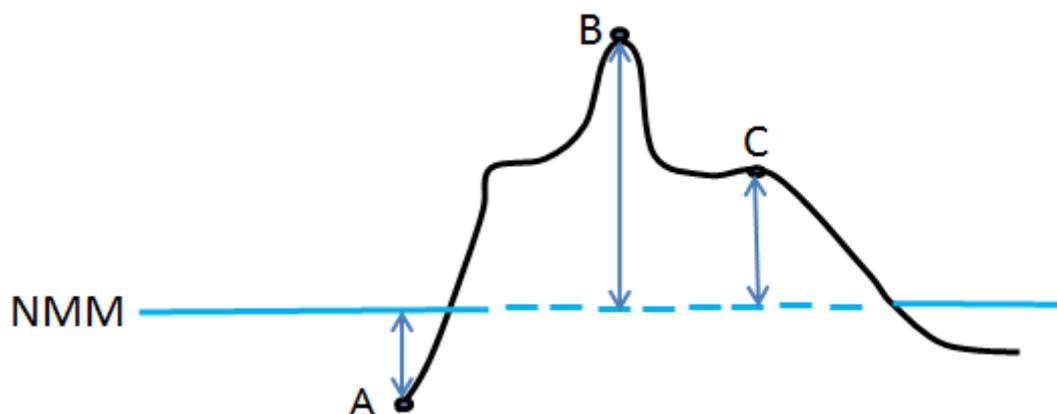


Figura 11- Altitudes dos pontos A, B e C.

3.2.1. Marégrafo ou Mareógrafo

É o instrumento que registra automaticamente o fluxo e o refluxo das marés em um determinado ponto da costa. Ao registro produzido, sob a forma de gráfico, denomina-se *maregrama*.

Marégrafo de Imbituba: é o marco da superfície de referência que define altitude de pontos da superfície terrestre de altitude zero para o Brasil.

Foi definido o local pelo CNG, Conselho Nacional de Geografia, em 1959, como o ponto menos variável da costa brasileira.

Na Figura 12 temos uma relação de cota e altitude. Notem que podemos ter cotas e altitudes negativas e positivas. Em A, temos altitude e cota negativa. Em B, temos altitude e cota positiva. Em C, temos altitude positiva e cota negativa.

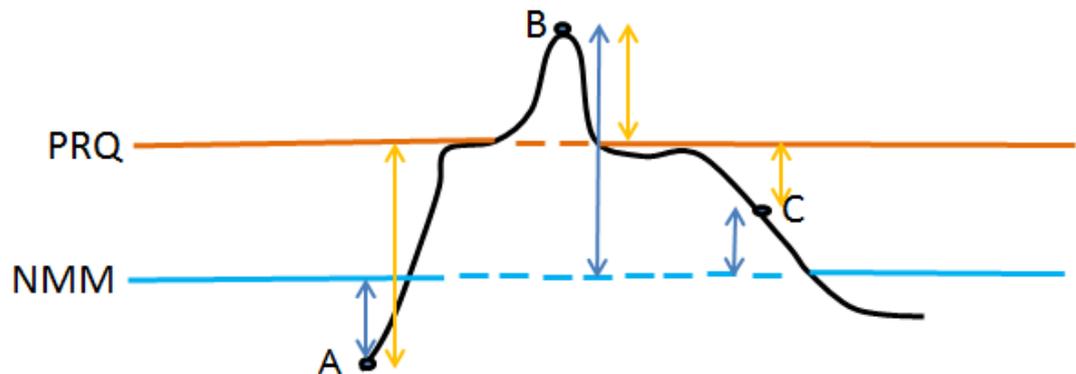


Figura 12- Altitudes e Cotas dos pontos A, B e C.

Como a cota é uma medição relativa, na Figura 13, não podemos dizer que as curvas de nível de Gravatá-PE têm valores que estão em um nível mais elevado que Triunfo-PE. Pela carta também não podemos dizer que Gravatá-PE está a um nível mais alto que Goiana-PE. Apenas podemos dizer que Goiana está em um nível mais baixo que Aliança-PE, devido às curvas de nível serem compostas por altitudes.

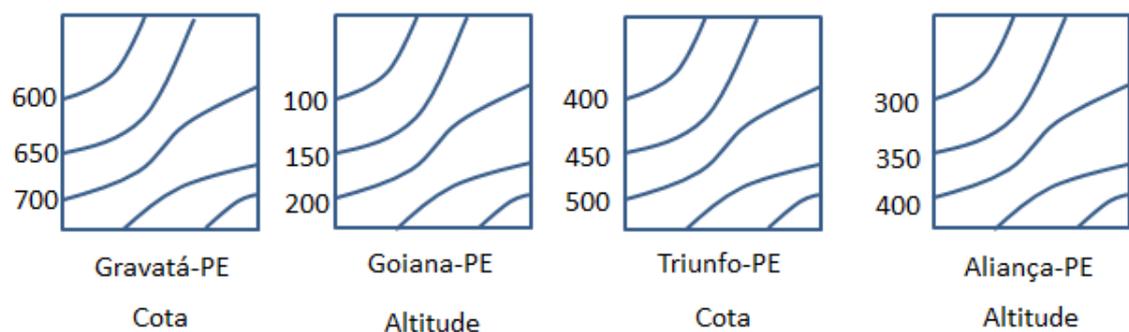


Figura 13- Curvas de nível de algumas cartas dos municípios de Aliança, Goiana, Gravatá e Triunfo, em Pernambuco.

3.3. Diferença de Nível

É a diferença de alturas (Figura 14), altitudes (Figura 15) ou cotas (Figura 16) de dois pontos situados na superfície da Terra.

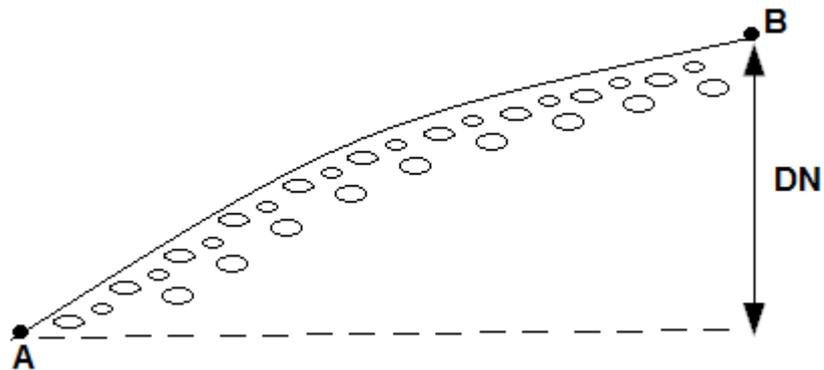


Figura 14- Diferença de nível entre A e B através da diferença de alturas.

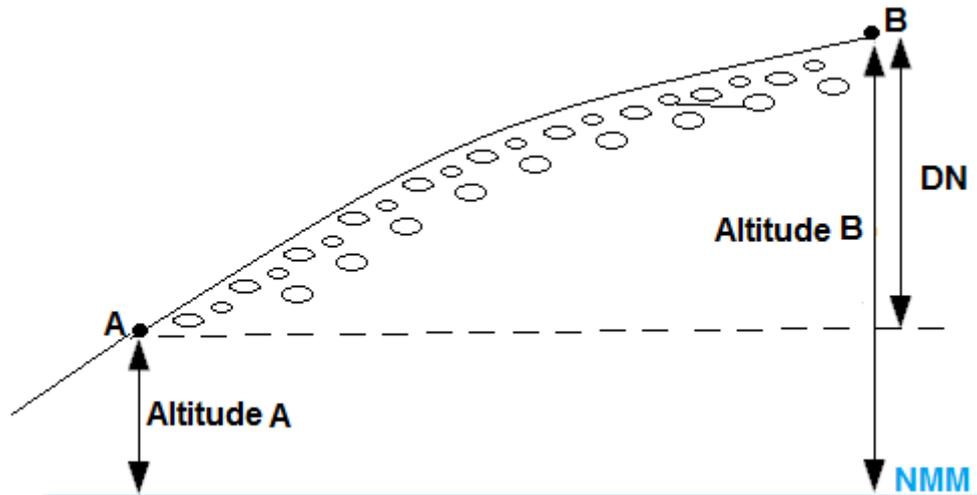


Figura 15- Diferença de nível entre A e B através da diferença de altitudes.

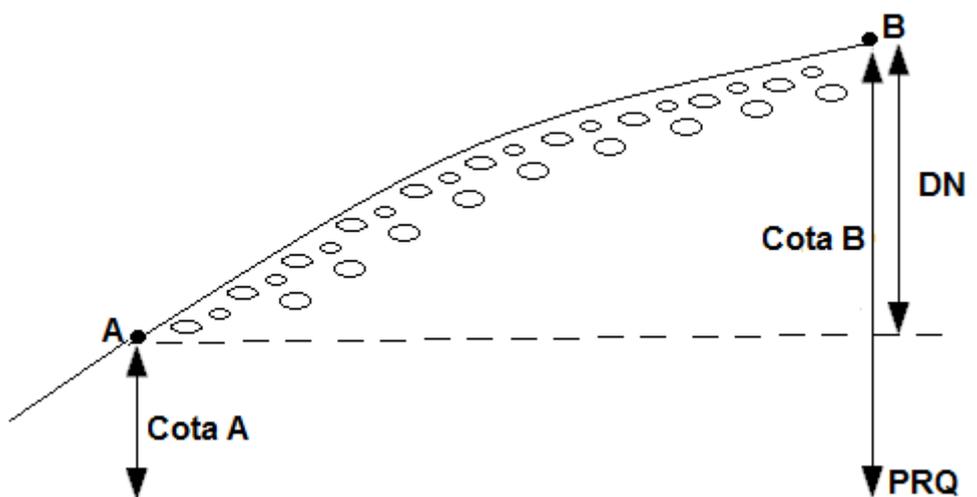


Figura 16- Diferença de nível entre A e B através da diferença de cotas.

4. Nivelamento

4.1. Conceito

É o conjunto de técnicas e operações realizadas em campo objetivando-se a obtenção das diferenças de nível, altitudes e cotas do terreno.

4.2. Instrumentos utilizados para nivelamento

Os instrumentos utilizados no nivelamento e suas precisões estão relacionadas conforme a tabela abaixo:

Instrumento	Precisão
Nível de luneta	Alta Precisão
Teodolito	Média Precisão
Nível de mão	Média Precisão
Jogo de réguas	Média Precisão
Nível de mangueira	Média Precisão
Estação Total	Média/Alta Precisão *
GNSS	Média/Alta Precisão *
Barômetro	Baixa Precisão

* Depende do método e modelos a serem utilizados

4.3. Métodos de Nivelamento

Os métodos de nivelamento podem ser: barométrico, por satélites, trigonométrico e geométrico.

4.3.1. Barométrico

As medições de altitude são medidas através do barômetro. Ele pode ser do tipo coluna de mercúrio (Figura 17) ou do tipo aneróide (Figura 18). Seu princípio baseia-se no peso do ar em aplicar uma determinada pressão no instrumento. Assim, a pressão pode ser calculada, multiplicando-se a altura da coluna de mercúrio pela densidade do mercúrio e pela aceleração da gravidade. Então, quanto mais alto, teremos uma menor pressão e, conseqüentemente maior altitude. Quanto mais baixo, teremos uma maior pressão e, conseqüentemente menor altitude.



Figura 17- Barômetro de coluna



Figura 18- Barômetro aneróide

4.3.2. Por satélites

Os Sistemas Globais de Navegação por Satélite, também conhecidos como GNSS, são Tecnologias que permitem a localização espacial em qualquer parte da superfície terrestre, através da recepção de sinais de rádio enviados por satélites.

Através do GNSS é possível ter valores de altitude de um determinado local. Esse sistema permite em tempo real o posicionamento da antena receptora que precisa de no mínimo quatro satélites (Figura 19).



Colectora FC-100

Hiper PLUS - GGD

Hiper LITE

Figura 19 - GPS da Topcon.

4.3.3. Trigonométrico

Dar-se pela obtenção das diferenças de nível através da trigonometria. Esse nivelamento é obtido por instrumentos que medem distâncias horizontais e ângulos verticais, como teodolitos e estações totais. Em uma aula posterior daremos mais atenção a este método.

4.3.4. Nivelamento Geométrico

É o método mais preciso para obtenção das diferenças de nível, altitude e cotas. Seu princípio baseia-se em visadas horizontais sucessivas nas miras verticalizadas com objetivo de se obter distâncias verticais. (Figura 20).

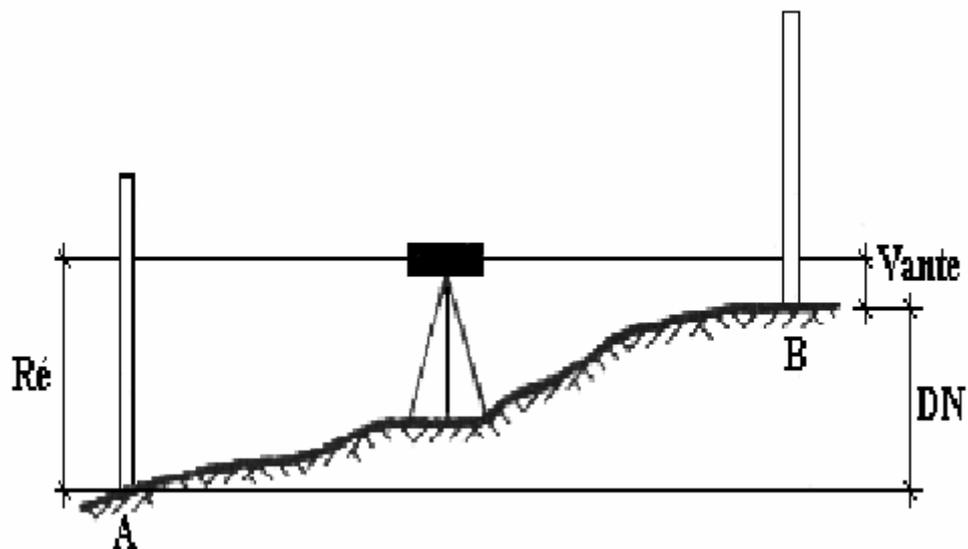


Figura 20 – Nivelamento Geométrico (Brandalize, 2003).

4.3.4.1. Nível de mangueira ou vasos comunicantes

Através do nível de mangueira podem-se encontrar diferenças de nível de um local da superfície para outro (Figura 21).

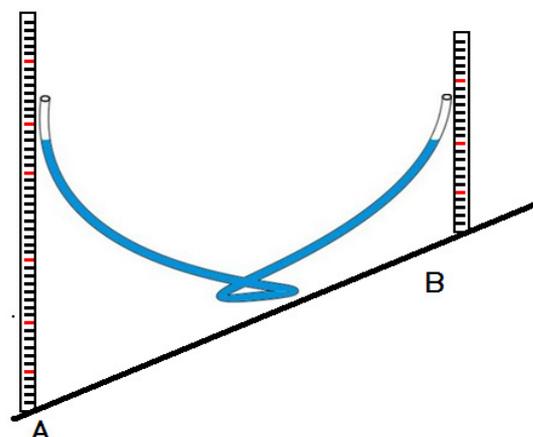


Figura 21 – Método para obtenção das diferenças de nível entre os pontos A e B.

4.3.4.2. Nível de mangueira ou vasos comunicantes

Através do jogo de réguas com nível pode-se encontrar diferenças de nível de um local da superfície para outro (Figura 22).

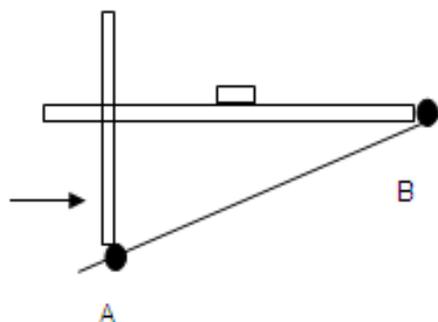


Figura 22 – Jogo de réguas com nível.

5. Exercícios de fixação

- 1) Definir cota.
- 2) Definir altitude.
- 3) Definir diferença de nível.
- 4) Quais os métodos de nivelamento e qual o mais preciso?
- 5) Quais as principais formas de representação do relevo?

DTR - UFRPE

NIVELAMENTO GEOMÉTRICO

Aula IX



1. Conceito

Baseia-se na realização de visadas horizontais e paralelas entre si, para a obtenção de leituras em miras-falantes, objetivando-se a obtenção de diferenças de nível, cotas e altitudes no terreno.

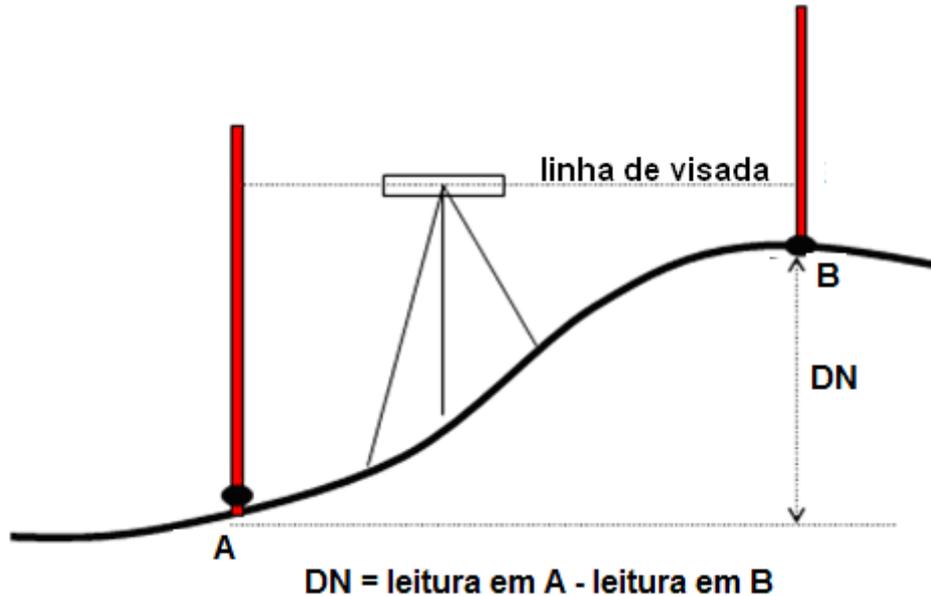


Figura 1- Diferença de leituras para obtenção da diferença de nível.

2. Instrumentos e acessórios

O nivelamento geométrico deve ser realizado com o nível de luneta, tripé e mira-falante. A Figura 2 demonstra diversas marcas e modelos de nível de luneta utilizados atualmente.



Figura 2- Diversos níveis de luneta.

3. Tipos de Nivelamento Geométrico

O nivelamento geométrico divide-se em: simples e composto. O nivelamento geométrico simples é quando se tem apenas uma estação no nivelamento (Figura 3).

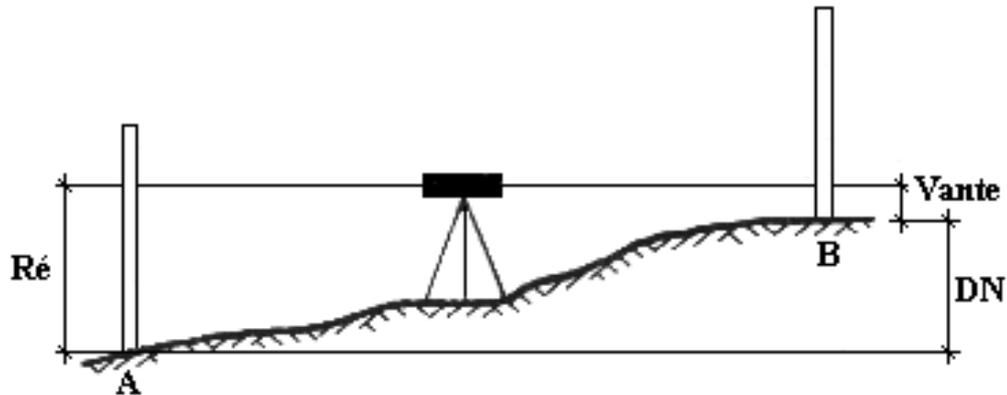


Figura 3- Nivelamento geométrico simples (Brandalize, 2003).

Quando por nivelamento geométrico simples não é possível concluir o trabalho, devido obstáculos no percurso, relevos íngremes, distâncias grandes, etc, utiliza-se o nivelamento geométrico composto, este é uma sucessão de nivelamentos geométricos simples (dois ou mais), devidamente amarrados aos pontos topográficos (Figura 4).

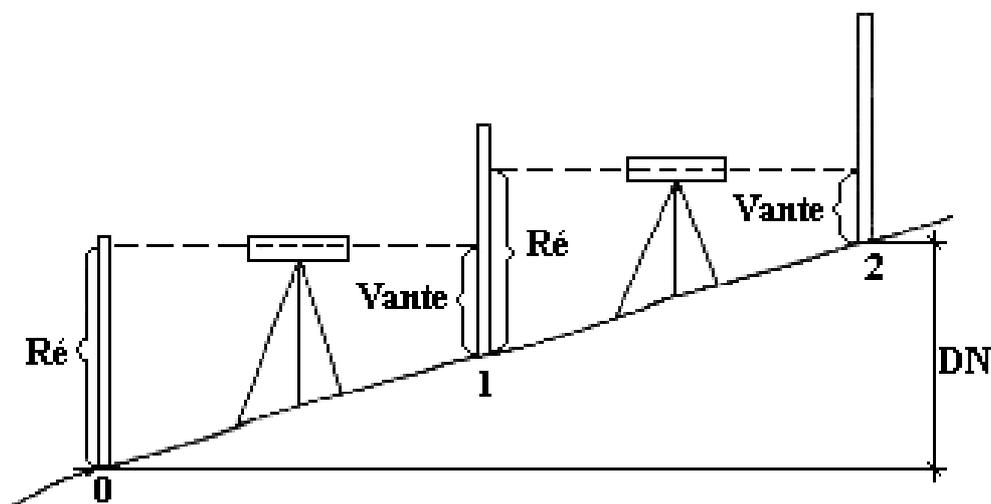


Figura 4- Nivelamento geométrico composto (Brandalize, 2003).

4. Altura do Instrumento e leituras de Ré e Vante:

Altura do instrumento, também chamado de plano de referência (PR), é a distância vertical compreendida entre a linha de visada e o plano de referência, esse plano pode ser de referência qualquer ou nível médio do mar. Em cada estação só podemos ter uma altura do instrumento (Figura 5).

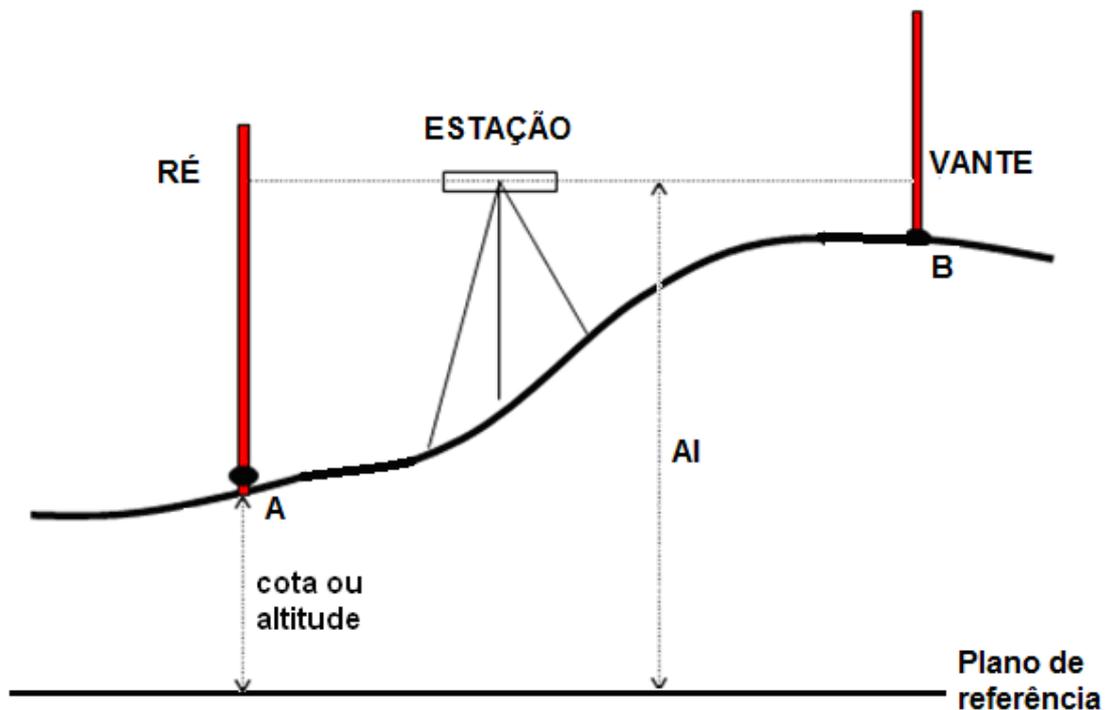


Figura 5- Altura de instrumento (AI), leitura de Ré e leitura de Vante numa estação.

A leitura de Ré ou visada de Ré é a primeira leitura que se faz numa estação. Apenas temos uma leitura de Ré para cada estação. Essa leitura é feita em cima do ponto onde se tem a cota ou a altitude conhecida.

A leitura de Vante ou visada de Vante é a leitura posterior ou posteriores à visada de Ré. Podemos ter uma ou mais leituras de Vante para cada estação.

5. Procedimento do Nivelamento Geométrico Simples:

Como encontrar a altura do instrumento:

Para obtenção da altura do instrumento é necessário utilizar o procedimento que consta em somar a cota/altitude inicial da estação com a leitura de Ré (Figura 5). Dado a fórmula: $Cota + Ré - AI$.

Como encontrar a cota/altitude intermediária ou final:

Para obtenção da cota/altitude intermediária ou final é necessário utilizar o procedimento que consta em subtrair da altura do instrumento a leitura de Vante (Figura 5). Dado a fórmula: $AI - Vante = Cota$.

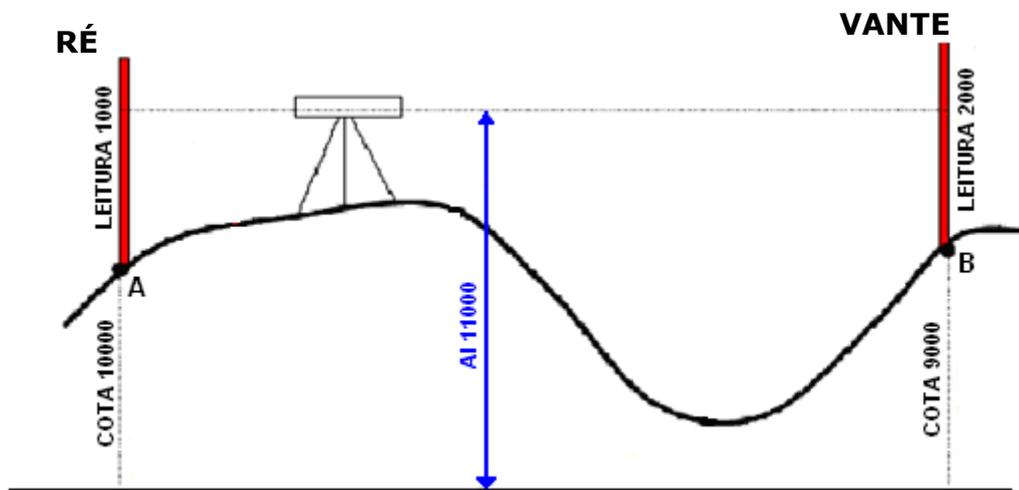


Figura 5- Nivelamento geométrico simples.

A tabela abaixo demonstra como se insere os valores do nivelamento geométrico simples da Figura 5 em caderneta de campo.

Estação	Pontos visados	Leitura		AI	Cota
		Ré	Vante		
I	A	1000		11000	10000
	B		2000		9000

Como vimos anteriormente, em um nivelamento geométrico simples, poderemos em uma estação ter apenas uma leitura de Ré e uma ou mais leituras de Vante. A Figura 6 demonstra um exemplo de nivelamento geométrico simples com várias Vantes.

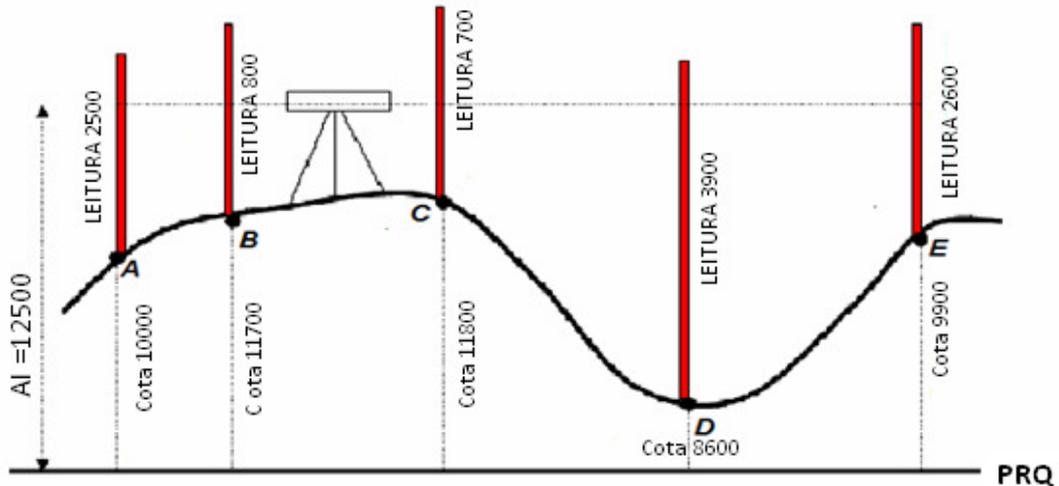


Figura 6- Nivelamento geométrico simples.

A tabela abaixo demonstra como se insere os valores do nivelamento geométrico simples da Figura 6 com várias Vantes, em caderneta de campo.

Estação	Pontos visados	Leitura		AI	Cota
		Ré	Vante		
I	A	2500		12500	10000
	B		800		11700
	C		700		11800
	D		3900		8600
	E		2600		9900

6. Procedimento de nivelamento Geométrico composto:

Como vimos anteriormente, o nivelamento geométrico composto caracteriza-se por apresentar duas ou mais estações. A Figura 7 demonstra um exemplo de nivelamento geométrico composto.

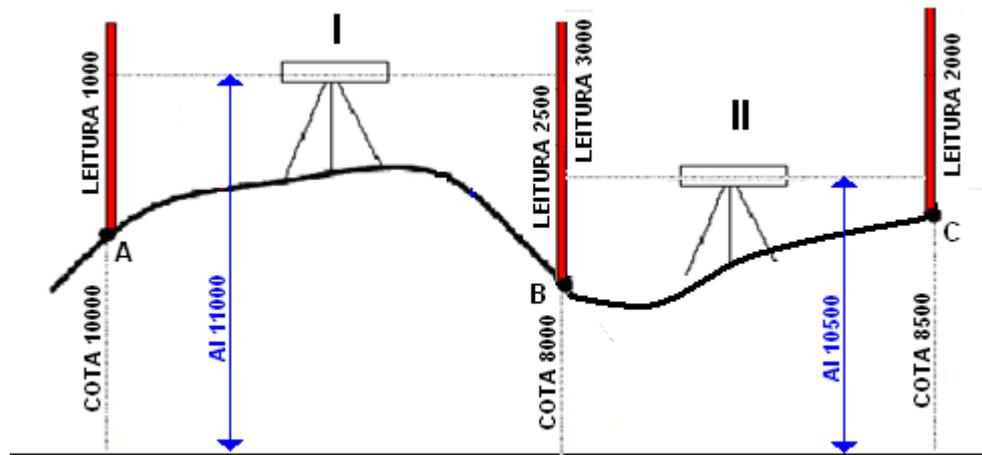


Figura 7 – Nivelamento geométrico composto.

A tabela abaixo demonstra como se insere os valores do nivelamento geométrico composto da Figura 7, em caderneta de campo.

Estação	Pontos visados	Leitura		AI	Cota
		Ré	Vante		
I	A	1000		11000	10000
	B		3000		8000
II	B	2500		10500	8000
	C		2000		8500

7. Transporte de RN

Transporte de RN é o nome atribuído ao processo de transporte de um valor conhecido de cota ou altitude de um ponto topográfico para outro ponto a partir daquele original.

8. Contranivelamento

É o processo inverso do nivelamento. Serve para conferir as altitudes/cotas de diversos pontos topográficos obtidos no nivelamento geométrico. Após a última estação no nivelamento, retira-se o instrumento do local e instala novamente, caracterizando-se como uma nova estação, faz a leitura de Ré no último ponto obtido e segue o processo inverso do nivelamento. A Figura 8 demonstra um exemplo de contranivelamento.

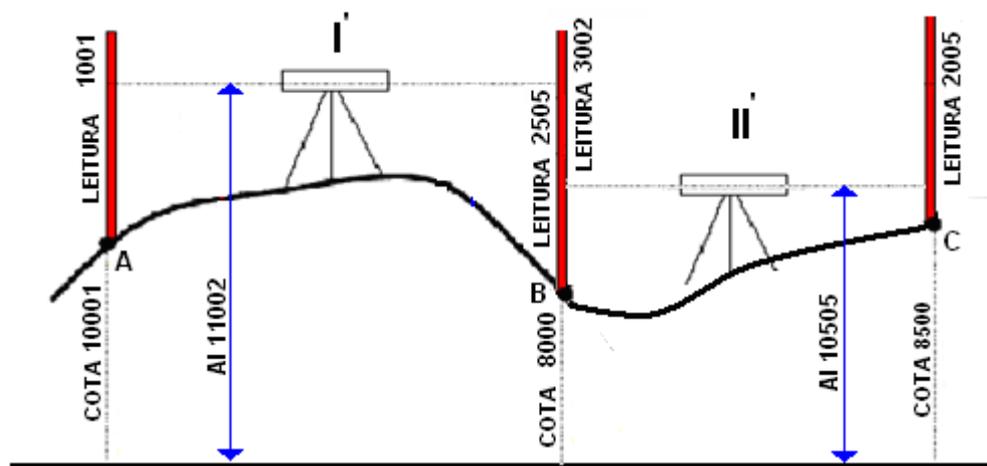


Figura 8 – Contranivelamento.

A tabela abaixo demonstra como se insere os valores do contranivelamento da Figura 8, em caderneta de campo.

Estação	Pontos visados	Leitura		AI	Cota
		Ré	Vante		
I	A	1000		11000	10000
	B		3000		
II	B	2500		10500	8000
	C		2000		
II'	C	2505		10505	8500
	B		2505		
I'	B	3002		11002	8000
	A		1001		

9. Tolerância do nivelamento

A tolerância de um nivelamento é calculada em função do perímetro percorrido (em km), sem contar com o contranivelamento, e, segundo GARCIA e PIEDADE (1984), classifica-se em:

- *alta ordem*: tolerância é de $\pm 1,5$ mm/km percorrido.
- *primeira ordem*: tolerância é de $\pm 2,5$ mm/km percorrido.
- *segunda ordem*: tolerância é de 1,0 cm/km percorrido.
- *terceira ordem*: tolerância é de 3,0 cm/km percorrido.
- *quarta ordem*: tolerância é de 10,0 cm/km percorrido.

Espartel (1987) utiliza a fórmula de tolerância igual a:

$$T = \pm 5 \text{ mm } \sqrt{\text{DH em Km}}$$

10. Erro e distribuição

Erro é um valor da qual, após o contranivelamento, se compara a medida inicial da contranivelada.

Caso o erro supere a tolerância, deve-se refazer o trabalho. Caso seja menor, se faz a distribuição do erro.

A distribuição do erro ocorre subtraindo o valor contranivelado do valor inicial. Por exemplo, se o RN inicial teve valor de cota 10000 mm e o valor contranivelado obteve-se 10006 mm, significa que se passou 6 mm. Esse valor deve ser dividido pela quantidade de estações e subtraído em cada cota das estações e de forma acumulativa. Caso tenha dado como valor final 9994 mm, deve-se dividir os 6 mm que faltam pela quantidade de estações e somar em cada cota e de forma acumulativa.

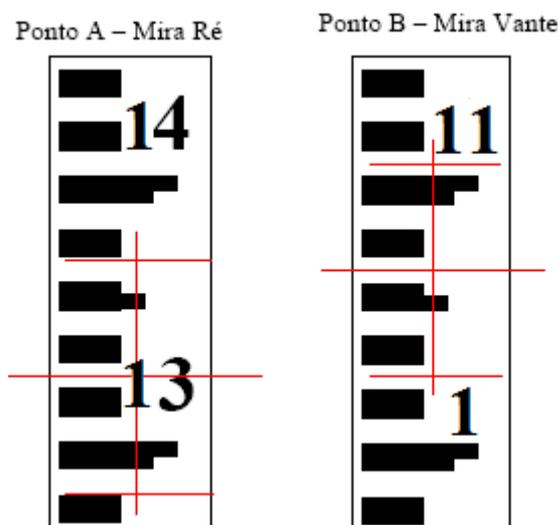
A tabela demonstra um exemplo de como é preenchido na caderneta de campo as correções e cotas corrigidas do contranivelamento.

Sabe-se que nessa Tabela o erro foi de - 6 mm. Imaginemos hipoteticamente que esse erro está abaixo da tolerância e podemos fazer a distribuição. Divide-se 6 mm por 6 estações e teremos uma correção de 1 mm a mais para cada estação. Como é acumulativa teremos: +1 mm, +2 mm, +3 mm, +4 mm, + 5mm e + 6mm.

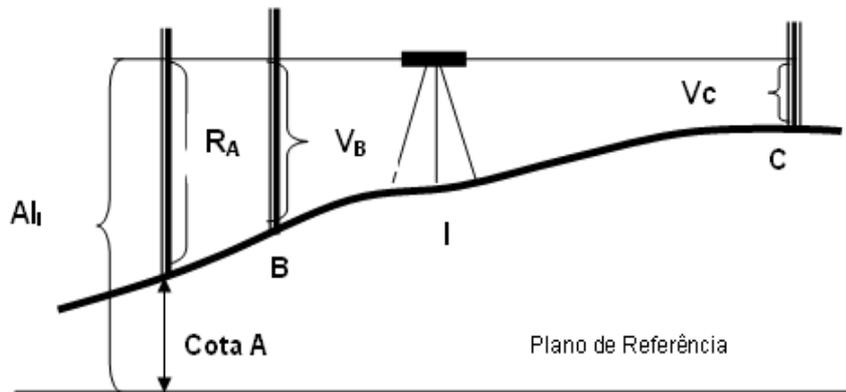
Estação	Pontos visados	Leitura		AI	Cota	Correção	Cota corrigida
		Ré	Vante				
I	E0	200		10200	10000		10000
	E1		117		10083	+ 1 mm	10084
II	E1	300		10383	10083		10084
	E2		366		10017	+ 2 mm	10019
III	E2	100		10117	10017		10019
	E3		200		9917	+ 3 mm	9920
III'	E3	202		10119	9917		9920
	E2		105		10014	+ 4 mm	10018
II'	E2	368		10382	10014		10018
	E1		301		10081	+ 5 mm	10086
I'	E1	114		10195	10081		10086
	E0		201		9994	+ 6 mm	10000

11. Exercícios de fixação

- 1) Definir cota.
- 2) Definir altitude
- 3) Definir plano de referência.
- 4) Definir altura do instrumento.
- 5) Definir estação.
- 6) Qual a diferença entre nivelamento geométrico simples e composto?
- 7) Qual o princípio do nivelamento geométrico?
- 8) Foi realizado um lance de nivelamento geométrico entre os pontos A e B, cujas leituras efetuadas na mira são mostradas na Figura abaixo. Sabendo-se que a cota do RN = 115,0 cm (ponto de ré), calcular o desnível entre os pontos A e B.



9) De acordo com os dados referentes ao nivelamento na Figura 1, calcular, em milímetros, as cotas dos pontos B e C.



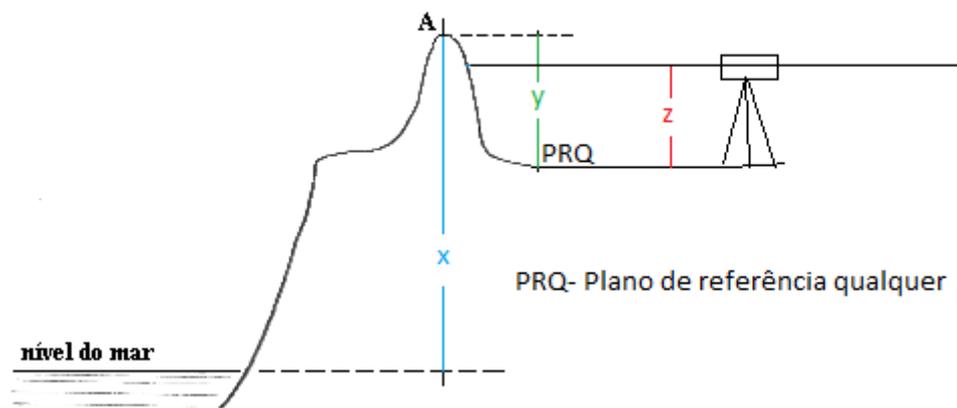
Cota em A = 20000 mm, Leitura A = 2,125 m, Leitura B = 207,5 cm, Leitura C = 09,5 dm

10) Preencha a caderneta abaixo :

Estação	Ponto visado	Leitura na mira (mm)	Altura do Instrumento (mm)	Cota (mm)	Obs
I	E0	2400			Estacas de 20 em 20m
	E1	550			
	E2	900			
	E3	1840			
II	E3	2260			
	E4	3420			
II	E4	2640	12400		
	E5	950			
	E6	880			
I	E6	345			
	E7	2998			

- a) Qual o erro cometido? b) Qual a distância horizontal percorrida?
 c) Qual a diferença de nível entre E0 e E4? d) qual o ponto mais baixo?
 e) qual o ponto mais alto?

11) Informar o que significa X, Y e Z:



12) O que fazemos se o erro for maior que a tolerância ou a tolerância for maior que o erro.

13) O que é contranivelamento?

DTR - UFRPE

NIVELAMENTO TRIGONOMÉTRICO

Aula X



1. Conceito

O nivelamento trigonométrico é um método que consiste em, através da trigonometria, determinar as diferenças de nível entre um ponto e outro da superfície (Figura 1) ou altura do objeto quando a DH entre os pontos for igual a zero (Figura 2).

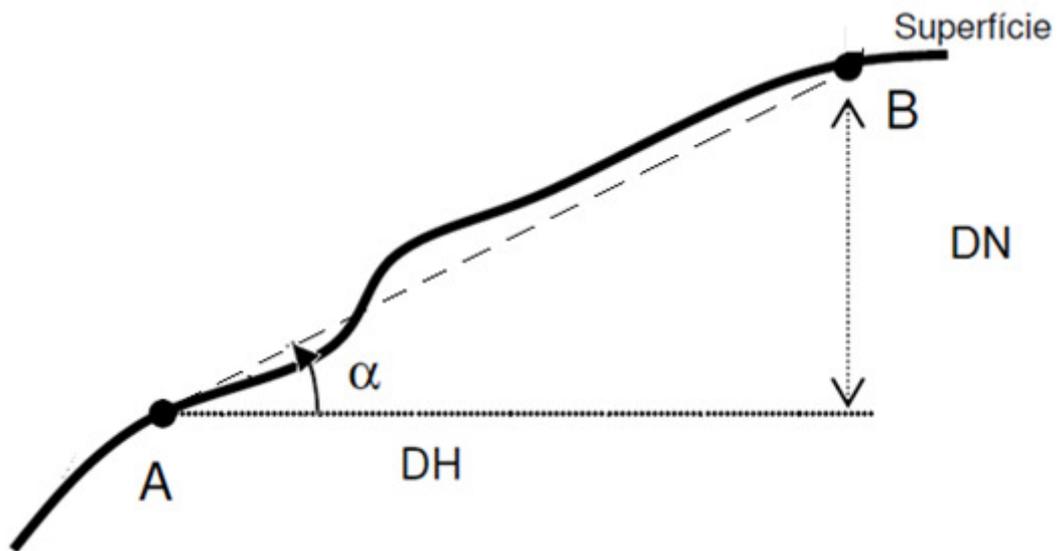


Figura 1 – Esquema da obtenção teórica da diferença de nível.

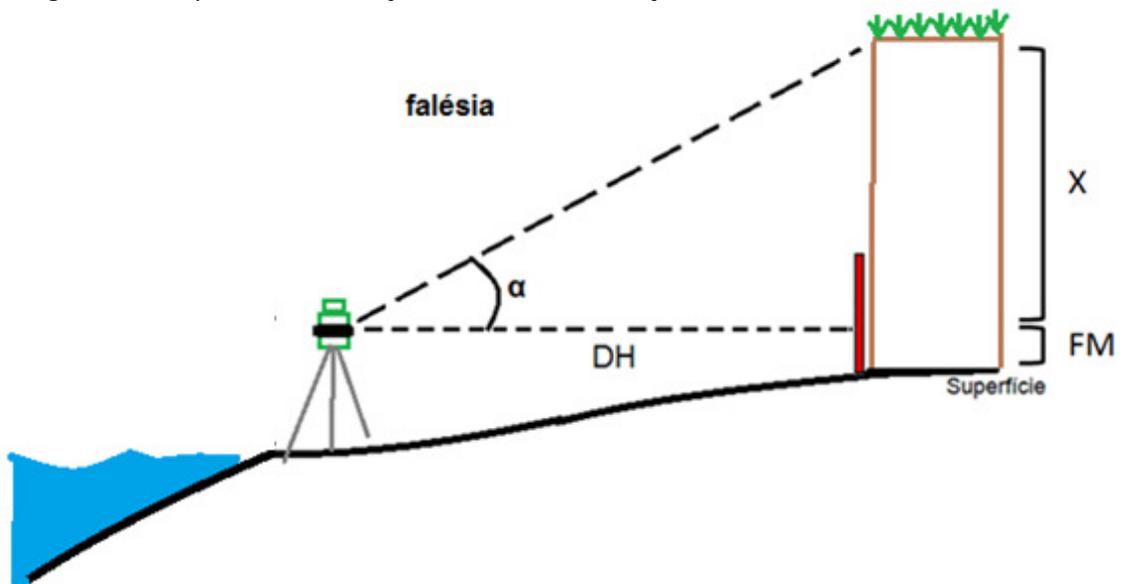


Figura 2- Obtenção da DN em uma falésia.

2. Instrumentos utilizados

Os instrumentos mais comum utilizados são: clinômetros e teodolitos (Figura 3).



Figura 3- Na esquerda o clinômetro e na direita o teodolito.

3. Diferença de Nível na superfície terrestre

A Figura 1 mostra um esquema teórico de se encontrar a diferença de nível. A fórmula do princípio da trigonometria é: $DN = DH \times \text{tg } \alpha$. Como vimos no capítulo anterior, não é possível medir a DH em um alicive/declive sem o uso do instrumento. Para medir DH é necessário a instalação de um teodolito, no ponto A, e da mira-falante, no ponto B. Ao se colocar o teodolito no ponto A, para se calcular a DN, deveremos acrescentar à fórmula a altura do instrumento até a superfície do ponto (AI_S) e ao se colocar a mira- falante, deveremos subtrair o FM da fórmula (Figura 4).

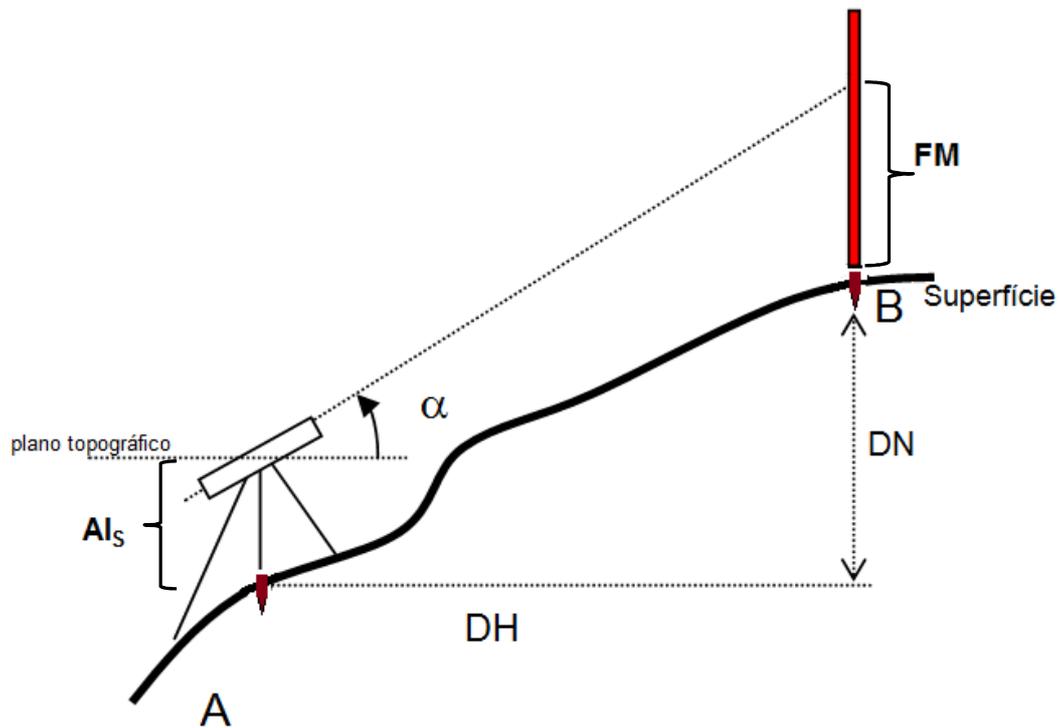


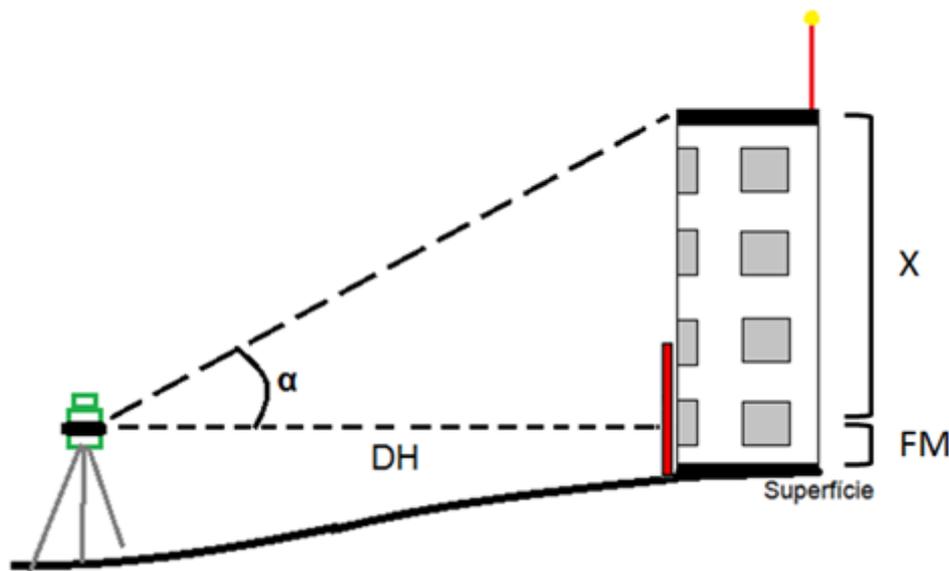
Figura 4 – Obtenção da DN na prática

Assim, teremos: **$DN = DH \times \operatorname{tg} \alpha + Al_s - FM$**

Obs.: Para encontrar a DH: $\frac{(FS-FI) \cos^2 \alpha}{10}$

4. Altura de objetos

Para altura de objetos, como: edificações, postes, falésias, árvores, etc, o nivelamento trigonométrico é também bastante útil. Quando a DH do ponto inicial e o final que queremos saber for igual a zero utilizaremos outro método dentro do nivelamento trigonométrico.



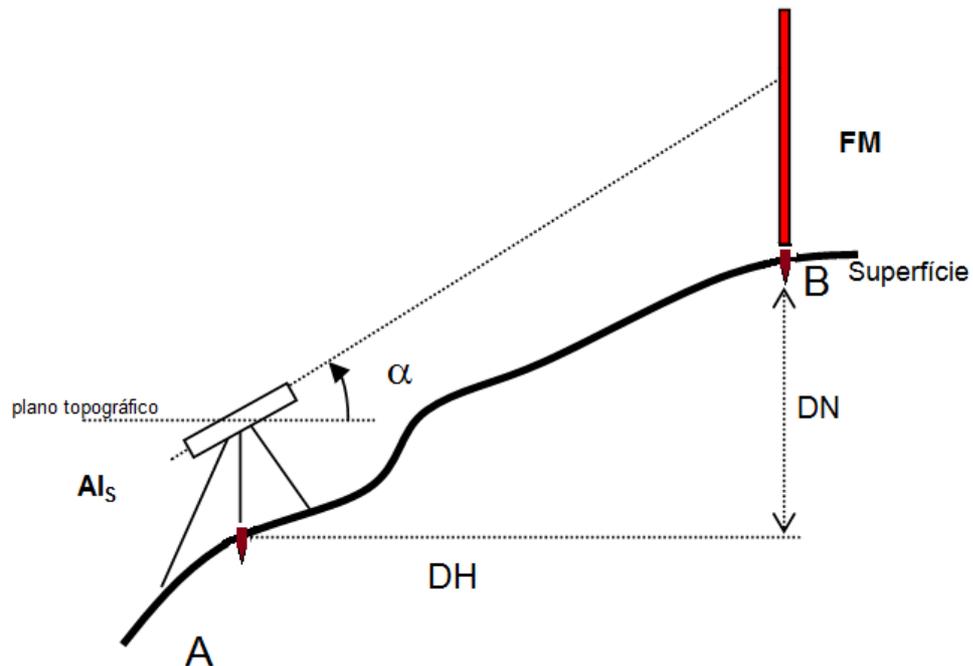
Primeiro, instala-se o teodolito em frente ao objeto a uma determinada distância. Coloca-se a mira-falante junto ao objeto e calcula-se a distância horizontal do teodolito até o objeto. Gira-se o instrumento até a ponta ou aresta final do objeto e descobre-se o ângulo alfa do plano topográfico até o objeto (o teodolito dá o ângulo zenital, deve-se calcular o alfa). Por tangente, temos: $X = DH \cdot \text{tg } \alpha$. Somando-se o X com o fio médio (FM), teremos: **Altura do objeto = X + FM**

5. Exercícios de fixação

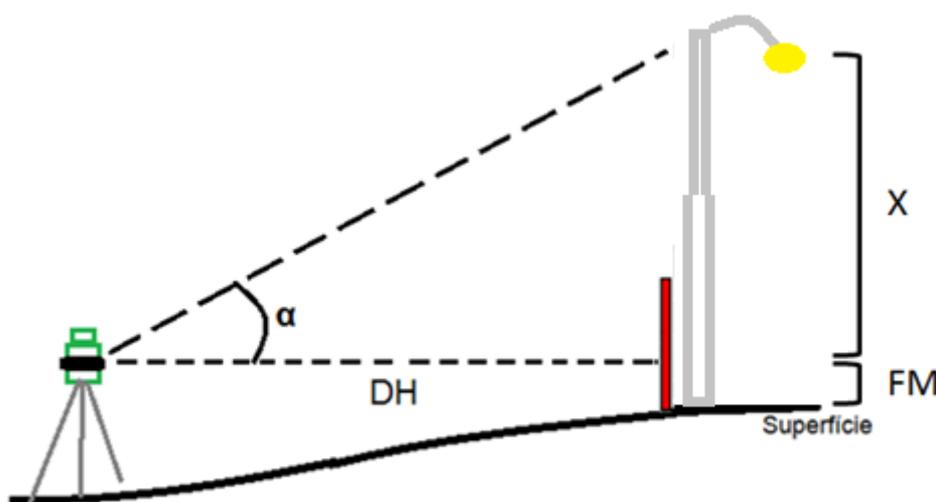
- 1) Calcular a DN, sabendo que ao instalar o teodolito, o Topógrafo obteve os seguintes dados: $\alpha = 30^\circ$, FS = 2000 mm, FM = 1500 mm, FI = 1000 mm e $AI_s = 1,6$ m.

$$\text{Fórmula DH} = \frac{FS - FI \times \cos^2 \alpha}{10}$$

$$\text{Fórmula DN} = DH \times \text{tg } \alpha + AI_s - FM$$



- 2) Calcular a DN, sabendo que ao instalar o teodolito, o Topógrafo obteve os seguintes dados: FS = 2000 mm, FM = 1800 mm, FI = 1600 mm, $\alpha = 32^\circ$.



DTR - UFRPE

PERFIL

Aula XI 

1. Conceito

Perfil é uma representação do relevo dada pela vista lateral desse terreno (Figura 1). Em topografia, podemos ter: o perfil longitudinal e o perfil transversal do terreno (seção transversal).

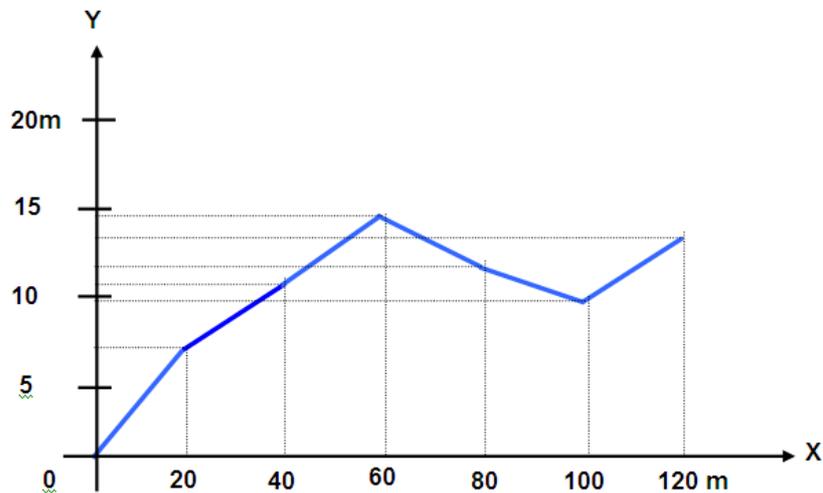


Figura 1- Perfil

2. Perfil longitudinal

O perfil longitudinal corresponde a um corte efetuado no eixo principal do projeto, rio, estrada, ponte, etc, no mesmo sentido e com a mesma referência de estaqueamento.

Na Figura 2 temos um exemplo de perfil longitudinal. A Figura mostra o perfil longitudinal do rio Nilo desde a sua nascente à foz.

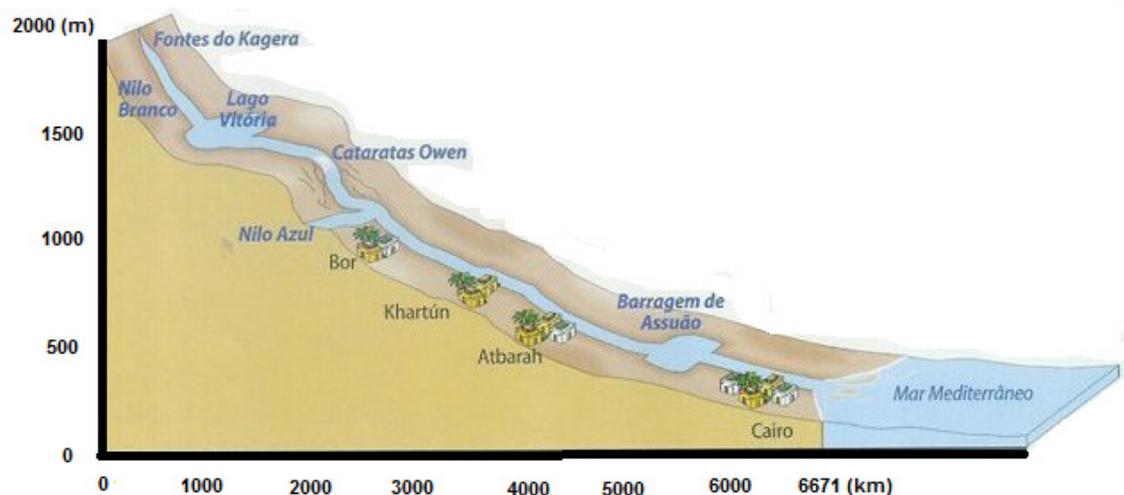


Figura 2 – Perfil longitudinal do rio Nilo.

3. Escalas

Para o desenho do perfil deve ser desenhado em duas escalas: horizontal e vertical.

A escala horizontal é aquela que representa a distância horizontal. Já a escala vertical é aquela que representa a distância vertical do terreno. Normalmente, a escala vertical é 10 vezes maior que a escala horizontal, como por exemplo: escala horizontal 1/100 e escala vertical 1/10.

4. Estaqueamento

Estaqueamento é o processo realizado em campo, onde se traça um segmento de reta, através de balizamento, marcando pontos topográficos chamados de estacas (E0, E1, E2, E3, etc), com objetivo de determinar as cotas/altitudes de um determinado trecho, através de nivelamento geométrico, para desenho do perfil longitudinal. O estaqueamento pode ser espaçado de acordo com a necessidade do projeto, porém o mais comum e usual é de 20 m (Figura 3).

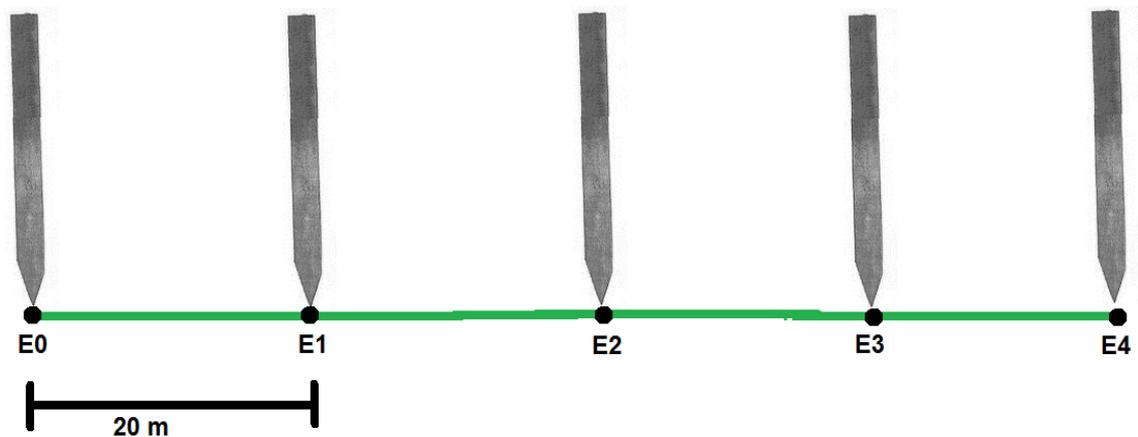


Figura 3 – Estaqueamento de 20 m.

4.1. Estaca fracionária

Após se escolher o estaqueamento, que normalmente é de 20 m, poderá existir pontos de interesse no terreno que não estejam dentro desse espaçamento de 20 m. Quando há pontos de interesse, que normalmente são pontos onde há mudança de conformidade do relevo, se faz o uso de estacas fracionárias. As estacas fracionárias são estacas partidas que não fazem parte do espaçamento inicialmente atribuído. O nome da estaca dar-se por: estaca anterior ao ponto somada com a distância da estaca anterior até ela, por exemplo: E2+ 9,1 (Figura 4).

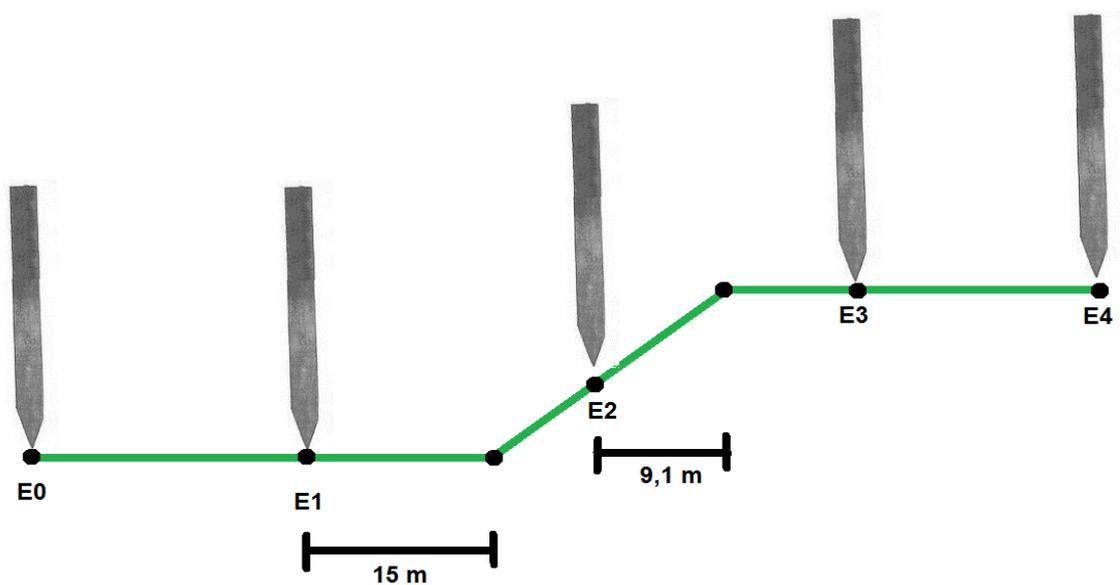


Figura 4 – Estaqueamento com estacas fracionárias.

6. Desenho do perfil

A tabela abaixo demonstra um nivelamento geométrico composto, realizado em campo, para obtenção do desenho do perfil desse terreno levantado. Utilizaremos este exemplo para explicar o procedimento de desenho do perfil longitudinal.

Estação	Ponto visado	Leitura na mira (mm)	Altura do Instrumento (mm)	Cota (mm)	Obs
I	E0	400	12400	12000	Estacas de 20 em 20m
	E1	550		11850	
	E2	900		11500	
	E3	1840		10560	
II	E3	2260	12820	10560	
	E4	3420		9400	
III	E4	2450	11850	9400	
	E5	2600		9250	

Primeiro passo - verificar qual distância horizontal foi percorrida:

Notem que as estacas estão espaçadas de 20 em 20 m. Temos estacas que vão de E0 a E5, significa que temos $5 \times 20 \text{ m} = 100 \text{ m}$ de distância horizontal.

Segundo passo - verificar qual a variação de distância vertical no terreno:

Subtrai o valor de cota máxima (12000 mm) pelo valor de cota mínima (9250 mm), que nesse caso, é de 2750 mm.

Terceiro passo se escolhe o tamanho do papel que se deve trabalhar:

Temos A0 (841mm × 1189 mm), A1(594 mm× 841 mm), A2(420 mm × 594 mm), A3 (297 mm × 420 mm), A4 (210 mm × 297 mm), A5 (148 mm × 210 mm), A6 (105 mm× 148 mm), A7 (74 mm × 105 mm), A8 (52 mm× 74 mm), A9 (37 mm × 52 mm) e A10 (26 mm × 37 mm).

Obs. Normalmente se utiliza os papéis A4, A3, A2, A1 e A0.

No nosso exemplo escolhemos o papel A3 (297 mm x 420 mm).

Quarto passo - escolha da escala horizontal:

A partir do papel escolhido se faz a relação da distância horizontal com a maior dimensão do papel (caso a distância horizontal seja maior que a vertical) e a relação da distância vertical com a menor dimensão do papel.

Pela fórmula de escala, divide-se a distância horizontal do terreno pela dimensão maior do papel, assim teremos o módulo da escala.

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

No exemplo que estamos trabalhando, temos:

Obs.: DH = 100 m e Papel A3 297 x 420 mm

$$M = \frac{100 \text{ m}}{0,42 \text{ m}} \quad M = 238,095 \quad \text{ou} \quad E = 1: 238,05$$

Como a escala 1:238,095 não é uma escala ideal, utilizamos a escala ideal mais próxima a ela e de maior módulo, que nesse caso é **1:250**.

Obs.: Se a escala horizontal é 1:250, significa que usaremos a escala 10 vezes maior que será 1:25.

Quinto passo - verificar se a escala vertical 10 x maior que horizontal (1:25) pode ser usada, nesse caso:

A distância vertical do nosso exemplo é de 2750 mm.

O tamanho menor do papel utilizado, **para nosso exemplo**, é de 297 mm.

Então fazemos a relação na escala

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

$$M = \frac{2750 \text{ mm}}{297 \text{ mm}} \quad M=9,3 \text{ ou } E= 1 : 9,3 \text{ ou } 1:10 \text{ (escala ideal)}$$

Importante: Caso a escala encontrada seja maior que o 1:25, será possível utilizar a escala 1:25.

1: 10 > 1:25

Obs.: Nesse exemplo, a escala 1:9,3 é maior que 1:25, então é possível.

Sexto passo - determinamos as escalas:

1:250 e 1:25

Sétimo passo - desenha-se no papel a distância horizontal:

Se a escala é 1:250, significa que a cada 1 cm no papel equivale a 250 cm (2,5 m) no real (Figura 5).

Se cada estaca tem 20 m, significa que a distância no papel entre cada estaca será de 8 cm.

Oitavo passo - desenha-se no papel a distância vertical:

Se a escala é 1:25, significa que a cada 1 cm no papel equivale a 25 cm (250 mm) no real (Figura 5).

A cada 1000 mm no real teremos 40 mm (4 cm) no papel.

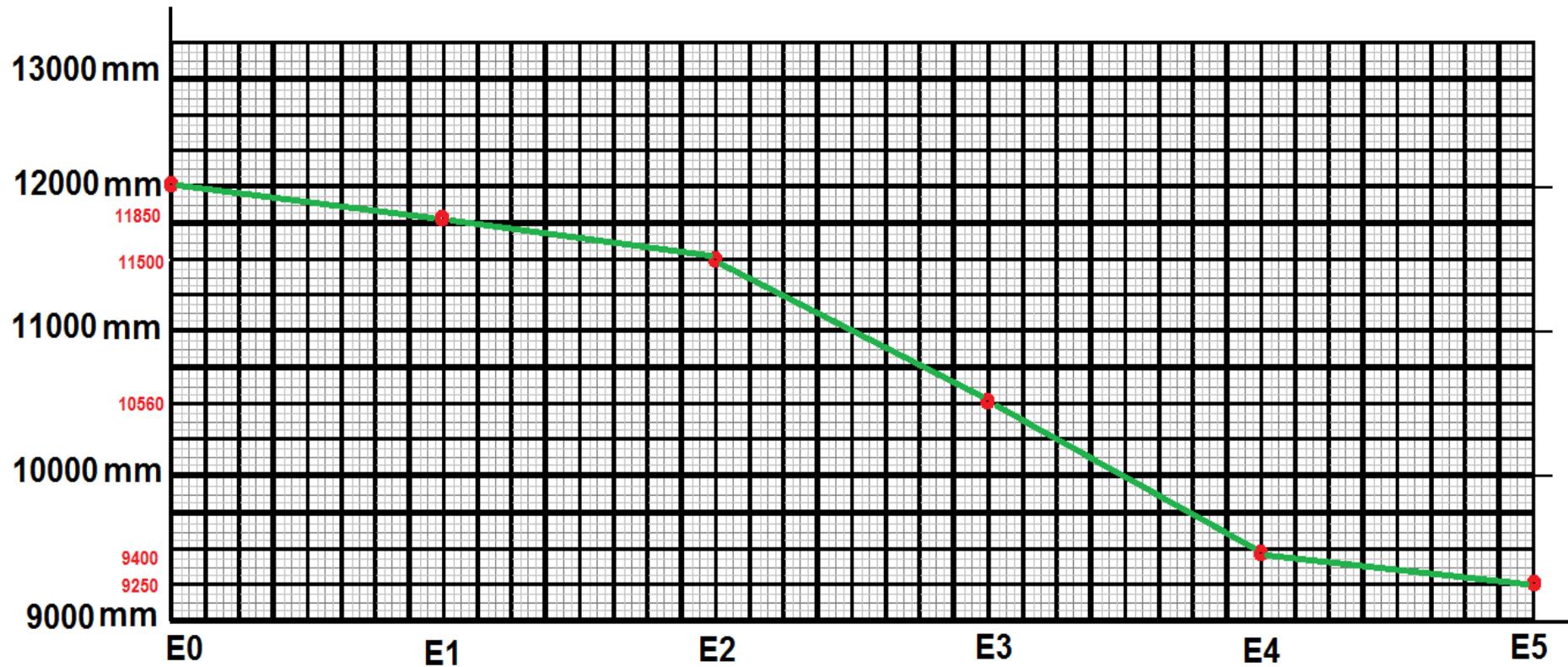


Figura 5- Perfil longitudinal do nosso exemplo citado acima.

Observação final:

Notem que o perfil longitudinal do exemplo dar-se por um declive e a diferença de nível entre a estaca inicial e final será negativa (-2750 mm).

Caso a estaca E0 fosse 9250 e a estaca final fosse 12000, teríamos um aclave e a diferença de nível seria positiva (+2750 mm).

7. Declividade

Declividade em % é relação entre a distância vertical e distância horizontal entre dois pontos. A fórmula da declividade é: $\frac{DV \times 100}{DH}$

DH

Na Figura 6, a distância horizontal é de 100 m e a vertical é de 2 m. Então, temos - 2% de declividade (declive), ou seja, a cada 100 m na horizontal temos 2 m na vertical.

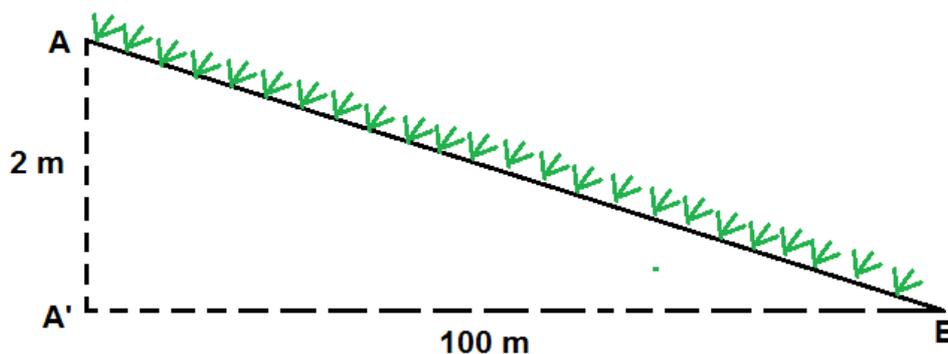


Figura 6 – Declividade entre os pontos A e B.

Na Figura 7, a distância horizontal é de 200 m e a vertical é de 3 m. Então, temos + 1,5% de declividade (aclive), ou seja, a cada 100 m na horizontal temos 1,5 m na vertical.

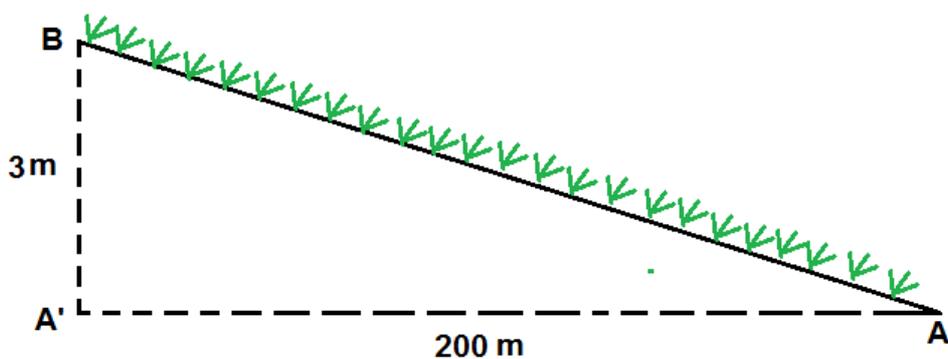


Figura 7 – Declividade entre os pontos A e B.

8. Exercícios de fixação

- 1) Como se dá o processo de estaqueamento?
- 2) Quais escalas temos ao se desenhar o perfil longitudinal de um terreno?
- 3) O que é perfil longitudinal?
- 4) Desenhar o perfil do nivelamento geométrico abaixo:

Estação	Ponto visado	Leitura na mira (mm)	Altura do Instrumento (mm)	Cota (mm)	Obs
I	E0	400	10400	10000	Estacas de 20 em 20m
	E1	550		9850	
	E2	900		9500	
	E3	1840		8560	
II	E3	2260	10820	8560	
	E4	3420		7400	
III	E4	2450	9850	7400	
	E5	2600		7250	

DTR - UFRPE

SEÇÃO TRANSVERSAL (PERFIL TRANSVERSAL)

Aula XII 

1. Conceito

A seção transversal ou perfil transversal corresponde a um corte efetuado paralelo ao eixo principal do projeto, rio, estrada, ponte, etc (Figura 1).

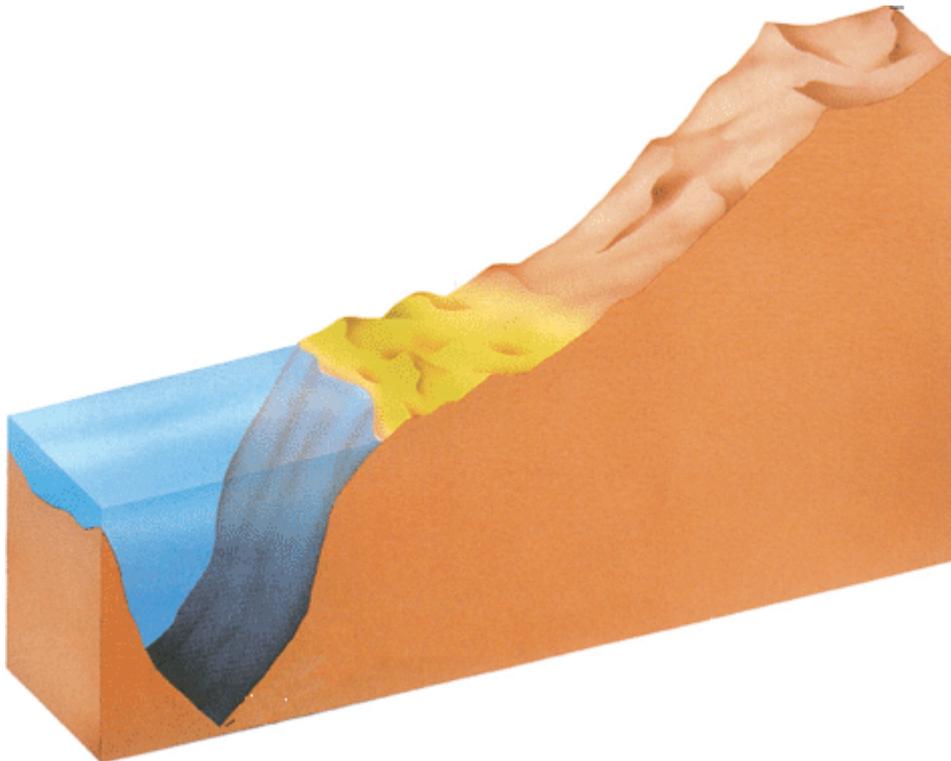


Figura 1 – Seção transversal de um rio.

2. Procedimento

Após o nivelamento geométrico para traçar o perfil longitudinal (Figura 1), chega a hora de traçar o perfil transversal.

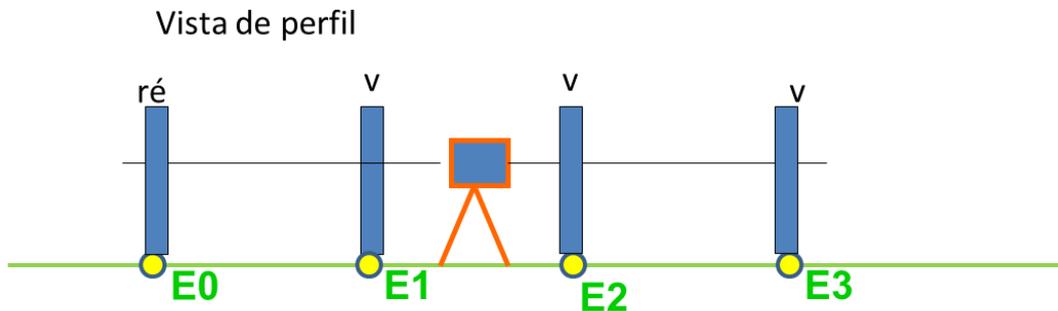


Figura 1- Nivelamento geométrico para obtenção das cotas/altitudes no eixo longitudinal.

Inicialmente, no centro da primeira estaca (E_0), coloca-se o nível de luneta, zera o ângulo do instrumento na próxima estaca com a baliza (E_1). Gira o nível de luneta até chegar a 90° , quando chegar a esse valor, coloca-se duas balizas (uma atrás da outra) para indicar a seção esquerda. Gira-se o instrumento para 270° e colocam-se as balizas para formar o alinhamento da seção direita (Figura 2). Após isso, marcam-se os pontos, dentro da seção, onde há mudança de conformidade do relevo (Figura 3).

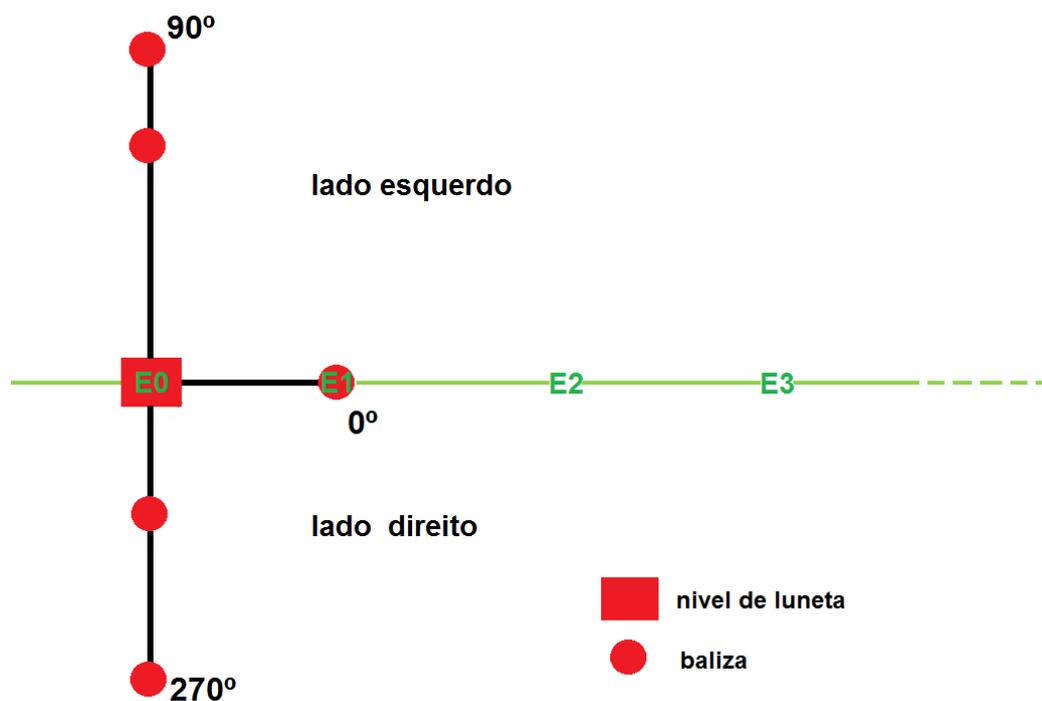


Figura 2 - Marcação dos pontos da seção S_0 .

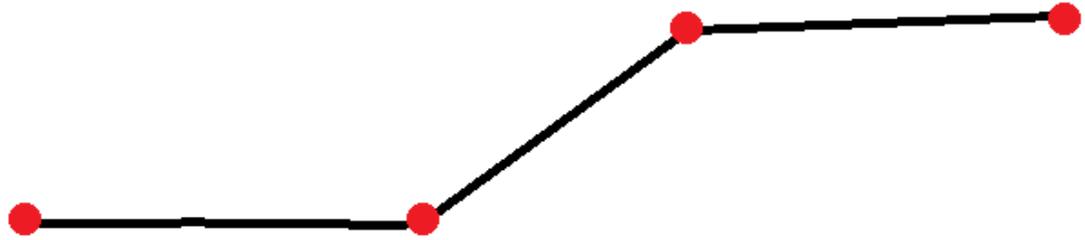


Figura 3 – Marcação dos pontos onde há mudança de conformidade do relevo.

Esse procedimento da primeira estaca repete-se para todas as estacas.

Após a marcação dos pontos, chega a hora de transportar os valores de cota e altitude que estão no eixo longitudinal.

Instala-se o nível de luneta fora de qualquer ponto da seção, inclusive da estaca E_0 , faz-se a leitura de Ré na estaca E_0 e as Vantes nos pontos A, B, C... da direita e A, B, C...da esquerda da Seção 0 (Figura 4).

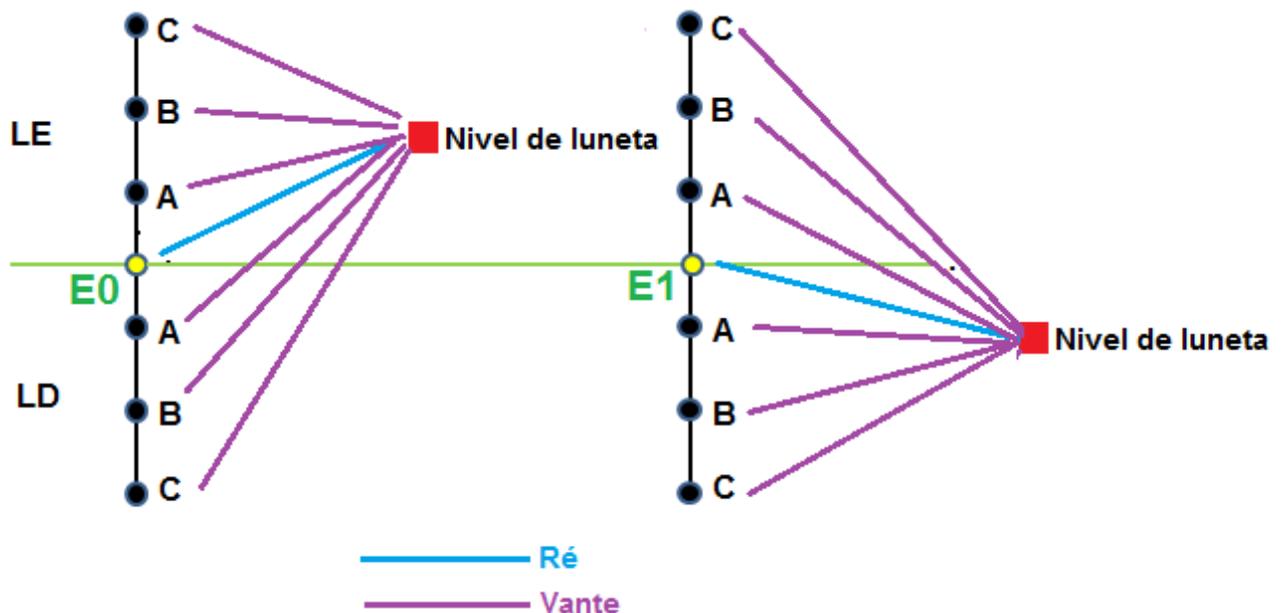


Figura 4 – Procedimento para obtenção das cotas/altitudes das seções S_0 e S_1 .

3. Preenchimento na Tabela

O preenchimento da seção S_0 na tabela é bem parecido com o preenchimento para o eixo longitudinal. Como mostra a tabela abaixo, de acordo com a Figura 5.

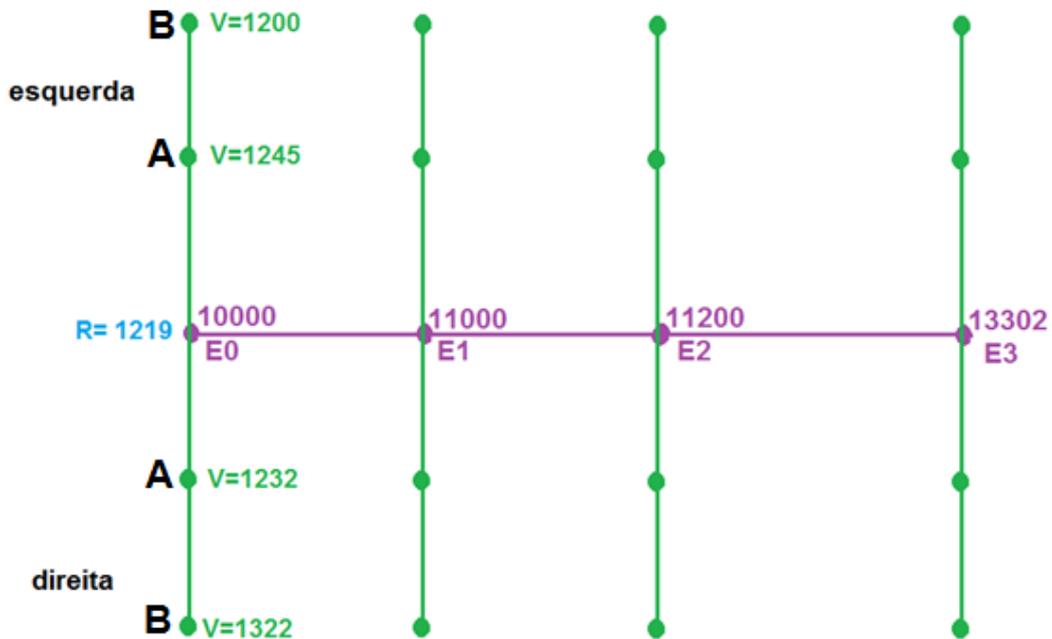


Figura 5 – Obtenção das cotas/altitudes da seção S_0 .

Estação	Ponto visado	Leituras		Ai	Cota
		Ré	Vante		
I	RN	500		13500	13000
	E0		3500		10000
	E1		2000		11000
	E2		1800		11200
	E3		198		13302
S0	E0	1219		11219	10000
	AD		1232		9987
	BD		1322		8665
	AE		1245		7420
	BE		1200		6220

4. Desenho do perfil transversal.

Para desenhar o perfil transversal, utiliza-se o mesmo procedimento do perfil longitudinal, visto na aula anterior.

5. Exercício de fixação

1) De acordo com as informações, calcular as cotas dos pontos de cada seção da caderneta abaixo.

Cotas das Estacas usadas como RN:

E0= 50000mm E4=53367mm

E1=51000mm E5=54418mm

E2=51392mm E6=52611mm

E3=52665mm E7=50855mm

Estaca	Leitura	PR	Cota	Observação
Seção E2				
E2	0160			
d1	0370			
d2	3302			
e1	2471			
Seção E4				
d1	0709			
e1	2437			
E4	0152			

DTR - UFRPE

CURVAS DE NÍVEL

Aula XIII 

1. Conceito

Entende-se por curvas de nível, uma forma de representação do relevo, onde temos linhas imaginárias que unem pontos de igual altitude e equidistantes entre si (Figura 1).

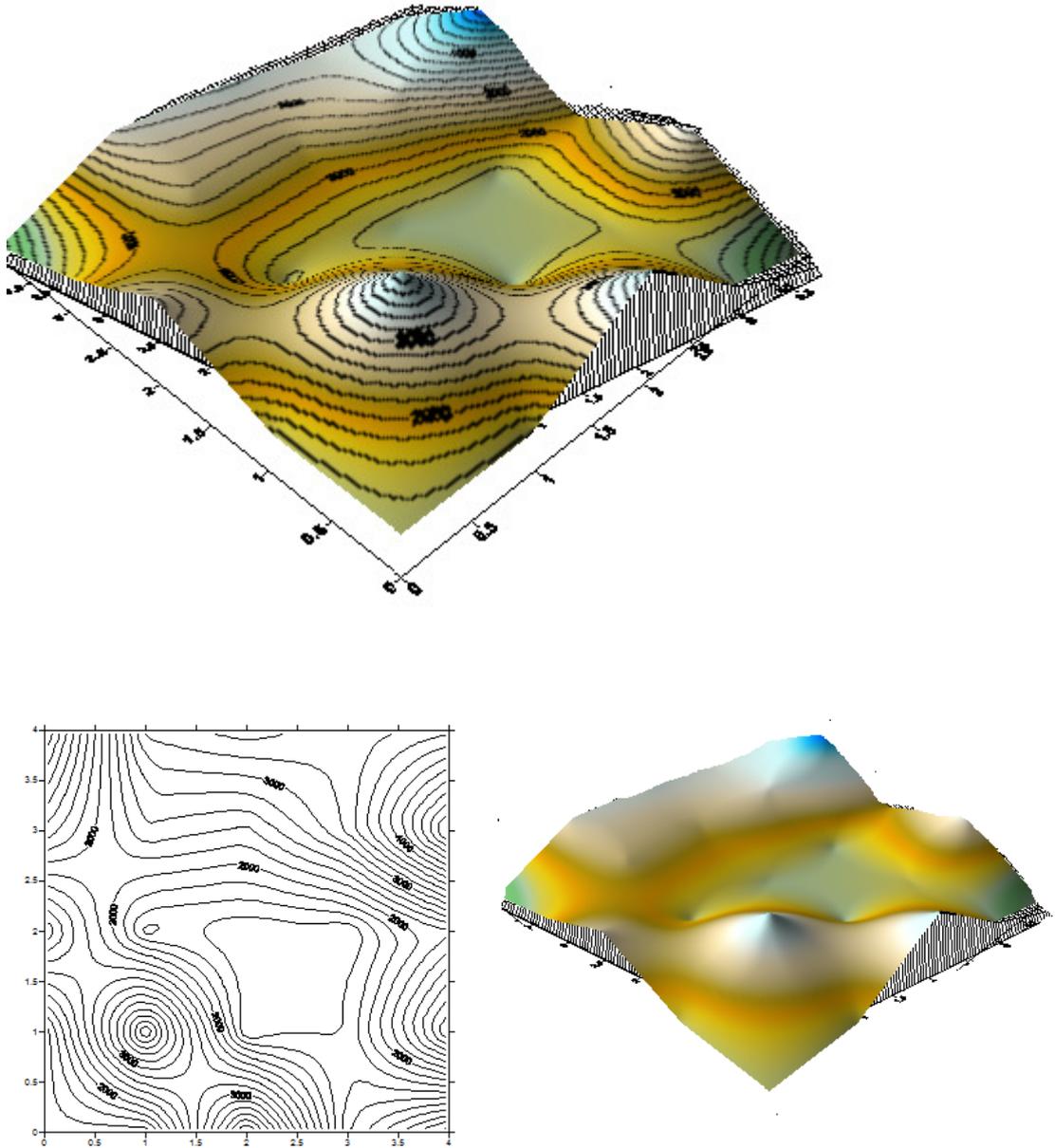


Figura 1- Em cima, o terreno com as curvas de nível e embaixo, as curvas e terreno separados.

2. Porque é curva?

É chamada de **curva**, pois normalmente os terrenos naturais tendem a ter uma certa curvatura devido ao desgaste erosivo do terreno, assim não possuindo arestas. Caso as curvas fossem oriundas de uma pirâmide (com arestas e figura regular) seria em forma de quadrado ou retângulos (Figura 2).

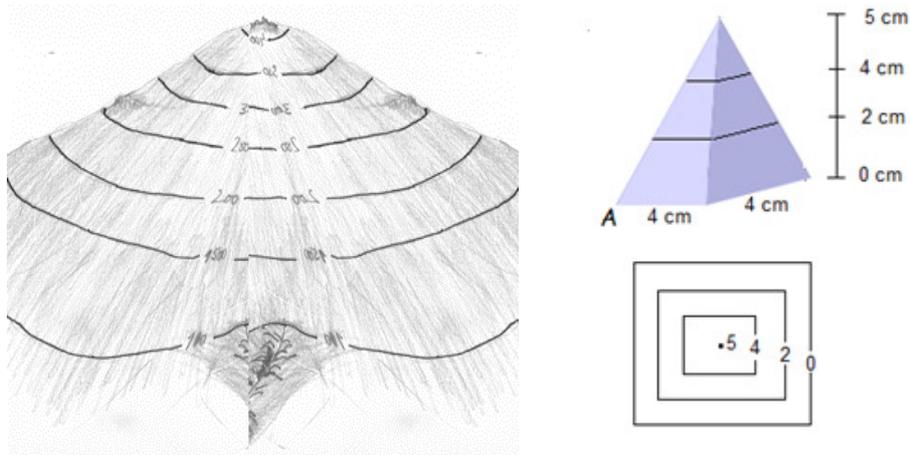


Figura 2- Na esquerda o terreno natural e na direita uma pirâmide com suas curvas de nível.

3. Equidistância

Dá-se o nome de equidistância (*eq*) da curva de nível, à distância vertical **constante** entre as linhas que formam as curvas de nível.

Imaginemos que no terreno passam planos horizontais equidistantes e que ao "tocar" no terreno gerarão por projeção ortogonal as curvas de nível (Figura 3).

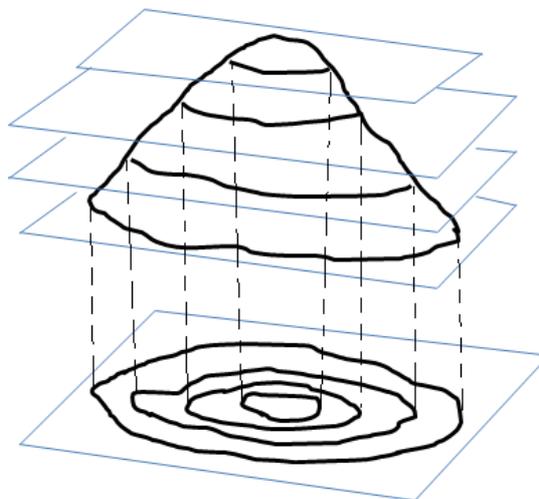


Figura 3- Planos que interceptam o terreno.

4. Escala vs. Equidistância:

Segundo a NBR 13133, sugere-se o uso da escala de acordo com a equidistância abaixo:

Escala	Equidistância
1:500	0,25 a 0,50m
1:1000	1,00 m
1:2000	2,00 m
1:5000	5,00 m
1:10000	10,00 m
1:50000	20,00 m
1:100000	50,00 m

5. Equidistância vs. Representação do terreno:

Quanto menor for a equidistância, melhor será representado o relevo.

Notem que na Figura 4, utilizando uma equidistância de 500 m, alguns relevos não serão representados nas curvas de nível. A Figura 5 demonstra que no mesmo relevo, utilizando uma equidistância de 250 m, será permitida uma melhor representação deste relevo através das curvas de nível.

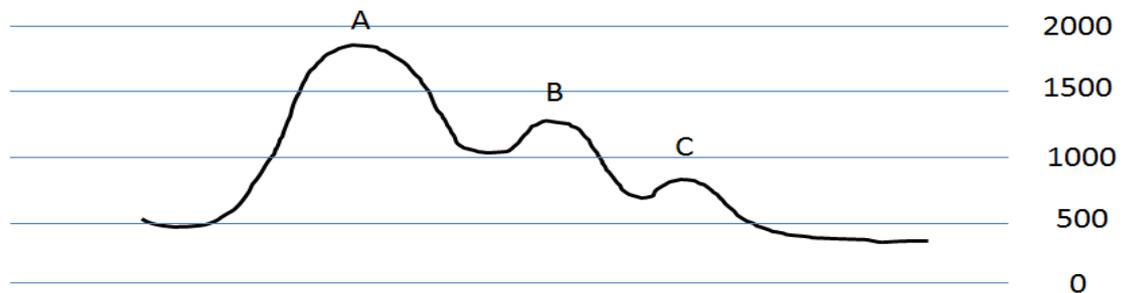


Figura 4- Equidistância de 500 m.

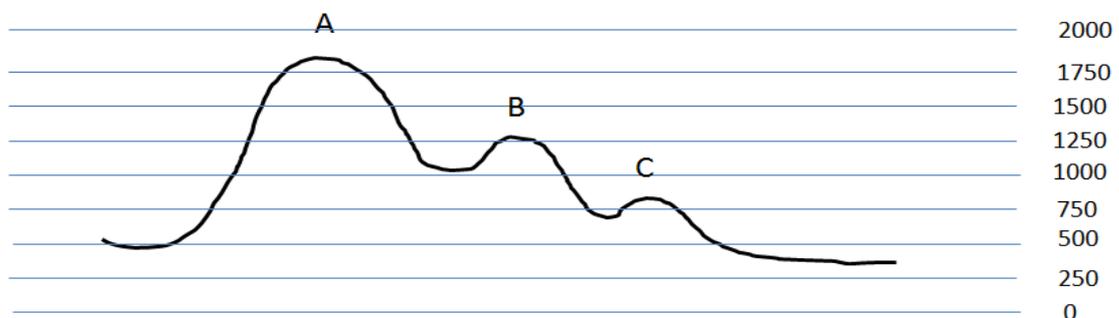


Figura 5 - Equidistância de 250 m.

6. Características das curvas de nível

As curvas de nível, em terrenos naturais, são isentas de curvas bruscas e ângulos vivos (Figura 6).

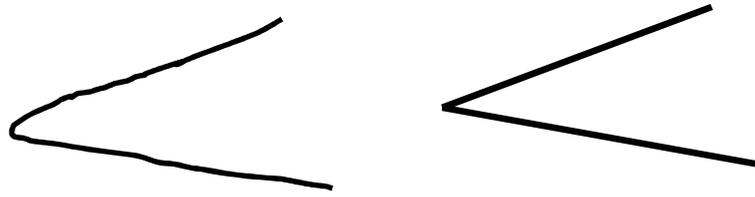


Figura 6 – Na esquerda, curva brusca e na direita, ângulo vivo.

As curvas de nível jamais se encontram (Figura 7). Não se encontram devido possuírem altitudes diferentes, portanto jamais irão se cruzar.

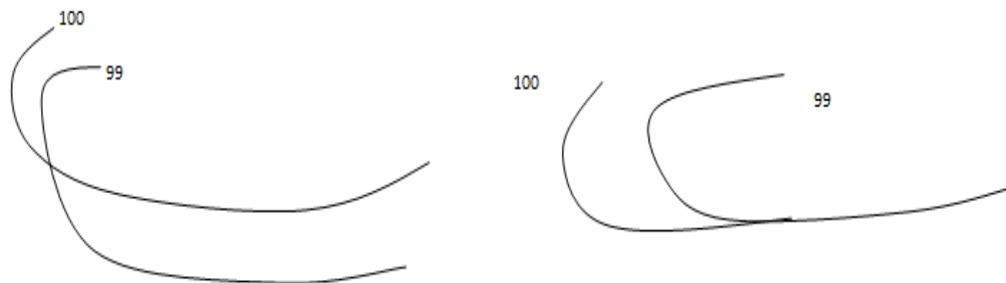


Figura 7- Curvas de nível erroneamente se encontrando.

As curvas de nível quanto mais afastadas uma das outras significa que o relevo é mais plano, quanto mais íngreme elas estarão mais unidas.

Notem que na Figura 8, a distância vertical AB é a mesma da CD e a distância horizontal AB é três vezes menor. Pela fórmula da declividade temos:

$$\text{Declividade \%} = \frac{DV \times 100}{DH}$$

$$\text{Declividade AB} = \frac{2 \text{ m} \times 100}{100 \text{ m}} = 2\%$$

$$\text{Declividade CD} = \frac{2 \text{ m} \times 100}{300 \text{ m}} = 0,67\%$$

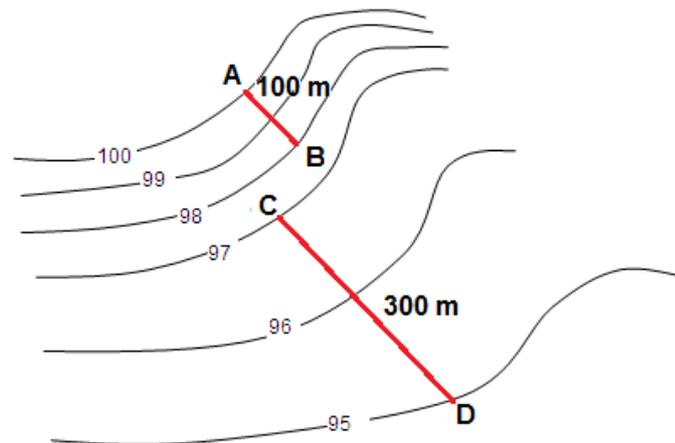


Figura 8 – Os segmentos AB e CD nas curvas de nível equidistantes em 1 m.

As curvas de nível jamais se interrompem (Figura 9). Elas podem “parar” no final da planta e continuar em outra planta, como se mostra na Figura 9 as curvas 98 e 100. A curva 99 está sendo interrompida bruscamente, portanto está incorreto.

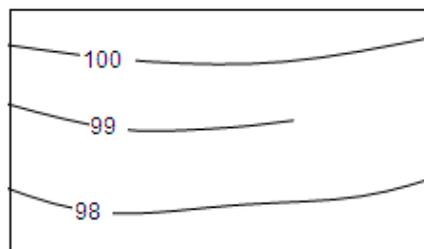


Figura 9 – Curva de nível 99 se interrompendo.

Podemos ter nas curvas de nível duas características importantes: elevação e depressão. Na depressão, as curvas de nível externas apresentam altitude superior às internas. Na elevação, as curvas de nível externas apresentam menor altitude que as externas, como mostra a Figura 10.

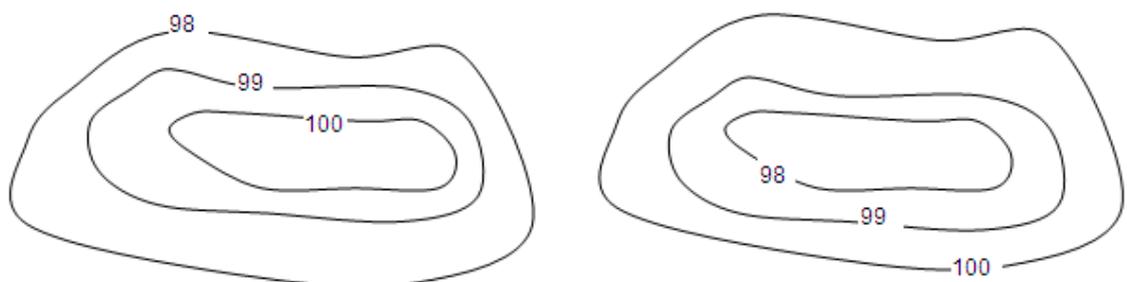


Figura 10 – Na esquerda, elevação e na direita, depressão.

7. Segundo seus traços:

As curvas de nível conforme os seus traços, são classificadas em:

Curvas mestras: são curvas geralmente múltiplas de 2, 5 ou 10 metros, representadas por traços mais grossos e todas são cotadas. Entre uma curva mestra e outra temos 4 comuns (Figura 11);

Curvas intermediárias ou comuns: todas as outras curvas, representadas por traços mais fracos (Figura 11);

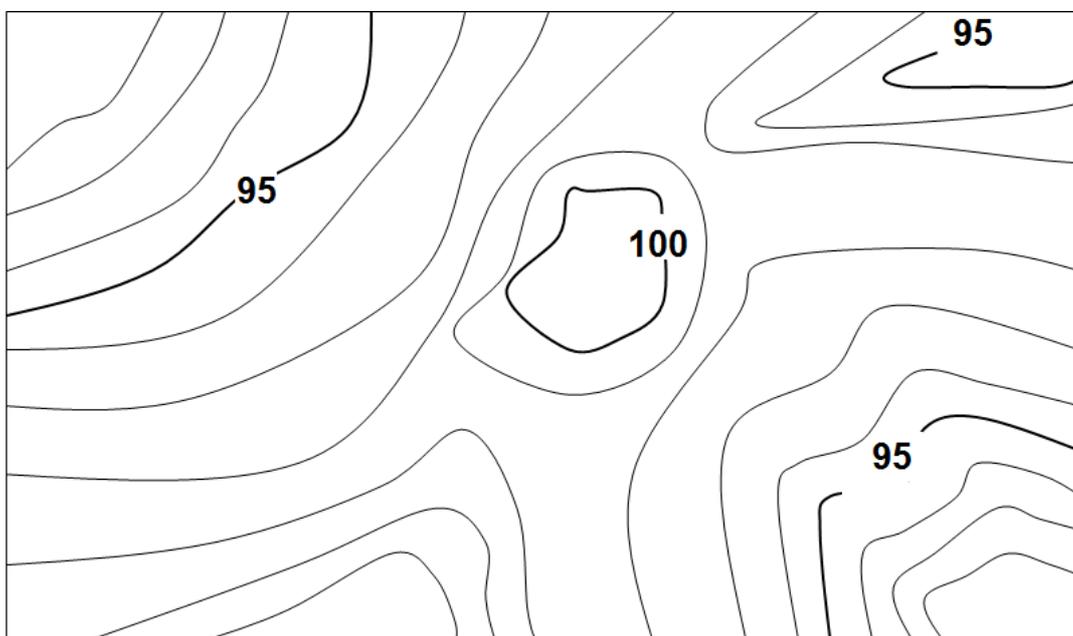


Figura 11 – Curvas mestras e intermediárias.

As plantas coloridas deverão apresentar suas curvas em cor marrom ou sépia. Já as plantas monocromáticas deverão apresentar suas curvas em preto (Brandalize, 2003).

8. Linhas e pontos notáveis das curvas de nível:

Talvegue: é a linha de recolhimento de água. Para se encontrar um talvegue numa planta é só verificar as curvas de menor cota "apontando" para as curvas de maior cota, significa que desce um talvegue (Figura 12 e 16).

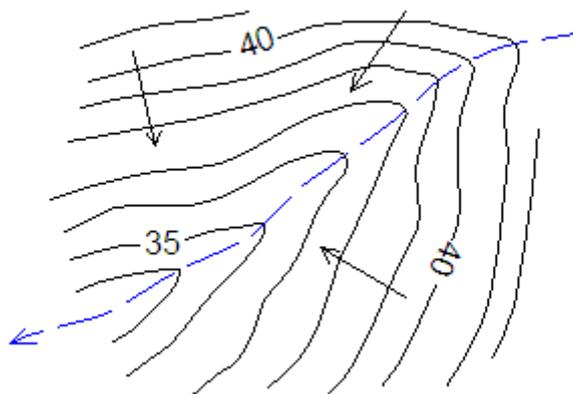


Figura 12 - Talvegue.

Divisor de águas: é a linha que divide o sentido de escoamento da água. É através dele que se delimita uma bacia (Figura 13). Para encontrar na planta, deve-se procurar as elevações, gargantas e curvas de cota maior apontando para curva de cota menor teremos os divisores (Figura 16).

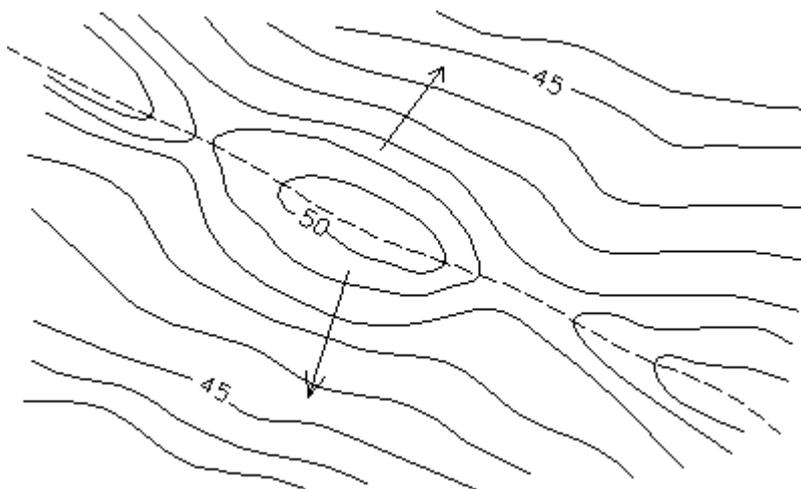


Figura 13 - Divisor de águas.

Garganta: é o local que consiste no maior ponto entre dois talvegues e maior ponto entre dois divisores (Figura 14 e 16). Esse relevo se assemelha a uma sela de cavalo. Onde o centro da sela seria a garganta, as partes mais altas seriam os divisores e as partes mais baixas (onde se colocam as pernas) seriam os talvegues.

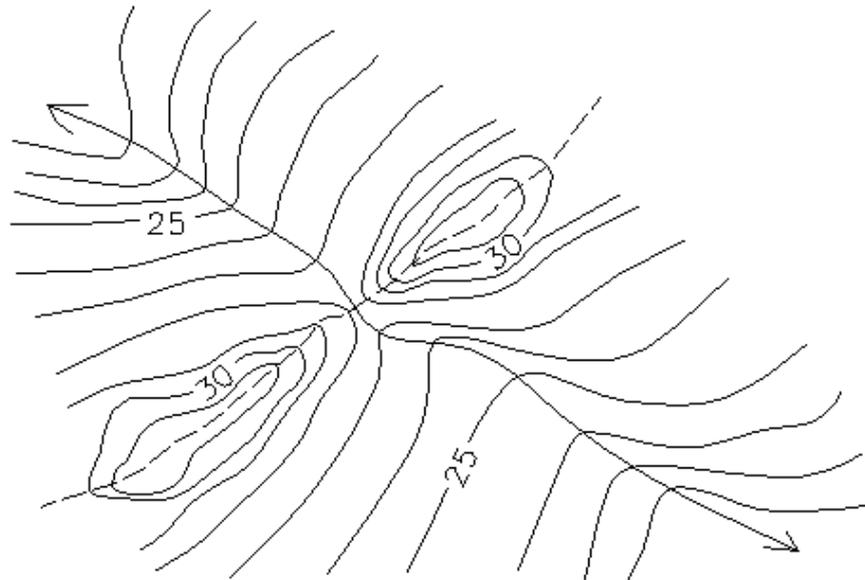


Figura 14 - Garganta

Contraforte são salientes que se destacam no relevo, normalmente em serras (Figura 15).

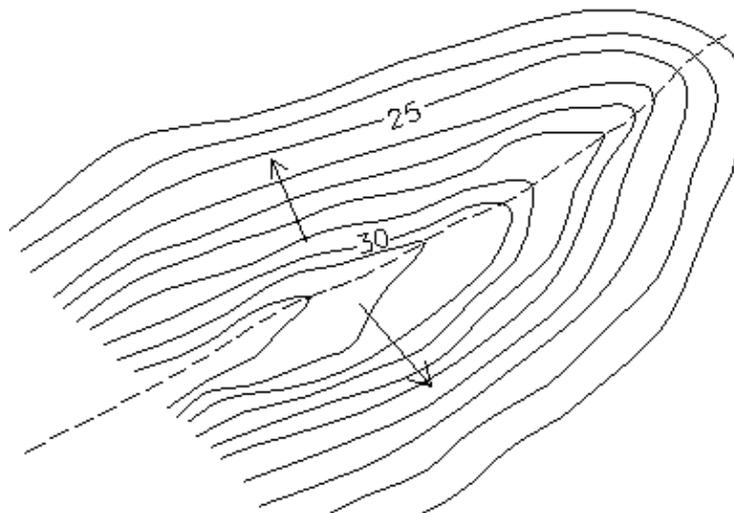


Figura 15 - Contraforte.

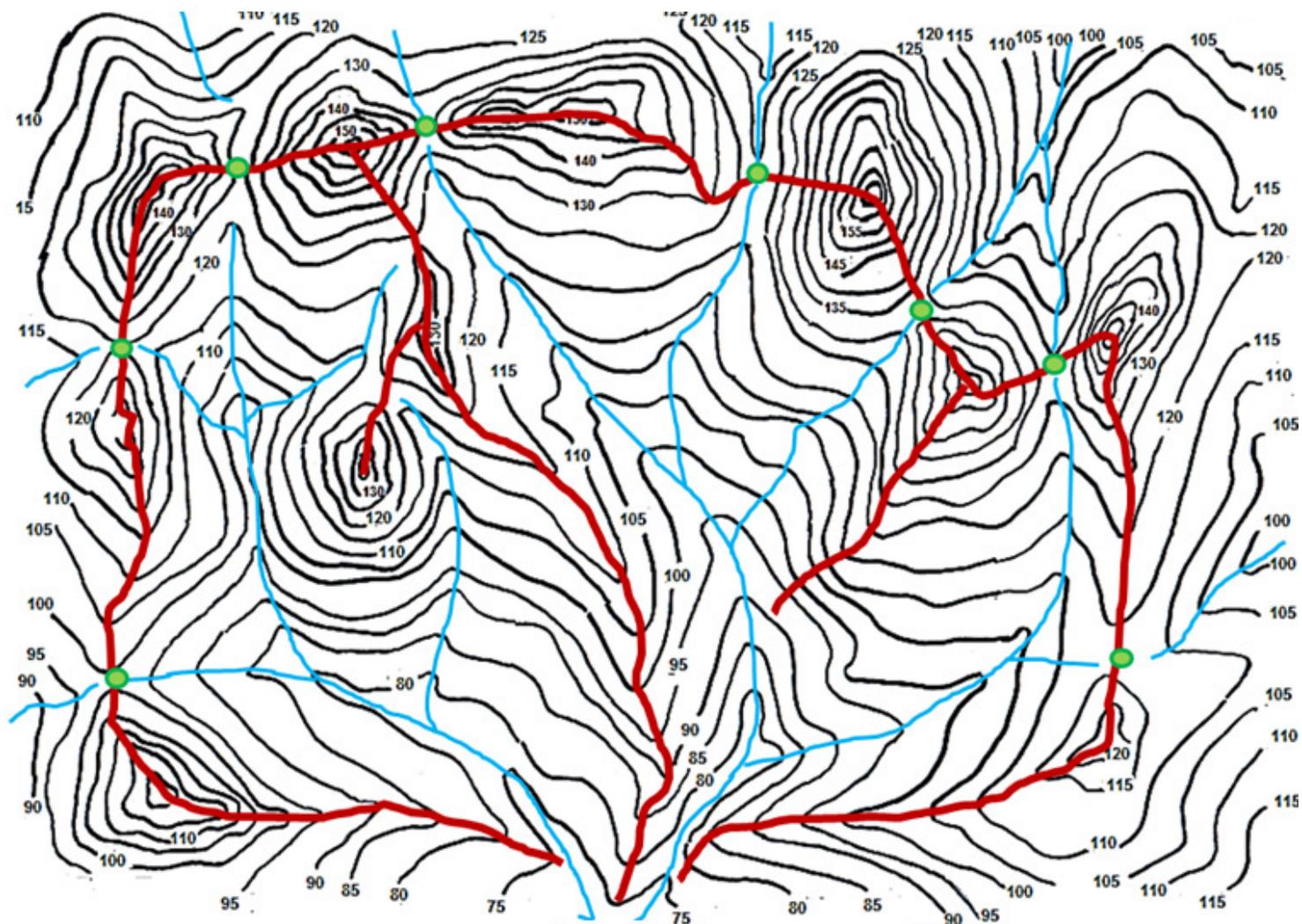


Figura 16 - Divisores, gargantas e talwegues numa planta topográfica.

9. Local para construção de barragens

Como se sabe, as barragens acumulam água. Portanto, em uma planta com curvas de nível, as barragens devem estar bloqueando as águas. As barragens devem estar no caminho dos talvegues e de forma perpendicular para acúmulo de água (Figura 17). A barragem deve começar numa cota X e terminar na mesma cota X, pois não existe barragem que começa com 5 metros e termina com 4 metros de altura (Figura 18). Deve-se também verificar a altura necessária para uma barragem de acordo com a diferença de cotas na barragem.

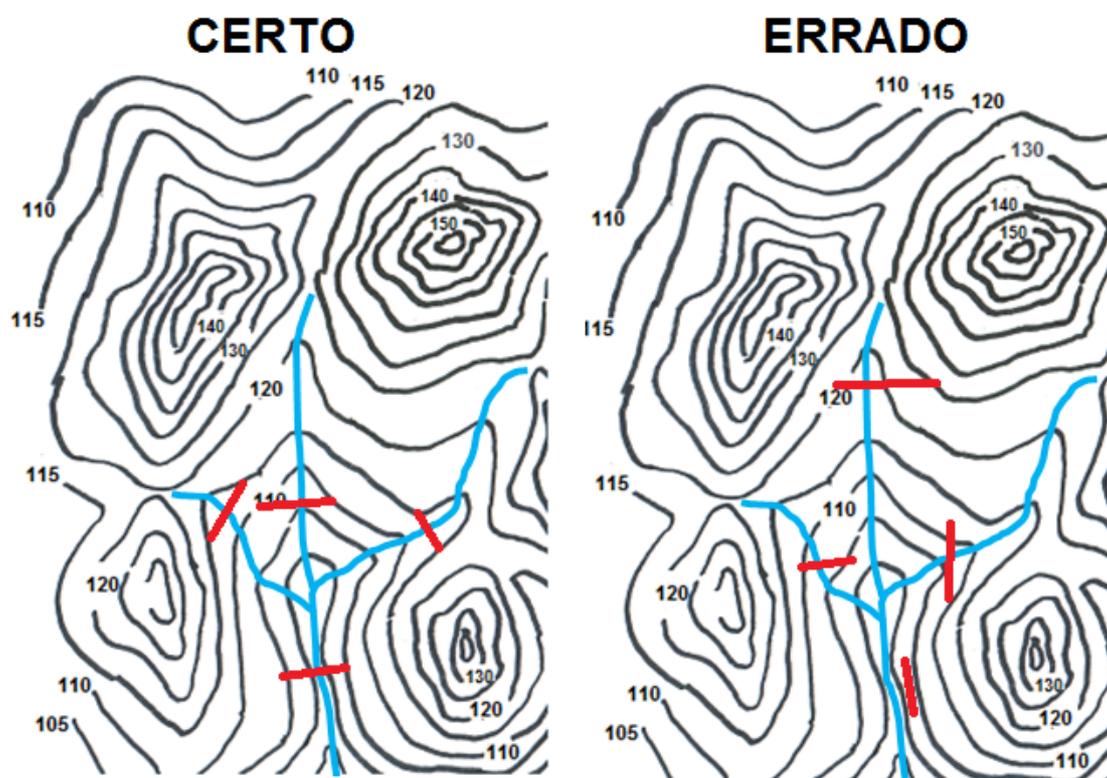


Figura 17 – Escolha de melhores locais para construção de barragens através das curvas de nível.

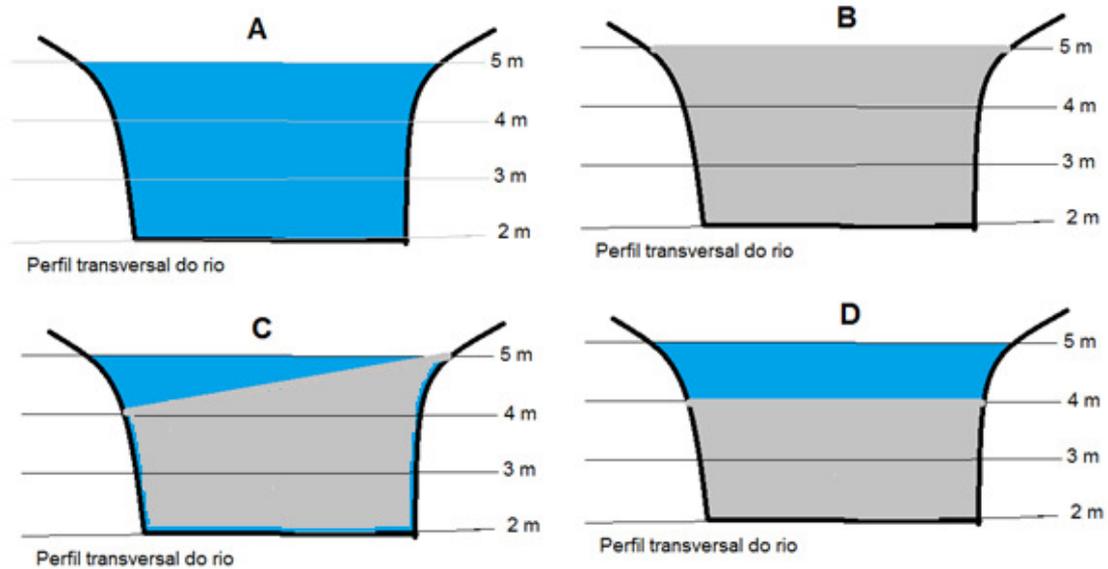


Figura 18 – Em A, rio sem a barragem; em B, barragem construída corretamente e em C e D, barragem construída incorretamente.

10. Obtenção das curvas: Quadriculação e Seção transversal

Existem diversos métodos para obtenção das curvas de nível, dentre eles, destacamos: a quadriculação e seção transversal, este último foi visto em aula passada.

A quadriculação é um método bastante preciso, demorado, recomendado em áreas pequenas e utilizado em edificações, parques industriais, construção de aeroportos, pátios de secagem de grãos, irrigação, piscicultura, etc. Consiste em quadricular o terreno com piquetes e bandeiras e nivelá-lo (Figura 19). O espaçamento será de acordo com o tamanho da área, do relevo e do tipo de projeto que se quer executar.

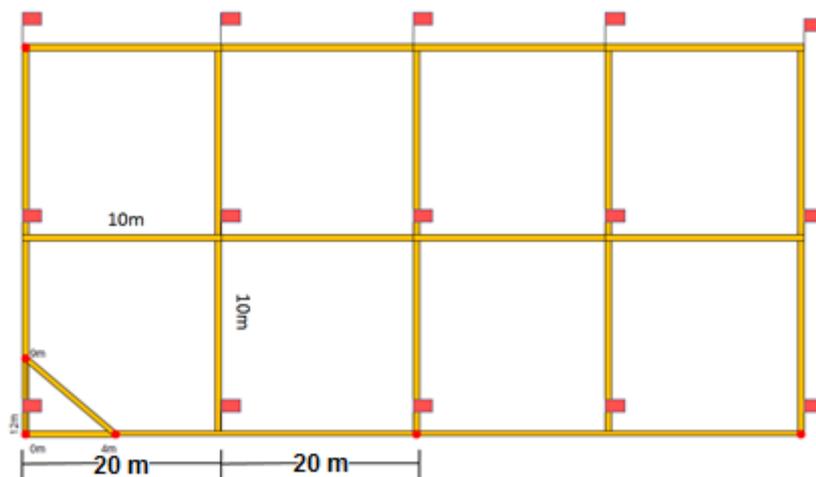


Figura 19 – Quadriculação do terreno com espaçamento de 20 m.

Para início do trabalho, se escolhe o ponto de origem no terreno, e com auxílio do teodolito ou três balizas e trenas (utilizando fórmula de Pitágoras – 3m, 4m e 5m na trena) traça-se as coordenadas X e Y (notem que o ângulo entre X e Y deve ser 90°) (Figura 20).

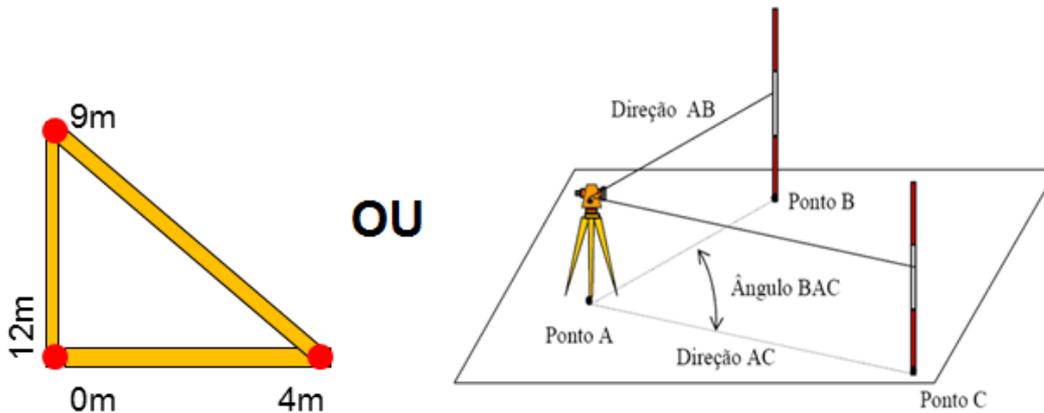


Figura 20 – Método para traçar as coordenadas X e Y.

Após determinar o sentido das coordenadas cartesianas, coloca-se balizas alinhadas a essas coordenadas (Figura 21).

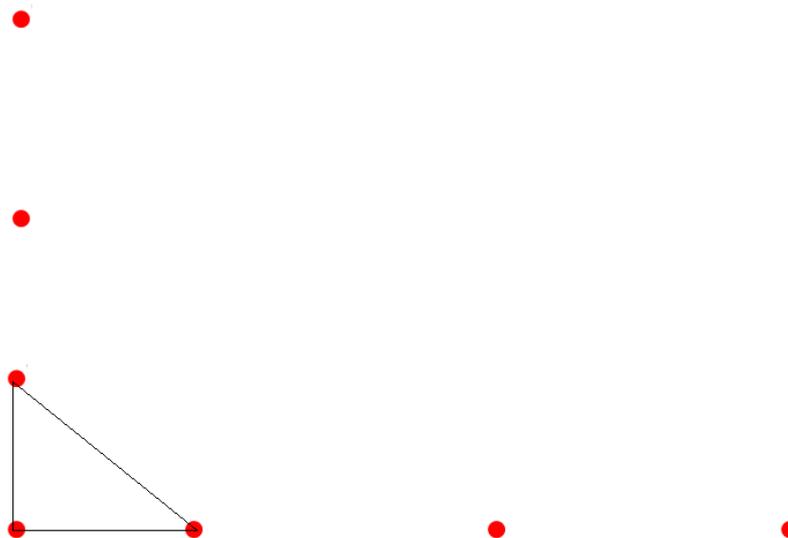


Figura 21 – Balizas alinhadas nas coordenadas X e Y.

Com auxílio trena, marca-se com as bandeiras os pontos espaçados, por exemplo de 20 m, na coordenada X e Y (Figura 22).

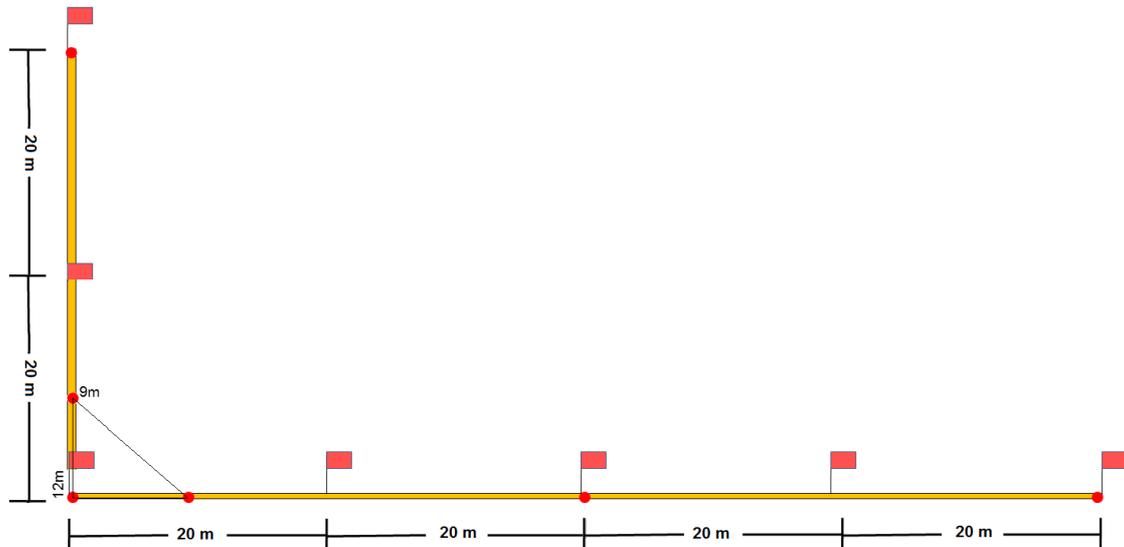


Figura 22- Marcação dos pontos de 20 em 20 m nas coordenadas X e Y.

Marca-se os pontos internos com o auxílio de duas trenas. As duas pessoas saem para o local aproximado onde será o ponto: uma sai com 20 metros da coordenada X e outra sai com 20 metros da coordenada Y (Figura 23).

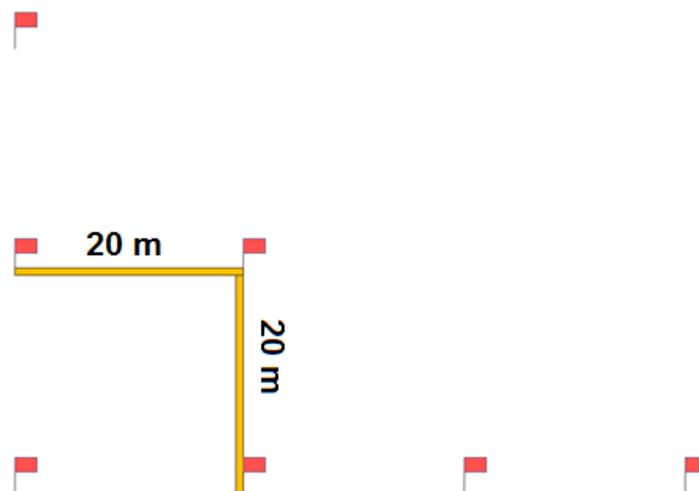


Figura 23 – Marcação dos pontos internos.

Ao final, teremos o terreno todo quadriculado (Figura 24).

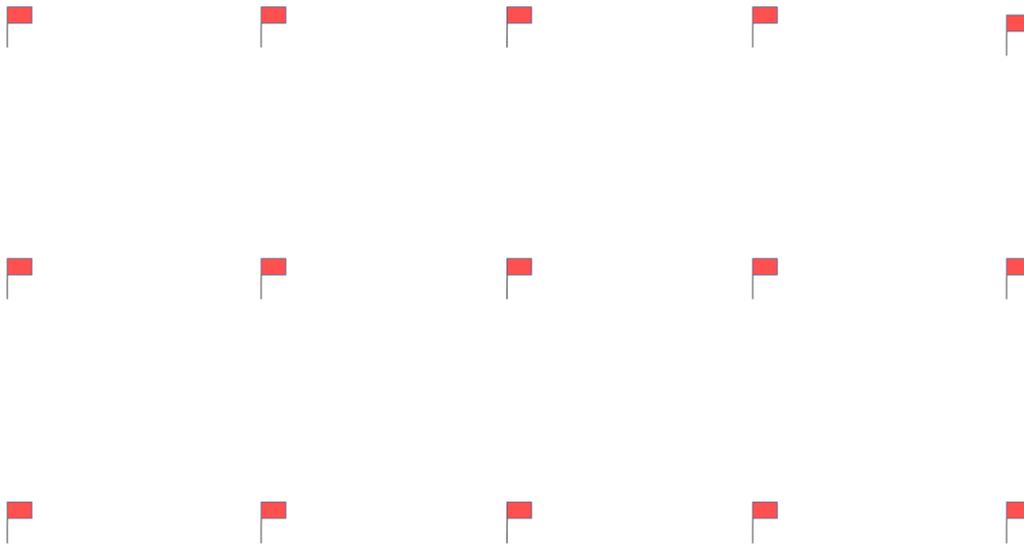


Figura 24- Terreno quadriculado.

Após a quadriculação, se faz o transporte de RN (Aula II) para obtenção de todas as cotas ou altitudes. O produto final será um plano cotado, igual ao gerado com o perfil longitudinal e seções transversais, estudados nas aulas IV e V (Figura 25).

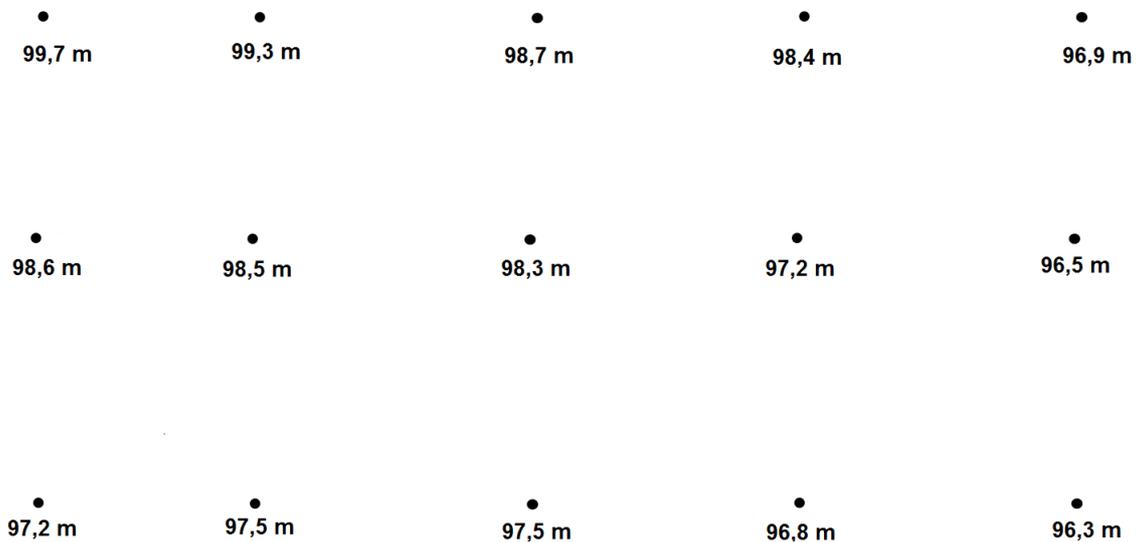


Figura 25 – Plano cotado.

11. Interpolação das curvas de nível

Após a quadriculação ou seção transversal e obtenção do plano cotado, é hora de se traçar as curvas de nível. Como os pontos do terreno são muito variados em medições, é necessário interpolar para valores inteiros e equidistantes. Além da interpolação vertical, é necessário a interpolação horizontal, que consiste em calcular horizontalmente onde passará cada linha. Na Figura 26, traçamos as curvas com equidistância de 1 m dentro das possibilidades do terreno (97 m, 98 m e 99 m).

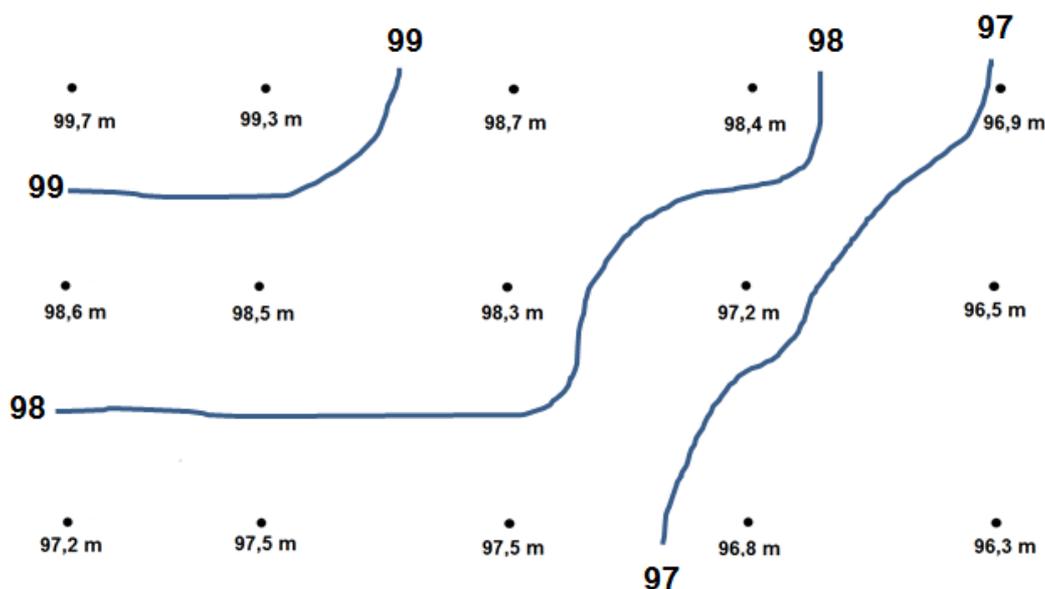


Figura 26 – Interpolação das curvas de nível.

12. Cálculo de volumes

Para obtenção do cálculo de volume de um terreno, através de uma planta com curvas de nível, temos a fórmula:

$$VT = \frac{(A1+2A2+2A3+A4 + \dots + An-1+2An) \cdot eq}{2}$$

onde,

VT = volume total

A1 - area compreendida pela curva 1

A2 - area compreendida pela curva 2

A3 - area compreendida pela curva 3

A4 area compreendida pela curva 4

An-1 - area compreendida pela curva n-1

An - area compreendida pela curva n

eq - equidistancia entre as curvas

13. Exercícios de fixação

1) No desenho abaixo faça o que se pede: a) Indique o sentido do principal rio (Leste, Oeste, Norte ou Sul) b) desenhe um maciço de uma barragem no seu leito; b) Delimite a bacia hidráulica desta barragem e indique as regiões de montante e jusante; c) Delimite a bacia hidrográfica do rio principal d) Indique os talwegues e divisores de água.



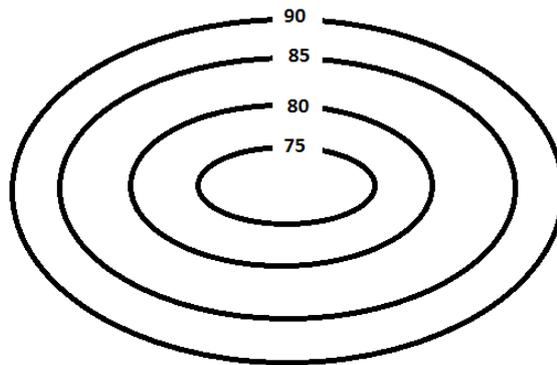
Montante= entre a nascente e a barragem. Jusante= entre a barragem e a foz.

2) Dado o plano cotado abaixo, interpole e desenhe as curvas de nível no mesmo, com equidistância de 1,0 metro.

92,3	94,3	95,2	96,2	95,3	94,2
92,8	95,1	95,6	96,4	95,2	95,7
93,5	95,4	96,7	96,4	96,3	95,2
95,2	96,8	97,2	97,5	96,7	96,2
95,7	96,7	97,4	97,9	96,2	95,4
97,6	96,2	96,3	96,2	95,2	93,2
97,2	95,3	95,4	95,1	96,2	95,7
97,4	95,4	96,2	96,7	97,3	96,2

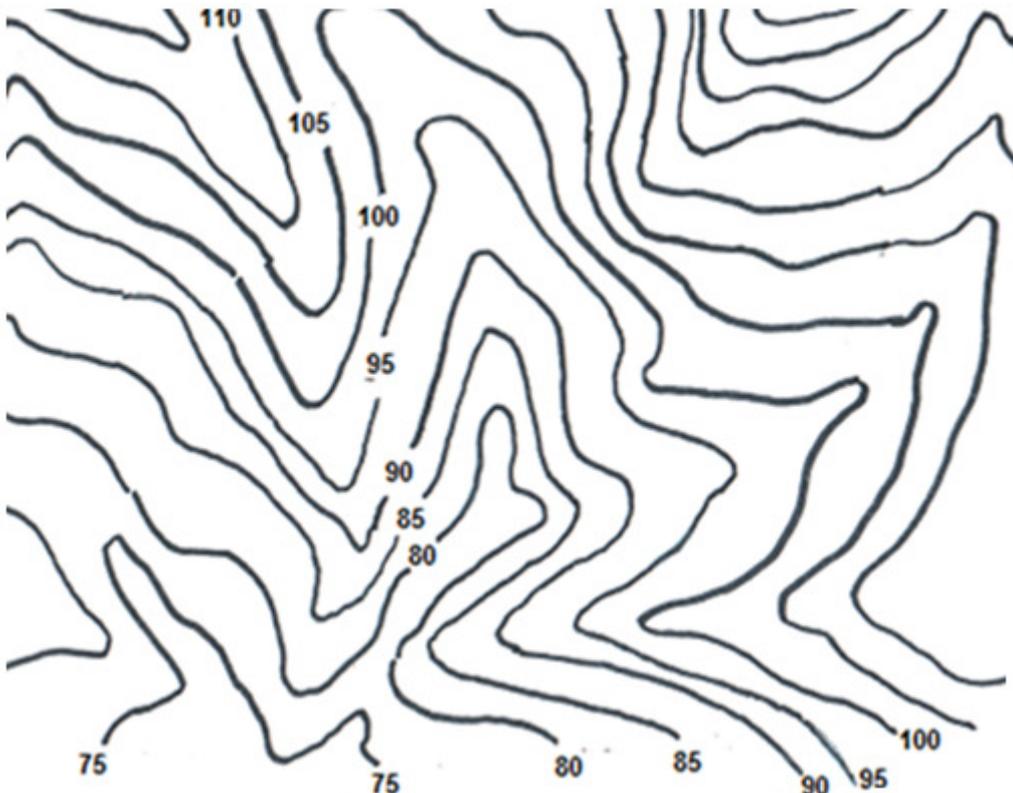
3) Cite as principais características das curvas de nível.

4) Calcule o volume da bacia hidráulica correspondente a um lago de cota 74 m no ponto mais baixo e o nível da água está na cota 85 m. Área 1 = 800 m², Área 2 = 900 m², Área 3 = 1000 m² e Área 4 = 1200 m².



5) Indique se a figura acima é uma equivalência, elevação, depressão, equidistância ou aberração.

6) Trace os talwegues, divisores de água, melhor lugar para uma barragem e sua bacia hidráulica e as gargantas da planta abaixo.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



Apostila- Fundamentos de Topografia – Luis Veiga, Maria Zanetti e Pedro Faggion/UFPR. 2007.

Apostila de Planimetria – Humberto Alencar/IFPE

Apostila de Topografia – Luis Véras/UFRPE. 2003.

Apostila de Topografia – Maria Brandalize/ PUC – PR

COMAFWEB. *Disponível em:* <http://comafweb.blogspot.com.br>.
Acesso em: 20/05/2012.

DOMINGUES, F.A.A. Topografia e astronomia de posição: para engenheiros e arquitetos. São Paulo: Editora Mc Graw Hill do Brasil, 1979. 403p.

DOUBECK, A. **Topografia**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1989.

ESPARTEL, L. **Curso de Topografia**. 9 ed. Rio de Janeiro: Globo, 1987.

MCCORMAC, J.– **Topografia**. 5º Edição. LTC.2007.

Material Didático – João Fernando. Escalas e Generalização Cartográfica. UNESP.

Museu da Topografia. *Disponível em:*
<http://www.ufrgs.br/museudetopografia>. *Acesso em:* 20/05/2012.